Vorlesungen über den Bau der nervösen Zentralorgane des Menschen und der Tiere : Für Ärzte und Studierende / von Ludwig Edinger.

Contributors

Edinger, Ludwig, 1855-1918.
Edinger, Ludwig, 1855-1918. Zehn Vorlesungen über den Bau der nervösen Centralorgane.
Edinger, Ludwig, 1855-1918. Zwölf Vorlesungen über den Bau der nervösen Centralorgane.

Publication/Creation

Leipzig : Vogel, 1911-

Persistent URL

https://wellcomecollection.org/works/z8w4cbad

License and attribution

Conditions of use: it is possible this item is protected by copyright and/or related rights. You are free to use this item in any way that is permitted by the copyright and related rights legislation that applies to your use. For other uses you need to obtain permission from the rights-holder(s).

Wellcome Collection
183 Euston Road
London NW1 2BE UK
T +44 (0)20 7611 8722
E library@wellcomecollection.org
https://wellcomecollection.org

Dr. L. EDINGER

BAU DER NERVÖSEN ZENTRALORGANE

ERSTER BAND

Achte Auflage

LEIPZIG
VERLAG VON F. C. W. VOGEL


22500358715

Med
K34223

VORLESUNGEN

ÜBER DEN BAU DER

NERVÖSEN ZENTRALORGANE

DES MENSCHEN UND DER TIERE

FÜR ÄRZTE UND STUDIERENDE

VON

PROF. DR. LUDWIG EDINGER

ARZT. DIREKTOR DES NEUROLOGISCHEN INSTITUTES IN FRANKFURT AM MAIN

ERSTER BAND

DAS ZENTRALNERVENSYSTEM DES MENSCHEN UND DER SÄUGETIERE

ACHTE UMGEARBEITETE UND SEHR VERMEHRTE AUFLAGE

MIT 398 ABBILDUNGEN und 2 Tafeln



LEIPZIG

VERLAG VON F. C. W. VOGEL

1911

16 572 799

Copyright 1911 by F. C. W. Vogel,
Publisher, Leipzig.

WELLCOME INSTITUTE
LIBRARY
Coll.
Call
No. WL

Dr. med. BERNHARD LACHMANN,
dem lieben Freunde

widmet dieses Buch

der Verfasser.

Aus dem Vorwort zur ersten Auflage.

Die folgenden Vorlesungen wurden im Winter 1883/84 vor einem Auditorium von praktischen Ärzten gehalten. Es war die Aufgabe des Vortragenden, Zuhörer, die im allgemeinen mit den gröberen Formverhältnissen des Gehirnes vertraut waren, mit dem Wichtigsten bekannt zu machen, was über die feineren Verhältnisse ermittelt war. Es galt vor allem, diese Verhältnisse so darzustellen, daß sie, soweit dies bislang möglich, als ein Ganzes erschienen. Vieles Kontroverse konnte nur angedeutet werden, da und dort konnte bei zweifelhaften Punkten oft nur eine Auffassung Erwähnung finden, diejenige, welche mir nach eigenen Untersuchungen oder nach der Ansicht guter Autoren als die richtigste erschien.

Hier läge ein wunder Punkt der folgenden Darstellung, wenn sie irgendwie die Prätension hätte, mehr sein zu wollen, als eine Einführung in die Lehre vom Bau des Zentralnervensystemes.

Der Verfasser ist sich, wie alle, die selbst auf dem schwierigen Gebiete der Hirnanatomie mit Hand angelegt haben, vollauf bewußt, daß es nur recht wenige Fakta sind, die ganz fest stehen, daß kein Gebiet der Anatomie mehr dem Wechsel unterworfen sein wird, als das hier vorgetragene. Er will deshalb schon jetzt, vor der Lektüre des Büchleins, den Leser darauf aufmerksam machen, daß möglicherweise die eine oder andere Linie etwas allzusicher und fest eingezeichnet wurde. Mit Absicht, nur im Interesse didaktischer Klarheit, ist das nirgends geschehen.

Frankfurt a. M., im Mai 1885.

Der Verfasser.

Vorwort zur fünften Auflage.

Juni 1896.

Nicht ohne ein gewisses Bedenken tritt der Verfasser mit dieser Auflage vor seinen Leserkreis. Ist das kleine Buch doch nun zu einem größeren angewachsen und bringt es doch einen Stoff, der bisher noch nicht übersichtlich dargestellt worden ist, die vergleichende Anatomie des Zentralnervensystemes, zum ersten Male zusammengefaßt. Es sind drei Abschnitte die voneinander soweit unabhängig sind, daß diejenigen, welche etwa weiteren Gesichtspunkten und vergleichend anatomischen Dingen weniger Interesse entgegenbringen, die beiden ersten Teile überschlagend im dritten das alte Buch in etwas vermehrter und reicher illustrierter Auflage wiederfinden. Dankbar des Interesses gedenkend, das gerade ärztliche Kreise den „Vorlesungen“ bisher entgegengebracht, habe ich den dritten Abschnitt, welcher ausschließlich das Säugergehirn, vorwiegend das menschliche, beschreibt, sorgfältig neu durch-

gearbeitet und durch Beigabe von zahlreichen, nach Photographien gearbeiteten Abbildungen von Schnitten erweitert. Namentlich wurde — zur Erleichterung des Studiums bei Sektionen — eine vollständige Serie von Frontalschnitten durch ein ganzes Gehirn beigefügt.

Der erste Abschnitt soll in den heutigen Stand der Grundanschauungen einführen. Er berücksichtigt auch, was früher nicht der Fall war, das Funktionelle.

Der zweite Teil des Buches verwirklicht endlich einen Plan, den ich seit dem Beginn meiner hirnanatomischen Studien nie aus dem Auge gelassen habe. Fast durchweg auf eigenen Untersuchungen beruhend, gibt er eine Übersicht über das, was sich heute mit einiger Sicherheit vom Aufbau und Entwicklungsgang des Zentralnervensystemes in der Tierreihe aussagen läßt. Diejenigen, welche auf diesem noch so wenig bebauten Gebiete gearbeitet haben, werden, die Schwierigkeiten, die sich überall auftürmen, berücksichtigend das Gebotene mild beurteilen. Ein erster Versuch zu übersichtlicher Darstellung, trägt das Buch überall die Mängel an sich, die ein solcher bieten muß. Niemand weiß das besser als der Verfasser selbst. Wenn, wie hier, die Anlage des Ganzen ein Eingehen in Details verbietet, so wird es nicht möglich sein, überall die ausreichende Begründung für das Vorgetragene zu geben*). So viel das immer möglich war, ist es in den zahlreichen Abbildungen geschehen, deren Beigabe des Herrn Verlegers Liberalität ermöglicht hat. Diese neue 5. Auflage hat 113 Abbildungen mehr als die 4. und von den neuen Abbildungen sind 99 der vergleichenden Anatomie gewidmet. Das Zentralnervensystem ist früher vorwiegend von Ärzten studiert worden. Diesen lag natürlich als nächste Aufgabe vor, das menschlische Gehirn besser verstehen zu lernen. Vergleichend sind fast nur die Säuger herangezogen worden. Immerhin besitzen wir auch von niederen Vertebratentypen mehrere vortreffliche Schilderungen.

Hier ist nun der Versuch gemacht, weit hinab in der Tierreihe zu steigen, zu ermitteln, wo bestimmte Formen auftreten, wie sie variieren, welche Funktionen sie auf einzelnen Zuständen der Ausbildung erfüllen können. Es ist auch versucht worden, zu ermitteln, was jedem einzelnen Teile des Nervensystemes als Prinzipielles zukommt. Ein Versuch ist es, zu dem sich der Verfasser berechtigt glaubte, weil ihn Studien auf dem Gebiete der vergleichenden Anatomie seit nun 10 Jahren beschäftigen. Möge er nur als solcher beurteilt werden.

Die Vorrede der zweiten Auflage dieses Buches schloß mit den Worten:

„Es muß eine Anzahl anatomischer Anordnungen geben, die bei allen Wirbeltieren in gleicher Weise vorhanden sind, diejenigen, welche die einfachsten Äußerungen der Tätigkeit des Zentralorgans ermöglichen. Es gilt nur immer dasjenige Tier oder diejenige Entwicklungsstufe irgendeines Tieres ausfindig zu machen, bei der dieser oder jener Mechanismus so einfach zutage tritt, daß er voll verstanden werden kann. Hat man das Verhalten einer solchen Einrichtung, eines Faserzuges, einer Zellanordnung, nur einmal irgendwo ganz sichergestellt, so findet man sie gewöhnlich leicht auch da wieder, wo sie durch neu Hinzugekommenes mehr oder weniger undeutlich gemacht wird.

Das Auffinden solcher Grundlinien des Hirnbaues aber scheint die nächstliegende und wichtigste Aufgabe der Hirnanatomie. Kennen wir nur erst einmal sie, so wird es leichter sein, die komplizierten Einrichtungen zu verstehen, mit denen das höher organisierte Gehirn arbeitet."

Dies war gewissermaßen ein Programm und einen Teil der Ausführung dieses Programmes bringt die neue Auflage.

---

*) Diesen „ersten Versuch einer vergleichenden Anatomie des Gehirnes" hat der Verfasser seinem dankbar verehrten Lehrer, W. Waldeyer, gewidmet.

Aus dem Vorwort zur siebenten Auflage.

März 1904.

Die neue Auflage erscheint in wesentlich verändertem Gewande. Wesen und Ziele der Darstellung sind natürlich die gleichen geblieben, aber die Gesamteinteilung ist verändert. Das Buch zerfällt jetzt in zwei voneinander getrennte Bände. Der erste, wesentlich für Ärzte und Studierende bestimmt, bringt die Darstellung der allgemeinen und der histologischeu Verhältnisse und schildert dann den Bau des Säugergehirns, wesentlich das menschliche Gehirn berücksichtigend. Er wird dadurch den vielfach an den Verfasser gestellten Anforderungen gerecht, welche ein Buch wünschten, das für den auf dem Gebiete der Nervenkrankheiten arbeitenden Arzt mehr als die früheren Auflagen bringe, das namentlich auch die klinischen und praktisch wichtigen Verhältnisse mehr berücksichtige, als das in den früheren Auflagen geschehen ist. Die Darstellung ist deshalb breiter geworden, sie berücksichtigt auch neben dem auf rein anatomischem Wege Gewonnenen ganz besonders die Resultate pathologisch anatomischer und experimenteller Untersuchungen. Die Abbildungen sind sehr wesentlich vermehrt. Sie bringen von jetzt an nicht nur Schnittbilder, sondern vielfach auch, einem neuen Prinzip folgend, Ansichten der äußeren Form mit Eintragung der Schnittbilder am frontalen oder kaudalen Ende. Dadurch wird das bekanntlich immer schwierige Beziehen der Querschnittsdarstellungen auf die seit dem ersten anatomischen Unterricht gut bekannten äußeren Formen voraussichtlich sehr erleichtert. Außerdem ist von dem Mehrfarbendruck öfter Anwendung gemacht.

Der zweite Band bringt die Anatomie des Gehirnes der niederen Vertebraten.

Vorwort zur achten Auflage.

Das kleine Büchlein, das vor gerade 25 Jahren entstanden ist, hat im Laufe der Zeiten ständig Änderungen und Erweiterungen erfahren, eine wesentliche Umbildung aber so wie sie dem Verfasser seit langen Jahren vorschwebte, konnte erst jetzt eintreten. Von einem praktischen Arzte für Ärzte und Studierende geschrieben, durfte es niemals all die Jahre her zu weit abirren von dem, was jene interessieren konnte und so sehr das Bedürfnis nach einer eingehenderen Darstellung des Gehirnes in der Tierreihe empfunden wurde, dieses Buch durfte sich nicht allzuweit von der Schilderung des menschlichen Gehirnes entfernen. Als nun im zweiten Bande ein erster Versuch eingehender Darstellung des Gehirnes der niederen Vertebraten 1908 gegeben war, mußte für den ersten eine Schilderung des Säugergehirnes einschließlich des menschlichen zur Forderung werden. Ehe ich diese erfüllte, glaubte ich eine Dankesschuld an meine bisherigen Leser abtragen zu müssen und deshalb entstand 1909 die „Einführung in den Bau der nervösen Zentralorgane“, ein Büchlein nicht stärker als die erste Auflage des hier vorliegenden.

Das alte Buch aber wurde nun wesentlich umgearbeitet. Die Aufgabenstellung ist geblieben: Demjenigen, der den Bau des Gehirnes kennen lernen

will, das Bekannte möglichst klar vorzuführen. Jetzt aber wendet sich das Buch besonders an die, welche mitzuarbeiten gesonnen sind auf einem der wichtigsten Gebiete menschlicher Forschung. Es legt deshalb den Stoff so vollständig als möglich vor, ohne doch allzusehr in Details einzugehen und es berücksichtigt neben dem menschlichen Gehirne auch das vieler Säuger.

Die einführenden Kapitel, die Lehre vom Rückenmarke und der Oblongata bedurften mannigfacher Erweiterungen und Veränderungen, die Lehre vom visceralen Nervensystem war u. a. neu aufzunehmen. Vom Kleinhirn aber bis zur Rinde des Großhirnes war fast alles neu zu bearbeiten. Dankbar muß ich hier der Hilfe gedenken, welche die beiden verdienten Hirnforscher Dr. Marburg in Wien und Dr. Wallenberg in Danzig mir dabei oft gewährten, zumal wo es galt, größtmögliche Vollständigkeit zu erreichen.

Die wesentliche Vergrößerung des Textes, welche so entstehen konnte, hat die Liberalität meines Herrn Verlegers, der an Abbildungen nicht sparen ließ, noch immer in erträglichen Grenzen gehalten.

Vertrauend, daß auch in der neuen Form das alte Werk sich seine Freunde erhalte, übergebe ich es den Ärzten und Naturforschern.

Frankfurt a. M., im Juli 1911.
Leerbachstr. 27.

Edinger.

Inhaltsverzeichnis.

I. Teil.

Einführung in die Anatomie der nervösen Zentralorgane.

ERSTE VORLESUNG.

Seite

Überblick über die Geschichte und die Methoden der Erforschung der nervösen Zentralorgane 3

ZWEITE VORLESUNG.

Entwicklung des Nervensystems. Die Grundelemente. 1. Die Neuroglia . . . 15

DRITTE VORLESUNG.

Die Grundelemente. 2. Die Ganglienzellen und die Nervenbahn 26

VIERTE VORLESUNG.

Der Aufbau des zentralen Nervensystems 45

FÜNFTE VORLESUNG.

Einteilung und Formentwicklung des Zentralnervensystems 57

SECHSTE VORLESUNG.

Die Formentwicklung des Gehirns beim Menschen 72

SIEBENTE VORLESUNG.

Die somatischen Nerven und die Spinalganglien 85

ACHTE VORLESUNG.

Der viscerale Nervenapparat 96

II. Teil.

Spezielle Anatomie des Zentralnervensystems der Säuger, namentlich des Menschen.

NEUNTE VORLESUNG.

Das Rückenmark I. Allgemeines, Segmentinnervation, Querschnittbild 109

ZEHNTE VORLESUNG.

Das Rückenmark II. Der Eigenapparat 120

ELFTE VORLESUNG.

Seite

Das Rückenmark III. Leitungsapparat und Gesamtaufbau 141

ZWÖLFTE VORLESUNG.

Das verlängerte Mark I. Übersicht. Kerne des XII—IXten Hirnnerven 164

DREIZEHNTE VORLESUNG.

Das verlängerte Mark II. Der Eigenapparat und die Leitungsbahnen 182

VIERZEHNTE VORLESUNG.

Der Ursprung des Akustikus und das dorsale Längsbündel 205

FÜNFZEHNTE VORLESUNG.

Die Brückengegend 237

SECHZEHNTE VORLESUNG.

Das Kleinhirn I. Morphologie und Rinde 255

SIEBZEHNTE VORLESUNG.

Das Kleinhirn II. Die Kerne und die Faserung der Arme 271

ACHTZEHNTE VORLESUNG.

Das Mittelhirn 287

NEUNZEHNTE VORLESUNG.

Die Mittelhirnhaube 304

ZWANZIGSTE VORLESUNG.

Dac Zwischenhirn I. Dach und Basis 319

EINUNDZWANZIGSTE VORLESUNG.

Der Optikus, die Corpora geniculata 339

ZWEIUNDZWANZIGSTE VORLESUNG.

Das Zwischenhirn III. Hypothalamus, Thalamus, Epithalamus 347

DREIUNDZWANZIGSTE VORLESUNG.

Das Vorderhirn. Lobus olfactorius, Lobus parolfactorius und ihre Verbindungen . 374

VIERUNDZWANZIGSTE VORLESUNG.

Die tertiären Riechzentren. Nucleus amygdalae, Ammonshorn 389

FÜNFUNDZWANZIGSTE VORLESUNG.

Das Corpus striatum. Die Massa praecommissuralis 403

SECHSUNDZWANZIGSTE VORLESUNG.

Das Neencephalon 414

SIEBENUNDZWANZIGSTE VORLESUNG.

Die Windungen und Furchen der Hirnoberfläche 427

ACHTUNDZWANZIGSTE VORLESUNG.

Die Hirnwindungen des Menschen und der Affen 443

NEUNUNDZWANZIGSTE VORLESUNG.

Seite

Die Hirnrinde 465

DREISSIGSTE VORLESUNG.

Kommissuren, Fibrae propriae 481

EINUNDDREISSIGSTE VORLESUNG.

Die Verbindungen des Vorderhirnes mit anderen Gebieten. Stabkranz und Capsula interna 491

ZWEIUNDDREISSIGSTE VORLESUNG.

Zur Psychologie 505

I. TEIL.

EINFÜHRUNG IN DIE ANATOMIE

DER

NERVÖSEN ZENTRALORGANE.

Erste Vorlesung.

Überblick über die Geschichte und die Methoden der Erforschung der nervösen Zentralorgane.

Meine Herren! Die Anatomie des Zentralnervensystems, mit deren Grundzügen Sie diese Vorlesungen bekannt machen sollen, hat seit der Renaissance der anatomischen Wissenschaft das Interesse zahlreicher Forscher lebhaft in Anspruch genommen. Vesalius, Eustachio, Aranzio, Varolio, Fallopia haben die Grundlagen geschaffen, auf denen in späteren Jahrhunderten weiter gebaut werden konnte. Im 17. Jahrhundert erschienen schon größere Monographien, welche mit Rücksicht auf die damalige Untersuchungstechnik fast als erschöpfend zu bezeichnen sind: so die Bücher von Th. Willis und von Raim. Vieussens. Immerhin konnte Willis noch Gebilde wie die Streifenhügel, die vordere Kommissur, die Pyramiden und die Oliven als neu beschreiben. Wichtige Beiträge zur Hirnanatomie gaben damals noch F. D. Sylvius, J. J. Wepfer und van Leeuwenhoek, welcher letztere zuerst mikroskopische Untersuchungen des Gehirns anstellte. V. Malacarne in Italien, S. Th. v. Sömmering in Deutschland, vicq d'Azyr und Rolando in Frankreich trugen gegen Ende des 18. Jahrhunderts wesentlich zur Vertiefung unseres Wissens vom Gehirn bei.

Als das 19. Jahrhundert anbrach, war der allgemeinen Formbeschreibung der Organe des Zentralnervensystems kaum noch etwas Wesentliches zuzufügen. Trotzdem war man in dem, was wir heute als den wichtigsten Teil der Lehre vom Bau des Zentralnervensystems bezeichnen müssen, in der Kenntnis vom feineren Zusammenhang der Teile, vom Faserverlauf, kaum vorwärts gekommen. Auch die vergleichend anatomischen Untersuchungen, die man gerade in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts aufnahm, brachten diese Lehre nicht vorwärts. Was noch auf wesentlich makroskopischem Wege zu erreichen war, haben Reil, Gall und Spurzheim, F. Arnold, C. B. Reichert, Foville, Burdach u. a. geleistet.

Namentlich Reil, der zuerst die künstliche Härtung des Gehirns als vorbereitendes Mittel allgemein geltend machte, hat bereits eine große Anzahl anatomischer Facta, die nicht gerade auf der Oberfläche liegen, richtig gesehen. Als seine wichtigsten Entdeckungen muß man die Abgrenzung des Stabkranzes und des Hirnschenkelsystems be-

zeichnen, deren Beziehungen zu der sie durchquerenden Balkenfaserung er zuerst erkannte; die Schleife und ihr Ursprung aus den Vierhügeln, der Linsenkern, die Insel und vieles andere haben erst seit seinen Untersuchungen Aufnahme in die Anatomie gefunden.

So recht wie ein Markstein steht am Ausgangspunkt dieser älteren Periode Burdachs Buch „Vom Bau und Leben des Gehirnes", das, 1819 erschienen, alles bis dahin Geleistete treu zusammenfaßt und vieles Neue klärend hinzufügt.

Man bediente sich, bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts etwa, ganz vorwiegend der anatomischen Zergliederung mit dem Messer und der Abfaserung gehärteter Gehirnstücke mit der Pinzette. Gall, Burdach, Reil, F. Arnold, Foville haben unter Benutzung der letzteren Methode vieles Neue entdeckt. Tiedemanns und Reicherts Verdienst ist es wesentlich, daß man auf dem Wege der Entwicklungsgeschichte die allgemein morphologischen Verhältnisse besser verstehen lernte.

Seit aber Ehrenberg (1833) dargetan hatte, daß das „Seelenorgan" aus zahllosen allerfeinsten „Röhrchen" zusammengesetzt sei, seit Remak die schon Ehrenberg und Valentin bekannten Ganglienzellen genauer beschrieben (1838) und Hannover (1840) deren Zusammenhang mit den Nervenfasern nachgewiesen hatte, war es offenbar, daß die einfache Zerfaserung nicht imstande sein könne, die erstrebte Einsicht in den Bau und Zusammenhang der Zentralorgane zu verschaffen. Es ist das große Verdienst von B. Stilling, eine neue Methode eingeführt und geübt zu haben: die Anfertigung von dünnen Schnitten oder vielmehr ganzen Schnittserien, die in verschiedenen, aber bestimmten Richtungen durch das Organ gelegt werden [1]). Die so erhaltenen Präparate wurden genau durchforscht, ihre Bilder kombiniert und so die Anordnung und der Aufbau des zentralen Nervensystems rekonstruiert. Durch diese Methode und durch die Studien, die er unter ihrer Benutzung anstellte, hat Stilling die Grundlage für die moderne Anatomie des Rückenmarks, der Oblongata, des Pons und des Cerebellum geschaffen.

Am 25. Januar 1842 ließ Stilling bei einer Kälte von — 13° R. ein Stück Rückenmark frieren und machte dann mit dem Skalpell einen mäßig feinen Querschnitt durch dasselbe. „Als ich diesen", schreibt er, „unter das Mikroskop brachte und bei 15facher Linearvergrößerung die prächtigen Querfaserstrahlungen (zentralen Nervenbahnen) sah, da hatte ich einen Schlüssel gefunden, der die Gemächer zu dem wunderbaren Bau des Rückenmarkes öffnete. Nicht froher hatte Archimedes sein εὕρηκα gerufen, als ich bei jenem Anblick ausrief."

Die Stillingsche Methode ist die auch jetzt noch am meisten verwendete zur Untersuchung des Zentralnervensystems. Sehr erleichtert wird ihre Anwendung durch die vorzügliche Härtung, welche nach den

1) Schon vor Stilling fertigte man dünne Schnitte des Zentralnervensystems an (z. B. Rolando 1824), aber die Rekonstruktion des Organes mittelst der Kombination ausgedehnter Schnittserien versucht zu haben, ist wesentlich Stillings Verdienst.

Angaben von Hannover die verdünnte Chromsäure und die Lösungen von chromsauren Salzen (H. Müller 1859) an den nervösen Zentralorganen hervorbringen. Erst in den letzten Jahren wird die Chromsalzhärtung durch die Fixierung in Formaldehyd verdrängt, die von F. Blum 1893 eingeführt wurde. Man kann jetzt ein ganzes menschliches Gehirn in eine Serie lückenloser Querschnitte von weniger als $^1/_{50}$ mm Dicke zerlegen.

Die erhaltenen Abschnitte können ungefärbt untersucht werden. Alles was Stilling gefunden, wurde an solchen ungefärbten Präparaten gesehen. Zweckmäßiger aber ist es, sie zu färben. Es ist Gerlachs Verdienst, zuerst (1858) auf die Vorteile aufmerksam gemacht zu haben, welche man durch Tränken der Präparate mit Karmin erhält. Die spätere Zeit hat noch manche Färbemethoden hervorgebracht, namentlich wurden Anilinfarben benutzt. Aber wir haben erst (1883) durch Golgi eine Methode erhalten, welche mehr leistete als die Gerlachsche. Dieselbe beruht auf Schwärzung der Zellen und ihrer Ausläufer durch Chromsilber. Dieser Methode verdanken wir ganz neue und ungeahnte Einblicke in den feineren Aufbau des Zentralnervensystems. Sorgfältige Härtung und Nachbehandlung mit Anilinfarben haben es zuerst Nissl ermöglicht, Präparate herzustellen, welche einen Einblick in das Strukturbild der Ganglienzelle gewähren.

Der Faserverlauf wird durch Karminfärbung nicht viel deutlicher Dagegen gelingt es durch eine ausgezeichnete, von Weigert (1884) herrührende Methode der Hämatoxylinfärbung, auch die feinsten Fäserchen tief blauschwarz zu färben, und so, der Stillingschen Methode folgend, ihren Verlauf leichter zu erforschen, als es früher möglich war. Schöne Bilder kann man auch durch die Osmiumsäurebehandlung (Exner, Bellonci) erhalten.

Die gefärbten Schnitte werden seit den diesbezüglichen Angaben von Clarke (1851) in Alkohol entwässert und dann durch ein ätherisches Öl oder Xylol durchsichtig gemacht.

1886 hat P. Ehrlich gezeigt, daß es gelingt, am lebenden Tiere Axenzylinder und Ganglienzelle durch Methylenblau zu färben. Dieses später sehr vervollkommnete Verfahren ist in den Händen von Retzius, Bethe u. a. für die Erforschung des feineren Aufbaues der Teile im Zentralnervensystem von der größten Wichtigkeit geworden.

Der Stillingschen Methode sind die meisten Forscher gefolgt, welche in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts das Zentralnervensystem untersuchten. Ich werde am Schlusse jeder Vorlesung Ihnen die Namen derer mitteilen, welchen wir das Wichtigste in der Erkenntnis des dort behandelten Hirnteiles verdanken. Aber heute schon müssen Sie sich merken, daß wir zwei Männern, Stilling und Meynert, das Allermeiste verdanken, was wir vom feineren Bau des Gehirnes und Rückenmarkes wissen, daß alle neueren Arbeiter von dem ausgegangen sind, was jene schufen.

Benedikt Stilling hat die ganze Grundlage unseres Wissens von der Brücke, dem Kleinhirn, dem verlängertem Marke und dem Rückenmarke geschaffen durch eine Reihe großartig angelegter und von nicht wieder erreichtem Fleiße zeugender Werke, die sicher ein monumentum aere perennius des großen Kasseler Arztes bleiben werden.

Meynert aber hat nicht nur alle Gebiete des Hirnes und Rückenmarkes systematisch auf Schnitten und abfasernd durchgearbeitet und dabei mehr Tatsachen neu entdeckt, als, Stilling ausgenommen, irgendein früherer Forscher, sondern er hat auch in wahrhaft genialer Konzeption auf Grund der feineren Anatomie eine Theorie des Hirnbaues aufgestellt, welche auf die Anatomie und auf die Psychologie in gleichem Maße bis heute fruchtbringend und zu Neuem anregend fortwirkt.

Es liegt im Wesen der Stillingschen Methode begründet, daß die Verfolgung einer Nervenbahn auf lange Strecken hin nur sicher und möglich ist, so lange die sie zusammensetzenden Züge nicht durch Ganglienzellen unterbrochen werden oder aus der Schnittebene abbiegen, so lange sie nicht in ein Fasergewirr eingehen oder sich aus einem Bündel in zahlreiche sich zerstreuende Fäserchen spalten. Auch im Rückenmark der kleinsten Tiere kommt kaum eine Faser vor, deren ganzer Verlauf in einer Schnittebene zu übersehen wäre.

Man hat sich daher, nachdem man namentlich durch Stillings Arbeiten angefangen hatte, sich etwas auf dem schwierigen Gebiete zu orientieren, nach weiteren Methoden umgesehen, welche ein Auffinden und Verfolgen der Faserbahnen gestatten. Bekanntlich hat Waller 1852 gezeigt, daß durchschnittene Nerven in ganz bestimmten Richtungen degenerieren. Nun fand Türck schon vorher (1850), daß auch die Unterbrechung der Leitung im Rückenmark zu Degenerationen führte, die nach aufwärts sich in anderen Fasersträngen fortpflanzten, als nach abwärts. Es gelang, durch seine Arbeiten, sowie die von Bouchard, Flechsig, Charcot und vielen anderen nachzuweisen, daß im Rückenmark und im Gehirn ganz bestimmte Fasergebiete an immer den gleichen Stellen liegen, Fasern, welche, wenn sie degeneriert sind, auf die ganze Länge ihres Verlaufes hin sich vom gesund gebliebenen Gewebe abheben und so leicht ihrer Richtung entlang verfolgt werden können. Das Studium dieser sekundären Degenerationen ist seitdem wichtig für den Fortschritt der uns beschäftigenden Lehre geworden. Deshalb wollen wir noch einen Augenblick auf das Wallersche Gesetz etwas näher eingehen. Man formuliert es jetzt so, daß man sagt: Der Axenzylinder einer Nervenfaser hat nur Bestand, so lange er noch mit seiner Ursprungszelle zusammenhängt. Er degeneriert samt seiner Markscheide in dem Gebiete, welches nicht mehr unter dem Einfluß der Ursprungszelle steht. Nun hat aber Forel gezeigt, daß bei Neugeborenen nach einfacher Nervendurchschneidung und bei Erwachsenen, wenn der Nerv sehr nahe am Kern durchtrennt

wird, Degenerationen auch in dem noch mit der Zelle zusammenhängenden Stücke entstehen können, und Bregmann hat bei besonders darauf gerichteten Untersuchungen den Zerfall des zentralen Stumpfes bestätigt. Dieser scheinbare Widerspruch gegen das Wallersche Gesetz ist durch die Arbeiten von Nissl gelöst worden. Nissl hat nämlich gezeigt, daß eine schädigende Einwirkung vorübergehend von der Durchschneidungsstelle auf die zentrale Zelle ausgeübt wird, daß diese vorübergehend sehr in ihrer Struktur geschädigt werden kann. In solchen Fällen kommt es dann zu Zerfall auch des zentralen Abschnittes des Axenzylinders, weil er eben nicht mehr mit einer normalen Ursprungszelle zusammenhängt. Bei der Beurteilung sekundärer Degenerationen muß man in Zukunft auf diese Tatsachen, die ja für die Pathologie besonders wichtig sind, gebührende Rücksicht nehmen.

Das Fasergebiet, in dem eine solche Degeneration sich konstant fortzupflanzen pflegt, nennt man auch ein Fasersystem. Eine Anzahl von Rückenmarkskrankheiten befallen nur bestimmte Systeme, z. B. nur die Hinterstränge des Rückenmarks. Man nennt sie Systemerkrankungen. Auch die Untersuchung solcher Systemerkrankungen kann zur Erkenntnis des Faserverlaufs benutzt werden (Flechsig, Westphal, Strümpell). Durch genaues Studium pathologischer Veränderungen haben ferner noch Charcot und seine Schüler befruchtend auf die Hirnanatomie gewirkt.

Zuweilen gewähren Mißbildungen die Möglichkeit, die eine oder die andere Bahn leichter zu erkennen, als dies im normalen Gehirn möglich ist. Noch wichtiger aber wird ihre Untersuchung für die Erkenntnis des Mechanismus der Hirnanlage, der Korrelationen der Teile zueinander, der Unabhängigkeit einzelner Teile vom Ganzen usw. Namentlich v. Monakow, Veraguth, Anton, Zingerle, H. Vogt, Schürhoff u. a. haben hier durch Untersuchungen von Anenkephalen und anderen Hirnmißbildungen Wichtiges geleistet.

Es lag nahe, absichtlich ganz bestimmte Teile der Wurzeln oder des Rückenmarkes z. B. zu durchschneiden und so durch die willkürlich erzeugte sekundäre Degeneration weiter in den Bau einzudringen. Solche Versuche wurden viele gemacht, und manches Wichtige verdanken wir den Experimentatoren, welche so vorgingen. So wurden beispielsweise durch die Durchschneidungsversuche von Singer und von Schiefferdecker, denen sich später Löwenthal, Sherrington, Mott u. v. a. beigesellten, unsere Kenntnisse vom Verlauf der Nervenwurzeln im Rückenmark sehr bereichert.

Technisch können solche Degenerationen auf drei Weisen studiert werden. Man kann entweder den völligen Untergang der Fasern abwarten und dann den Verlauf der verödeten Strecke verfolgen, oder man kann durch Einlegen des Präparates wenige Wochen nach der Operation in eine osmiumsäurehaltige Chromsalzlösung die Zerfall-

produkte schwärzen (Marchi). Namentlich die letztere Methode gibt sehr klare Bilder, Linien von schwarzen Pünktchen der degenerierten Fasern auf hellem Grunde. Schließlich kann man, die oben erwähnte Entdeckung Nissls benutzend, nach der Durchschneidung eines Faserzuges suchen, welche Zellen in Degeneration verfallen (Kohnstamm u. a.).

Wenn man bei neugeborenen Tieren periphere oder zentrale Nervensubstanz operativ entfernt, so entwickeln sich mit den verletzten Stellen im Zusammenhang stehende Fasern nicht weiter, gehen allmählich sogar ganz zugrunde. Diese Erfahrung hat Gudden (1870) benutzt, um uns mit einer neuen und fruchtbaren Untersuchungsmethode zu beschenken. Er hat beispielsweise die nach Exstirpation eines Auges im Gehirn entstehenden Atrophien auf Schnitten usw. verfolgt und so die nächsten zentralen Endigungen des betreffenden Sehnerven aufgefunden. Wo immer sonst noch am Gehirn er experimentiert und nachträglich untersucht hat, überall hat er neues und wichtiges zutage gebracht. Außer Gudden verdanken wir namentlich Mayser, Ganser, Forel, Monakow wichtige, mit dieser Methode gewonnene Kenntnisse über den Faserverlauf im Rückenmark, die Ursprungsart verschiedener Hirnnerven, den Verlauf der Schleife im Gehirn u. v. a.

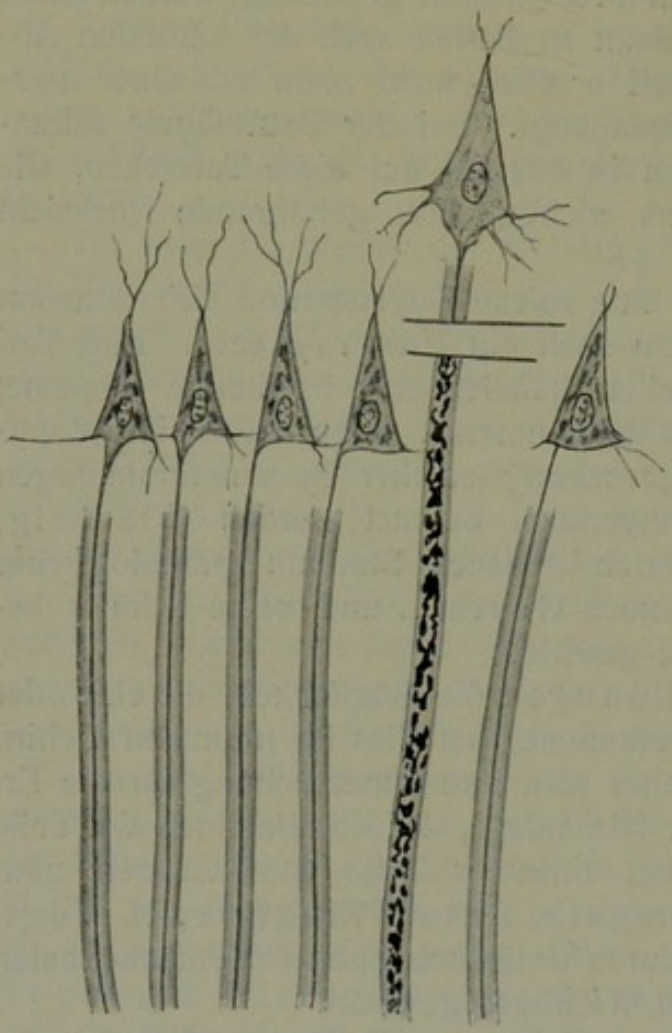


Fig. 1.

Die Methode der sekundären Degeneration. Im Nervenstamm liegen 6 Fasern aus verschiedenen Ganglienzellen. Wird eine dieser 6 von ihrer Zelle getrennt, so entartet sie und es schwärzt sich das peripher von der Trennung liegende klumpig zerfallende Stück mit Überosmiumsäure. Auch die Zellkörnung ändert sich etwas.

Zuweilen bieten sich Fälle, wo die Natur gleichsam selbst ein Guddensches Experiment am Menschen angestellt hat. So konnte ich einmal die atrophischen Nervenbahnen, welche nach intrauteriner Amputation eines Armes zurückgeblieben waren, bis hoch hinauf in das Rückenmark verfolgen; ein andermal hatte ich Gelegenheit, das Nervensystem eines Kindes zu untersuchen, das vor oder doch bald nach der Geburt eine ausgedehnte Erweichung der Scheitel-

lappenrinde bekommen hatte. Im Rückenmark fehlte die gekreuzte Pyramide ganz.

Die Lehre vom Faserverlauf hat durch die Methode der sekundären Degenerationen und Atrophien einen guten Schritt vorwärts getan. Noch förderlicher aber wurde ihr eine neue Methode, welche sich auf die Untersuchung der Markscheidenentwicklung gründete.

Es gebührt das Verdienst, diese Methode in die Forschung eingeführt und mustergültig ausgenutzt zu haben, P. Flechsig. In einer

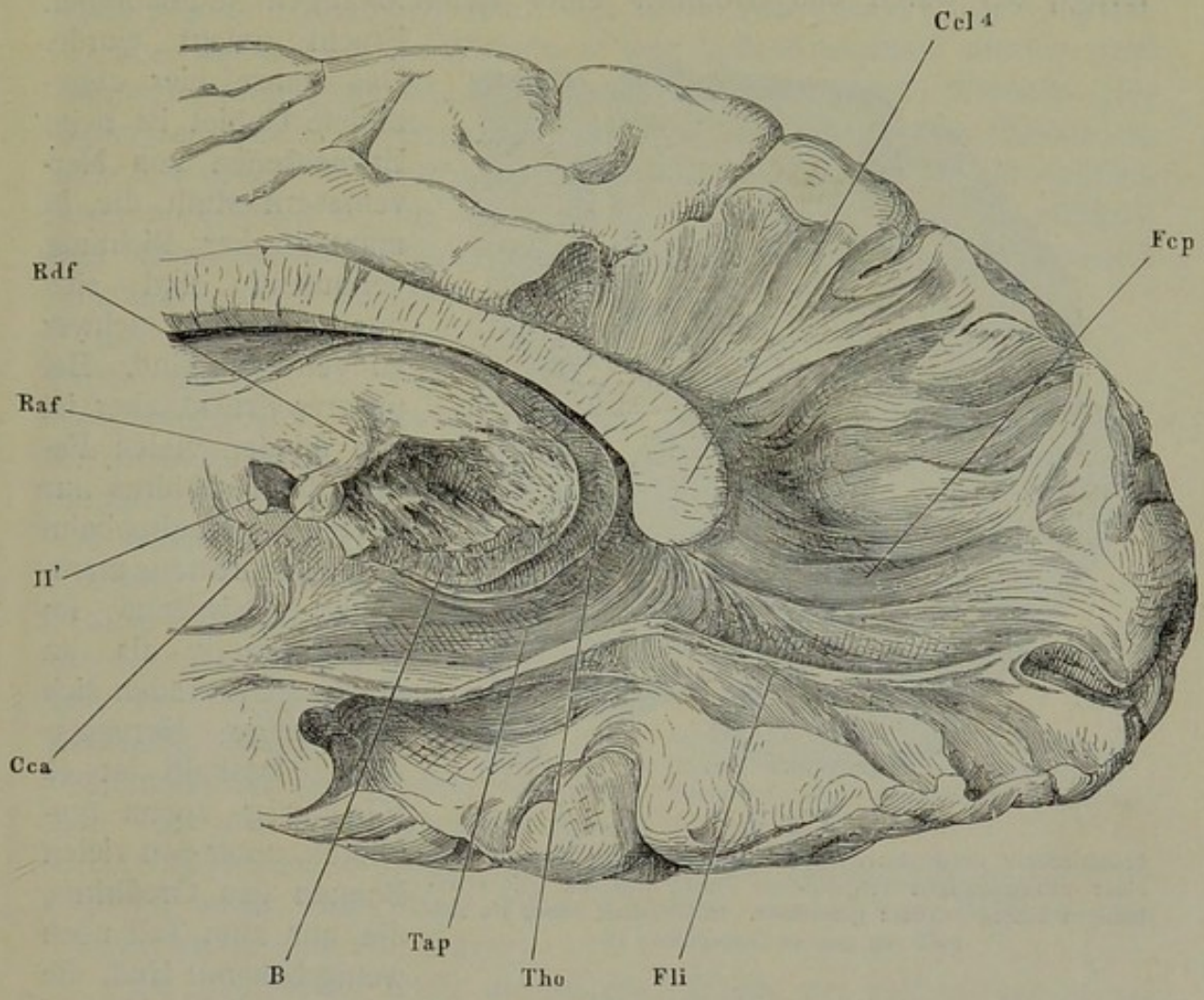


Fig. 2.

Die Faserung des Balkens, durch Abbrechen des erhärteten Präparates mit der Pinzette dargestellt, nach Henle.

Reihe von Mitteilungen (1872 bis 1881), dann in einem größeren Werk über die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark (1876) hat er gezeigt, daß die verschiedenen Faserzüge, welche auf dem Schnitt durch das Zentralorgan des Erwachsenen ganz gleichartig aussehen, in der Embryonalzeit sich sehr wesentlich dadurch voneinander unterscheiden, daß sie zu verschiedener Zeit ihr Nervenmark bekommen. Ganze „Systeme“ auf dem Rückenmarksquerschnitt sind noch durchsichtig zu einer Zeit, wo andere bereits weiß, markhaltig geworden sind. Die Ver-

folgung der weißen Partien auf Quer- und Längsschnitten ist sehr viel leichter, gibt sehr viel sicherere Resultate, als die Verfolgung von Nervenfasersträngen am völlig ausgebildeten Organ.

Um Ihnen einen Begriff von den Eigenheiten der einzelnen bislang erwähnten Methoden zu geben, demonstriere ich Ihnen zunächst hier ein Präparat, das durch Abfaserung hergestellt wurde und den Verlauf der Balkenfasern im Großhirn zeigen soll (Fig. 2).

Die folgende Zeichnung (Fig. 3) ist nach einem Frontalschnitt gefertigt, der durch das Großhirn einer neunmonatigen totgeborenen Frucht gelegt wurde. Das ganze hier abgebildete Gebiet ist beim Erwachsenen von Nervenfasern erfüllt, die, in mannigfacher Richtung verlaufend und sich durchkreuzend, schwer zu verfolgen sind. Bei unserer Frucht aber ist von all den vielen Fasern des Großhirns nur der eine als Haubenbahn bezeichnete Strang markhaltig. Nirgends im Großhirnmark als an dieser Stelle finden sich markhaltige Nervenfasern. Deshalb ist es Flechsig zuerst gelungen, unter den vielen Bahnen des Großhirns, die uns zum Teil noch wenig bekannt sind, die Haubenbahn als distinktes Bündel zu entdecken und ihren Verlauf zum Teil klarzustellen.

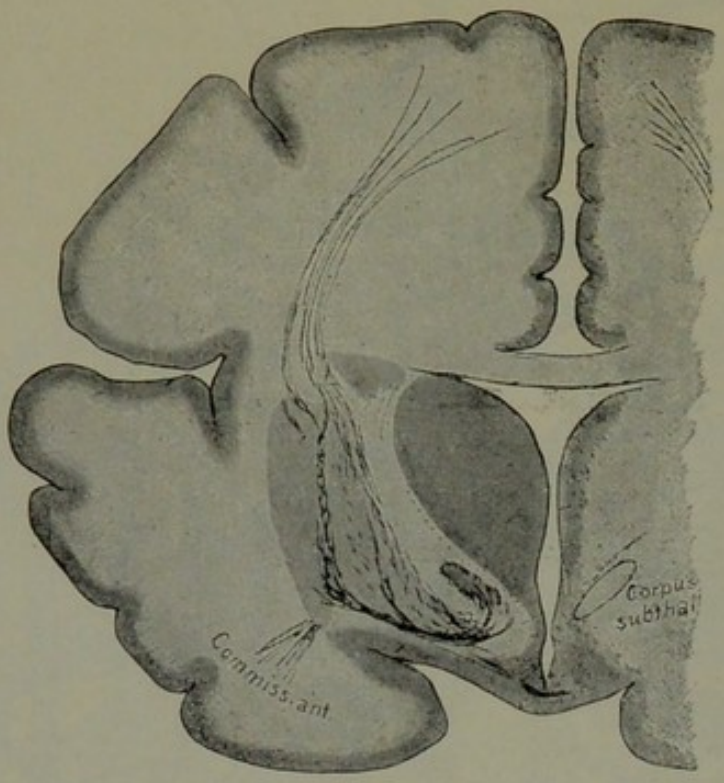


Fig. 3.

Frontalschnitt durch das hintere Ende der Fossa Sylvii am Gehirn einer neunmonatigen totgeborenen Frucht angelegt. Die markhaltigen Fasern schwarz gezeichnet. In Wahrheit heben sie sich weiß von grauem Untergrunde ab.

Die dritte Abbildung stellt einen Schnitt durch den Halsteil eines Rückenmarkes dar, das einem Manne entstammt, der vor der Geburt den linken Vorderarm verlor. Sie sehen, daß die graue und die weiße Substanz, namentlich aber die erstere, links stark atrophisch ist. Die genauere Feststellung dieser Ausdehnung der Atrophie gestattete einen Schluß auf die Lage der zentralen Enden der durchtrennten Nerven

Das Verständnis für die allgemeine Morphologie des Zentralnervensystems ist durch nichts mehr gefördert worden, als durch die vergleichende Anatomie und durch die Entwicklungsgeschichte.

Was wir von der Entwicklungsgeschichte der uns hier inter-

essierenden Organe wissen, verdanken wir wesentlich His, Tiedemann, Reichert, Kölliker, v. Mihalkovics, Götte, Kupffer.

Noch in das 17. Jahrhundert hinein ragen die ersten Versuche, dem Gehirne auf vergleichendem Wege näher zu treten, und die Literatur der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts zählt schon eine ganze Anzahl von Schriften, die sich mit dem Gehirne niederer Wirbeltiere beschäftigen. Namentlich war es das Fischgehirn, das immer wieder zu neuen Studien anregte. Die zahlreichen Arbeiten dieser Zeit fanden einen gewissen Abschluß durch das Werk von Leuret und Gratiolet über das Gehirn der Wirbeltiere und außerdem durch wirklich groß angelegte Monographien, von denen ich namentlich diejenige des Wolmarer Arztes Dr. Girgensohn über das Gehirn der Fische erwähne, weil sie, im Jahre 1846 veröffentlicht, eine der, wie mir scheint, seltenen Arbeiten ist, die von großen, zum Teil heute noch gültigen und lehrreichen Gesichtspunkten ausgehen. Natürlich beschäftigen sich alle diese Arbeiten nur mit der äußeren Form des Gehirnes. Das gilt auch für einige spätere, die von allgemein morphologischen Gesichtspunkten aus unternommen, uns gerade über die äußere Form genau belehrt haben. Hier wären die Werke von Gottsche, Viault, Valentin, Miclucho-Maklay, Baudelot u. a. zu nennen, die das Gehirn, speziell der Selachier und der Teleostier, genauer durchgearbeitet haben. Das Gehirn der Amphibien und der Reptilien ist vielfach von den vergleichenden Anatomen untersucht worden, doch gibt es für das allgemein Morphologische wenig brauchbare ältere Literatur, außer den Werken von Treviranus und von Carus.

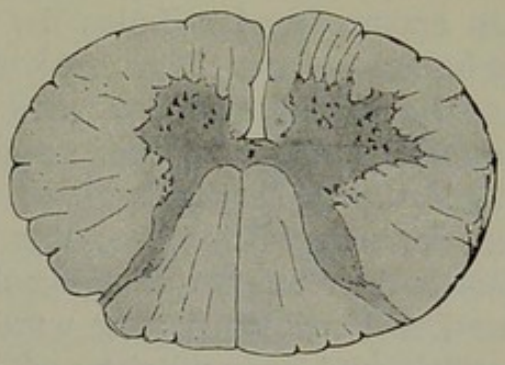


Fig. 4.

Schnitt durch das Halsmark eines 45jährigen Mannes, der mit einem kurzen Amputationsstumpf des linken Vorderarms zur Welt kam.

Hier aber setzte dann die neuere Technik der sukzessiven Querschnitte ein. Reißner zunächst, später in ausgezeichneter Weise Stieda, haben zuerst versucht, in dem wirklich schwierigen Gebiete sich an Schnitten zurechtzufinden, und wir verdanken ganz besonders dem letztgenannten Autor die grundlegenden Studien über den inneren Bau des Gehirnes der niederen Wirbeltiere. Rasch folgten, nachdem Stieda einmal Vertreter der Fische, Amphibien, Reptilien und Vögel geschnitten und abgebildet hatte, weitere Arbeiten im gleichen Sinne. Fast alle Tierklassen wurden von mehreren untersucht. Den Fischen widmete Fritsch eine prachtvolle Monographie, deren Angaben dann später durch eine Arbeit von Mayser, die ich zu den klassischen der Hirnliteratur rechnen möchte, erweitert und zum Teil sehr modifiziert wurden. Neben der Mayserschen Monographie steht als eben-

bürtig noch ein Werk, dessen Lektüre ich Ihnen auch besonders empfehlen möchte, die Beschreibung des Petromyzongehirnes von Ahlborn. Diese Arbeiten haben den Grund zu unserer heutigen Kenntnis vom Gehirne der niedersten Vertebraten gelegt. Noch haben sie, mangels guter technischer Methoden, vom feineren Aufbau relativ wenig nur berichten können. Erst die Untersuchungen des Italieners Guiseppe Bellonci, der mit außerordentlicher Klarheit die Aufgaben erfaßte, die sich bei derlei Untersuchungen bieten, und mit großer Präzision das Gewonnene darzustellen wußte, zeigten, welche Probleme hier noch der Lösung harrten. Bellonci ist noch jung gestorben, aber die wenigen kleinen Aufsätze, die er hinterlassen hat, gehören zum allerbesten, was wir auf diesem Gebiete besitzen. Einen wesentlichen Fortschritt erfuhr unsere Kenntnis des Gehirnes der niederen Vertebraten durch die entwicklungsgeschichtlichen und vergleichend anatomischen Studien Rabl Rückhardts, dem wir nächst Stieda überhaupt erst die Möglichkeit verdanken, die einzelnen Gehirnteile mit den entsprechenden Teilen der längst schon besser gekannten Säuger zu homologisieren. Nun erst konnte ein frisches Voranarbeiten beginnen und bald zeitigten denn auch wichtige Arbeiten; überall wurden die gestellten und nun lösbar gewordenen Aufgaben in Angriff genommen.

Natürlich beschäftigen sich die älteren Autoren nur mit der äußeren Form des Gehirnes. Aber mangels Einsicht in den inneren Bau kam es hier bei der Deutung der Teile oft zu den größten Irrtümern.

Die Homologisierung wurde namentlich auch durch Burkhardts vergleichend anatomische und Kupffers und His' vergleichend entwicklungsgeschichtliche Studien mehr und mehr erleichtert, welche erst die Wichtigkeit der Ein- und Ausstülpungen, die wir an den häutigen Gebilden des Gehirnes beobachten, für derlei Vergleiche kennen lehrten.

Das Interesse am feineren Bau ist lange Zeit gering gewesen, obgleich ja eigentlich der Kern der ganzen zu beantwortenden Fragen hier liegt. Dazu kam die Unzulänglichkeit der Methoden, mit denen man sich lange behelfen mußte. Nur wenige vermochten in dem Gewirre der Bahnen, das auch bei den niedersten Wirbeltieren bereits vorhanden ist, einzelne Züge klar zu erkennen, einzelne Ganglien und Nervenursprünge zu unterscheiden. Denn, so einfach und durchsichtig auch die äußeren Verhältnisse oft bei niederen Wirbeltieren sind, so ist doch der innere Bau, besonders in den hinter dem Zwischenhirn liegenden Hirngebieten, oft kaum minder kompliziert, als bei den Säugetieren selbst. Die Zellen und Faserzüge, welche den einfachsten motorischen, sensorischen und psychischen Verrichtungen dienen, müssen ja wohl überall dieselben sein, aber sie sind schon bei den Larven der Cyklostomen nicht mehr ganz einfach durchsichtig.

Erst in den letzten 20 Jahren ist es der vereinten Arbeit vieler Forscher gelungen, in den feineren Bau mehr und mehr einzudringen. Die Säuger wurden bald näher bekannt, wozu namentlich Arbeiten

von Elliott Smith, G. Retzius, Ziehen und der Obersteinerschen Schule beigetragen haben. Aber auch den Fischen, Amphibien, Reptilien und Vögeln ist von Verfasser, den beiden Herrick, Johnston, Gaupp, Wallenberg, Kappers, S. R. y Cajal, Haller, Brandis und noch vielen anderen viele Arbeit gewidmet worden. 1896 konnte zum erstenmale von mir eine Übersicht über die vergleichende Anatomie gegeben werden, die sich bis 1908 zu einem dicken Buche, dem zweiten Bande dieses Werkes, ausgewachsen hat.

Ich habe versucht, dadurch der Lösung unserer Aufgaben etwas näher zu kommen, daß die vergleichend anatomische Methode mit derjenigen der Markscheidenentwicklung kombiniert wurde. Wir können ja jetzt jede einzelne Markscheide färben und verfolgen. In der Tat gelang es der vergleichend entwicklungsgeschichtlichen Methode, bei den Embryonen der niederen Wirbeltiere ganz einfache Verhältnisse aufzufinden und eine Anzahl Nervenbahnen sicher als allen Wirbeltieren zukommend zu ermitteln.

Von allergrößter Wichtigkeit für unsere Gesamtauffassung des Nervensystems waren aber die Entdeckungen, welche sich an die oben erwähnte Golgische Imprägnationstechnik der Nervenzellen und an die vitale Methylenblaufärbung Ehrlichs anschlossen. An anderer Stelle wird über sie berichtet werden. Hier aber sei schon hervorgehoben, daß wir durch diese Erweiterung der Technik endlich in die Lage gekommen sind, über die Beziehungen der Zellen zueinander, über den feineren Aufbau mehr Klarheit zu erlangen. Diesen Methoden verdanken wir die wichtigsten Entdeckungen, welche in den letzten Jahren auf dem Gebiete des Zentralnervensystems gemacht worden sind, ihnen allein verdanken wir den Einblick in das bisher so gut wie ganz unbekannte Nervensystem der Wirbellosen und die Retzius dort geglückte Entdeckung, daß ein einzelnes Nervensystem unter Umständen in seinen sämtlichen Beziehungen zu übersehen ist. Durch die vortrefflichen Arbeiten dieses Forschers sind uns denn auch in rascher Folge das periphere und zentrale Nervensystem von Vertretern zahlreicher Klassen der Wirbellosen bekannt geworden. Es ist zu erwarten, daß die Methode in ihrer heutigen Vervollkommnung durch S. y Cajal und durch Bethe uns ein besonders erfreuliches Fortschreiten der Erkenntnis ermöglichen wird.

Sie sehen, meine Herren, der Wege zum Ziele sind viele. Für jede einzelne Aufgabe wird man sich immer neu die Frage vorlegen müssen, welche Methode anzuwenden ist, vor allem, wo man erwarten darf, den einfachsten Verhältnissen zu begegnen. Selten nur wird die Untersuchung von Organen des erwachsenen Menschen zu sicherem Ziel führen, meist wird es nötig werden, auf irgendeinem Wege sich künstlich größere Einfachheit zu schaffen.

Von Zeit zu Zeit hat man versucht, das, was über die feinere Anatomie des Zentralnervensystems bekannt war, in eine schematische

Zeichnung zu fasssen. Die ältesten schematischen Darstellungen der Hirnfaserung, welche mir bekannt wurden, finden sich bei Descartes in dem Tractatus de homine, der 1662 erschien.

In den folgenden Vorlesungen, meine Herren, wollen Sie an vielen Stellen Wort und Bild auch nur als eine Art Schema betrachten. Sie verfolgen nur den Zweck, Ihnen die wichtigsten Tatsachen aus der Lehre vom Faserverlauf im Zentralnervensystem möglichst übersichtlich vorzuführen. Dabei ist vieles Kontroverse, das sich noch nicht in den Gesamtplan einfügen läßt, nur kurz gestreift, gar manches Detail nicht erwähnt. Überall, wo es anging, sind nicht nur die auf rein anatomischem Wege gewonnenen Linien gezeichnet worden, sondern auch die Bahnen, welche aus gut beobachteten pathologischen Fakten erschlossen werden konnten. Ein Schema ist nicht immer und überall ein Bild vom Faserverlauf, es ist oft genug nur die graphische Darstellung der Schlüsse, welche aus zahlreichen Beobachtungen gezogen werden konnten.

Ein Schema ist ein schwankendes Gebäude; es muß bald da, bald dort ausgebessert werden; es wird oft genug des Niederreißens und des Wiederaufbauens einzelner Teile bedürfen. Man hat die Berechtigung bestritten, Schemata aufzustellen auf einem Gebiete, das noch so viele Lücken aufweist wie unser Wissen vom Bau des Zentralnervensystems. Lassen Sie es uns aber mit dem alten Burdach halten, der da 1819 schrieb: „Das Sammeln einzelner Baustoffe ist es doch nicht allein, was not tut. In jedem Zeitraume, wo eine neue Masse derselben gewonnen worden ist, mögen wir von neuem darangehen, sie zum Gebäude zu fügen. Durch solche Gestaltgebung wird das Fortschreiten des Forschungsgeistes zu neuen Entdeckungen keineswegs gehemmt; vielmehr erfahren wir gerade erst, wenn wir das Ganze überschauen, die Lücken unserer Kenntnisse und lernen einsehen, welche Richtungen die Forschung künftig nehmen muß. Möge der Versuch eines solchen Baues sich immer wiederholen. Keiner geht vorüber, ohne dem Wissen förderlich gewesen zu sein."

Von **älteren** Gesamtdarstellungen des Zentralnervensystems seien die folgenden erwähnt: Kölliker, Handbuch d. mikroskop. Anat. Leipzig 1854. — Meynert, Vom Gehirne der Säugetiere: Strickers Handb. d. Lehre von den Geweben. 1870. — Henle, Handb. d. Anatomie d. Nervensystems. Braunschweig 1879. — Luys, Recherches sur le Système nerveux cérébrospinal. Paris 1865. — Wernicke, Lehrb. d. Gehirnkrankh. I. Kassel 1881. — Schwalbe, Lehrb. d. Neurologie. Erlangen 1881. (Enthält die meiste Literatur bis 1881). — Von **neueren** Werken nenne ich: Obersteiner, Anleitung beim Studium des Baues der nervösen Zentralorgane. 4. Aufl. Wien 1901. — Van Gehuchten, Le système nerveux de l'homme. Louvain 1906. — Kölliker, Handbuch d. Gewebelehre. Bd. II. 1896. — Bechterew, Die Leitungsbahnen usw. Leipzig 1898. — J. Dejerine und Mad. Dejerine-Klumpke, Anatomie des centres nerveux. Paris 1895/1901. — S. Ramon y Cajal: El systema nervioso del Hombre e de los Vertebrados. Madrid 1897—1902, franz. übers. v. Azoulay. Paris 1909.

Die vollständigste kritische Übersicht über das ganze Zentralnervensystem bringt Ziehen in Bardelebens Handb. der Anatomie; die ausführlichste Beschreibung des feineren Aufbaues geben Köllikers und S. Ramon y Cajals Bücher; die genaueste Topographie dasjenige von Dejerine. Als Tafelwerke von besonderem Wert seien genannt: G. Retzius, Das Menschenhirn, Stockholm 1896, durch Abbildungen und Text

weitaus das Vollkommenste, was wir über die makroskopische Anatomie besitzen und Marburg: Mikroskopisch-topographischer Atlas des menschlichen Zentralnervensystems. Wien 1909, welcher sehr gute Abbildungen zahlreicher Schnitte in allen Richtungen bringt und trefflich erläutert.

Ziemlich vollständige Referate über alle Einzelarbeiten im Bereiche der Hirnanatomie bringen meine seit 1885 erscheinenden Jahresberichte in Schmidts Jahrbüchern der gesamten Medizin. Von dem regen wissenschaftlichen Arbeiten auf diesem Gebiete zeugt die Angabe, daß von 1885—1908 nicht weniger als 4564 Studien zur Anatomie des Zentralnervensystemes in diesen Berichten erwähnt sind.

Zweite Vorlesung.

Entwicklung des Nervensystems. Die Grundelemente.

1. Die Neuroglia.

Die Bedeutung und Stellung des Zentralnervensystems der Wirbeltiere kann nur voll verstanden werden, wenn man seine Abstammung und seine Beziehungen zum peripheren Nervenapparat, auch zu den Sinnesorganen, einer Würdigung unterzieht.

Der Zentralapparat steht nämlich keineswegs so absolut isoliert, so durch morphologische und physiologische Unterschiede vom peripheren Apparat getrennt da, wie man es noch bis in die jüngste Zeit hinein vermutet hat.

Beiden gemeinsam ist bei Wirbellosen und Wirbeltieren die Abstammung von der Zellschicht, welche die Embryonalanlage überzieht, dem äußeren Keimblatt. Ein Teil dieser dünnen Lamelle senkt sich in länglicher Rinne in die Tiefe, um, allmählich sich abschließend, zu der röhrenförmigen Anlage des Zentralnervensystems zu werden, ein anderer dicht neben jener Rinne beiderseits liegender bildet die Anlage der Spinal- und Kopfganglien. Viele zerstreut liegende Stellen weisen Zellen auf, welche auch beim ausgebildeten Tiere in den äußeren Bedeckungen liegen bleibend, Hautsinnesapparate bilden oder, sich mehr oder weniger in die Tiefe senkend, die Anlage anderer Sinnesorgane, des Gleichgewichtsapparates, des Riech- und Hörapparates bilden. Dieses relativ einfache Bild wird nun dadurch um ein weniges komplizierter, daß manche Anlagen, welche bei den Wirbellosen völlig in der Peripherie bleiben, bei Wirbeltieren dicht an den Zentralapparat sich legen und mit diesem verschmelzen; auch dadurch, daß, wenn einmal die Nervenrinne geschlossen ist, von ihr aus Zellkomplexe wieder hinaus in die Peripherie wandern, um da später als selbständige, zerstreute Nervenknoten weiter zu leben.

Die längliche Platte geschichteten Epitheles, welche zur Rinne eingebogen, die Anlage des Zentralnervensystemes darstellt, heißt Markplatte. Sie schließt sich bald zu einem Rohre, in welches später die rezipierenden Nerven einmünden und aus welchem die motorischen Nerven entspringen. Am kapitalen Ende liegen mehrere Erweiterungen dieser Röhre, die man als Hirn-

blasen bezeichnet, weil aus ihren lateralen und basalen Abschnitten die Gehirnteile hervorgehen.

Aus denjenigen Zellen der Medullarplatte, welche vor dem Schlusse zur Röhre beiderseits an den sich schließenden dorsalen Rändern liegen, dem Randstreifen, gehen die Kopf- und Spinalganglien hervor, außerdem die Sympathicuszellen zum größten Teile. Viele dieser Zellen wandern im Verlaufe der Entwicklung hinaus in die Körpergewebe, um dort später kleinste Zentren für sich zu bilden.

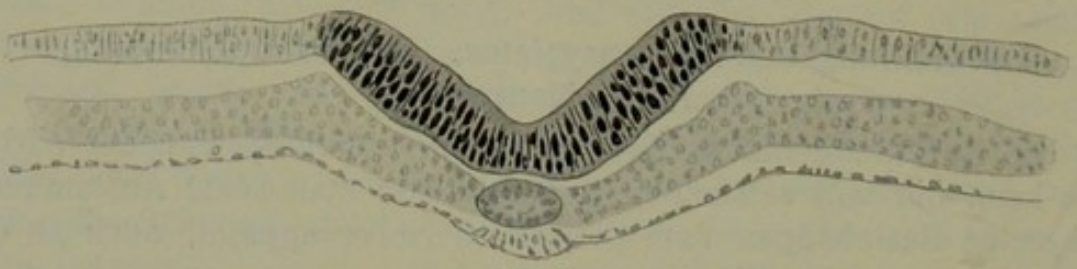


Fig. 5.

Querschnitt durch die Markplatte eines Entenembryo von 60 Stunden.

Wenn die Rinne mit ihren Randlippen zur Medullarröhre verwächst, geraten natürlich die beiderseitigen Randstreifen aneinander und bilden einen unpaaren Zellenstrang, der zunächst, keilförmig zugeschärft, in die dorsale Nahtlinie des Rohres mehr oder weniger eingelassen erscheint.

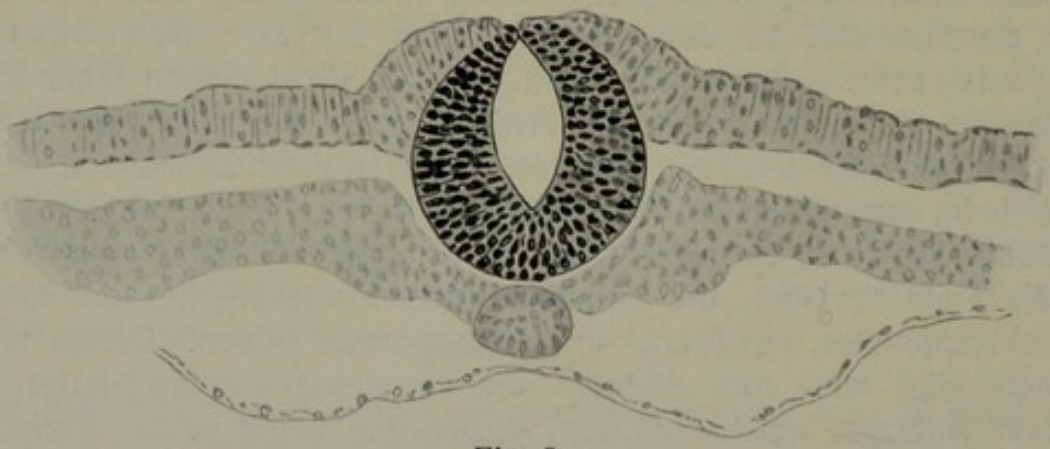


Fig. 6.

Dasselbe 10 Stunden später. Die Rinne hat sich zum Medullarrohr geschlossen.

Fig. 7*B*. Bald verläßt er infolge von Vermehrung und Verschiebung seiner Zellen diese Lagerung, tritt aus der Decke des Medullarrohres vollständig aus und teilt sich durch mediane Sonderung wieder in einen rechten und linken Strang. Durch segmentale Verdickung gliedert sich diese paarige Ganglienleiste in die einzelnen Ganglien ab, die dann seitlich neben dem Medullarrohr mehr und mehr ventralwärts rücken. Hat sich diese Abgliederung vollzogen, so ist das „Primärganglion", d. h. das Ganglion, soweit es durch Aussonderung von Elementen des

Zentralorganes konstituiert wird, fertig. Jetzt erkennt man auch schon, daß die Zellen Fasern in das Rückenmark hineinsenden, eben die Nervenwurzeln, und auch nach der Peripherie je einen Fortsatz auswachsen lassen, den peripheren Nerven. Fig. 9 oben rechts.

Am Rumpfe gehen aus den Primärganglien direkt die Spinalganglien hervor. Zu den Ganglienanlagen für die Kopfnerven aber gesellen sich noch gewisse Elemente aus der Haut. Die Ganglienanlagen legen sich für eine kurze Zeit an dieselbe an und nehmen später, in die Tiefe geratend, gewisse epidermale Wucherungen mit sich, so daß also ihre Elemente doppelten Ursprungs sind. Fast jeder Hirnnerv gewinnt für sein Primärganglion zwei solcher Kontakte, einen lateralen und einen epibranchialen. Fig. 8. Im zweiten Band sind diese Verhältnisse genauer behandelt; sie sind ungemein wichtig, weil es gelingt, aus der Zahl der Ganglien und der Art der Nervenwurzeln zu ermitteln, wie viele wirkliche Nervenpaare am Kopfe vorhanden sind und wie sich jene Paare zu den Hirnnerven zusammengelegt haben, welchen wir beim reifen Tiere begegnen. Bei der Umwandlung werden einzelne vorher wichtige und große Nervenbahnen überflüssig und verschwinden, andere ändern ihre Verlaufsrichtung und wieder andere gelangen zu Organen, die während der Stammesgeschichte oder der Individualentwicklung zunächst eine vom reifen Zustand ganz verschiedene Funktion und Bedeutung gehabt haben. Ich will zur Illustration daran erinnern, daß, wenn aus den embryonalen Kiemenanlagen später wichtige Teile des Schädels und des Gehörapparates hervorgehen, die Kiemennerven die Umwandlung natürlich mitmachen. Sie erscheinen — z. B. der Nervus petrosus superfic. major — später als ihrem ursprünglichen Zwecke völlig entfremdete Züge.

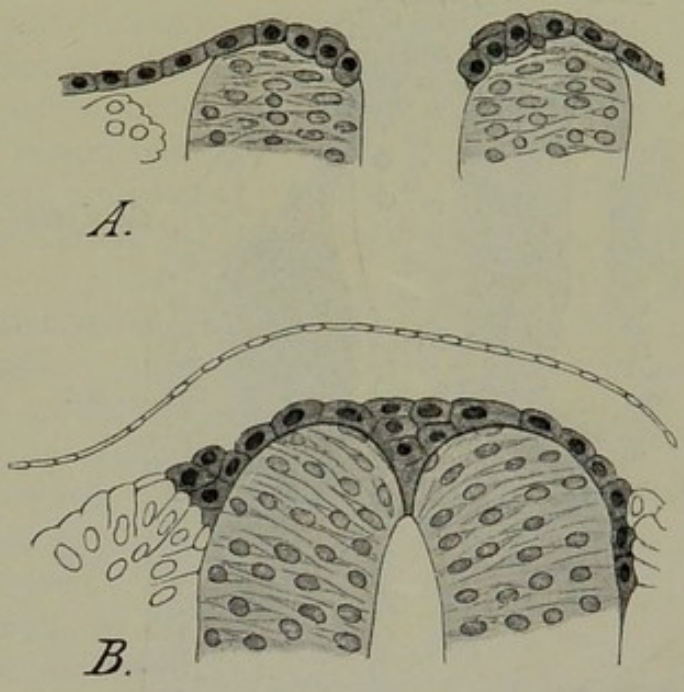


Fig. 7.

Schnitte durch das Rückenmark eines sehr kleinen menschlichen Embryos. Schon bei *A*, wo das Medullarrohr noch offen ist, erkennt man am dorsalen Rande die Zellen des Randstreifens, aus welchen die Spinalganglien hervorgehen, bei *B* ist dieser, trotz des Schlusses der Medullarrinne, doch noch sehr deutlich. Nach v. Lenhosséck.

Schon sehr früh treten, wie jetzt für Vertreter aller Wirbeltierklassen nachgewiesen ist, im Nervenrohre Veränderungen auf, welche zur Bildung von verschiedenen Zellarten führen.

Anfänglich bilden sich aus dem Keimepithel wesentlich nur die Epithelien des zentralen Hohlraumes, wobei es zur Bildung von Zwischenstadien, großen runden, protaplasmareichen Zellen, den „Keimzellen“ von His kommt, bald aber entwickeln sich aus diesen Zellen auch die Ganglienzellen. Sie bleiben nicht in der nächsten Umgebung des zentralen Hohlraumes liegen, wandern vielmehr allmählich nach außen. Aus ihnen wächst später der Axenzylinderfortsatz aus, und noch später treten zahlreiche Nebenfortsätze am Zellkörper auf, die Zelle so zu einem multipolaren Gebilde stempelnd.

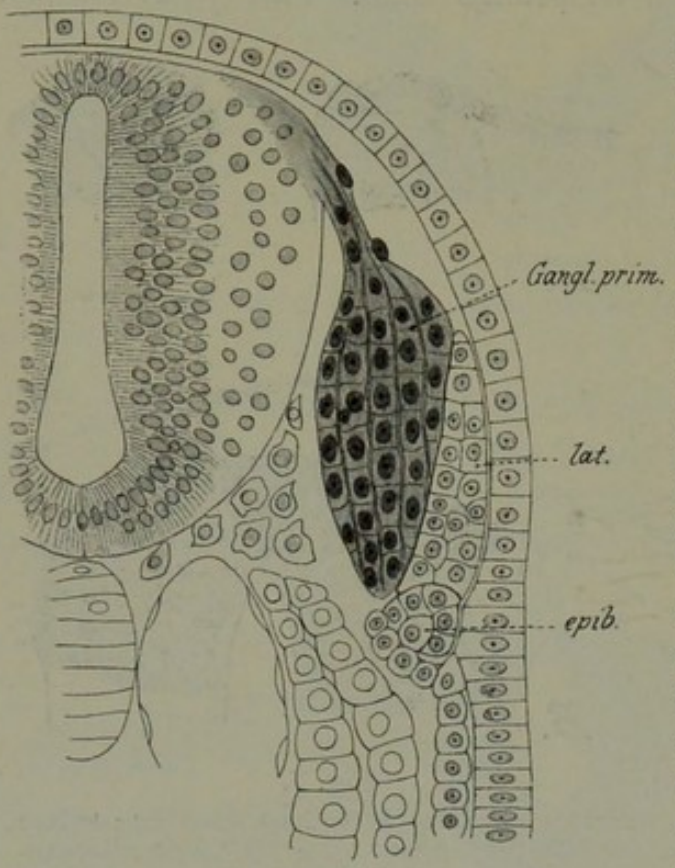


Fig. 8.

Ammocoetesembryo. Trigeminusgebiet des Kopfes. Nach v. Kupffer. Das Ganglion ist ausgebildet und hängt mit dem Gehirn nur noch durch die Wurzel zusammen. Es ist lateralwärts getreten und hat auch mit den Epidermiszellen Kontakt gewonnen.

Es existiert nun noch eine Meinungsdifferenz darüber, ob die Keimzellen nur Ganglienzellen liefern (His) oder ob sie noch völlig indifferente Gebilde sind (Schaper), aus denen auch die Stützzellen des Nervensystems hervorgehen können. Jedenfalls werden nicht alle Zellabkömmlinge des Keimepithels zur Umkleidung des zentralen Hohlraumes oder zu Ganglienzellen verbraucht. Es entstehen durch Zellteilung sehr viel mehr neue Gebilde, und man kann erkennen, daß diese dann weiter und weiter vom Hohlraum abrücken, mit dessen Wand sie oft noch durch einen dünnen Faden zusammenhängen. Die Endausläufer dieser Zellen bilden, sich verzweigend, ein Netzwerk, welches beim Erwachsenen die ganze Substanz des Zentralnervensystems durchzieht, sich auch in bestimmten Zonen mehr als in anderen verdichtet. Diese Zellen, welche einen Teil des Gerüstwerkes herstellen, nennt His, ihr Entdecker, Spongioblasten, die unfertigen Ganglienzellen hat er als Neuroblasten bezeichnet.

Daß aus der Markplatte so zweierlei Zellen werden, das ist nur für die Wirbeltiere, hier allerdings für Vertreter aller Ordnungen nachgewiesen, bei den Wirbellosen entstehen jedenfalls die Ganglienzellen auch aus der Ektodermschicht; ob und wie weit bei jenen echte Stützsubstanz vorhanden ist, das ist noch nicht entschieden. Bei den niedersten Vertebraten ist bisher auch die netzförmige Stützsubstanz noch nicht gefunden worden.

Entstehung der Nerven.

His hat zuerst nachgewiesen, daß die in den peripheren Nerven enthaltenen Fasern zwei ganz verschiedene Ursprungsarten haben. Alle motorischen Wurzeln entstehen als Axenzylinderfortsätze von im ventralen Teil des Nervenrohres liegenden Zellen. Jede Zelle sendet ein Fäserchen aus, das an die Oberfläche tritt und dort sich mit den Nachbarfasern zur Bildung eines ventralen Wurzelbündels vereint. Die sensorischen Wurzelfasern, die zumeist dorsal abgehen, haben eine ganz andere Herkunft. Sie entstehen nämlich nicht im Zentralorgan, sondern außerhalb desselben, in den Ganglien, welche neben diesem liegend, es auf seiner ganzen Länge begleiten. Die Zellen dieser Ganglien (Spinalganglien und Ganglien der Hirnnerven) wachsen nach zwei Seiten zu Fasern aus. Eine dieser Fasern tritt in das Zentralorgan ein, die andere wächst als sensorischer Nerv nach der Peripherie.

Die peripheren Nerven wachsen aus Neuroblasten aus, das ist sicher, aber seit bald einem Jahrhundert ist man in Studien, die noch immer zu keiner völligen Einigung geführt haben, begriffen, um zu ermitteln, wie sie ihren Weg bis in die Peripherie finden.

Zunächst ist unentschieden, ob die Nerven frei in den Körper hineinwachsen oder ob sie sich innerhalb von feinen protoplasmatischen Bahnen ausbreiten, die sie bereits zwischen den Körpergeweben vorfinden. Mit reicher Literatur und mit großem Eifer wird aus beiden Lagern hier noch gekämpft.

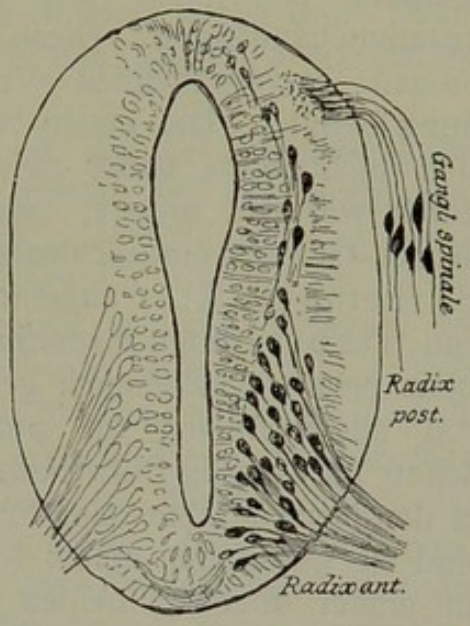


Fig. 9.

Rückenmarksdurchschnitt einer menschlichen Frucht aus der 4. Woche. Man sieht ventral die motorische Wurzel sich aus Zellen des Markes entwickeln. Dorsal wächst — nach einer Frucht von 4½ Wochen — die sensible Wurzel aus Zellen des Spinalganglions ein. Kombiniert aus Abbildungen von His.

1857 wurde Kupffer durch seine Beobachtungen zu der Ansicht geführt, die Nervenfaser sei nur der Ausläufer einer einzigen Nervenzelle, der frei bis zur Peripherie verläuft. Hauptgrund für diese Behauptung war, daß in ihr keine Kerne gefunden werden.

Diese Kupffersche Auffassung ist von His aufgenommen und zu einer umfassenden Theorie ausgebaut worden. Nach His, dessen Untersuchungen in die Jahre von 1879 bis 1889 fallen, wachsen die Nerven völlig frei aus den Neuroblasten in den Körper hinein, um sich mit ihren immer frei bleibenden Enden an die Endapparate anzulegen, vielleicht mit ihnen zu verkleben. Die zahlreichen Bilder, welche in den letzten 20 Jahren von vielen Seiten, und besonders von S. Ramon y Cajal mit der Silbermethode hergestellt worden sind, sprechen

im gleichen Sinne. Seine sorgfältige Methodik hat nie etwas von präformierten Bahnen aufgedeckt; die Bilder, die er zeigt, demonstrieren immer ein ganz freies Auswachsen.

1828 hat K. E. v. Baer die Hypothese aufgestellt, daß das Zentralorgan von allem Anfang an mit dem später innervierten Endorgan zusammenhänge und V. Hensen, der von 1864—1903 sich mit dieser Frage beschäftigt hat, ist ebenfalls zur Überzeugung gekommen, daß Zellbrücken vom Nervensystem aus durch den Körper hindurch existieren. In der Tat scheinen bei allen frischen Embryonen die Zellen des ganzen Körpers und auch alle Zellen des Nervenrohres untereinander zusammenzuhängen. Diese vielleicht aus unvollständigen Zellteilungen hervorgehenden Verbindungswege würden zur Nervenbildung benutzt. Die ersten Nervenfasern der weißen Substanz winden sich nicht etwa nackt zwischen den Balken des Stützgewebes hindurch wie His meinte, sondern sie sind bereits in ein protoplasmatisches Gewebe eingeschlossen. Diese Theorie ist von Gegenbaur, Fürbringer, Kerr aufgenommen und von dem letzteren, und auch von Brauss durch Experimente für den motorischen Nerven mindestens sehr wahrscheinlich geworden. Auch Held tritt dafür ein, daß von allem Anfang an protoplasmatische Verbindungen existieren. Schon nach wenig Entwicklungstagen bilden sich außerdem — Besta — in den Neuroblasten feine Fasern aus, die Neurofibrillen. Anfangs sind sie gewunden, einem Knäuel gleich, bald aber sammeln sie sich an einem oder an beiden Polen der Zelle mehr an und es tritt ein feines Bündelchen solcher Fibrillen über den Zellkörper hinaus in die Peripherie um allmählich immer weiter wachsend die Körpergewebe zu erreichen oder, wenn es sich um gewisse zentrale Zellen handelt, mit dem Fibrillenapparat der Nachbarzellen in Verbindung zu treten. S. Ramon y Cajal, Herxheimer und Gierlich, Held haben das am genauesten studiert und Held meint, daß erst durch diesen Apparat das eigentliche Nervengewebe entstehe. Für ihn, der ja einen Zusammenhang des nervösen Zentralapparates mit den Körperzellen durch ein frühes plasmatisches Netz, die Plasmodesmen, annimmt, werden durch das Einwachsen der Fibrillen aus Plasmodesmen, Neurodesmen, die nun zwischen den Neuroblasten und den verschiedenen Zellen des Körpers verlaufen. Die embryonale Muskelzelle hängt also schon früh mit ihren motorischen Kernen zusammen, aber durch das Einwachsen der Neurofibrillen werden Neuroblasten und Myoblasten zu einer neuen Einheit.

Die histologischen Unterlagen, dieser, die His'sche mit den früher erwähnten Theorien vereinenden Auffassung, sind aber kaum sicher zu erbringen. Wenn man die Abbildungen ansieht, auf welche sich die Ansicht von dem primär vorhandenen, den ganzen Körper durchsetzenden protoplasmatischen Netzwerk begründet, auch die trefflichen, welche erst vor kurzem Held veröffentlicht hat, so kann man sich des Eindrucks nicht erwehren, daß, wie immer auch

die wirklichen Verhältnisse liegen mögen, unsere heutigen Härtungsmethoden durch Niederschlagsbildung und Schrumpfung immer ein solches Netzwerk entstehen lassen müssen, und daß der Beweis für die wirkliche Existenz noch zu liefern wäre.

Immerhin wäre es ja möglich, daß ein feiner protoplasmatischer Überzug, den die auswachsende Nervenfaser etwa vor sich her treibt, bei unserer Technik unsichtbar bliebe. Harrison sah aber aus einem lebend konservierten 4 mm langen Medullarrohr vom Froschembryo vollständig freie Fortsätze unter dem Objektträger, wo ja kein Zellgerüst zu ihrer Aufnahme ist, austreten und wachsen, die kolbig endeten und sich amöboid bewegten, so daß man direkt den Eindruck hat, der vom Neuroblast entsandte Fortsatz suche seine Bahn. Dieser elegante Versuch beweist mindestens den mächtigen Wachstumaustrieb der Neuroblasten.

Schließlich gibt es noch eine Auffassung von der Entstehung der peripheren Nervenbahn, welche diese zum größten Teil aus peripheren, nicht aus zentralen Zellen hervorgehen läßt. Der periphere Nerv wäre dann eine Kette von Zellderivaten. In der Tat ist die Faser fast überall von Zellen begleitet, welche, wie die Mehrzahl der Autoren annimmt, die Schwannsche Scheide liefern. Schon 1878 hatte Balfour eine bereits 1828 von Schwann geäußerte Ansicht wiederaufgenommen, nach der die peripheren Nerven aus Zellketten entstünden und später sind namentlich Dohrn, Bethe und in der letzten Zeit besonders energisch O. Schultze dafür eingetreten, daß der Axenzylinder nicht aus einer einzigen Ganglienzelle stamme, sondern daß die periphere Nervenfaser vielmehr das gemeinsame Produkt zahlreicher ineinander laufender Zellen ist, in deren Innerem der Axenzylinder ausgebildet wird und in deren Verlauf oft der Kern der Ursprungszelle erhalten und eingeschaltet bleibt. Bethe hat das auch dadurch beweisen wollen, daß er in Nervenstücken, die nach seiner Meinung völlig isoliert waren, Neubildung des degenerierten Axenzylinders eintreten sah, es ist aber von vielen Seiteu eingewandt worden, daß diese Isolierung eben doch nicht groß genug war, um ein Einwachsen von Nervenbahnen aus der Nachbarschaft in das isolierte Stück zu verhindern. Immerhin werden bei Wirbellosen und Wirbeltieren, wie namentlich O. Schultze gezeigt hat, Bilder gefunden, die als möglich erscheinen lassen, daß es peripher bleibende Neuroblasten gibt, die gleich wie die zentralen Neuroblasten Nervenbahnen bilden und sich dann mit den vom Zentralapparat her gelieferten Fortsätzen in Verbindung setzen. Doch eines steht fest, das ist der Einfluß, den die zentralen Zellen auf den peripheren Nerv ausüben. Wenn die Vorderhörner beim Kinde oder Erwachsenen untergehen, dann zerfallen allemal die motorischen Nerven in ihrer ganzen Länge, und wenn die Spinalganglien zerstört werden, entarten sicher die sensiblen Nerven ganz. Deshalb muß man mit zwei Möglichkeiten

rechnen: Entweder es gewinnt das zentralste Axenzylinderstück allmählich irgendeinen Einfluß auf die Stärke der peripheren Kette oder aber es ist jene „Axenzylinderanlage“ in den peripheren Zellen nur eine Bahnung für den vom Zentrum hereinwachsenden Axenzylinder.

Die Neuroglia.

Aus den Neuroblasten sind die Nervenzellen hervorgegangen, aus den übrigen Zellen einmal Epithelien, welche den zentralen Hohlraum auskleiden und dann die von Virchow entdeckte Neuroglia.

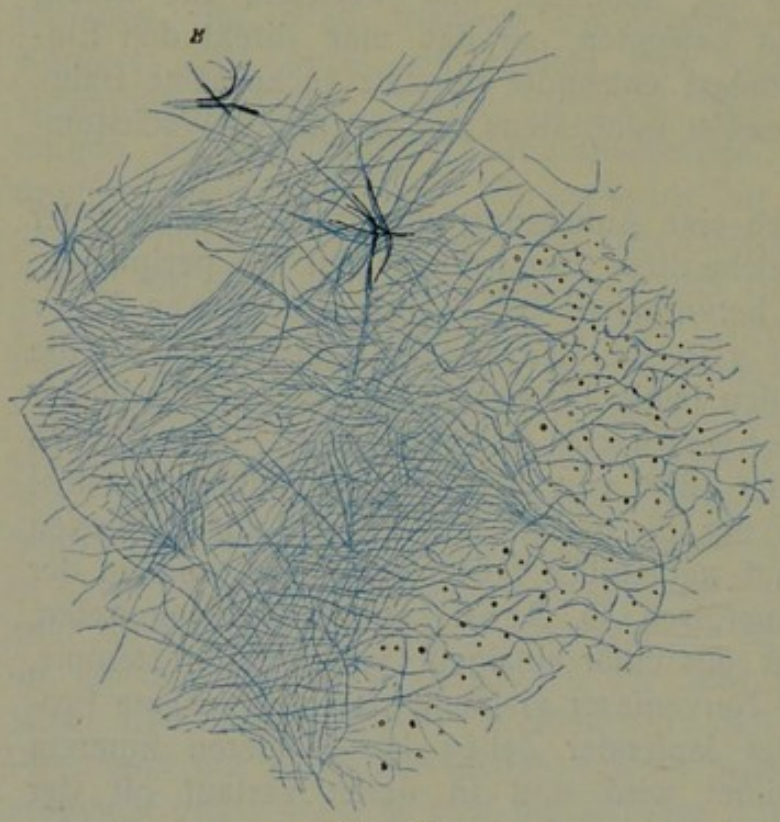


Fig. 10.

Neuroglia an der Grenze von weißer und grauer Substanz, nach einem Originalpräparat von C. Weigert. Neurogliafasern blau, Axenzylinder schwarz.

Die Neuroglia ist nicht, wie man früher meinte, ein spezielles Gewebe des Zentralapparates. Die Zellen der Schwannschen Scheide in den peripheren Nerven sind ebenfalls Gliaelemente, die von Zellen der Randwülste stammen und ausgewandert sind.

Die Neuroglia zeigt eine gewisse Mannigfaltigkeit in ihren Zellformen, ihre Hauptmasse besteht aus einem außerordentlich feinen protoplasmatischen Gerüstwerk, das überall zwischen seinen weit verzweigten Ausläufern helle oder dunkle Kerne einschließt (Held) und, wie namentlich die Untersuchungen Alzheimers gelehrt haben, die Auf- und Abbauprodukte der Nervenzellen in Form verschiedenartiger Körnchen aufnimmt. Um die Gefäße herum lagern sich diese Zellen besonders dicht. Ihr feines Syncytium durchzieht das ganze Nervensystem netzartig. Bis jetzt lassen sie sich nur mit Protoplasmafärbemethoden darstellen. Innerhalb dieses Syncytiums fallen dann noch besondere Verdichtungen, die Gliagrenzhäute, auf. Eine, welche das Nervensystem außen überall umgibt, die Membrana superficialis und dann die Membrana perivascularis, welche alle Gefäße umscheidet. Fig. 10 u. 11. Eine Gliazelle im peripheren Nerven s. Fig. 20.

Sehr viele der Gliazellen im Zentralorgan scheiden eine ganz spezifische Substanz aus, außerordentlich feine, nach einer Methode von

Weigert rein elektiv färbbare Fäserchen, welche die Ursprungszellen in der mannigfachsten Weise überkreuzend das ganze Zentralnervensystem durchziehen und in ihm neben dem protoplasmatischen noch ein ganz spezifisches Gerüstwerk darstellen.

Dieses Netz verhält sich an verschiedenen Stellen des Zentralnervensystems etwas verschieden und bildet hier und da dichte, zum Teil von Nervensubstanz ganz freie Anhäufungen; so überzieht namentlich eine breite Zone fast reiner Gerüstsubstanz die ganze Oberfläche von Gehirn und Rückenmark, erstreckt sich auch zapfenförmig in die einzelnen Wurzeln noch ein Stück hinein. Ebenso begegnet man an der inneren Oberfläche des Zentralnervensystems, dicht unter dem Epithel, das diese auskleidet, einer besonders reichen Entwicklung von Neuroglia. In der grauen Substanz ist das Flechtwerk teils dichter als in der weißen, teils weniger dicht. Größere Nervenzellen werden häufig so umsponnen, daß sie in einem engmaschigen Korbe zu liegen scheinen.

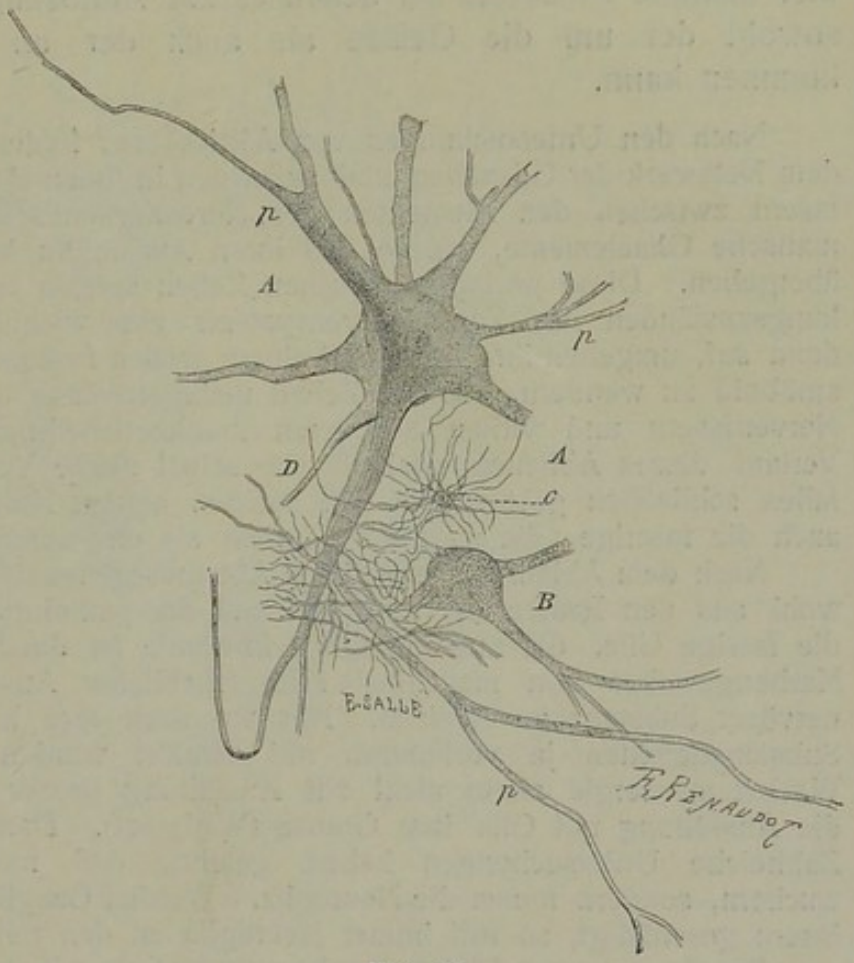


Fig. 11.

Nach Ranvier. Aus einem Rückenmarkstückchen. *A* und *B* Ganglienzellen, bei *D* Axenzylinder, *p* Protoplasmafortsätze, *C* Neurogliazellen.

Diese Neurogliafaserung ist ein ganz eigenartiges Gewebe, das nur im zentralen Nervensysteme der höheren Vertebraten bis jetzt gefunden worden ist — nur der Sehnerv besitzt es noch — das sich durch seine Färbungsverhältnisse absolut von anderen Gewebsarten abgrenzen läßt, und sich auch bei pathologischen Prozessen in besonderer Weise verhält.

Solche Gliafasern bilden im wesentlichen auch die erwähnten Grenzmembranen, und man sieht überall, wie sie sich mit ihren Enden aufgefasert, manchmal breite feinfasrige Pinsel darstellend, in die bindegewebigen Teile des Nervensystems, also in die Pia und die Gefäßscheiden einsenken. Ja häufig wachsen längere Gliafäserchen weithin in diese hinein.

Am normalen Gewebe ist es sehr schwer zu sagen, ob zwischen der Neuroglia, welche die Gefäße umgibt und deren Adventitia noch ein freier Lymphraum existiert. Held hat die Gliagrenzmembran als Filterfläche für die Saftbewegungen zu und von dem Nervensystem bezeichnet. Alzheimer hat nachgewiesen, daß mindestens unter pathologischen Verhältnissen Räume zwischen Gliamembran und Gefäßadventitia auftreten, die sich nicht als Schrumpfräume deuten lassen, und daß in diesen perivasculären Räumen ein wesentlicher Teil des Abbaues im Nervensystem sich abspielt. Bei schweren Erkrankungen verlaufen hier lebhafte Prozesse, bei denen es zur Auflösung der Gliamembran, sowohl der um die Gefäße als auch der an der Hirnoberfläche kommen kann.

Nach den Untersuchungen von Alzheimer finden sich aber noch außer dem Netzwerk der Gliazellen und außer den in ihnen abgeschiedenen Weigertfasern zwischen den Elementen des Nervensystems häufig freie protoplasmatische Gliaelemente, welche mit ihren Ausläufern kaum in das Netzwerk übergehen. Diese protoplasmatischen Zellen spielen in allen akuten Erkrankungszuständen des Zentralnervensystems eine wichtige Rolle, sie quellen dann auf, umgeben ihre Kerne mit einem großen Protoplasmahof und scheinen amöboid zu wandern. Solche Zellen umlagern dann die Ganglienzellen und Nervenfasern und wirken bei deren krankheitsbedingtem Abbau mit. Im Verlauf dieses Abbaues erleiden sie selbst starke Veränderungen und zerfallen schließlich größtenteils. In solchen akuten Krankheitszuständen geht auch die faserige Glia zugrunde, indem sie erst aufquillt und dann zerfällt.

Nach dem Ablauf der erwähnten Abbauvorgänge bildet sich dann wieder, wohl aus den Resten der normalen und der pathologisch gewucherten Glia die fasrige Glia, die nun allerdings imstande ist durch die Bildung gliösen Narbengewebes von manchmal sehr erheblicher Ausdehnung die Defekte nervöser Substanz zu ersetzen. Nur wo auch ihre Elemente, wie das bei Substanzdefekten ja vorkommt, mit zerstört worden sind, und wo ihre Wachstumsenergie allein nicht zur Ausfüllung großer Defekte genügt, hat die Ausfüllung mit Glia ihre Grenze (Weigert). Dann bilden sich Cysten. Zahlreiche Untersuchungen haben gelehrt, daß nie die Ganglienzellen wuchern, sondern immer die Neuroglia. Werden Ganglienzellen oder Nervenfasern geschädigt, so tritt immer Neuroglia an den frei werdenden Platz.

Da ein gewisses Gleichgewicht zwischen allen Zellen des Tierkörpers bestehen muß, derart, daß nie ein hohler Raum auftritt, wenn die eine oder die andere Zelle ausfällt, so kann man weiter schließen, daß, wenn eine Zelle durch Erkrankung oder Erschöpfung schwächer wird als die Zellen ihrer Umgebung, diese letzteren sie überwuchern werden.

Wahrscheinlich bedeutet auch Überfunktion, Funktion mit ungenügendem Ersatz eine solche Schädigung. Wir wissen längst, daß Zerfall der Nerven auftritt, wenn sie zu stark in Anspruch genommen werden — Neuritis durch Überarbeit — und alles spricht dafür, daß es im zentralen Apparat nicht anders ist als im peripheren. Es wird also, wenn zentrale Zellen und Bahnen geschwächt oder geschädigt werden, Glia an ihre Stelle treten. Aus diesen Erwägungen entspringt eine Auffassungsweise vieler Rückenmarks- und Gehirnkrankheiten, welche die Aufbrauchtheorie genannt werden kann.

Die meisten Symptome der Tabes, der Strangdegenerationen, der Friedreichschen Krankheit, der Paralyse, ebenso wie die anatomischen Befunde bei diesen Krankheiten lassen sich am einfachsten deuten, wenn man an-

nimmt, daß bei diesen Krankheiten das Nervengewebe weniger resistent gegen die funktionelle Inanspruchnahme ist und dieser erliegt. Für Tabes und Paralyse muß man ganz hypothetisch die Ursache der mangelnden Resistenz in der Lues und anderen bekannten Schädlichkeiten suchen, für die Friedreich-Ataxie aber ist nachgewiesen, daß es sich immer um Individuen handelte, die mit zu kleinem Rückenmarke auf die Welt gekommen, an dieses die normalen Anforderungen stellten. Dann müssen eben bestimmte Stränge usw. entarten. Sind nur einzelne Bahnen oder Nerven zu schwach, zu klein

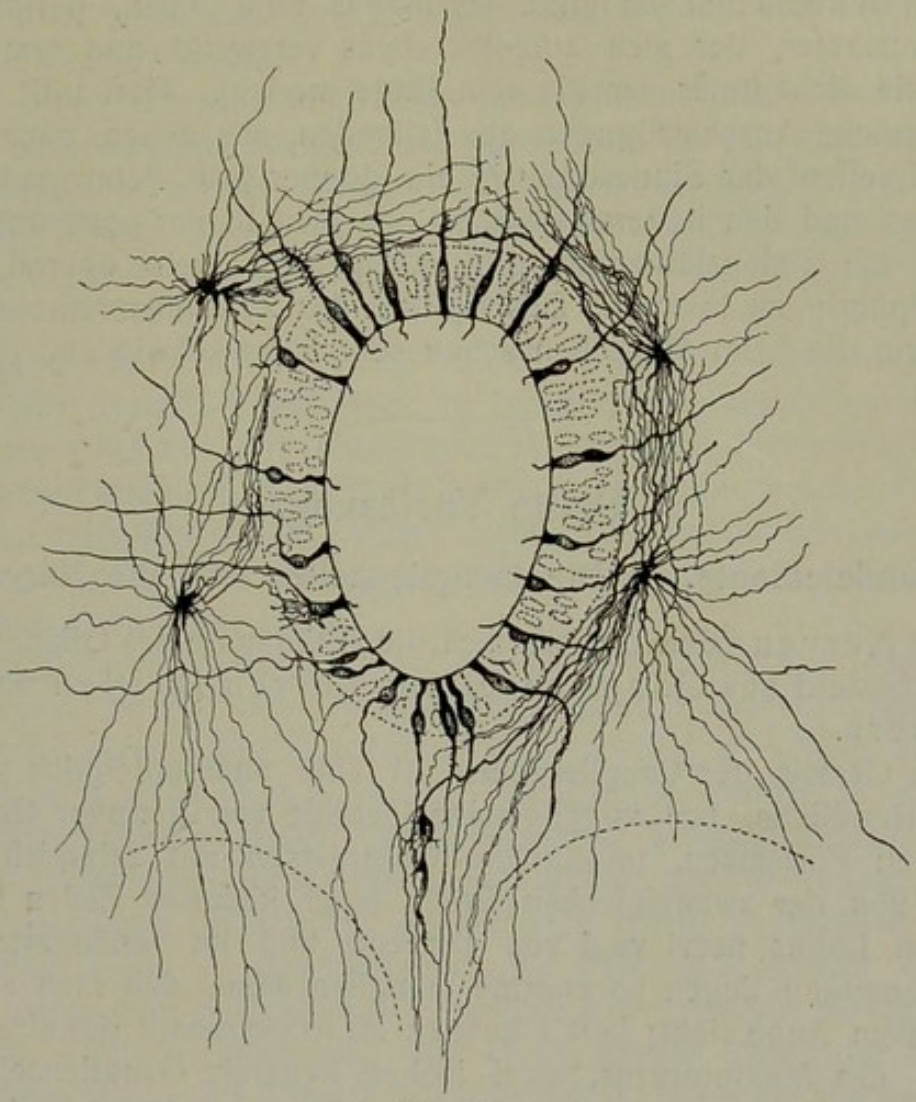


Fig. 12.

Epithelzellen und Neurogliazellen in der Umgebung des Zentralkanals. Schnitt durch das Rückenmark eines menschlichen Embryo von 23 cm Länge. Nach v. Lenhossék. Behandlung mit der Golgi-Cajalschen Methode. Man beachte, daß nur ein Teil der Zellen den Silberniederschlag angenommen hat. Das ist ein Vorteil des in der Einleitung erwähnten Verfahrens, weil es nur dadurch bei dem großen Faserreichtum möglich wird, das, was zu einzelnen Zellen gehört, richtig zu erkennen.

angelegt, dann müssen sie im Laufe des Lebens aufgebraucht werden. Auch dafür sprechen Krankheitsbilder: die primäre einfache und kombinierte Seitenstrangaffektion, der progressive Hörnervenschwund, die hereditäre Amaurose u. a. Alle sind familiären Charakters. Es ist auch bereits gelungen, durch schwere körperliche Inanspruchnahme bei Ratten Rückenmarkskrankheiten zu erzielen, die der Tabes nahe stehen. Diese traten besonders schnell auf, wenn man bei den Tieren durch Anämisierung die Ersatzmöglichkeit für das Verbrauchte geschädigt hatte.

Im wesentlichen bieten alle die erwähnten Krankheiten anatomisch das Bild von Gliawucherung an Stellen, wo sonst Nervengewebe liegt.

Eine eingehende Darlegung dieser, wie mir scheint, klinisch wichtigen Dinge kann ich Ihnen hier nicht geben, ich verweise sie auf mein Buch: Der Anteil der Funktion an der Entstehung von Nervenkrankheiten. Wiesbaden 1908.

Die Epithelzellen bleiben zum Teil als Umgrenzung des zentralen Hohlraumes des Nervensystemes bestehen. Dann senden sie, bei allen niederen Wirbeltieren dauernd bis in das reife Leben, peripherwärts einen Ausläufer, der sich zumeist etwas verzweigt und erst an der Peripherie dicht unter der Pia sein Ende erreicht. Dort trifft man oft eigentümliche Anschwellungen der Zellenden, aus denen, ganz wie bei den Epithelien der Sinnesorgane, ein dünner Stift herausragt. Beim Menschen und den höheren Säugern scheinen in der postembryonalen Periode die Endausläufer der Epithelien nicht mehr überall bis an die Peripherie zu reichen. Das Epithel des Zentralnervenrohres trägt Flimmern, die beim Menschen schon sehr frühe schwinden.

Dritte Vorlesung.

Die Grundelemente. 2. Die Ganglienzellen und die Nervenbahn.

Das Nervengewebe, welches die Hohlräume des Glianetzwerkes erfüllt, besteht aus Ganglienzellen, Nervenfibrillen und Nervenfasern.

Die Gestalt der **Ganglienzellen** ist eine außerordentlich verschiedene. Rundliche, fast kugelförmige Gebilde von geringer Größe mit spärlichen Fortsätzen, multipolare Organismen mit zahlreichen Ausläufern von der zwanzigfachen Größe jener kleinsten Zellen kommen vor. Im Lobus nervi vagi von Torpedo und im verlängerten Mark der Neunaugen liegen so enorme Ganglienzellen, daß man sie leicht mit bloßem Auge sieht; ja wir kennen im Rückenmark des elektrischen Welses, des Maloptorurus, zwei isoliert liegende Ganglienzellen von solcher Größe, daß die mächtige einzige Nervenfaser, welche jede aussendet, genügt, um das ganze, sehr große elektrische Organ zu innervieren.

Über den feineren Bau der Ganglienzellen und ihrer Ausläufer haben wir erst näheres erfahren, seit es gelang, sie mit bestimmten Farben oder Metallsalzen zu imprägnieren, namentlich seit man weiß, daß Substanzen in den Zellen vorkommen, welche sich mit bestimmten Farbstoffen elektiv färben. Was ich Ihnen hier mitteile, ist nicht einzelnen Färbungen entnommen, sondern mag Ihnen als das Fazit gelten, das man heute aus dem Resultate der verschiedenen Behandlungsmethoden ziehen kann. Je nach der technischen Behandlung der Präparate erhält man nämlich sehr verschieden aussehende Bilder von

Ganglienzellen. In Fig. 11 sind zwei Ganglienzellen abgebildet, wie sie sich nach Behandlung mit Karmin und Pikrokarmin darstellen. Figur 27 zeigt dann nach Golgi behandelte Zellen, an welchen der Silberniederschlag in einer früher unerreicht schönen Weise die Ausläufer erkennen läßt. Von der Struktur der Zelle ist aber nichts zu erblicken. Strukturbilder, wie sie namentlich bei Untersuchungen im Bereich der Pathologie wichtig sind, bekommt man nur auf anderen Wegen. Die Zellen auf Figur 13 zeigen uns, was hier bisher die mikroskopische Technik leistet.

Das Protoplasma der Zelle hat wahrscheinlich eine Struktur etwa wie ein Schwamm, doch gibt es, wie überall, wo man einen größeren Zellleib bisher erforschen konnte, auch Ansichten, welche den Aufbau anders auffassen. Mitten in dem Schwamm liegt der gut studierte Kern, und auch ein Zentrosoma ist für einige Zellarten nachgewiesen.

Natürlich hat man bei einer Zellart, welche so überaus wichtige und von der übrigen Zelltätigkeit so verschiedene Funktionen hat, mit besonderem Eifer und mit sorgfältigster Anwendung der mannigfachsten technischen Verfahren nach Besonderheiten gesucht, welche die Ganglienzellen charakterisieren. Bisher haben sich namentlich verschiedenartige gekörnte Einlagerungen von ganz charakteristischer Färbbarkeit nachweisen lassen.

In den Maschen, welche die Züge des Zellschwammes, das Spongioplasma, bilden, aber auch in ihren Knotenpunkten, liegen zahllose feinste, regelmäßige Körnchen. Sie erstrecken sich über alle Teile der Zelle und auch hinaus in den Axenzylinder, sowie in die Dendriten. Da, wo Zellausläufer enden, liegen sie besonders dicht. Held, der erste Untersucher dieser später viel bearbeiteten Körnung, hat sie als Neurosomen bezeichnet. Es hat sich später herausgestellt, daß es möglicherweise — das Verhalten der Farbstoffe spricht dafür — mehrere Arten oder doch chemisch verschiedene Zustände dieser Körperchen gibt. Vielfach finden sich nach Held gerade da auf der Zelloberfläche Neurosomenanhäufungen, wo feine Nervenfäden aus der Peripherie an den Zellkörper herantreten, man hat den Eindruck, daß deren Neurosome sich über die Zelle ausbreiten, oder daß die Fädchen mit kleinen- aus Neurosomen bestehenden Platten, etwa gleich den Haftfüßchen der Kletterpflanzen, sich an den Körper und die Ausläufer der Ganglienzelle anlegen. So träte das durch die Neurosomen charakterisierte Plasma der einen Nervenzelle zu dem einer anderen in Beziehung.

Eine besondere Art von Körnern, durchweg gröberer Art und nicht in bestimmten Beziehungen zur Protoplasmastruktur, haben wir durch Nissl kennen gelernt. Über diese Zellkörnung, tigroide Substanz hat man sie genannt, haben des genannten Gelehrten seit 1879 fortgesetzte Studien zu für Physiologie und Pathologie sehr wichtigen Resultaten geführt. Im Zelleib aller Nervenzellen trifft man Sub-

stanzen, die sich mit Farbbasen tingieren, und solche, die damit nicht färbbar sind. Erstere treten nach der Fixierung in verschiedenen Zellen, ja wahrscheinlich in verschiedenen Zuständen der gleichen Zelle, in verschiedenen Anordnungen auf. Auch existieren bedeutende Unterschiede in der Färbbarkeit. Man begegnet da Körn-

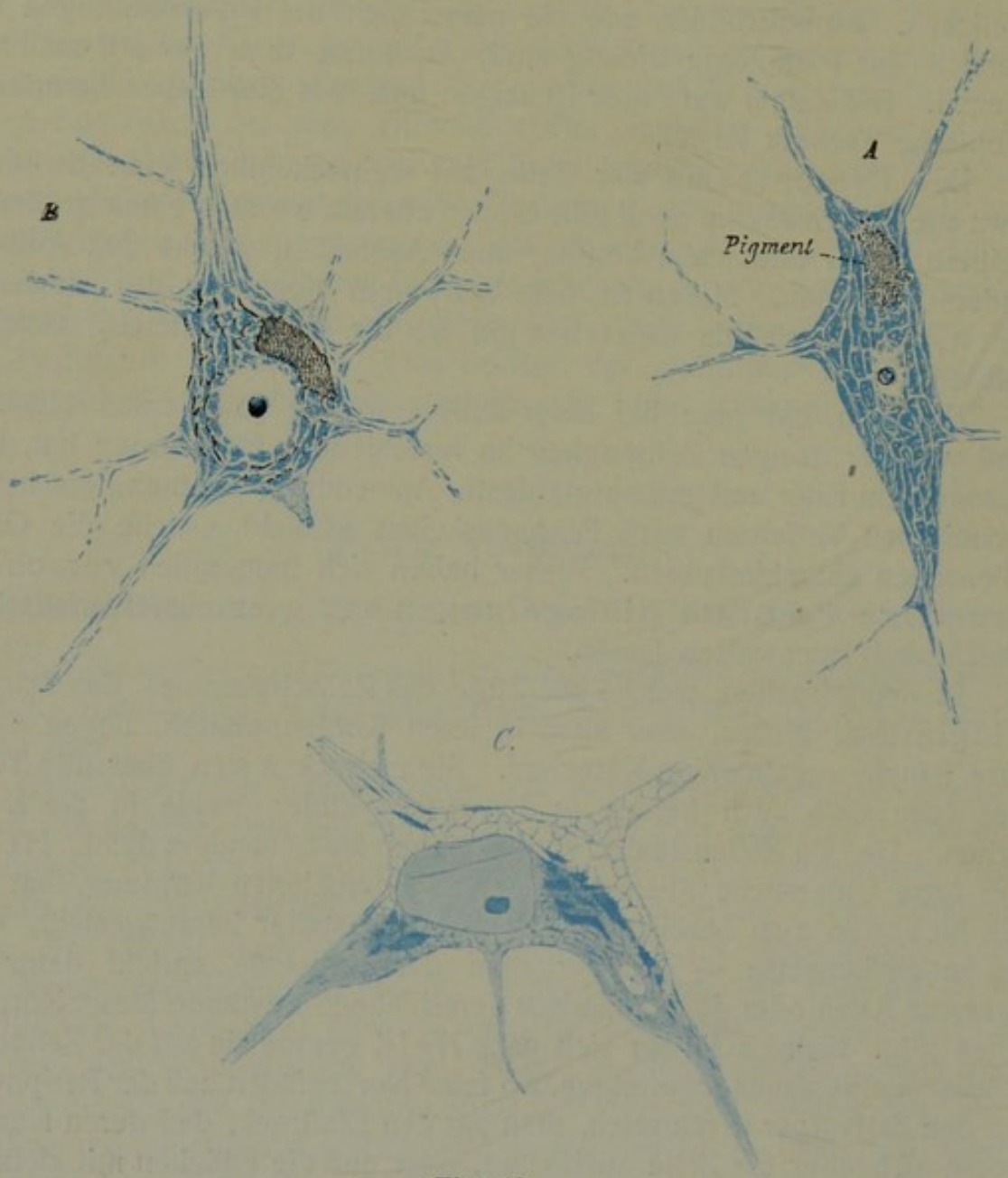


Fig. 13.

Drei verschiedene Typen von Ganglienzellen. Färbung der tingierbaren Substanzen. Originalzeichnungen von Nissl. *A* und *B* stammen aus dem Vorderhorne des menschlichen Rückenmarkes, *C* aus einem Kerne der Oblongata. Solche Typen unterscheidet Nissl je nach Färbbarkeit und Anordnung der Granula eine ganze Reihe. Außerdem hat jeder Typ noch verschiedene Erscheinungsweisen.

chen, Fäden und Spindeln, sowie noch mancherlei anderen regelmäßigen und unregelmäßigen gefärbten Gebilden, von denen nur einige durch Lage und Form heute schon besser charakterisiert sind (Kernkappen, Verzweigungskegel usw.). Diese Anordnungen können so verschieden sein, daß Nissl innerhalb des Begriffes „Ganglienzelle“ eine große

Anzahl verschiedener Zellarten abscheiden konnte. Auch innerhalb des Kernes sollen nach diesem Autor bestimmte Differenzen vorkommen, die er denn auch bei der Zellunterscheidung mit benutzt.

Trifft irgend eine Schädigung die Ganglienzelle, sei es daß ein Gift eingreift, oder daß die Funktion eine übermäßige ist, oder daß der Axenzylinder abgetrennt wird, oder die Blutzufuhr behindert wird, immer entstehen innerhalb der färbbaren Substanz Veränderungen, die bei intensiver Schädigung zu fast völligem Verschwinden derselben führen können. Aber es ist, bleibt nur der Kern ungeschädigt, Restitutio ad integrum wieder möglich.

Das Studium dieser Zellveränderungen ist, wie Sie leicht einsehen, von der allergrößten Wichtigkeit. Eröffnet es uns doch endlich einen Einblick in die feineren Vorgänge während der Funktion selbst.

Man hat in den letzten Jahren nicht nur die Zellveränderungen untersucht, welche durch pathologische Prozesse oder auch durch experimentelle Eingriffe gesetzt werden, sondern man ist auch dazu übergegangen, direkt den Einfluß der Zellfunktion auf das Strukturbild zu erforschen. In mancherlei Punkten widersprechen sich die bisher erlangten Resultate. Nur in einem scheint Übereinstimmung zu herrschen. Bei der funktionellen Inanspruchnahme der Nervenzellen scheinen die sich besonders intensiv färbenden Zellsubstanzen, diejenigen, welche durch ihre Anordnung der Zellzeichnung das Charakteristische geben, abzunehmen, und die Zellen lichten sich dadurch. Solche intensiv färbbare Substanzen sind zwar noch nicht in allen Zellen gefunden, aber was ich lhnen da mitteilte, hat sich in mannigfachen Versuchen gezeigt. Es war an den Rückenmarkszellen von Hunden zu konstatieren, die Mann durch Treppenlaufen ermüdet hatte, und an den Rindenzellen der ermüdeten Sehsphäre bei Tieren, deren eines Auge von ihm intensiver Belichtung ausgesetzt war. Es hat sich auch an den großen Rückenmarkszellen von Hunden gezeigt, bei denen F. Pick durch Rindenreizung Beinkrämpfe erzeugt hatte.

Es ist daher nicht unwahrscheinlich, daß diese sich intensiv färbenden Zellsubstanzen aus einem Materiale bestehen, welches direkt der Zellfunktion dient und durch dieselbe aufgebraucht wird. Der schlüssige Beweis ist aber erst von G. M. Holmes erbracht worden. Dieser hat Frösche mit Strychnin vergiftet und den krampfenden Tieren durch Kochsalzausspülung des Körpers immer wieder die Verbrauchsprodukte zu entziehen versucht. Dann verarmen die Ganglienzellen vollständig an färbbarer Substanz. Man kann alle Zwischenstadien finden, wenn man genügend früh den Versuch abbricht. Setzt man aber die schwer vergifteten Tiere in Eiswasser, wo alle Krämpfe ausbleiben, so ändert sich trotz des kreisenden Strychnines die Zellstruktur nicht. Das Krampfen, die Tätigkeit allein, verbraucht die in den Zellen eingeschlossenen Körner.

Die verschiedenen Körnungen in den Zellen werden höchst wahrscheinlich von allerfeinsten Fettmembranen umhüllt (E. Albrecht).

Viele Ganglienzellen führen Pigmente. Außerordentlich häufig ist ein hellgelbes feinkörniges Pigment, das sich färberisch ähnlich wie ein Fett verhält und eben deshalb Lipochrom genannt wurde. Vielleicht ist es ein Alterungsprodukt der Zelle, denn Obersteiner, der es am genauesten studiert hat, fand, daß es zwar schon im sechsten Lebensjahr in den Spinalganglienzellen, etwas später im Rückenmarke und gegen das zweite Jahr hin in der Rinde auftritt, daß aber von da an die größte Mehrzahl der Zellen es allmählich enthalten. Meist ist es irgendwo in der Zelle zu einem Haufen zusammengeballt, seltener, so in den kleinsten Ganglienzellen und denjenigen der Clarkeschen Säule ist es diffuser in feinsten Körnchen über die ganze Zelle zerstreut.

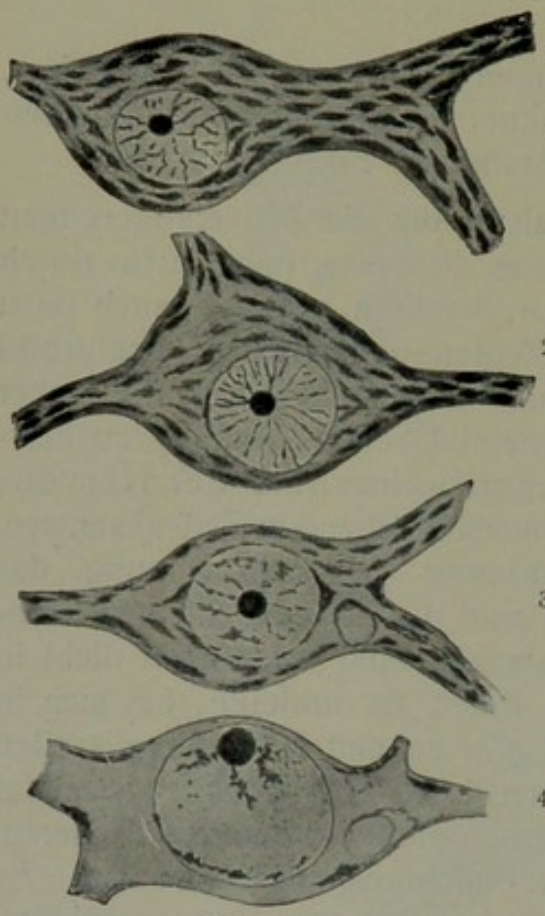


Fig. 14.
Ganglienzellen vom Frosch durch Strychninkrampf von verschieden langer Dauer verschieden stark erschöpft.
1. Normal. 2. nach 2 Stunden. 3. nach 5¼ Stunden. 4. nach 11 Stunden Krampfens.

Dann kommt ganz regelmäßig von früher Kindheit an in einigen bestimmten Zellarten ein andersartiges viel dunkleres Pigment, das Melanin, vor. Es erfüllt die Zelle fast ganz und gibt den von ihr zusammengesetzten Kernen ein schon makroskopisch sichtbares schwarzes Aussehen, so der Substantia nigra im Hirnschenkel und dem Locus coeruleus im Trigeminusgebiete. Auch zerstreute Zellen in der Oblongata haben gelegentlich Melaninkörner. Auch der Melanininhalt der Zelle nimmt allmählich zu, er soll aber um die Zeit der Pubertät seine Höhe erreicht haben.

Von Golgi wurde im Innern der Ganglienzelle schon 1899 ein eigentümlicher netzförmiger Apparat festgestellt, der sich mit Silber imprägnieren läßt und seitdem von Negri und anderen seiner Schüler in den mannigfachsten Körperzellen wieder gefunden worden ist. Die Bedeutung dieses Apparato reticulare ist noch unbekannt. Fig. 15.

Über die Ernährung der Ganglienzellen wissen wir wenig. Alle liegen in sehr engen Kapillarschlingen eingeschlossen und in ganz große Zellen dringen manchmal Kapillaren ein. Dann hat neuerdings Holmgren gezeigt, daß aus den Lymphräumen, welche alle Zellen umgeben, in ihr Inneres feine Spalten eindringen, welche als gewun-

dene Kanälchen in vielerlei Zellen bereits gefunden worden sind. Ihre Unterscheidung von Golgis Apparato reticulare ist nicht immer möglich und die Meinung, daß beide identisch seien, hat Vertreter.

R. Wagner hat zuerst gezeigt, daß aus vielen Ganglienzellen nur ein Fortsatz direkt bis in den Nerven hinein verfolgt werden kann, und andere Forscher haben das bestätigt. Diesen Fortsatz bezeichnet man als „Neurit", auch als „Axenzylinderfortsatz", oder als „Axon". Er zeichnet sich dadurch aus, daß er auf eine lange Strecke sein Volumen behält. Die anderen Fortsätze heißen „Dendriten".

Der Axenzylinder verhält sich bei den verschiedenen Ganglienzellen recht verschieden. Bei den motorischen Nervenkernen, bei den Pyramiden der Großhirnrinde und einigen anderen bleibt er nach seinem Abgang langhin ein isolierter Fibrillenzug, der nur hier und da feine Nebenäste, Kollateralen abgibt. Erst an seinem Endpunkt, in dem Muskel z. B., teilt sich die Hauptmasse der Fasern. Bei weitaus der größten Mehrzahl der Ganglienzellen aber verzweigt sich der Axenzylinder sofort nach dem Abgehen zu einem ungemein feinen Geäst. Er ist dann nicht mit unseren bisherigen Mitteln von dem Geäst, das die Nachbarzellen bilden, zu unterscheiden, und man erhält den Eindruck, daß ein reiches Netzwerk durch diese Aufzweigung entsteht. Gewöhnlich entspringt nur an einem Pol der Zelle ein Axenzylinder, während aus dem anderen die Dendriten hervorgehen. Zellen, welche keine oder nur geringe Dendritenentwickelung haben, machen deshalb einen unipolaren Eindruck. Manchmal, so namentlich an denSpinalganglienzellen gehen an zwei Polen der Zelle Axenzylinder ab (Bipolarzellen) oder, was auch gerade an Spinalganglienzellen vorkommt, es geht nur ein Axenzylinder ab, der aber bald nach dem Abgang sich in zwei Äste teilt. Fig. 53.

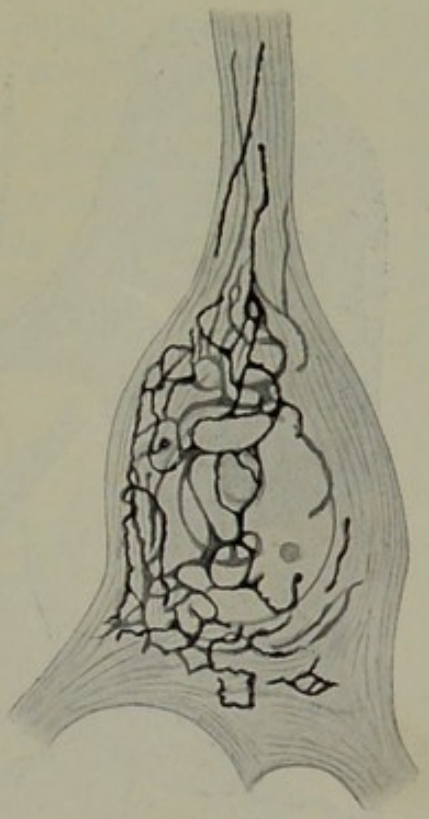


Fig. 15.
Ganglienzelle mit Apparato reticulare. Nach Golgi.

Gewöhnlich geht der Achsenzylinder von dem Zellkörper direkt ab, es kommen aber auch gelegentlich aus schmäleren oder breiteren Zellenverlängerungen Axenzylinder, so daß es den Anschein hat, als entspringen sie aus Dendriten.

Schon 1871 hat Max Schultze behauptet, daß innerhalb der großen Ganglienzellen zahllose feine Fäserchen einherzögen, welche sich in die Fibrillen des Axenzylinders fortsetzten. Diese intrazellulären

Fibrillen sind dann in den letzten Jahren von vielen Autoren wieder gesehen worden, aber ihre Bedeutung konnte man nicht voll erfassen, so lange sie nur da und dort und immer nur in kleinen Stückchen sichtbar wurden. Ja von vielen tüchtigen Forschern ist die Präexistenz der Fibrillen sehr bestritten worden. Da gelang es Apáthy, eine Methode zu finden, welche spezifisch die Fibrillen färbt, aus denen der Axenzylinder jeder Nervenfaser zusammengesetzt ist. Er konnte zeigen, wie diese Fibrillen in die Zelle eintreten und da, je nach der

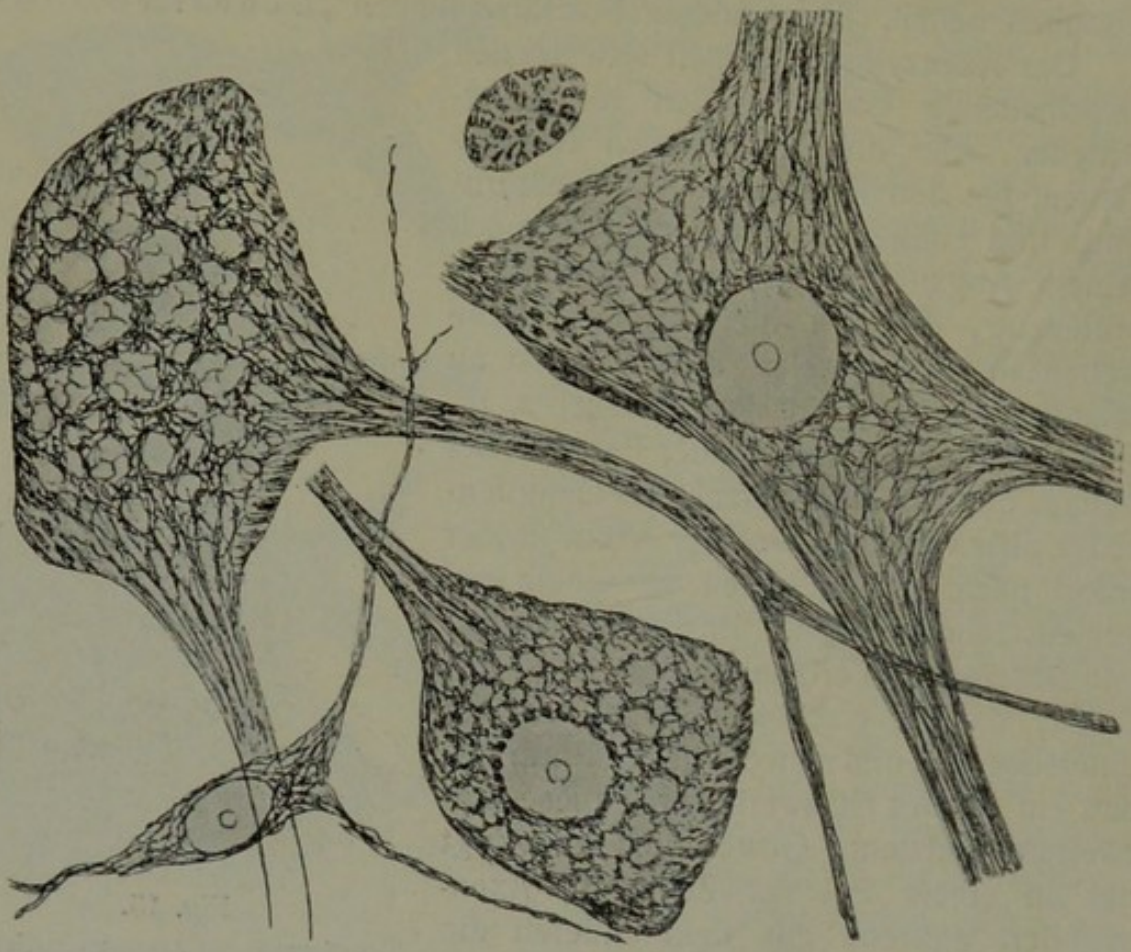


Fig. 16.

Mit Silber imprägnierte Zellen des Rückenmarkes nach S. Ramon y Cajal. Oben ein Fibrillenbündel.

Tierart oder der Zellart sich verschieden verhalten. Namentlich bilden viele Fibrillenbündel bei Würmern intrazelluläre Plexus.

Später haben namentlich S. Ramon y Cajal, Bielschowsky, Bethe und Donaggio uns mit Methoden zur Darstellung von Fibrillen beschenkt, welche leichter ausführbar, sehr bald eine umfassende Verwendung gefunden haben.

Es handelt sich um ziemlich gleichmäßige dünnste Fäserchen, die sich aus dem Protoplasma der Neuroblasten differenzierend, schon in der ersten Anlage des Axenzylinderfortsatzes nachweisbar sind. Da

schon sehr früh ein Einwachsen der Fibrillen aus einem Neuroblasten in andere Neuroblasten stattfindet, so enthält die ausgewachsene Ganglienzelle Elemente aus vielen anderen (Held).

Da, wo Fibrillen in Nerven treten, sieht man oft im Axenzylinder einen Faseraustausch zwischen den einzelnen oder erhält gar den Eindruck, daß hier eine Art Flechtwerk vorliegt. Ein solches findet man in der Tat oft genug da, wo die Nervenfasern in der Peripherie enden, denn hier finden sich kleine Blättchen, die Telodendrien, in denen die Fibrillen netzförmig sich auflösen oder doch Schlingen bilden, die wieder in den Nerv zurückzukehren scheinen. Das ist mit Silber- und Methylenblaumethoden nachweisbar (Held). Fig. 22.

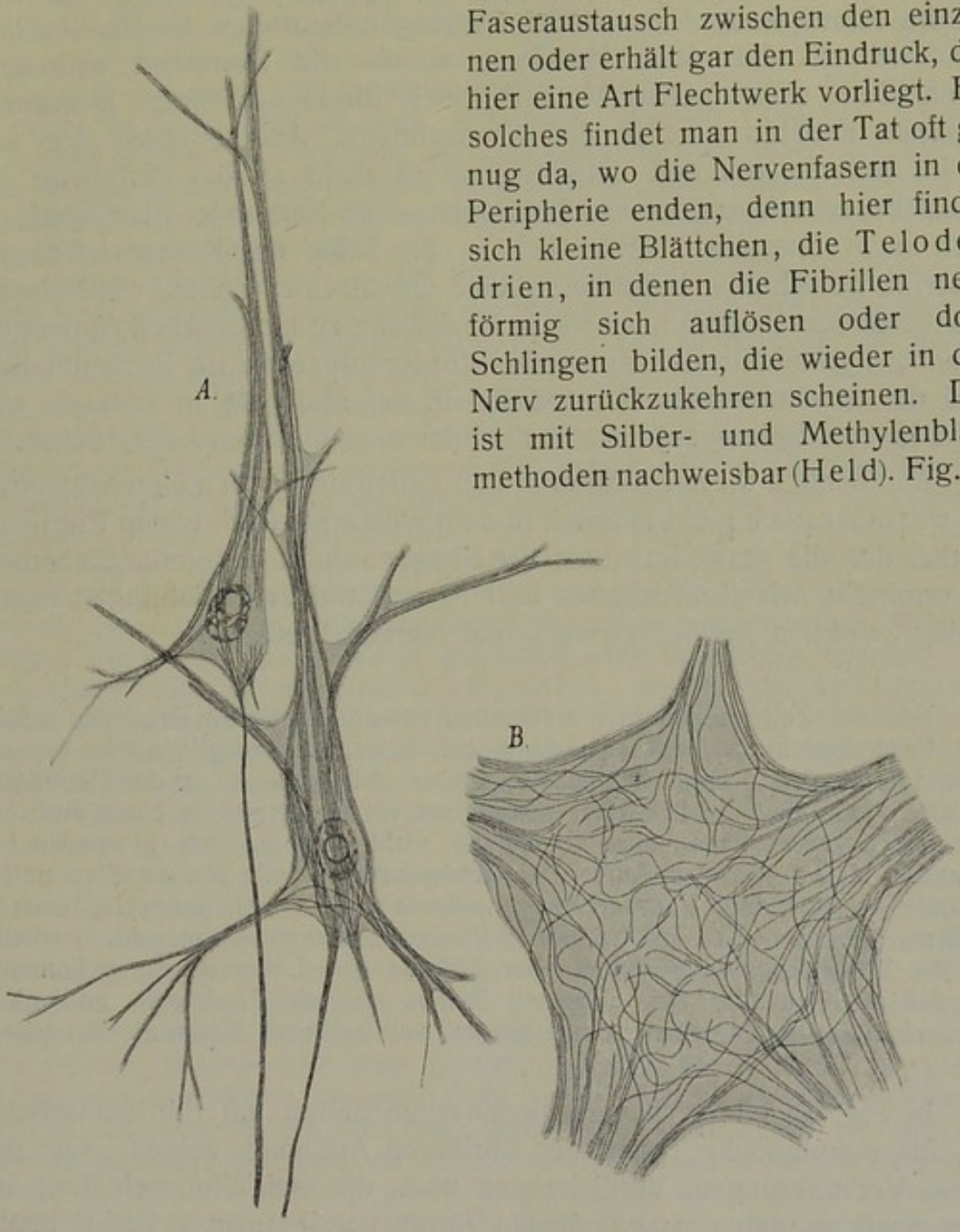


Fig. 17.

Fibrillen in Ganglienzellen. *A* in großen Zellen des Gyrus centralis der Hirnrinde. *B* motorische Zelle aus dem Lendenmarke. Beide Zellen vom Menschen. Nach Bethe.

Wir wissen jetzt, daß in allen Nervenzellen Fibrillen vorhanden sind, daß sie mit Axenzylindern hinaus in die Peripherie wandern und bis zu den feinsten Endapparaten gehen. Ihr Verhalten in den verschiedenen Zellen ist ein ganz verschiedenes, von dem prinzipiell

nur das folgende feststeht: Das Innere jeder Zelle wird von einem außerordentlich feinen Fibrillenwerk erfüllt, das um die Nissl-Körper ausweicht, sonst aber wohl den ganzen Zellraum erfüllt. Durch die Dendriten gelangen in das Innere der Ganglienzelle außerordentlich viel mehr Fibrillen als mit dem Axenzylinder austreten. Cajal, der im Axenzylinder der großen Retinaganglienzellen 6—10 Fibrillen sah, schätzt daß doch Hunderte durch die Dendriten eintreten. In der Zelle selbst gehen viele Fibrillen direkt aus einem Dendriten in einen anderen oder in den Axenzylinder. Andere teilen sich, sei es im Inneren um den Zellkern, sei es mehr an der Peripherie zu einem Faserwerk auf, dessen Charakter — ob Netz- oder Flechtwerk — noch nicht feststeht. Namentlich in der Nähe des Kernes ist dieser Faserfilz gewöhnlich besonders dicht. In einzelnen Zellen, wahrscheinlich besonders in denen, welche in Beziehung zu motorischen Apparaten stehen, Pyramiden der Hirnrinde, Vorderhornzellen im Rückenmarke, sind die durchtretenden Faserbündel in der Majorität, in anderen, wie etwa in den Spinalganglienzellen findet man ein reines Flechtwerk.

Wir kennen diese Fibrillen in den Zellen und in den Nervenbahnen. Es war aber noch nicht möglich in dem außerordentlich feinen Fibrillenwerke, das die graue Substanz der Säuger erfüllt, mit voller Sicherheit zu ermitteln, wie ihr Verhalten hier ist und welche Beziehungen regelmäßig zwischen Zelle, Netzwerk und Nerven bestehen.

Von der Zelle gehen in die Neuriten sowohl als in die Dendriten mächtige Faserzüge hinein, die sich dann auf jeder Aufteilung spalten, bis sie ganz fein werdend, wahrscheinlich frei enden. Viele biegen an den Dendritenenden in die Zelle zurück oder gehen aus einem Dendrit in einen anderen. Die feinen Enden liegen aber überall so dicht und vielfach gewunden bei einander, daß von vielen Autoren die Existenz eines alle Nervenzellen untereinander vereinigenden Netzwerks angenommen wird. Dieses Netzwerk, Neuropilem, scheint in der Tat bei den Wirbellosen vorhanden zu sein, während für die Wirbeltiere die Mehrzahl der Autoren zur Überzeugung gekommen ist, daß die Ausläufer der einzelnen Zellen hier ein Flechtwerk und nicht etwa ein mit den Maschen untereinander verwachsenes Netzwerk darstellen.

In Fig. 17 bilde ich verschiedenartige Zellen mit Fibrillenfärbung ab, die mannigfache Typen des fibrillären Aufbaues zeigen. Ob gewisse Veränderungen, Verdickungen usw., die bei Winterschläfern im Gegensatz zu den warmgehaltenen Tieren von Ramon y Cajal beobachtet sind, auf funktionellen Veränderungen des Fibrillenapparates beruhen oder ob es sich nur um eine Art Verklebung feiner Fäserchen zu dicken Bändern handelt, das steht noch dahin. Es darf auch nicht unerwähnt bleiben, daß die auf Färbung beruhenden Methoden von Donaggio und Bethe gelegentlich andere, namentlich feinere Netze zeigen als die Silberbilder, vielleicht nur, weil neben dem Fibrillenwerk Teile des Trophospongiums der Zelle mitgefärbt werden.

Schon Max Schultze nahm an, daß die Neurofibrillen das leitende Element des Nervensystems seien, und auf diesen Standpunkt haben sich später nicht nur Pflüger, sondern namentlich Apáthy, Bethe, Nissl, Cajal und viele andere gestellt.

Man ist so weit gegangen, die Fibrille für das einzige wirkliche Element des Nervensystemes zu halten, den Zellen selbst jede Bedeutung abzusprechen, aber diese Auffassung läßt sich weder mit den Erfahrungen der Pathologie noch auch mit denen der Physiologie vereinen. Ein Nerv z. B. mit seinen Fibrillen ist kaum ermüdbar, auch nicht durch kleinere Giftdosen in seiner Leistungsfähigkeit zu schädigen; der Zentralapparat, der außer den Fibrillen die übrigen in den Ganglienzellen enthaltenen Apparate besitzt, verliert durch Ermüdung sehr schnell die Reflexerregbarkeit oder läßt durch Gifte, Strychnin etwa, diese sehr beeinflussen.

Andere wieder sehen in den Fibrillen überhaupt nichts Nervöses, nur Stützapparate, die den ganzen Körper durchziehen (Wolff, Goldschmidt u. a.) Das sind sie aber doch wahrscheinlich nicht. Viel zu dicht ist ihr Netz in jeder einzelnen Ganglienzelle, viel zu viele finden sich weit hinaus in die Peripherie bis in die allerfeinsten Fäserchen, und schließlich findet man doch Fibrillen wesentlich nur da, wo Nervenfasern sind. In den letzten Jahren kommt man mehr und mehr zu der von Kollmann 1905 zuerst geäußerten Anschauung, daß Fibrillen und Neuroplasma zusammen die Unterlage des Leitungsprozesses bilden. Am eingehendsten hat sich dafür v. Lenhossék neuerdings ausgesprochen. Dieser mißt ihnen aber gleichzeitig eine versteifende Funktion bei, die sich namentlich in frühen Entwicklungsstadien geltend mache, wo die Faser aus dem Neuroblast durch Wachstum gewissermaßen hinausgetrieben werde und den Geweben gegenüber eine Versteifung brauche. Von Interesse ist hier die Auffassung von Boruttau, der im Sinne der Hermannschen Kernleitertheorie die Neurofibrillen als den Kern, die sie einhüllende Masse als den feuchten Leiter betrachtet und in dem an der Grenze beider Gebilde bestehenden Polarisationsstrom das Wesen des Erregungsvorganges erblickt.

Sichere Beweise für die leitende Natur haben wir noch nicht, aber es spricht doch sehr vieles hierfür. Zunächst hat Stewart Paton in sorgfältigen Untersuchungen an Haiembryonen gezeigt, daß bei diesen erst dann solche Bewegungen, wie sie von einem Nervensystem geleistet werden, auftreten, wenn die Fibrillen sich entwickelt haben. Dann hat Bethe eine Reihe Experimente angestellt, in denen er direkt messend den Beweis für die leitende Natur der Fibrillen erbringen wollte. In dem auf den dritten Teil seiner Länge kontrahierten Blutegel sind die Nervenbahnen natürlich nicht verkürzt, die Fibrillen in ihnen sind stark geschlängelt und haben wohl die gleiche Länge, wie die Nerven des gestreckten Tieres. Da die Leitungsgeschwindigkeit in den kontrahierten und den gestreckten Tieren gleich ist, liegt der Schluß nahe, daß das durch die gleichbleibende Länge des Fibrillenweges bedingt ist, denn sie mußte ja um $^2/_3$ geringer sein, wenn etwas anderes als die Fibrillen in dem um $^2/_3$ verkürzten Nerv leitete. v. Lenhossék erhob den Einwand, daß die Fortpflanzung in der Bauchganglienkette, um die es sich hier handelt, so vielfach durch Ganglienzellen unterbrochen sei, daß das Objekt für den Bethe'schen Versuch nicht genüge. Die Bedingungen eines reinen Experimentes sind eher in den Versuchen von Jankins und Carlson verwirklicht, welche die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in dem langen Pedalnerven einer Nacktschnecke, Ariolimax, maßen. Hier verkürzt sich bei der Kontraktur der Nerv auf die Hälfte, und je verkürzter er war, um so schneller wurde er von dem Erregungsstrom durchlaufen. Diese Autoren schließen deshalb, daß eine flüssige Substanz die Leitung im Nerven darstelle.

Die Neurontheorie.

Das sind die bekannten Tatsachen über die Ganglienzelle und ihre Ausläufer. Von jeher hat man natürlich untersucht, wie sie sich etwa zu einem Bilde des Gesamtnervensystemes formen möchten. Dazu war vor allem notwendig, zu ermitteln, was aus den Axenzylindern und den Dendriten im Weiterverlaufe wird.

Daß aus den großen Ganglienzellen der Vorderhörner des Rückenmarkes die Axenzylinder ganz direkt in diejenigen der motorischen Wurzeln übertreten, das hat Max Schultze 1864 entdeckt und damit war sofort eine Seite des Problemes gelöst. Ob aber die Axenzylinder anderer Ganglienzellen sich ebenso verhalten und was etwa aus den Dendriten wird, das blieb lange unbekannt. Zwar hatte Gerlach 1870 behauptet, der Fund Schultzes stelle den Typus für den Ursprung des motorischen Nerven dar, der sensible aber entspringe aus dem außerordentlich feinen Netz, welches die überall aufgezweigten Dendriten bildeten, aber die Technik jener Jahre war nicht weit genug, so weittragenden Hypothesen genügende Stütze zu verleihen. Immerhin hat die Gerlach'sche Auffassung lange eine große Rolle gespielt.

Im Laufe der letzten Jahre haben unsere Kenntnisse hier eine ganz ungeahnt große Erweiterung erfahren. Ermöglicht wurde diese durch die Fortschritte der histologischen und der farbenphysiologischen Technik. Es ist zuerst Bellonci durch Osmiumfärbungen, dann in noch überzeugenderer Weise Golgi 1879 durch Behandlung der Zellen mit Sublimat- oder auch mit Silberniederschlägen gelungen, nachzuweisen, daß aus einigen Zellen die Axenzylinder direkt in Nervenfasern übergehen, daß aus anderen Zellen aber Axenzylinder stammen, welche sich zu einem Netz verzweigen. An der Bildung dieses Netzes sollen auch Seitenzweige der Axenzylinder teilnehmen, welche von den Zellen des erst geschilderten Typus stammen. Aus dem Nervennetz gingen dann, meinte Golgi, wieder Nervenfasern hervor. Es gäbe also eine doppelte Ursprungsart von Nervenfasern: eine direkte, und eine erst durch ein Netz vermittelte. Die Dendritenfortsätze der Zellen sollten mit der Bildung von Nervenfasern nichts zu tun haben. Ihnen falle vielleicht eine ernährende Rolle zu.

Was Golgi aus zahlreichen, zum Teil sehr komplizierten Bildern von der Hirnrinde und dem Rückenmarke des Menschen und der Säuger geschlossen hatte, das hat B. Haller, welcher an den Ganglien von Mollusken und Würmern arbeitete, wo die histologischen Verhältnisse sehr übersichtlich sind, direkt zu sehen vermocht. Nach seiner Ansicht stammt aber jenes Netz aus den unter sich wesentlich gleichwertigen Zellfortsätzen. Durch diese Arbeiten, ebenso durch Studien von Nansen u. a. schien der Nachweis erbracht, daß es eine doppelte Ursprungsart von Nervenfasern, eine direkte und eine durch jenes Netz vermittelte, gebe.

Aber es hat sich bald gezeigt, daß diese schönen Funde nur den

Weg zu anderen, viel weiter tragenden eröffnet hatten. Ein spanischer Gelehrter, S. Ramon y Cajal, der mit der Golgischen Silbermethode arbeitete, hat 1889—1905 in rascher Folge eine Anzahl von Arbeiten veröffentlicht, deren Resultate, durch Kölliker, van Gehuchten, Waldeyer, Lenhossék u. a. kontrolliert und erweitert, uns zu einer Anschauung vom Aufbau des Nervensystems geführt haben, welche sich vielfach als anregend und erklärend erwiesen hat.

Die Golgimethode hat die merkwürdige Eigenschaft, daß sie fast immer die Zellen mit den zugehörigen Ausläufern isoliert färbt. Man kann oft in Schnitten, die sonst fast gar nicht imprägniert sind, eine einzelne Zelle bis in ihre allerfeinsten Verzweigungen hinein geschwärzt finden. Fast niemals sieht man die Ausläufer einer Zelle mit denjenigen einer anderen direkt zusammenhängen. Auch in Präparaten, die mit der vitalen Methylenblaumethode hergestellt sind, erscheinen die Zellen mit ihren Ausläufern von benachbarten Zellen mehr oder weniger deutlich isoliert. Diese anatomischen Beobachtungen führten zu dem Schluß, daß jede Zelle mit ihren Ausläufern ein Ganzes bildet, das für sich dasteht und nur durch Kontakt mit benachbarten Fasern und Zellen zusammenhängt.

Diese Einheit, welche zuerst von S. Ramon y Cajal konzipiert wurde, nannte Waldeyer, alle bis dahin bekannten Studien zusammenfassend, ein **Neuron**. Er konnte dabei sich auch auf entwicklungsgeschichtliche Arbeiten von His stützen, den seine Studien zu gleicher Anschauung geführt hatten. Der hatte ja, wie Sie früher schon erfahren haben, entdeckt, daß die Nervenfasern aus den Neuroblasten auswachsen uud sie blieben, so meinte er, für alle Zeit in ihrer ganzen Länge mit der Ursprungszelle zur Einheit verbunden, die eben eine entwicklungsgeschichtlich begründete sei und später als funktionelle und nutritive bleibe.

Die Axenzylinder und die erst später von den Neuroblasten ausgehenden Dendriten der zentralen Zellen müssen nach dieser Auffassung natürlich frei auslaufen. Das reiche Faserwerk (Neuropilem), das man überall im Zentralorgan findet, ist nach ihr nicht ein Netzwerk, sondern ein Flechtwerk aus sich durchkreuzenden Ästen, von denen je ein anatomisch nicht trennbarer Teil je einer bestimmten Zelle zugehört (G. Retzius). Auch in der Peripherie, im Muskel oder im Sinnesapparat verästeln sich diese selbständigen Zellnervengebilde vollständig frei.

Allmählich bildete sich bei der Mehrzahl derjenigen, welche sich mit dem Aufbau des Nervensystems beschäftigten, die Ansicht aus, daß das Nervensystem aufgebaut sei aus übereinander geschichteten Neuronen, in der Art etwa, daß die Ausläufer einer Zelle sich nach kürzerem oder längerem Verlaufe irgendwie an den Körper oder die Ausläufer einer anderen Zelle anlegten. Man dachte sich die gesamte Nervenleitung zusammengesetzt aus Neuronen erster, zweiter, dritter usw. Ordnung.

Wo die Ausläufer eines solchen Zellindividuums sich zu denen anderer Zellen oder zu ganzen Zellkörpern in Beziehung setzen, da geschieht es durch dichtestes Aneinanderlagern (Fig. 18) oder durch eine Art Endplatten, die, von S. Ramon y Cajal gefunden (Fig. 19), in der Tat sehr geeignet sein können, derlei zu vermitteln.

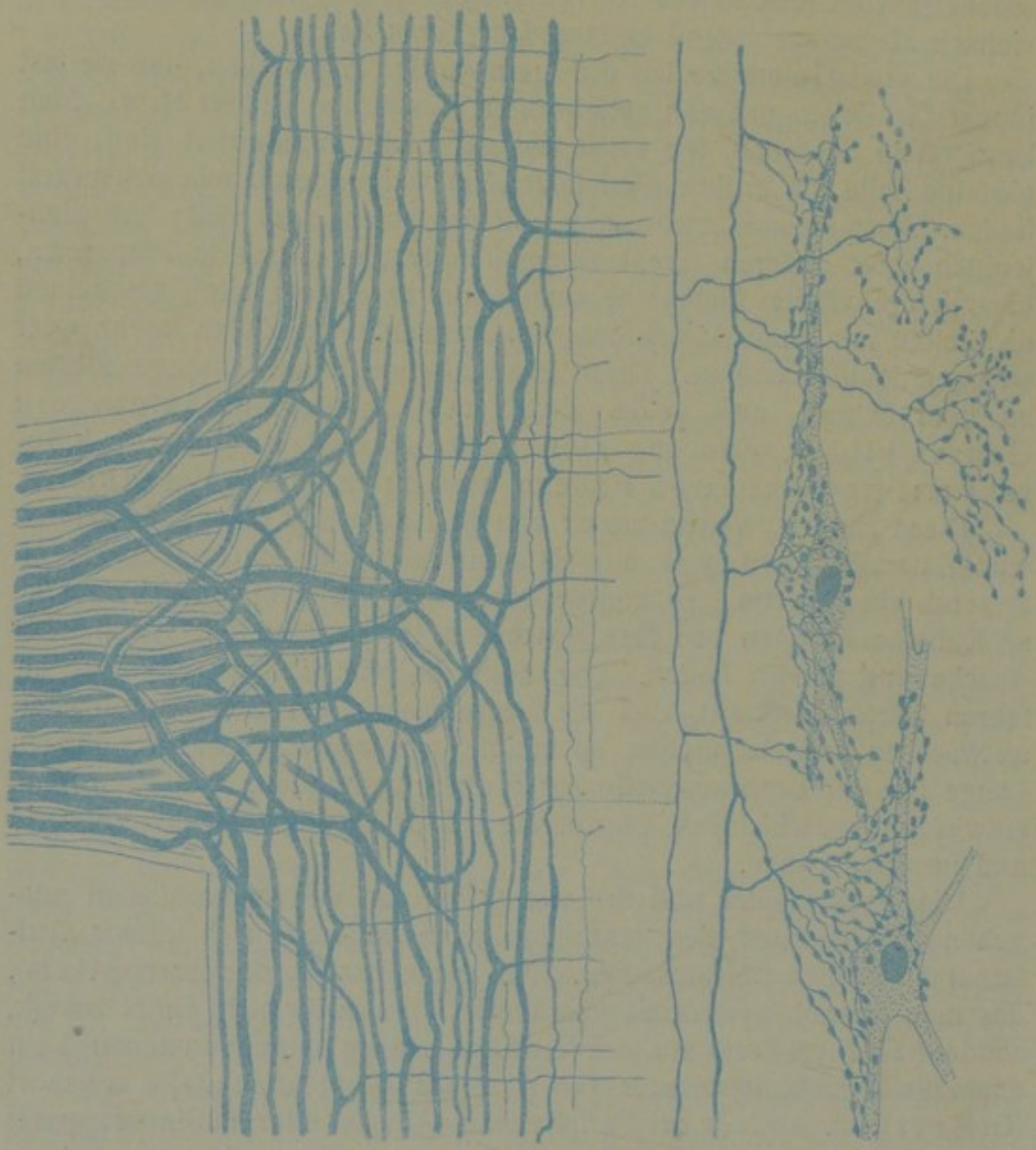


Fig. 18.

Die von links aus den Spinalganglienzellen kommende rezeptorische Wurzel löst sich zu feinen Pinseln im Rückenmarke auf, die sich mit kleinen aus Fibrillenschlingen bestehenden Plättchen an dortliegende Zellen anlegen. Nach S. R. y Cajal.

Vielleicht hätte die **Neurontheorie,** wie diese Auffassungsart bald genannt wurde, gar nicht so schnell und so intensiv die Anschauungen fast aller Forscher beeinflußt, wenn ihr nicht von ganz anderer Seite her mächtige Stützen geworden wären. Die Erfahrungen der experi-

mentellen Pathologie und der pathologischen Anatomie lehren überall, daß, wenn eine Ganglienzelle erkrankt oder verletzt wird, die Veränderungen sich zunächst nicht weiter fortpflanzen, als die Fortsätze eben jener Zelle reichen. Namentlich ließ sich das an den Axenzylindern der peripheren Nerven nachweisen, deren oft viele Zentimeter langer Verlauf sehr wohl studiert werden kann. Sie sind in ihrem Bestande durchaus von dem Zusammenhange mit einer normalen Zelle abhängig. Forel, welcher sehr vielfach derartige Entartungen nach experimentell gesetzten Verletzungen am Nervensystem auftreten sah, zog deshalb den gleichen Schluß, zu welchem die Anatomen gekommen waren, den Schluß, daß jede Zelle mit ihrem Ausläufersystem ein in gewisser Art selbständiger Organismus sei. Er und Monakow, der dann jene Studien speziell ausbaute, kamen also aus Gründen, welche ihnen die Pathologie bot, ebenfalls auf die Neurontheorie. Eine Wechselwirkung mit den gleichzeitigen anatomischen Entdeckungen fand natürlich statt.

Es ist gar kein Zweifel, daß die Neurontheorie in anatomischen und in pathologischen Dingen außerordentlich anregend und fruchtbringend gewirkt hat; erklärt sie doch mancherlei bis dahin unklare Vorgänge und läßt sie doch auch den bisher so verwickelt erscheinenden Bau des Nervensystems viel einfacher erscheinen.

Was im Laufe der nächsten Jahre von anatomischer Seite beigebracht wurde, ließ sich recht wohl mit der Neurontheorie vereinigen und es haben sich deshalb dieser Lehre die meisten Autoren angeschlossen, welche in den letzten 20 Jahren auf diesem Gebiete größere Erfahrungen gewonnen haben, so Kölliker, Ramon y Cajal, v. Lenhossék, Obersteiner, Retzius, Neal und viele andere.

Aber diese ganze Anschauungsweise ist doch noch nicht allgemein akzeptiert.

Apáthy hat die Hypothese aufgestellt, daß das Wesentliche des Nervensystems nur durch das Fibrillenwerk dargestellt sei, das ohne Unterbrechung als ein aus vielfach sich überkreuzenden, durchflechtenden Fasern spezifischer Natur ausgebautes System den ganzen Körper durchziehe. Irgendwelche Einheiten, Neurone, existierten nicht; in den Ganglienzellen liegen die Durchflechtungs- nnd Austauschstellen der Fibrillen, außerdem in einem zunächst nur für die Wirbellosen sicher nachgewiesenen extraganglionären dichten Netzwerke. Seine Auffassung wird von Bethe und Nissl geteilt, die durch die Arbeiter, welche im ganzen Nervensystem während der Entwicklung ein Syncytium erkennen, s. S. 32, vielfach Unterstützung gefunden haben. Speziell hat sich neuerdings Held auf Grund sehr umfassender Studien zu der Ansicht bekannt, daß die Nervenzellen von allem Anfang an unter sich und mit der Peripherie verbunden sind und daß später in dies System die Fibrillen einwachsen und so eine neue nirgendwo unterbrochene Einheit herstellten. Eine erwachsene Nerven-

zelle hat aus so vielerlei anderen Zellen Material aufgenommen, daß sie nicht mehr, wie His meinte, eine entwicklungsgeschichtliche Einheit ist.

Sowohl die Anhänger der Neurontheorie, als deren Gegner haben aus naheliegenden Gründen besonders genau das Verhalten der Ganglienzelle zu den Nervenfädchen untersucht, welche an sie herantreten, sie umspinnen, in sie gelegentlich einzutreten scheinen. Liegt nur ein Kontakt vor? Verschmelzen Fasern und Zellen? Treten Fibrillen aus den Ganglienzellen heraus in ein Flechtwerk, dem wieder Nervenfasern entstammen? Das sind die Hauptfragen, deren Beantwortung versucht wird. Ich will Ihnen nur das Wichtigste von dem wirklich Bekannten mitteilen, nicht weil dadurch ein abgeschlossenes Bild entstände, das Ihnen das Problem gelöst zeigt, sondern weil eine solche kurze Übersicht Sie befähigen soll, mit Verständnis den Diskussionen zu folgen, welche gerade jetzt mit besonderem und erklärlichem Eifer geführt werden.

Sorgfältige Vergoldungen, Versilberungen der Zellen, vitale Methylenblaufärbungen, ja Untersuchungen an ganz frischen ungefärbten Zellen, alle lehren, daß sich um die Ganglienzelle zahlreiche, nicht aus ihr stammende Fäserchen verzweigen, die in mannigfacher, aber noch nicht ganz geklärter Weise zu ihren Fibrillen, sicher zu ihrem Zelleib in Beziehung treten. Nach den Untersuchungen von S. Ramon y Cajal schien es zunächst, als handelte es sich um einfache Aufpinselungen von Axenzylindern um Zellen, dann wurde bald von dem gleichen Autor entdeckt, daß zuweilen echte, reiche Körbe von Fasern da und dort Zelleib und erste Ausläufer umflechten und weitere Untersuchungen — Held, Semi Meyer — ergaben, daß vielfach die Zellen und ihre Ausläufer in becherförmigen Körben liegen, die mit mannigfachen Verbreiterungen ihrer Fasern sich an die Zelle anlegen. Speziell Held zeigte, wie diese Verbreiterungen aus den von ihm beschriebenen Körnern, den Neurosomen, bestehen, die feinen Blättchen gleich, überall den Leib und die Ausläufer der Zelle bedecken, zu denen sie in feinem Faden herangetreten sind. Golgi hat gefunden, daß an sehr vielen Stellen des Zentralorganes die Zellen von einem überaus engmaschigen Netze bedeckt sind, das sich auch auf ihre Ausläufer erstreckt. Er läßt es offen, ob dieses Netz mit den erwähnten umspinnenden Fasern identisch, also nervöser Natur ist; Bethe aber, dem die Färbung dieses Netzes mit den gleichen Methoden gelang, welche für Fibrillenfärbung spezifisch sind, meint, daß alle diese Umflechtungen dem Fibrillensystem angehören. Bethe bildet auch feine Axenzylinder ab, welche in das Golginetz übergehen. Andere Autoren halten dies Golginetz für ein Gliagewebe.

Die Strukturen, die hier noch zu klären sind, sind zweifellos sehr komplizierter Art und ihr Studium wird dadurch natürlich noch wesentlich erschwert, daß wir das meiste nur an mit Metallsalzen behandelten, also zweifellos sehr entstellten Präparaten studieren müssen. Dazu kommt, daß wir sicher wissen, daß vielfach die Netze, welche um eine Zelle herumliegen, an sich schon aus mehreren Axenzylindern, vielleicht ganz verschiedener Natur,

stammen, daß an einer und derselben Zelle verschiedenartige Anlagerungen stattfinden können. Dann haben wir aber in den letzten Jahren noch durch die Fibrillenfärbung erfahren, daß nicht nur außen um die Zellen sich derartige Flecht- und Netzwerke erstrecken, sondern daß auch im Inneren der Ganglienzellen, oder doch einiger bisher untersuchter Arten, noch zentraler und peripherer gelegene Netz- oder Geflechtbildungen vorkommen. Manchmal läßt sich ganz deutlich ein um den Kern herumliegendes Flechtwerk von einem solchen scheiden, das dicht unter der Zelloberfläche in das Protoplasma eingebettet liegt. Man hat den Vorgang, welcher bei der Aktion des Nervensystems sich abspielt, oft mit dem elektrischen Vorgange verglichen. Bei dem

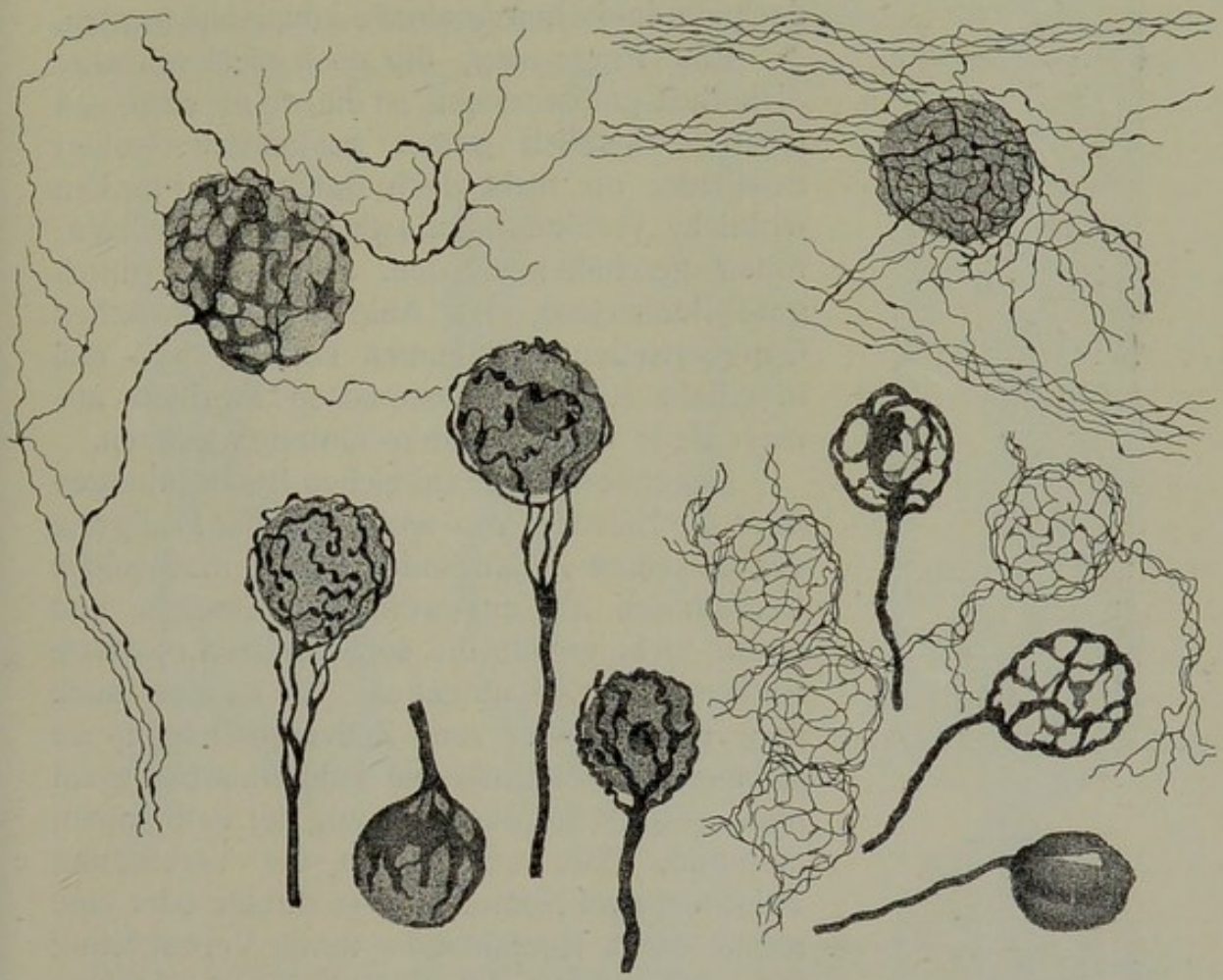


Fig. 19.

Nach Veratti. Zellen des Trapezkörpers der Katze. Verschiedene Formen umflechtender Fasern.

letzteren macht es für das Potentialgefälle einen sehr großen Unterschied, ob die Ladung, welche von einem aufgepinselten Drahte auf eine Kugel etwa zu übertragen wäre, diese nur mittels feiner Spitzen, oder mittels eines umhüllenden feinen Netzes oder mittels großer Endplatten, die an den Draht gelötet sind, erreicht. Alle diese Verhältnisse finden sich anatomisch an und um die Ganglienzellen gegeben. Sie sehen z. B. auf Figur 19, wie sich um die Zellen des Trapezkörpers, eines zum akustischen Apparate gehörigen Systemes, breitgefächerte Becher und ein feiner Nervenplexus legen, beide verschiedenen Nervenfädchen entstammend.

Die Neurontheorie legt den Akzent auf die Einheit der Nervenzelle und ihrer Ausläufer. Daß eine solche Einheit existiert, mindestens im

biologischen Sinne existiert, ist nicht mehr zu bestreiten. Es gibt doch allzuviele Erfahrungen, die im Gebiete der Pathologie gesammelt sind, Erfahrungen, welche gar nicht anders erklärbar sind, als durch die Annahme, daß jede Nervenzelle mit allen ihren Ausläufern ein selbständiger Organismus ist, der isoliert zur Erkrankung, isoliert zum Schwund gebracht werden kann. Ja längst, ehe man den Begriff des Neuron gemünzt hatte, war dieser Begriff der biologischen Einheit jeder Zelle von der pathologischen Anatomie konzipiert worden.

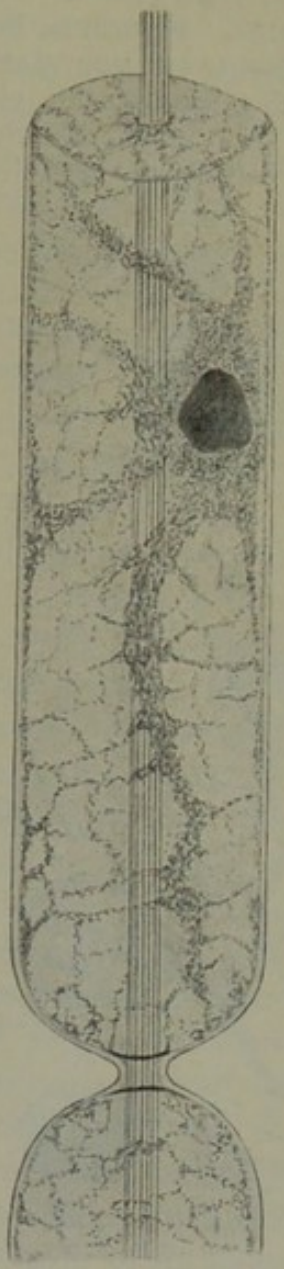


Fig. 20.

Halbschematische Abbildung eines peripheren Nerven mit Benutzung besonders der Arbeit von Nemilow.

Eine Frage aber, die noch nicht mit aller Sicherheit gelöst scheint, ist die, ob die einzelnen Neurone wirklich immer anatomisch isoliert existieren, ob nicht doch durch die Fibrillen wirkliche Verbindungen zwischen je zwei Neuronen geschaffen werden. Wir wissen durch gute Beobachter, daß Anastomosen zwischen Ganglienzellen vorkommen können, und daß innerhalb solcher Anastomosen Fibrillen aus einer Zelle in eine andere eintreten können.

Gegenüber den zahlreichen Beobachtungen über die Existenz von wirklich freier Endigung der einzelnen Zellausläufer könnte man solche Verhältnisse als ungewöhnliche ansehen und müßte nicht gerade die sonst so wohl gestützte Auffassungsweise aufgeben. Es ist aber auch das Vorkommen von Zellverbindungen im Rahmen der Neurontheorie wohl erklärbar, wenn man, gestützt auf die Erfahrung der Pathologen, annimmt, daß, einerlei ob die Verbindung zwischen zwei Neuronen eine direkte oder eine solche durch Kontakt oder durch Verwachsung ist, doch immer der Einfluß einer einzelnen Zelle sich nur auf eine gewisse Strecke der von ihr ausgehenden Faserung erstreckt, daß die Zelle und dieser Faseranteil eine biologische Einheit bilden. Der biologische Einfluß des Zellkernes einerseits, die durch die Nisslkörner gebotene Kraftquelle andererseits, wären die Träger dieser Einheit, der als-leitende Elemente die Fibrillen gegenüberstehen.

Die Nervenfasern.

Die peripheren Nervenfasern bestehen aus dem Fibrillenbündel des Axenzylinders, das zunächst von einer feinen, bisher nicht genauer bekannten, vielleicht flüssigen Schicht umgeben ist. Darauf folgt eine

mehr oder minder dicke Markscheide, die wahrscheinlich auch den sogenannten marklosen Nerven nicht ganz fehlt. In dieser Markscheide liegt das feine Geäst der Ausläufer der Schwannschen Zellen und schließlich wird das Ganze von einer feinen Membran, der Schwannschen Scheide abgeschlossen. Die Zellen der Schwannschen Scheide sind wie die Gliazellen im Zentralorgan die Träger des Stoffwechsels. Sie führen die Abbauprodukte weg und wohl die Aufbaustoffe auch zu. Fig. 20.

Die Zellen der Schwann|schen Scheide sind entwicklungsgeschichtlich gleicher Abstammung wie die Gliazellen. Sie haben sich am Randwulste abgelöst und die aus- oder einwachsenden Nerven be-

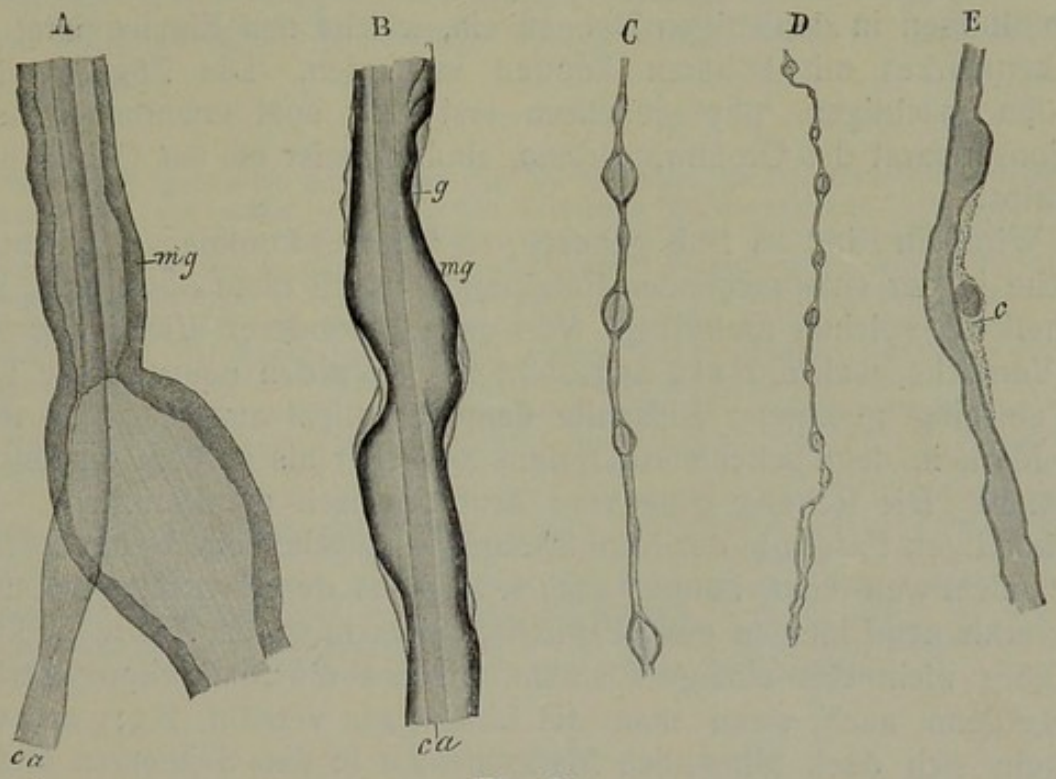


Fig. 21.

Nach Ranvier. Verschiedene Nervenfasern isoliert aus dem Rückenmarke des Hundes; *ca* Axenzylinder, *mg* Markscheide, *g* peripherische Hülle, *c* Kern und Protoplasma an der Oberfläche einiger weniger Fasern zu sehen.

gleitet. Deshalb ist es begreiflich, daß sie im Zentralorgane durch die Glia ersetzt werden. Es verliert also jede Nervenfaser da, wo sie in das Zentralorgan eintritt, ihre Schwannsche Scheide. Nur eine dünne zuerst von Ranvier gesehene, schon im peripheren Nerven vorhandene Schicht bedeckt innerhalb des Gehirnes und Rückenmarkes das Nervenmark.

Die Nervenfasern im Gehirn und Rückenmark sind von sehr wechselnder Breite und bei reifen Säugern fast alle mit dünnen oder dickeren Markscheiden umgeben.

Die Entwicklung der Markscheide an den zentralen Nervenfasern bietet, wie Sie schon aus der einleitenden Vorlesung

wissen, ein ganz besonderes anatomisches Interesse. Die Markscheiden der verschiedenen Faserzüge entwickeln sich zu verschiedenen Zeiten. Darauf ist ja das Flechsigsche Verfahren zur Ermittlung der einzelnen Faserstränge gegründet. Aber die Markscheidenentwicklung hat noch ein, wie mir scheint, größeres Interesse nach einer anderen Seite. Es scheint nämlich, als erfolge sie in irgendeinem Zusammenhang mit der Ingebrauchnahme einer Bahn. Zuerst von allen Bahnen entwickeln sich im Rückenmarke diejenigen, welche Eindrücke von der Haut und den Muskeln zuleiten, die Dorsalwurzelkomplexe und nach ihnen die Antwortapparate für den Reiz, der zentrale Reflexapparat und die Vorderwurzeln. Viele Wurzelanteile sind übrigens noch in den ersten Lebensmonaten marklos. Erst sehr allmählich treten dann die Markumhüllungen in denjenigen Bahnen ein, welche den Eigenapparat des Rückenmarkes mit höheren Zentren verbinden. Die Züge, welche in den mächtigen, phylogenetisch erst sehr spät erworbenen Assoziationsapparat des Großhirns treten, sind zumeist bei der Geburt noch marklos.

Wird ein Kind zu früh geboren, so kann es kommen, daß Bündel, welche in der entsprechenden Fötalperiode noch ohne Mark sind, sich schnell mit solchen umhüllen. Von ganz besonderer Wichtigkeit sind die Versuche, welche Held angestellt hat. Wurden neugeborene Tiere mit einseitig geöffneter Lidspalte dem Tageslicht ausgesetzt, so reifte das Mark in dem belichteten Optikus schneller als in dem dunkel gehaltenen. Die Reifung ging vom Zentrum nach der Peripherie. Die markhaltigen Fasern in der Kaninchenretina, welche beim Neugeborenen noch nicht weiß sind, können nach v. Hippel durch vorzeitiges Öffnen der verklebten Lider zu einer Frühreife gebracht werden. Die Funktion ist aber nicht das einzige Element, welches die Markreifung herbeiführt, denn auch, wenn man die Lider ganz vernäht, Berger, entwickeln sich doch allmählich Markscheiden in den Sehnerven und in den ersten Endstätten dieser Nerven im Gehirn. Auch sonst können wir beobachten, daß Nerven, welche nie recht in Funktion getreten sind, sich doch allmählich mit Markscheiden umgeben. Es hat sich durch Vererbung wohl längst in den Nerven die Tendenz zur Reifung ausgebildet. Daneben erkennen wir aus dem zweifellosen Einfluß der Funktion, welche Rolle diese bei der phylogenetischen Entwicklung gespielt haben muß und welche sie in der Ontogenese noch spielt.

Wir besitzen auch im nachembryonalen Leben noch sehr viele unausgebildete Nervenbahnen, besonders in unserem Großhirne. In dessen Rinde legen sich bis in das späte mittlere Lebensalter immer noch neue markhaltige Bahnen an. Das Verhalten der Markscheidenentwicklung läßt es nun sehr wahrscheinlich erscheinen, daß wir uns diese neue Bahnen durch Übung selbst schaffen. Vielleicht beruht unser ganzes Erziehen darauf, daß wir durch Übung neue Bahnen gebrauchsfähig machen. Auch in der

Pathologie spricht verschiedenes durchaus dafür, daß die Funktion die Markscheidenbildung fördert. Ich will nur einen hübschen Versuch erwähnen, den Mott angestellt hat. Schneidet man die sensiblen Wurzeln am Halsmarke eines Affen durch, so wird nicht nur die Empfindung in dem Arme vernichtet, sondern es hören auch alle Bewegungen in ihm auf. Durchtrennt man nun bei einem solchen Tiere beide Ulnares, so erkennt man, daß auf der nicht bewegten Seite die Heilung, eine Neubildung von Nerv und Scheide, sehr viel langsamer eintritt, als auf der Seite, welche das Tier benutzen konnte.

Im allgemeinen erscheinen die Teile, welche wesentlich nur aus markhaltigen Nervenfasern bestehen, weiß (weiße Substanz), diejenigen, in welchen die Neuroglia, die Ganglienzellen und Axenzylinder vorherrschen, grau (graue Substanz). Die graue Substanz ist gefäßreicher als die weiße.

Die ersten genaueren Kenntnisse von der Gewebelehre des Zentralnervensystems verdanken wir, wie schon in der ersten Vorlesung erwähnt wurde, Ehrenberg, Remak und Hannover. Nach Hannover hat dann Helmholtz 1842 zuerst bei Wirbellosen die Beziehungen von Nervenfaser und Ganglienzelle zueinander richtig gesehen, 1844 entdeckte Kölliker, daß aus einer Zelle eine doppelkonturierte Faser stammen könne. Daß aus den Ganglienzellen zweierlei Fortsätze entspringen, von denen nur einer, der Axenzylinderfortsatz, in den Nerven gelangt, hat 1850 Rudolf Wagner am elektrischen Organ des Zitterrochen gefunden, und Remak hat es 1854 für die großen Ganglienzellen des Rückenmarkes bestätigt. Daß hier ein allgemein für die Ganglienzellen gültiges Verhalten vorliegt, das hat dann 1865 Deiters bewiesen. Durch die Arbeiten von Gerlach, Max Schultze, Waldeyer, Jolly, A. Key und G. Retzius, Betz, Bevan Lewis, Obersteiner, Freud und vielen anderen wurde das gewonnene Wissen vertieft. Im Texte ist bereits derer gedacht, denen wir die wichtigsten Fortschritte in neuester Zeit verdanken. So viele haben diesem schwierigsten Kapitel der Histologie ihr Interesse und ihre Arbeitskraft gewidmet, daß ein Anfang 1887 erschienenes Verzeichnis (Nansen) bereits 341 Arbeiten über Nervenfasern und Ganglienzellen aufweisen kann. Über die Struktur der Zelle sind zwischen 1897 und 1909 ca. 1300 Arbeiten veröffentlicht worden.

Vierte Vorlesung.

Der Aufbau des zentralen Nervensystems.

Meine Herren! Nachdem wir in der letzten Vorlesung vieles von den Aufbauelementen des Nervensystems erfahren haben, wollen wir heute betrachten, wie diese sich zusammenordnen.

Allzuviel ist darüber nicht bekannt, wenigstens nicht sicher bekannt.

Das Wichtigste, was Sie in der vorigen Vorlesung über die Ganglienzellen erfahren haben, ist, daß diese verschiedenartigen Zellkörper die Sammelstätten zahlloser Nervenfibrillen sind, die von allen Seiten in sie eintreten. Sie ordnen diese dann um und leiten sie in andere Fortsätze über. Ein einzelner dieser Fortsätze, der Axenzylinder, wird zum Aufbauelemente besonderer, längerer und kürzerer Nerven-

bahnen. Innerhalb der Zelle kommen die Fibrillen mit Substanzen in Berührung, von denen es wahrscheinlich ist, daß sie irgend eine Kraftquelle für die Zelltätigkeit liefern, Substanzen, welche durch die Zellfunktion selbst zum Aufbrauch gebracht werden. In der Zelle liegt noch der Zellkern. An seine Existenz knüpft sich die Lebensfähigkeit eines längeren oder kürzeren von der Zelle ausgehenden Stückes der Nervenbahn.

Die Ganglienzellen entsenden gemeinhin zweierlei Fortsätze von ihrem Körper: einen gleichmäßig feineren Fortsatz, den Neurit oder Axenzylinderfortsatz, welcher der Zelle zuerst entsproßt, und die dickeren, sich immer verzweigenden Dendriten oder Protoplasmafortsätze, welche entwicklungsgeschichtlich etwas später auftreten. Der Stammfortsatz endet, wie es scheint, immer in einer Verästelung. Man kann nun zweierlei Zellen unterscheiden: solche, bei denen der Fortsatz so kurz ist, daß jene Verästelung dicht an der Zelle liegt, und solche mit langhin verlaufendem Stammfortsatze, der erst am Ende aufzweigt. Auf seinem zuweilen viele Zentimeter langen Wege gibt ein solcher Fortsatz reichlichere oder spärlichere Seitenästchen, „Kollateralen", ab. Auch diese enden, wie der Fortsatz selbst, mit feiner Aufsplitterung. Wir wissen schon lange, daß der Axenzylinder der Nervenfasern aus zahlreichen Einzelfäserchen gebildet ist. So hat es nichts Auffallendes, wenn wir jetzt erfahren, daß sich einzelne dieser Fäserchen während des Verlaufes abtrennen. Man hat natürlich nur sehr selten Gelegenheit, einen Axenzylinder mit Sicherheit von seinem Ursprung bis zu seinem Ende zu verfolgen. Was aber bisher über die Endigung dieses wichtigen Zellfortsatzes bekannt geworden ist, was man gesehen und was man aus experimentell vorbereiteten Präparaten erschlossen hat, all das weist darauf hin, daß er sich wirklich an seinem Ende aufzweigt. Die Fibrillen enden aber hier nicht frei sondern biegen in mannigfachen Schlingen, innerhalb deren noch oft kleine Flechtwerke liegen, in sich um (Motorische Endplatte Fig. 22 und Plexus der Sinneskörper und der Oberhaut). Aber die wenigsten Axenzylinder gelangen zu peripheren Endorganen. Die allermeisten legen sich nach kurzem oder längerem Verlaufe an eine andere Nervenzelle an, umfassen, umspinnen sie mit ihrer Endpinselung, wo dann möglicherweise ihre Fibrillen in die neue Zelle eintreten. Man kann sich vorstellen, daß sie dort in Berührung mit der mehrerwähnten, durch Funktion angreifbaren Substanz treten und dadurch neue Energievorräte zur Weiterleitung aufnehmen oder auslösen.

Die Dendritenfortsätze verzweigen sich zu mehr oder weniger reichlichem Astwerk, an dem noch durch Aufsitzen von kleinen gestielten Knötchen, Appendices moniliformes, eine Oberflächenvergrößerung eintreten kann. Wie weit sie isoliert bleiben, wie weit sie in das extrazelluläre Netzwerk eingehen, ist für die einzelnen Zellen noch zu ermitteln. Die Dendriten stellen vielleicht Ein- und Ausgangswege für

Nervenbahnen und außerdem die Oberflächenvergrößerung der Nervenzellen dar, welche für die mannigfachen Beziehungen, in welche eine Nervenzelle eintritt, notwendig ist. Ein Übergehen von Dendritenfasern in periphere Nervenbahnen ist nicht nachgewiesen.

Dendriten und Axenzylinder gehen nicht immer an verschiedenen Stellen vom Zelleib ab. Bei den Wirbeltieren kann man oft genug beobachten, daß die Zelle einen ganz wie ein Dendritenfortsatz aussehenden Zweig aussendet, dem nahe der Abgangsstelle der Axenzylinder entsproßt. Bei vielen Wirbellosen ist dies Verhältnis geradezu die Regel. Beim Flußkrebs z. B. entsendet (Retzius) die birnförmig aussehende Zelle zumeist überhaupt nur einen dicken Stammfortsatz, aus dem sich lateral die Dendriten und weiter vorn der Axenzylinder entwickeln (Fig. 24). Hier scheint ein Verhältnis vorzuliegen, welches

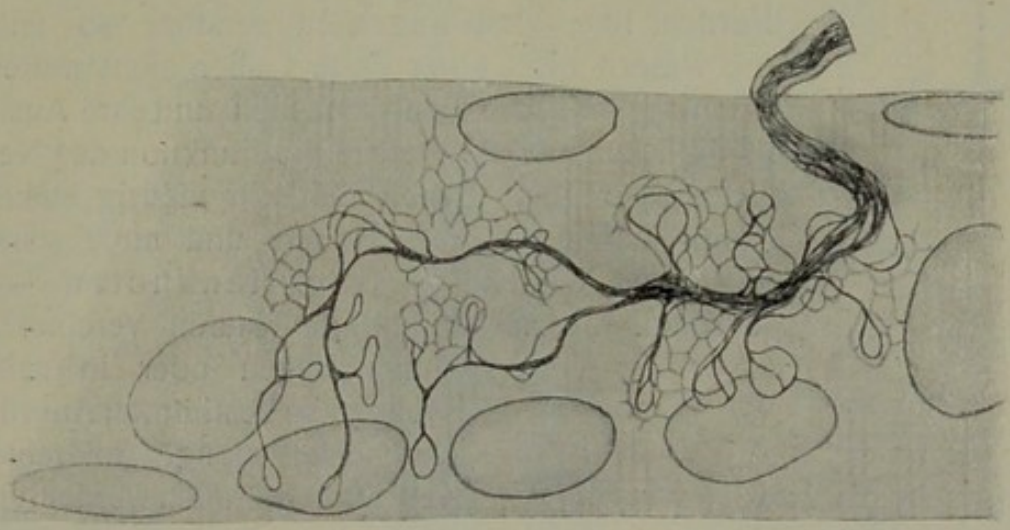


Fig. 22.
Muskelendplatte (Silberreduktion) nach J. Boeke.

darauf hinweist, daß beide Ausläufer einer Ganglienzelle gar nicht etwas absolut und prinzipiell Verschiedenes sind.

Das sind die Grundtatsachen. Sie werden mit ihnen am besten bekannt, wenn Sie erfahren, was wir über den Ursprung und Verlauf einer einzelnen, besonders gut studierten Bahn bereits wissen:

Viele motorische Nerven stammen aus großen Ganglienzellen, welche im Vorderhorne des Rückenmarkes liegen. Aus diesen Zellen entspringt je ein Axenzylinder. Der tritt aus dem Rückenmarke heraus als Wurzelfaser und dann in einen Nervenstamm ein. Da verläuft er weiter, bis er sich im Muskel zur „Endplatte“ aufzweigt (Fig. 22, 23.)

Man bezeichnet das Stück der Innervationsbahn, welches von der Peripherie bis zur ersten Endigung im Zentralorgan reicht, als Bahn erster Ordnung. Diese Bahnen erster Ordnung, hier also der Abschnitt Vorderhorn-Nerv-Muskelendigung, sind durch ihr eigentümliches Verhalten bei Erkrankungen schon seit Jahren von der Pathologie

erschlossen und von den Bahnen höherer Ordnung getrennt worden. Jede Störung in der Zelle führt nämlich zu Störung des Nerven und umgekehrt. Aber diese Veränderungen gehen nicht über das System hinaus. Um die reichen Dendriten, welche die Vorderhornzelle aussendet, verzweigen sich eine Menge feiner Fäserchen. Diese sind zum Teil Kollateralen aus einer Bahn, von der wir nach in der Pathologie gemachten Erfahrungen und aus der Entwicklung wissen, daß sie aus großen Zellen in der Hirnrinde abwärts durch das Gehirn und das Rückenmark verläuft. Diese Bahn, welche also wieder besteht aus den Abschnitten Hirnzelle, absteigender Nerv, Kollaterale, Aufsplitterung, ist geeignet, die Verbindung zwischen der Endigung im Muskel und der Hirnrinde herzustellen; sie ist ein zentrales Stück des motorischen Innervationswegs. Dies nun ist die motorische Bahn zweiter Ordnung. Werden ihre Ursprungzellen zerstört, so entarten ihre Fasern bis zu der Zelle I aber nicht weiter.

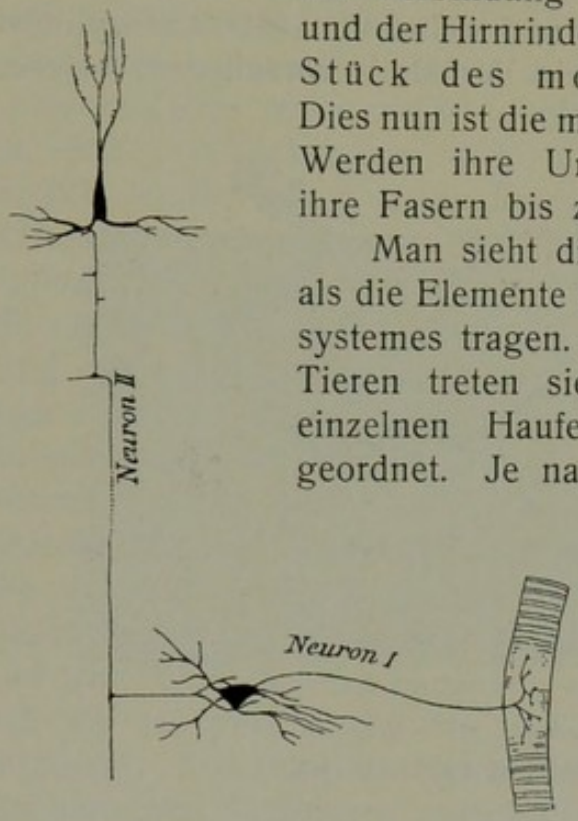


Fig. 23.

Schematische Darstellung des Verhaltens von Ganglienzelle und Nerv in einem Teile des motorischen Innervationsweges.

Man sieht die Ganglienzellen und ihre Ausläufer als die Elemente an, welche die Funktion des Nervensystemes tragen. Schon bei sehr niedrig stehenden Tieren treten sie auf, isoliert und auch schon zu einzelnen Haufen — Ganglienknoten — angeordnet. Je nachdem diese Haufen vereinzelt peripher liegen oder in größerer Menge und bestimmter Anordnung durch Nervenzüge untereinander verknüpft getroffen werden, spricht man von peripheren Ganglienknoten oder von einem Zentralnervensystem. Im allgemeinen erkennt man, daß in der Tierreihe eine Tendenz zum Zusammenfassen vieler Knoten in ein einziges Nervensystem besteht. Je höher man aufsteigt, um so mächtiger ist dieses, aber es erhalten sich bis hinauf zu den Vertebraten noch immer Teile des Nervensystemes mehr oder weniger vom Zentralorgan getrennt und von ihm funktionell und anatomisch mehr oder weniger unabhängig. Ich werde Ihnen bald am Beispiel der Sinnesepithelzellen darlegen, wie sich solche Gebilde allmählich nach dem Zentralorgan hin verschieben können. Die Physiologie zeigt, wie nicht nur die in den Eingeweiden liegenden Einzelganglien noch relativ selbständig funktionieren, sondern wie sogar Gebilde, die, wie die Spinalganglien schon dem Zentralorgan vielfach zugerechnet werden, sich noch einer relativen funktionellen Unabhängigkeit von diesem erfreuen.

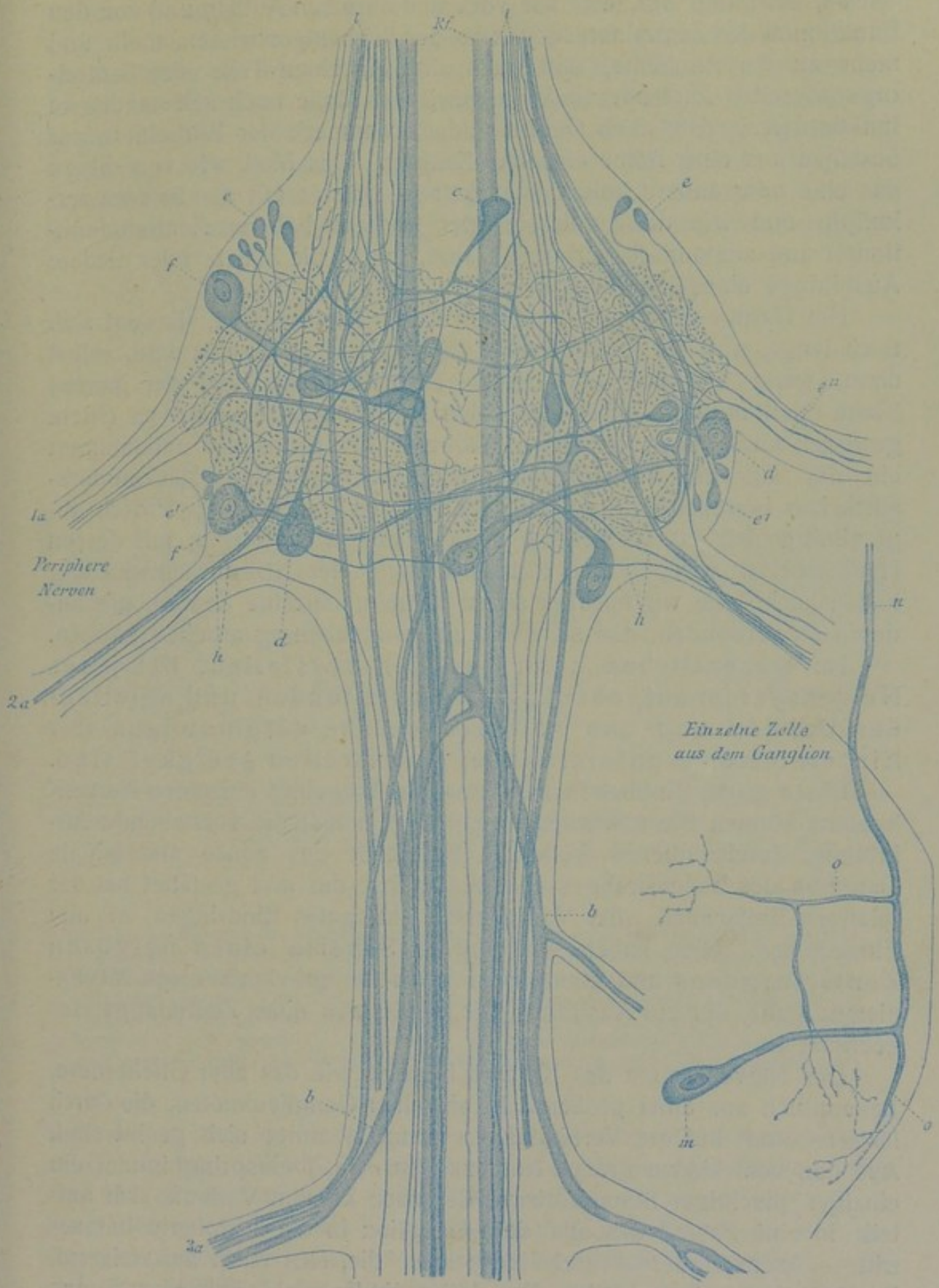


Fig. 24.

Das erste abdominale Ganglion des Bauchstranges von Astacus fluviatilis. Färbung des lebenden Gewebes durch Methylenblau. Nur die nervösen Bestandteile färben sich. Erklärung im Texte. Nach Retzius.

Ja, es drängt das, was wir vom anatomischen Aufbau und von den Funktionen des Zentralnervensystems der Wirbeltiere wissen, mehr und mehr zu der Annahme, daß auch die einzelnen Teile des Zentralorganes selbst imstande sind, in gewissem Maße noch selbständig zu funktionieren, daß auch Gehirn und Rückenmark der Wirbeltiere nur bestehen aus einer Reihe einzelner Zentren. Das Maß, wie von diesen das eine oder andere höher entwickelt ist, wie es mit den tieferen verknüpft, und wie diese untereinander und mit höheren Zentren funktionell und anatomisch verbunden sind, macht die höhere oder niedere Ausbildung eines Zentralorganes aus.

Ein Darm, den man aus dem Tiere herausnimmt, bewegt sich noch lange, und ein Bienenstachel sticht, wenn er berührt wird, selbst dann, wenn nur noch die letzten Bauchsegmente von der ganzen Biene erhalten sind. Aber selbst den Frosch kann man bis zu einem gewissen Grad noch abteilen. Während der Brunstzeit umklammert ein nur aus den Vorderbeinen und dem zugehörigen Rückenmarkstückchen bestehender Ring, an dem also der ganze übrige Frosch abgeschnitten ist, das Weibchen, wenn er nur in Berührung mit dessen Haut gesetzt wird, sofort fest. Im Laufe der Stammesentwicklung haben sich, wie wir nachher sehen werden, einzelne Zentren mit anderen so verbunden, daß sie nicht mehr unabhängig arbeiten können.

Im wesentlichen kann man sich vorstellen, daß jedes Nervensystem aufgebaut ist aus zuleitenden und ableitenden Bahnen und aus solchen, welche Verbindungen der Einzelelemente untereinander herzustellen geeignet sind.

Einen guten Einblick in den Gesamtaufbau eines einzelnen Nervenknotens können Sie gewinnen, wenn Sie einmal die vorstehende Abbildung durchstudieren wollen. Sie stellt das ganze abdominale Ganglion des Bauchstranges vom Flußkrebse dar und gestattet bei der relativen Einfachheit aller Verhältnisse ein gutes Eindringen in alle Einzelheiten. Hier haben wir eine Art Schema eines nervösen Zentralorganes und überblicken jedenfalls auf einmal einen Mechanismus ganz, der zur Ausübung der Funktionen eines Zentralapparates geeignet ist.

Das Nervensystem des Krebses besteht, wie das aller Gliedertiere, bekanntlich aus einer großen Zahl einzelner Ganglienknoten, die durch längere und kürzere Verbindungen zumeist unter sich geeint sind. Aus den verschieden großen Nervenzellen *d*, *e*, *f* entspringt immer ein einziger, mächtiger Stammfortsatz, der nach kurzem Verlaufe sich aufteilt in eine Faser, die aus dem Ganglion in die Peripherie heraustritt — Axenzylinder — und eine solche, die, sich rasch aufzweigend, im Ganglion selbst bleibt. Der Axenzylinder geht entweder — aus den Zellen *e* — direkt in einen Nerven hinein, — er ist hier wahrscheinlich motorischer Natur — oder er tritt in den Strang, welcher das Ganglion mit den weiter vorn oder weiter rückwärts gelegenen

anderen Ganglien verbindet, — so alle Fortsätze aus den ganz großen Zellen. Die Verbindung kann gleichseitig und gekreuzt sein. So ist der Ausläufer der oberen Zelle *f* gleichseitig, derjenige der unteren gekreuzt im Verlaufe. Von dem Stammfortsatz gehen die Dendriten ab, hinein in die Substanz des Ganglions. Sie sind in ihrer feinen Aufzweigung wohl geeignet, die Einzelelemente des ganzen Ganglions untereinander zu verknüpfen. In das feine knotige Flechtwerk, welches sie bilden, tauchen Nervenfasern ein, die entweder von der Peripherie

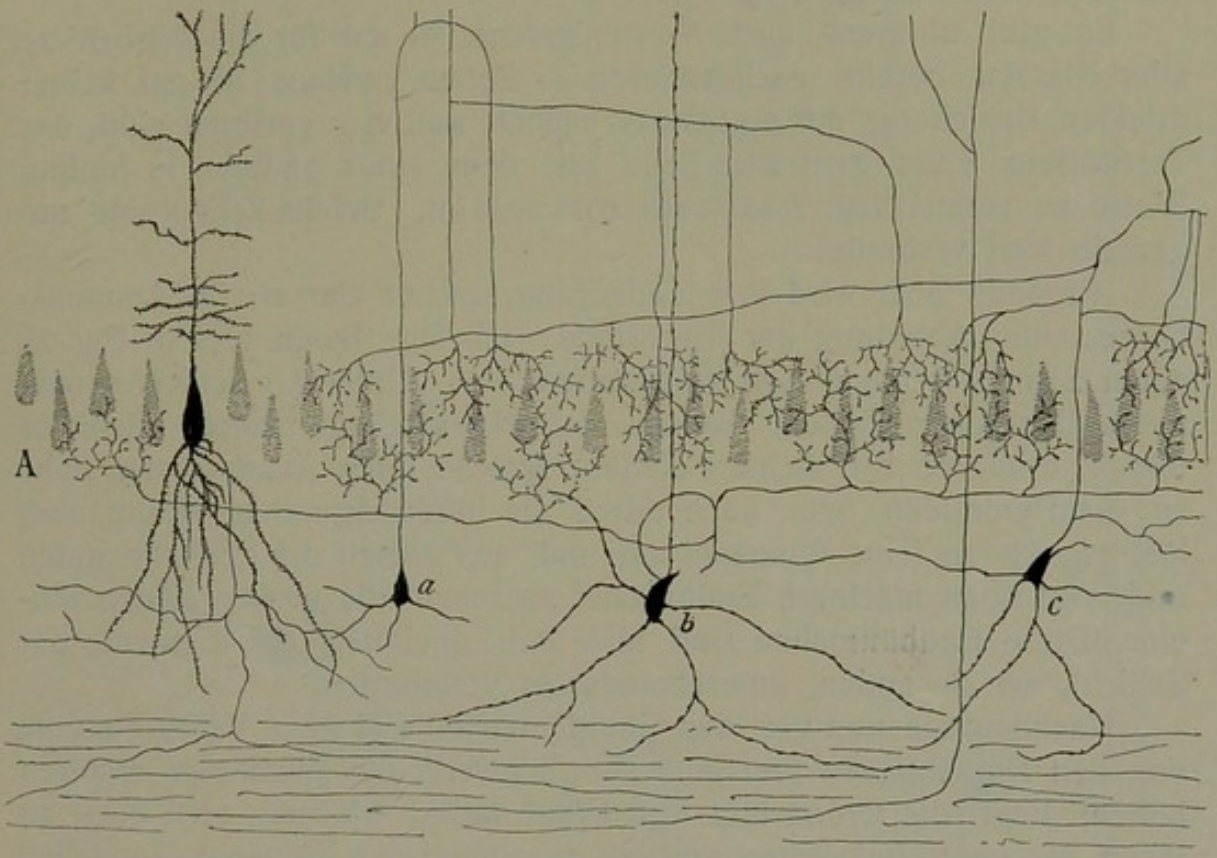


Fig. 25.

Aus der Ammonsrinde des Kaninchens, kombiniert nach Präparaten von S. R. y Cajal. *abc* Assoziationszellen. Ihr langer Achsenzylinderfortsatz spaltet sich zu moosförmigen Reisern auf, welche in die Schicht der Pyramidenzellen *A* eindringen. Links außen eine einzelne vollgezeichnete Pyramidenzelle. Sie tritt durch ihren nach unten abgehenden Achsenzylinder mit dem Mark des Gehirnes und durch ihre nach oben strebenden Dendriten wieder mit anderen Faser- und Zellensystemen — nicht abgebildet — in Beziehung. Zu diesen mannigfachen Verbindungen kommt dann noch die durch die moosförmigen Fortsätze gegebene Assoziation vieler Pyramidenzellen untereinander.

kommen — sensible Nerven? *a* — oder aus anderen Ganglien stammen, *l*, *i*, oben. Wenn Sie nun einmal den abgehenden Nerven, etwa den mit 2*a* bezeichneten, betrachten wollen, so sehen Sie, daß er Fasern enthält, die in das Ganglion münden, und solche, die von anderen Ganglien der gleichen und der gekreuzten Seite stammen. Wie viele Möglichkeiten der Assoziation sind schon in diesem einfachen Knoten gegeben!

Jede Zelle und jede Faser kann durch die reiche Endverzweigung zu unzählig vielen andern Zellen und Fasern in irgendeine Beziehung

treten. Außerdem stehen die meisten in Kontaktzusammenhang mit Zügen aus entfernter liegenden Zentren und viele auch mit der Peripherie.

Unser Präparat läßt aber noch längst nicht alle Verbindungsmöglichkeiten erkennen. Sind doch nur die Zellen, nicht aber die Fibrillen, aus denen jenes punktförmige Flechtwerk zusammengesetzt ist, gefärbt. Durch Bethe aber wissen wir, daß aus dem Flechtwerk beim Krebse Fibrillen in und durch die Zellen hindurchdringen, in den Zellen sich aufteilen, sich umlagern usw.

Es gibt übrigens auch — wenigstens ist das für die Wirbeltiere aller Klassen bereits nachgewiesen — Zellen, welche in gar keiner direkten Beziehung zur Außenwelt stehen und nur geeignet sind, das Territorium einer zentralen Zelle mit dem einer anderen in inniger Weise zu verknüpfen, Assoziationszellen. Solche Zellen sind ungemein weit verbreitet.

Nirgends aber wird ihre Bedeutung rascher klar als im Ammonshorne, einer Abteilung der Riechrinde. Ich lege Ihnen hier in Fig. 25 einen Schnitt durch diesen Rindenanteil vor. Unter der Schicht großer pyramidenartiger Zellen, welche die Hauptzellage dieses Gebietes bilden, erblicken Sie kleinere Zellen, welche ihren Axenzylinder nahe an die Pyramiden oder auch durch sie hindurchsenden. Dann aber löst er sich in feine Queräste auf und aus diesen dringen von unten und von oben mächtige Endbüschel zwischen die großen Zellen hinein. Diese Endbäumchen sind also wohl geeignet, die Elemente der Schicht, wo sie enden, untereinander zu verknüpfen.

Nachdem Sie nun von den Ganglienzellen und ihren Verbindungen, von den Nervenfasern und dem Fibrillenwerk, das Wichtigste erfahren haben, liegt die Erörterung der Frage nahe, wie wir uns etwa an Hand des heute Bekannten gewisse physiologische Vorgänge vorstellen könnten.

Wir wissen zunächst, daß ein motorischer Nerv funktionsunfähig wird, wenn er von seiner Ursprungszelle getrennt ist, und wissen auch, daß Zerstörung des Graues, in dem sensible Fasern enden, deren Funktion völlig aufhebt. Wir wissen ferner, daß wir durch Reizung der Zellen, in denen ein Nerv endet, alle Erscheinungen erzeugen können, welche gewöhnlich bei der Funktion des Nerven sichtbar werden. Das allein hat zu dem Schlusse geführt, das in den Ganglienzellen und den Verbindungen, welche sie untereinander eingehen, die Unterlage für die Nerventätigkeit gegeben ist. Zahlreiche Versuche haben dann gezeigt, daß ein sensibler Eindruck, der, von der Peripherie herkommend, in das Zentralorgan eintritt, dortliegende Ursprungszellen von motorischen Fasern anregen, ihre Endpunkte, die Muskeln, zur Tätigkeit bringen kann. Man bezeichnet bekanntlich diesen Vorgang als Reflex. Die Untersuchung solcher Reflexe hat dann zu dem weiteren, sehr interessanten Resultate geführt, daß der sensible Reiz nicht unmittelbar den motorischen Vorgang auslösen muß, daß vielmehr eine gewisse Intensität des ersten Reizes nötig ist, aber daß auch ein schwacher Reiz, wenn er eine Zeitlang anhält, schließlich den motorischen Apparat beeinflussen kann. Man nimmt an, daß die Ganglienzellen geeignet

sind, Reize, die ihnen zukommen, eine Zeitlang aufzuspeichern, zurückzuhalten, bis dann zu große Reizhöhe oder ein von anderer Stelle her neu eintretender Reiz sie zu plötzlicher Entladung bringen kann.

Es ist durchaus wahrscheinlich, daß die Übertragung der Reflexe durch das Fibrillenwerk in der Zelle vielleicht auch durch das außer-

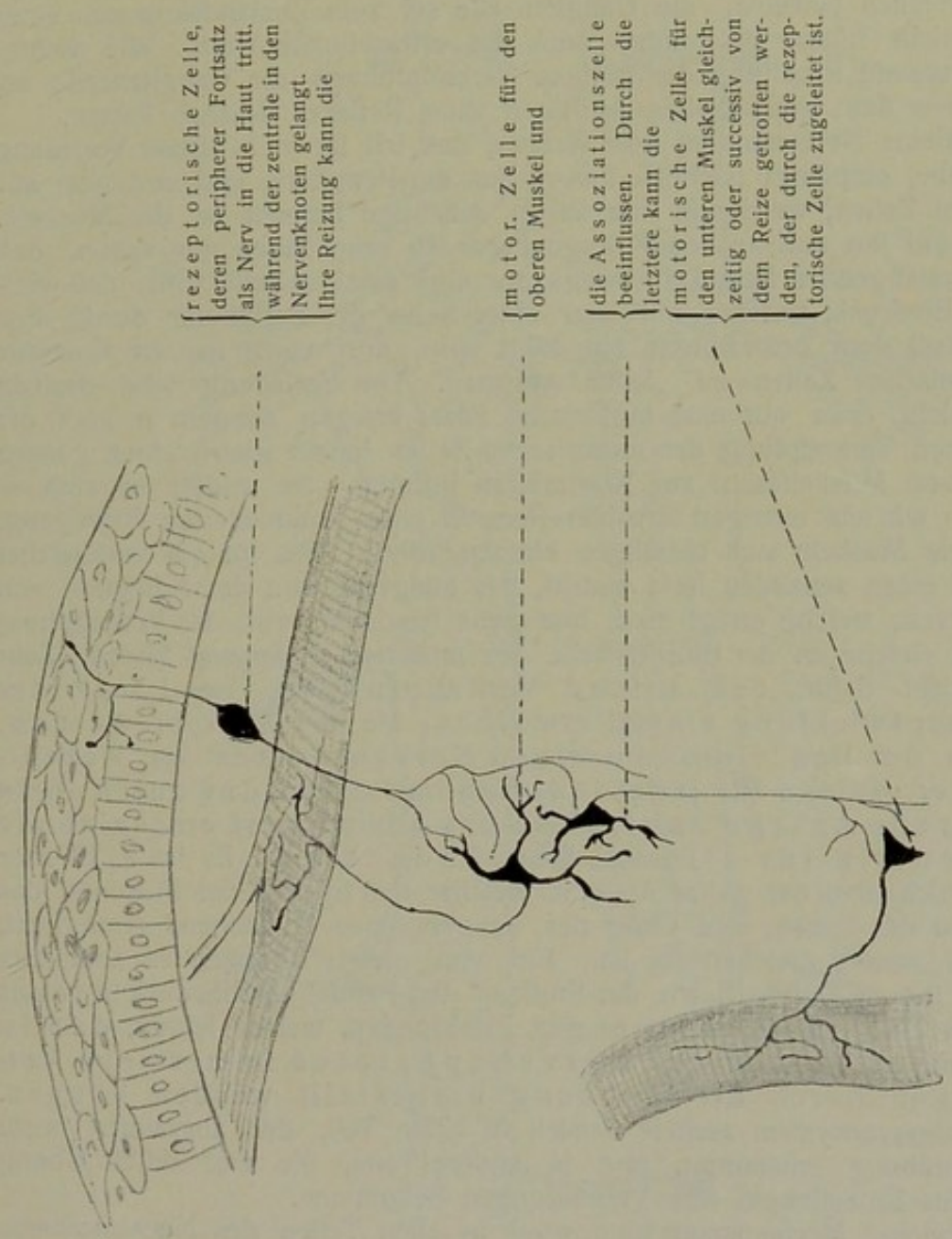


Fig. 26.

Sehr einfach gebauter nervöser Apparat. Motorischer Nerv, sensibler Nerv und Zentralapparat. Schema geeignet zur Erläuterung der einfachsten Reflexe.

halb der Zellen liegende vermittelt wird. Der kerntragende Teil der Zelle braucht dabei nicht einmal die Hauptrolle zu spielen. Es tauschen ja auch in seiner Peripherie Fibrillen ihre Lage aus.

An den Ganglien der niederen Tiere liegen, wie Sie an den heute demonstrierten Krebsganglien links oben sehen, die Zellen oft ganz peripher und ragen nur durch ihre Fortsätze in die Ganglienmasse hinein.

Diesen Umstand hat Bethe benutzt, um bei Carcinus maenas eine bestimmte Zellgruppe intravital abzutragen. Sie diente einem Reflex, der bei

Berührung eines Fühlers auftrat. Trotz der Entfernung der Zelleiber ging dieser Reflex nicht gleich, sondern erst nach vielen Tagen verloren. Durch diesen Versuch wird bewiesen, daß der Faseraustausch, welcher an den Zellausläufern und am fibrillären Netzwerk stattfindet, an sich schon ausreichend zum Zustandekommen eines Reflexes ist. Ein Teil der Zelle, eben ihre nach dem Ganglion gerichteten Ausläufer, blieb ja erhalten, und wir wissen, daß hier noch zahlreiche Fibrillengeflechte gelagert sind. Bethe selbst meint, daß der Versuch beweise, die Ganglienzelle sei zum Zustandekommen eines Reflexes nicht nötig, es genüge auch das extrazelluläre Netz. Wie wichtig für die dauernde Erhaltung der nötigen Verknüpfungen die Ganglienzelle ist, das geht aus dem schließlichen Aufhören jenes Reflexes deutlich hervor.

Der kleine Nervenknoten vom Krebse, den ich Ihnen in dieser Vorlesung gezeigt habe, empfängt reichlich Fasern aus der Peripherie und entsendet aus den großen Zellen, welche in ihm liegen, mächtige Bahnen in die Muskeln. Ein Blick auf ihn und auch auf obige Figur 26 zeigt Ihnen nun schon, daß ein etwa anlangender Reiz keineswegs nur eine einzige Zelle trifft, daß vielmehr ein Eindruck, welcher nur von einer Seite der Peripherie durch eine einzige Faser dem Zentralorgan zugeführt wird, dort einen ganzen Komplex von motorischen Zellen zu „laden“ vermag. Die Entladung wird deshalb zumeist nicht etwa nur eine motorische Faser erregen sondern je nach der anatomischen Verknüpfung der motorischen Zellen immer gleich einen ganzen Komplex von Muskelfasern zur Kontraktion bringen. So erklärt es sich — Exner — wie ein einziger sensibler Reiz zu einer komplizierten Bewegung, an der viele Muskeln sich beteiligen können, führt. Was für ein motorischer Erfolg auf einen sensiblen Reiz eintritt, das hängt ab von der Kategorie von Gefühlsnerven, welche erregt sind, und ganz besonders von der Verknüpfung der Zellen, welche an der Eintrittsstelle den motorischen Apparat bilden. Sehr vieles spricht dafür, daß solche Verknüpfungen, im Laufe der Stammesentwicklung einmal erworben, weiter vererbt werden, daß also der Bau eines einzelnen Nervenknotens im wesentlichen der gleiche für jedes Individuum ist, und daß durch diese angeborene Anlage zahlreiche uns kompliziert erscheinende Aktionen ein für allemal begründet sind. Es ist z. B. sehr wahrscheinlich, daß der ganze Apparat, welcher den Sprung des Frosches, das Schwimmen der Fische, den Gang des neugeborenen Hühnchens ermöglicht, ein fertiger, immer gleichartiger ist. Ein von außen kommender adäquater Reiz setzt ihn in Tätigkeit, wie der Stoß an den Pendel ein Uhrwerk in voraus bestimmten Gang bringt. Aber es gibt Erfahrungen, welche lehren, daß in bestimmten Teilen des Nervenapparates immer neue Verknüpfungen durch die Einübung hergestellt werden können. Das Zentralnervensystem zerfiele danach in einen Teil, der angeboren wohl ältester Einübung entstammt, und in andere Teile, die erst durch Übung während des Einzellebens ihre Verbindungen bekommen.

Angeborene Mechanismen sind wohl in allen Teilen des Nervensystems zu finden, auch zeigt die Beobachtung der Bewegungen von Embryonen und Neugeborenen, daß mindestens im Bereiche des vegetativen Funktionen dienenden Apparates, im Sympathikus also, ferner im großen Gebiete des Rückenmarkes und der Oblongata solche die vorherrschenden sind. Wahrscheinlich kommt hierzu noch ein guter Teil des Mittelhirnes und des Kleinhirnes. Die vergleichende Anatomie lehrt, daß bis hinauf zu den Primaten die vor diesen Hirnteilen liegenden Apparate noch ständig großer Variationen fähig sind, und es zeigt speziell die Beobachtung der Hirnrinde in ihrem individuellen Ausbau, daß hier noch für das Einzelindividuum durch Einübung neue Bahnen ständig geschaffen werden.

Soweit rein motorische Effekte als Resultat der Reizungen in Betracht kommen, bezeichnet man den hierzu nötigen Apparat als Bewegungskombination. Das Wort ist von Exner gemünzt, dem wir eine treffliche Durcharbeitung vieler hierher gehöriger Momente verdanken. Sie dürfen sich

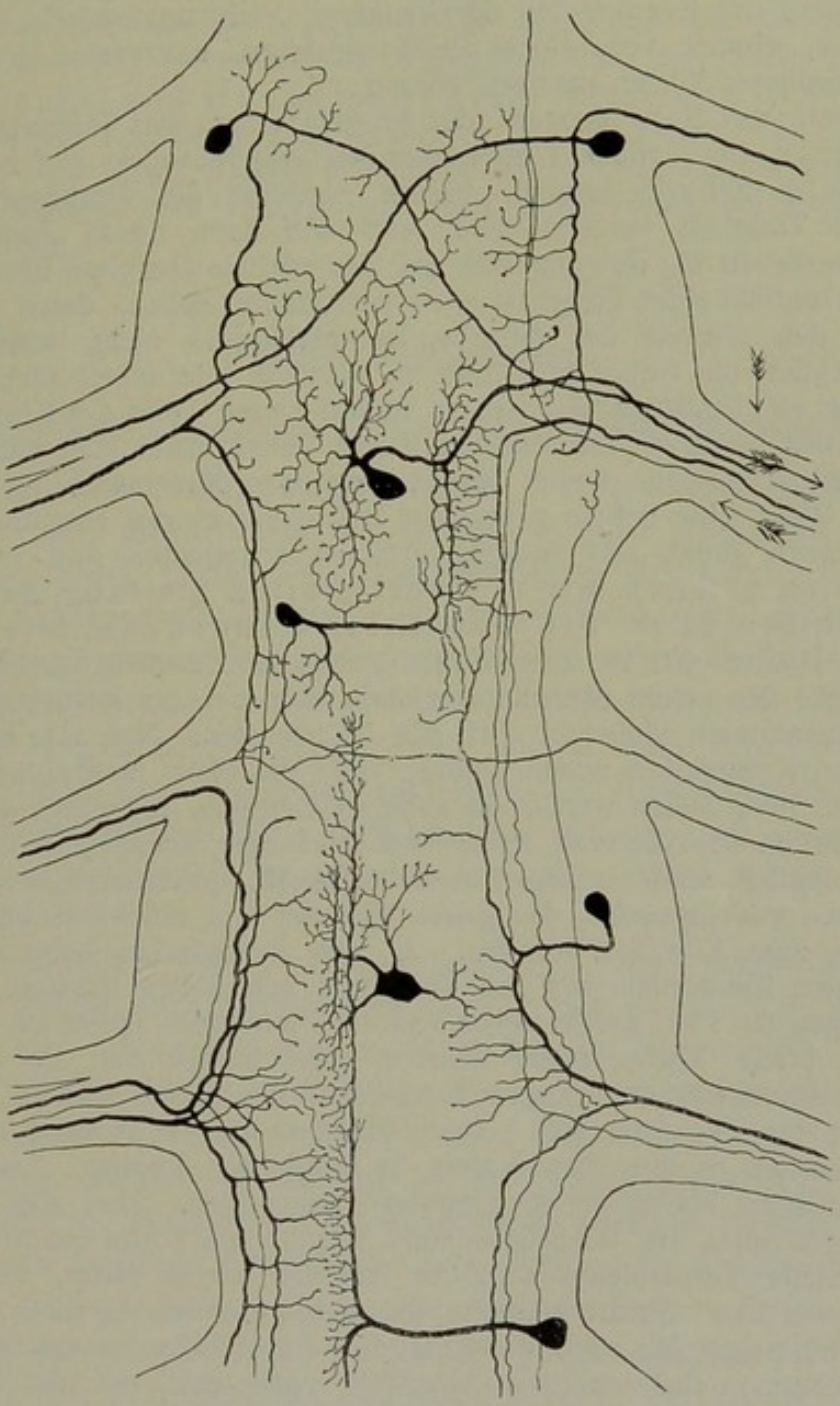


Fig. 27.

Einige Ganglien aus dem Bauchstrange des Regenwurmes, Lumbricus terrestris, nach Retzius — zur Demonstration der Grundlagen von successiven Bewegungskombinationen.

nun aber solche Kombinationen von Ganglienzellen zu gemeinsamer Aktion nicht als gar zu einfach vorstellen. Die allermeisten Bewegungen bedürfen zu ihrem Ablauf eine längere Zeit, während welcher mehrfach andere Muskeln als die anfangs in Aktion getretenen eingreifen können. Es muß deshalb Bahnen geben, die von einer Kombination von Zellen zu einer zweiten

führen, und die erst dann vom Reize beschritten werden, wenn die erste Aktion beendet ist.

Solche Vorgänge wird man mit Exner zweckmäßig als sukzessive Bewegungskombinationen bezeichnen. Exner hat sie aus physiologischen Beobachtungen geistvoll erschlossen, man kann aber, wenn man das Nervensystem der Evertebraten durchmustert, leicht anatomische Anordnungen finden, die, einmal von einem Reize getroffen, sukzessive Bewegungen in völlig geordneter Weise auslösen können.

Speziell das Nervensystem der Ringelwürmer, des Regenwurmes z. B., das wir durch die schönen Untersuchungen von Retzius gut kennen, zeigt, wie durch eintretende sensible Fasern zunächst ein einzelner motorischer Knoten in Tätigkeit versetzt wird, und wie dann durch Fortsätze großer Assoziationszellen die Reizung sich auf das nächste Ganglion übertragen kann. Außerdem enthält jedes Ganglion noch motorische Zellen, deren Axenzylinder nicht zu den Nerven des betreffenden Metameres zieht, sondern erst in Muskeln endet, die weiter vorn und in solchen, die weiter rückwärts liegen. So vermag ein Eindruck, welcher an irgend einem Teile der Körperoberfläche das Tier trifft, zunächst die Muskeln dieses Teiles, dann aber auch diejenigen von weiter vorn oder weiter hinten liegenden Metameren in Tätigkeit zu bringen. Wenn eine solche sukzessive Bewegung einmal eingetreten ist, dann wird sie noch durch ein anderes Moment unterhalten und reguliert. Es ändern sich nämlich mit der veränderten Stellung der Muskeln und Glieder auch die sensiblen Eindrücke, die sie empfangen. Bleiben wir bei dem einmal gewählten Beispiele vom Regenwurme. Die Muskeln des ersten Metameres ziehen sich bei der Berührung der Tastapparate zusammen, vielleicht auch die des nächsten. Nun aber kommen eben durch diese Kontraktion wieder andere Teile der Haut in Berührung mit der Unterfläche, neue Reize werden in anderen Ganglien ausgelöst, es kann sich die Kontraktion so sukzessiv auf weitere Metamere ausdehnen, kurz es kann ein Reiz, der an einer einzigen Stelle eingreift, passende Koordination der Bewegungen vorausgesetzt, das ganze Tier auf rein reflektorischem Wege zur Bewegung, zum Kriechen, bringen. Ja, dies Fortkriechen kann den Eindruck der äußersten Zweckmäßigkeit im Verhältnis zum Reize machen. Legt man einen Seeigel, ein Tier, welches etwa von der Form eines Apfels ist, an dem man unten eine breite, flache, runde Scheibe abgeschnitten hat, auf den Rücken, so faßt er sofort mit den langen Saugfüßen, die seinen ganzen Körper bedecken, an der Unterlage Fuß. Jedes Füßchen aber kontrahiert sich in dem Augenblicke, wo es mit dem Boden in Berührung kommt. Das Tier wird dadurch zunächst kräftig an die Unterlage angezogen. Nun aber beginnt ein merkwürdiges Spiel, das Romanes und Ewart uns schön beschrieben haben. An einer Stelle kontrahieren sich die Füßchen etwas fester, vielleicht ist's Zufall, an welcher. Sofort verlieren die entgegengesetzten ihren Halt, lassen los, das Tier neigt sich nach der Seite, wo die stärkere Kontraktion stattfand. Natürlich kommen dadurch neue Saugfüße eben dort mit der Unterlage in Berührung, die kontrahieren sich wieder und das geht so fort, bis der Seeigel ganz aufrecht auf der Kante steht; auch nun hört die Bewegung nicht auf, denn immer neue Pedizillen fassen ja Fuß und das geht so fort, bis das ganze Tier umgedreht wieder in normaler Lage ist. Hier haben wir eine sehr zweckmäßige, anscheinend nur durch besonders feine Überlegung ausführbare Bewegung gesehen, die sich auf ganz einfache Reflexvorgänge zurückführen läßt, auf die Kontraktion, die in den Muskeln der Pedizillen eintritt, wenn ihre sensiblen Nerven erregt werden. Daß die Bewegung aber eine wohlgeordnete ist, dazu bedarf es doch einer Verbindung der Pedizillarverven untereinander. Aber bei diesem einfachen Versuche tritt schon ein

neues Moment auf, das bisher noch nicht als Eigenschaft des Zentralapparates hier erwähnt wurde, das ist das Aufhören der Bewegung, wenn einmal die Ruhelage des Tieres erreicht ist. Hier muß vom Zentrum aus eine „Hemmung" eintreten, denn es wäre sonst nicht abzusehen, warum der Seeigel sich nicht manchmal weiter bis zur Erschöpfung drehen sollte, da ja immer neue Saugfüße auch bei der Normallage in Berührung mit der Unterfläche geraten. In der Tat ist es als eine Eigenschaft der Nervenknoten überall erkannt, daß sie imstande sind, nicht nur Bewegungen hervorzurufen, sondern auch solche zu hemmen. Der Mechanismus ist noch nicht klar. Zweifellos können solche Hemmungen ganz ebenso wie die Bewegungen sich weithin von dem zuerst irritierten Ganglion auf andere erstrecken.

Fünfte Vorlesung.

Einteilung und Formentwicklung des Zentralnervensystems.

Der nervöse Zentralapparat, der alle rezeptorischen Bahnen aufnimmt, der alle motorischen aussendet, enthält auch die mannigfachsten das Spiel seiner Teile regulierenden Apparate. Prinzipiell wichtig ist, daß hier die Neuronen so geschichtet sind, daß oft von sehr weit abgelegenen Stellen andere direkt oder durch Einschalten mehrerer Unterneuronen erreicht werden. Man hat das so nachgewiesen, daß man frontal liegende Teile abtrug oder durchschnitt und untersuchte, wie weit jedesmal rückwärts die Entartung reichte. An den Endpunkten wurden neue Verletzungen gesetzt und so allmählich das Ganze experimentell degenerativ geprüft. Diese Arbeit ist noch nicht beendet.

Es umfaßt dies konzentrierte Nervensystem bei den Vertebraten immer einen länglichen Strang, die Medulla spinalis, in welchen von außen her die sensiblen Nerven einmünden, während aus Zellen, die im Marke selbst liegen, die motorischen Nerven entspringen. Wo viele Nerven eintreten oder entspringen, ist der Zentralapparat dicker, ebenso da, wo auf engem Raume besonders mächtige Nerven abgehen. Namentlich im Kopfteil des Tieres ist das der Fall. Alle Kranioten besitzen deshalb da eine besondere Anschwellung, die Medulla oblongata. Ihr entstammen die Nerven für die Kiemenbogen, resp. für das Gebiet, welches aus jenen ableitbar ist.

Eine weitere Vergrößerung liegt weiter vorn, wo die bei fast allen Tieren mächtigen Sehnerven eintreten (Mittelhirndach) und schließlich findet man regelmäßig ganz vorn am Ende des Zentralnervensystemes eine meist mächtige Auftreibung, die Stätte, wo zunächst der Riechnerv sein Ende findet.

Im Rückenmark sowohl als weiter oben, bestehen aber noch Verbindungen einzelner Höhen untereinander. Dadurch kommen neue Vergrößerungen des Zentralapparates zusammen. Schließlich gesellen sich zu dem ganzen bisher geschilderten Abschnitte immer noch andere

Teile, welche nicht in direkter Beziehung zu den eintretenden Nerven stehen, wohl aber für einzelne Funktionen der Tiere ungemein wichtig werden können. So findet man zunächst dorsal vom verlängerten Marke bei allen Kranioten mehr oder weniger stark entwickelt das Kleinhirn, dann liegt ventral von der Endstätte des Optikus, und auch vor ihr, noch ein mächtiger Apparat, die Mittelhirnbasis und die Mittelhirnganglien, welcher Bahnen aufnimmt, die von kaudal her und von vorn her kommen und auch ebensolche aussendet. Schließlich entwickelt sich immer vor dem Zwischenhirn das Telencephalon mit der Endstätte der Riechnerven und dem Striatum.

Die vergleichend anatomische Betrachtung läßt am schnellsten eine Übersicht über die Gesamteinteilung des Zentralnervensystems gewinnen. Ich demonstriere Ihnen deshalb hier die einzelnen Teile des Gehirns eines Schellfisches. Sie sind beim Menschen in Form und Größe etwas verschieden, dem Prinzip nach aber gleichartig gebaut. Vom Rückenmark links bis zu dem Riechlappen rechts können Sie hier leicht alle Teile studieren. Die Partien, welche direkt zu den Nerven als Ursprungs- oder Endstätte in Beziehung stehen, das Rückenmark, die Oblongata, das Mittelhirndach, welches aus den Retinazellen den Sehnerven aufnimmt und den Riechlappen zeichne ich heller.

Über dem verlängerten Marke liegt das Kleinhirn, ein wahrscheinlich dem Muskeltonus und der Statik dienender Apparat, der nur bei wenigen im Schlamm lebenden Tieren fehlt oder minimal ist, während er bei den Schwimmern sich zu beträchtlicher Größe entwickelt. Unter dem Mittelhirndache erkennt man das bei den Fischen immer etwas versteckt liegende Zwischenhirn und vor diesem das große Corpus striatum des Vorderhirnes, einen allen Vertebraten gemeinsamen Besitz. An seiner Basis liegt der Riechlappen, in welchen die aus der Nase kommenden Fila olfactoria münden.

Wir werden ja erst im zweiten Bande diese Dinge vergleichend anatomisch näher zu betrachten haben, aber es scheint mir wichtig, hier ein Hauptergebnis der vergleichenden Anatomie voraus zu nehmen:

Die Durcharbeitung der Tierreihe hat ergeben: daß der ganze Mechanismus vom Rückenmarkende bis zum Riechnerven bei allen hohen und niederen Vertebraten im Prinzip überall ganz gleichartig angeordnet ist, daß also für die einfachsten Funktionen durch die ganze Reihe hindurch gleichartige Unterlagen bestehen, einerlei, ob es sich um einen Menschen oder um einen Fisch handelt. Diesen basal liegenden Hirnteil, den ältesten, kann man **Palaeencephalon** nennen.

Wo eine bestimmte Aufgabe von einem Tiere in der Lebensführung zu erfüllen ist, da besitzt es auch für diese im Palaeencephalon einen jedesmal sehr vollkommen ausgebildeten Apparat. So ist das Rückenmark und die Oblongata von Myxine, wohl einem der ältesten und einfachsten Vertebraten bereits recht kompliziert ausgebaut. Die ge-

ringe schlängelnde Bewegung des Tieres, das meist an Steine usw. angesaugt lebt, verlangt nur besondere Entwicklung der spinalen motorischen und rezeptorischen Apparate und einen gewissen Apparat, der den Gesamttonus des Leibes aufrecht hält. Ein solcher ist nun in das Rückenmark eingebaut. Enorme aus dem Mittelhirn und ganz besonders aus der Gegend des statischen Nerven kommende Fasern durchziehen die ganze Länge des Myxinenmarkes. Solche Fasern haben auch die Fische, aber bei diesen, die nicht auf die Rumpfbewegung allein mehr angewiesen sind, spielen sie eine wesentlich

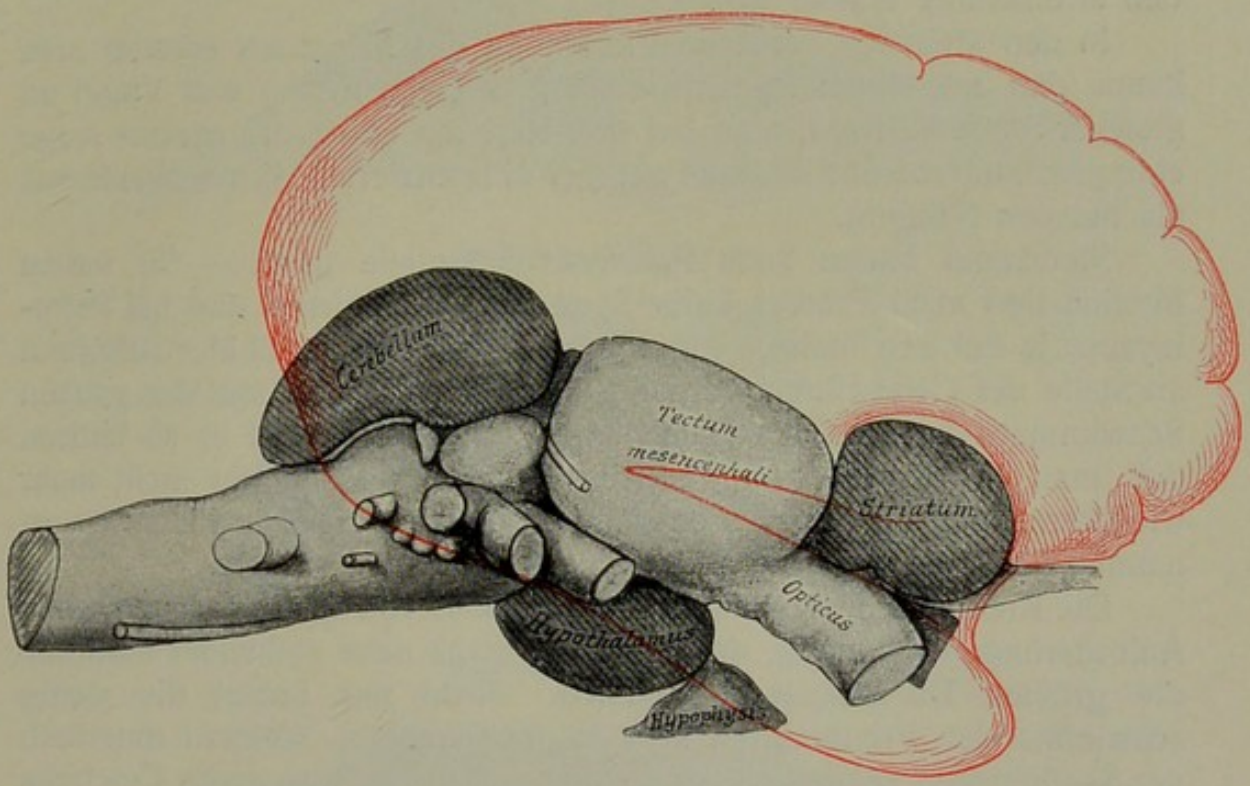


Fig. 28.

Gehirn des Schellfisches, Gadus. Nur ein Palaeencephalon vorhanden. Rot das Neencephalon eines Säugergehirnes übergezeichnet. Die helleren Partien sind die Ursprungs- und Endstätten der Nerven; die als Tectum mesencephali bezeichnete Masse z. B. ist die Endstätte der Sehnerven aus den Retinazellen. Dahinter liegt die Oblongata, ebenfalls eine dicke Masse, weil die starken Nerven aus der Kopf- und Rumpfhaut, welche bei den Fischen dort Sinnesorgane versorgen, hier eindringen, dann folgt das etwas dünnere Rückenmark, aus dem alle motorischen und die Mehrzahl der sensiblen Rumpfnerven stammen.

geringere Rolle und bei den geschwänzten Amphibien sind nur noch wenige vorhanden. Aber der gleiche „vestibulospinale Apparat" bleibt, wenn auch recht gering ausgebildet bis zum Menschen bestehen.

Zahlreiche andere Beispiele bietet die vergleichende Hirnanatomie, die zeigen, daß einzelne Apparate bei besonderen Anforderungen zu besonderen Mechanismen ausgebildet werden, die, wenn sie nicht mehr durch die Lebensweise erfordert werden, wieder verschwinden. Von so isolierten Fällen, wie sie die Entwicklung eines motorischen Vaguskernes zum Kerne der elektrischen

Nerven bei Rochen bietet, bis zu weit ausgedehnten Kernveränderungen für spezielle Verrichtungen gibt es alle möglichen Übergangsstufen. Bei vielen Teleostiern hypertrophiert der sensible Abschnitt des Facialis, derselbe, der beim Menschen als Chorda tympani in geringen Resten noch besteht, zu einem ungeheuren Nerven, der geschmacksknospenartige Bildungen am Kopfe, ja an der äußeren Haut versorgt. Vom Octavus, den die Säuger nur als Hörnerv und als statischen Nerv besitzen, ist bekannt, daß er bei allen wasserlebenden Tieren noch einen mächtigen Nebenkern hat, aus dem die Fasern für die Kopf- und Seitenlinien stammen, die Sinnesorgane für die Rezeption des Druckes tragen, den strömendes Wasser übt.

In den kleineren vorderen Vierhügeln des Menschen erkennt man kaum den mächtigen Apparat wieder, den alle Fische und Vögel an gleicher Stelle besitzen, aber bei den letzteren spielt das enorme Auge eine ganz andere Rolle im sonst weniger differenzierten Hirnmechanismus als bei den Säugern.

Manchmal fehlen auch Palaeencephalonteile ganz. — So haben Myxine und auch Proteus keine Spur eines Kleinhirnes und bei Petromyzon, ja bei den meisten Amphibien ist nur ein minimales Blättchen an Stelle des Cerebellums vorhanden. Bei den Vögeln und den großen Schwimmern wieder, den Haien und Lachsen z. B., ist es so enorm, daß man in dem Riesenorgane das dünne Blättchen gar nicht mehr wiedererkennt, aus dem es entstanden und das vielfach dauernd vorhanden ist.

Die Kleinhirnentwicklung ist so durchaus von den lokomotorischen Anforderungen abhängig, daß innerhalb ganz nahe stehender Familien die größten Differenzen vorkommen. Nicht nur haben die wenig schwimmenden Flunderarten sehr kleine Cerebella, sondern innerhalb der Schildkröten zeigen die landlebigen oft nur halb so große Cerebella als die schwimmenden Arten. Das gleiche beobachtet man an landlebigen Eidechsen und den schwimmenden großen Sauriern.

Zu diesem altererbten Primärapparat gesellt sich von den Selachiern an, sicherer erst von den Amphibien, das **Neencephalon**. In die Zeichnung des Schellfischgehirnes habe ich es mit einer roten Linie eingetragen, damit Sie mit einem Blicke übersehen, was zu einem niederen Vertebratengehirn hinzutreten muß, damit es die Arbeitsfähigkeit des Säugergehirnes erreicht.

Das Neencephalon ist der Träger der Hirnrinde.

Von einer dünnen Platte aus entwickelt es sich innerhalb der Tierreihe an Masse zunehmend allmählich zu einem mächtigen, vielgefalteten Apparate, aus dem zahlreiche Nervenbahnen hinab zu anderen Hirnteilen gelangen, innerhalb dessen zahllose Verbindungen der einzelnen Oberflächenteile dahinziehen. Die ganze Masse lagert sich dorsal vom Palaeencephalon. Anfangs überdacht das Neencephalon nur das Striatum, welches ja auch wie es selbst ein Vorderhirnteil ist, aber

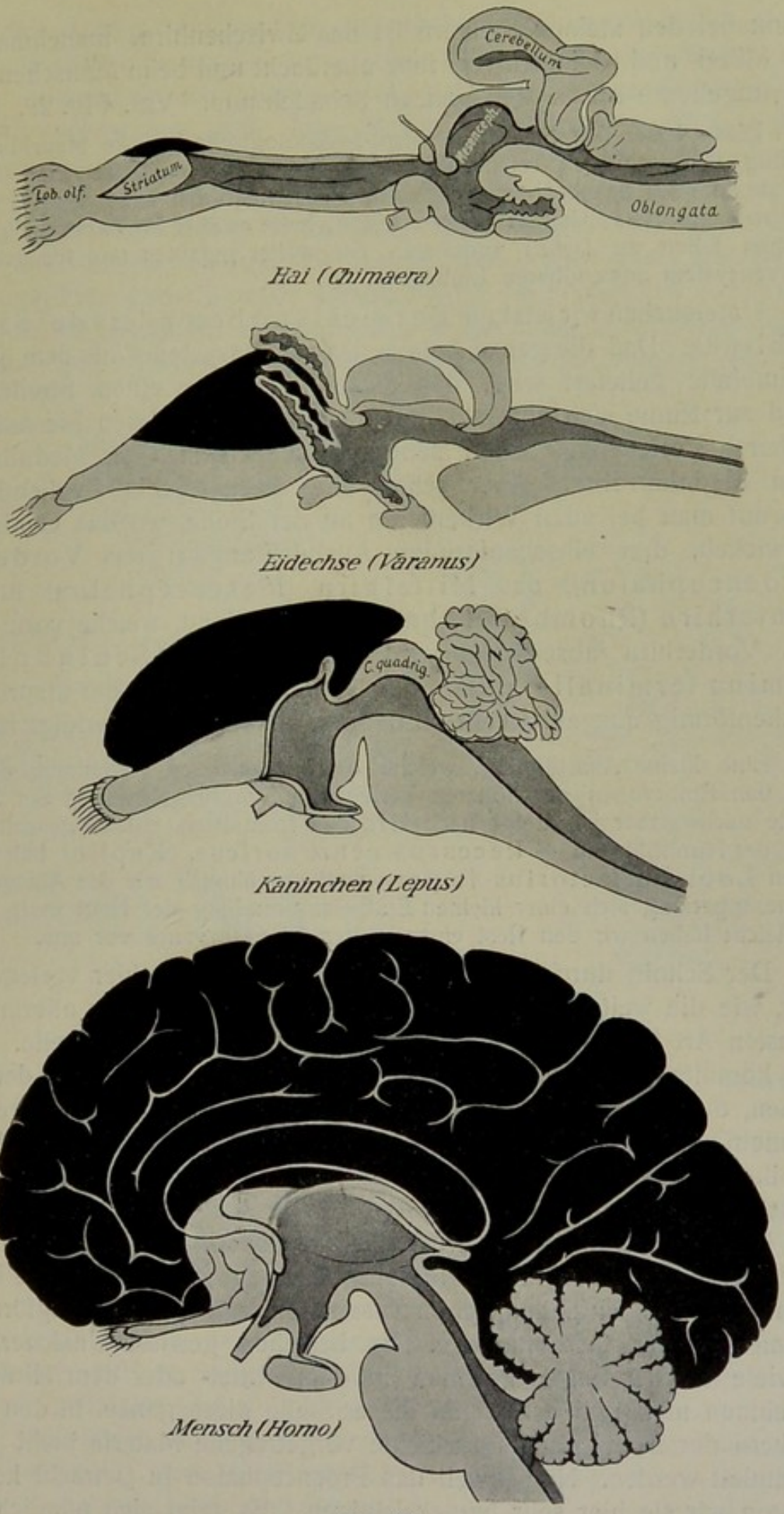


Fig. 29.

Entwicklung des Neencephalon (schwarz) über dem Palaeencephalon (grau).

schon bei den kleinen Säugern ist das Zwischenhirn, manchmal auch das Mittel- und Kleinhirn von ihm überdacht und beim Menschen erfüllt die ungeheure Masse den ganzen Schädelraum. Vgl. Fig. 29.

Diese wesentlich für vergleichend-psychologische Zwecke brauchbare Einteilung läßt also das Telencephalon aus einem basalen palaeencephalen und einem dorsalen neencephalen Abschnittte bestehen. Ich habe diese früher als Hypo- und Episphaerium bezeichnet, halte es aber für zweckmäßig, diese Namen fallen zu lassen zugunsten der weiter gefaßten und für das ganze Nervensystem anwendbaren Einteilung.

Untersuchen wir jetzt die Entwicklung besonders des Säugergehirnes. Daß die ganze Anlage des Nervensystems aus dem äußeren Keimblatte geliefert wird, daß diese Anlage von einem Streifen, der bald zur Rinne sich einsenkt, gebildet wird, das wissen Sie aus einer früheren Vorlesung. Schon sehr früh schließt sich die Medullarrinne zum Medullarrohre. Aber schon ehe dieser Schluß vollendet ist, erkennt man bei allen Wirbeltieren an der Stelle, wo das Gehirn sich entwickelt, drei bläschenförmige Ausbuchtungen: das Vorderhirn (Proencephalon), das Mittelhirn (Mesencephalon) und das Hinterhirn (Rhombencephalon). Die Wand, welche vorn frontal das Vorderhirn abschließt, wird embryonale Schlußplatte, Lamina terminalis, genannt, weil hier der Schluß der ursprünglich flächenförmig ausgebreiteten Hirnanlage in einer Naht erfolgt ist.

Eine kleine Ausstülpung, welche bei den niederen Vertebraten dauernd, bei den Embryonen der höheren Vertebraten vorübergehend in der Schlußplatte nachweisbar ist, zeigt nach His den frontalsten, zuletzt geschlossenen Teil der Hirnhöhle an — Recessus neuroporicus. Kupffer hält sie für einen Lobus olfactorius impar, weil sie, ähnlich wie die Anlage eines Sinnesapparates, sich einer kleinen Epithelansammlung der Haut innig anlegt. Vielleicht haben wir den Rest eines uralten Sinnesorganes vor uns.

Der Schnitt durch die Larve des Störes, den ich hier vorlege, enthält, wie die weitere Darlegung zeigen wird, Anlagen der allermannigfachsten Art für die Weiterentwicklung der einzelnen Hirnteile. Nicht alle kommen zur Ausbildung, viele bleiben beim Stör fast auf der Stufe stehen, die hier abgebildet ist; aber bei den höheren Wirbeltieren verwandeln sich die einzelnen kleinen Abschnitte des Hirnrohres in wichtige Gebilde, deren Entwicklung dann für die einzelnen Klassen eine sehr verschiedene sein kann.

Diese zuerst sichtbar werdenden Hauptabteilungen des Hirnrohres sind, wie überaus sorgfältige, auf alle Tierarten sich erstreckende Untersuchungen ergeben haben, schon Zusammenfassungen von ringförmigen Segmenten der Gesamtanlage. Es bestehen gewisse Unsicherheiten wieviele solcher Segmente man in dem Mittel- oder dem Hinterhirn annehmen muß und es soll an dieser Stelle diese ganze, in den Lehrbüchern der Entwicklungsgeschichte vorgetragene Materie nicht näher behandelt werden. Nur soweit das Proencephalon in Betracht kommt, müssen wir sie hier sehr berücksichtigen. Es zeigt sich nämlich sehr

frühe, daß dessen ursprünglich einheitliche Blase ventral durch einen leichten Wulst und dorsal durch eine einhängende Duplikatur des Daches in zwei Blasen zerlegt wird, daß also hier mindestens zwei Segmente vorhanden sind. Das hintere Hirnsegment heißt von jetzt an Diencephalon, das vordere Telencephalon. Die Grenze beider ist, da der Ventrikel natürlich gemeinschaftlich bleibt, in die Linie zu legen, die auf Fig. 30 zwischen Velum dorsal und dem hinteren Rande des Chiasma ventral zu ziehen wäre. Daß diese Abteilung, welche von His und Kupffer stammt, wohl die richtige ist, hat neuerdings auf vergleichend anatomischem Wege auch Johnston nachgewiesen. Die meisten Lehrbücher lassen das Diencephalon von der

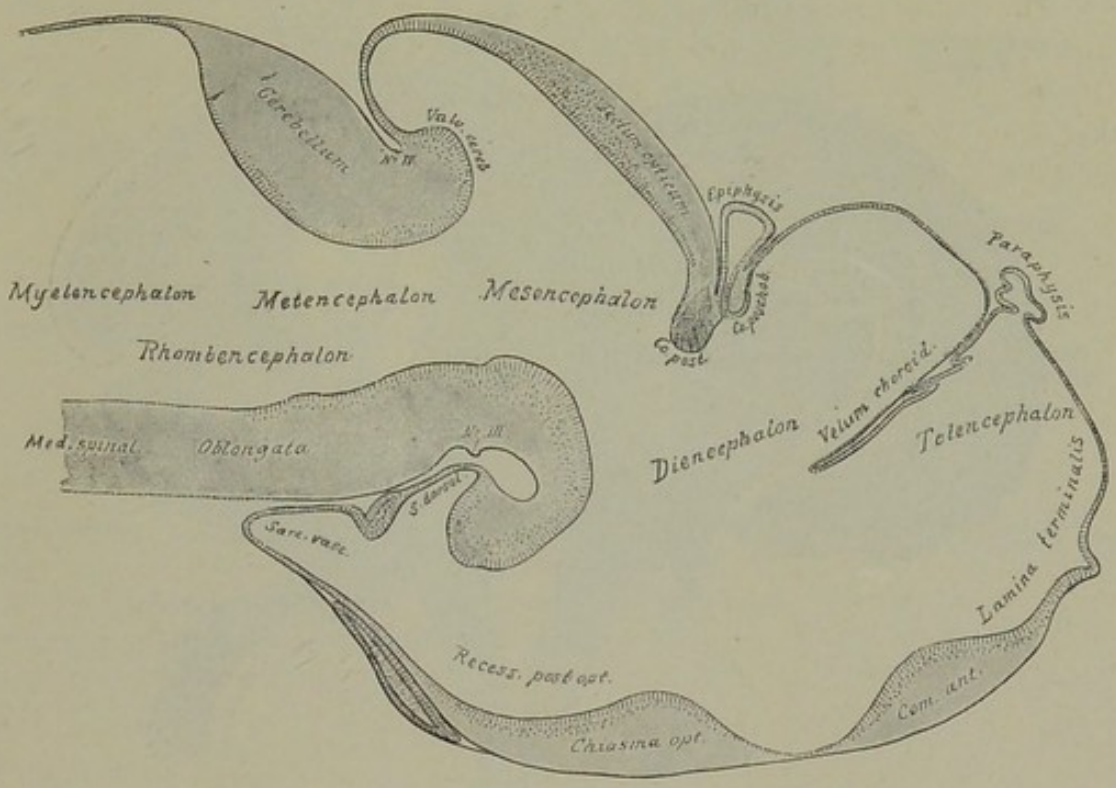


Fig. 30.

Medianschnitt durch den Kopf einer 4 Mon. alten Larve des Störs, Acipenser sturio, nach C. v. Kupffer.

Lamina terminalis frontal abgegrenzt werden. Diese wäre aber dem Telencephon zuzurechnen.

Die Lamina terminalis bleibt immer membranös, aber schon sehr frühe entwickelt sie jederseits aus ihrem dorsaleren Abschnitte eine sekundäre Blase, das Hemisphaerium. An Figur 31 ist dieses Ausstülpen sehr gut zu sehen.

Die Hemisphären, welche anfangs sehr unscheinbare kleine Gebilde sind, wachsen bei den Säugern als Großhirn bald enorm aus, krümmen sich nach rückwärts und überdecken so allmählich die meisten anderen Blasen. Sie sitzen schließlich einer Kappe gleich über dem Zwischenhirn (Thalamus), dem Mittelhirn (Corpora quadrigemina) und dem Hinterhirn (Cerebellum und Pons).

Auf Fig. 31 erkennen Sie ohne weiteres, wie durch das Rückwärtswachsen der Hemisphären deren Hohlraum lateral von dem Diencephalon zu liegen kommt. Von nun an zerfällt also der anfangs ganz ungeteilte nur mediane zentrale Hohlraum des Gehirns in einen Ventriculus medius und zwei Ventriculi laterales.

Wenn die beiden Hemisphären allmählich größer werden, kann man deutlich an ihrer Innenwand (s. Fig. 32) verschiedene Teile unterscheiden. Zunächst liegt ganz frontal die Auswölbung eines Lobus olfactorius und dicht hinter diesem eine als Lobus parolfactorius zu bezeichnende Wölbung (in der Fig. 31 von His als Lob. olf. post. bezeichnet). Dorsal von der letzteren bleibt die Gegend, die dicht vor

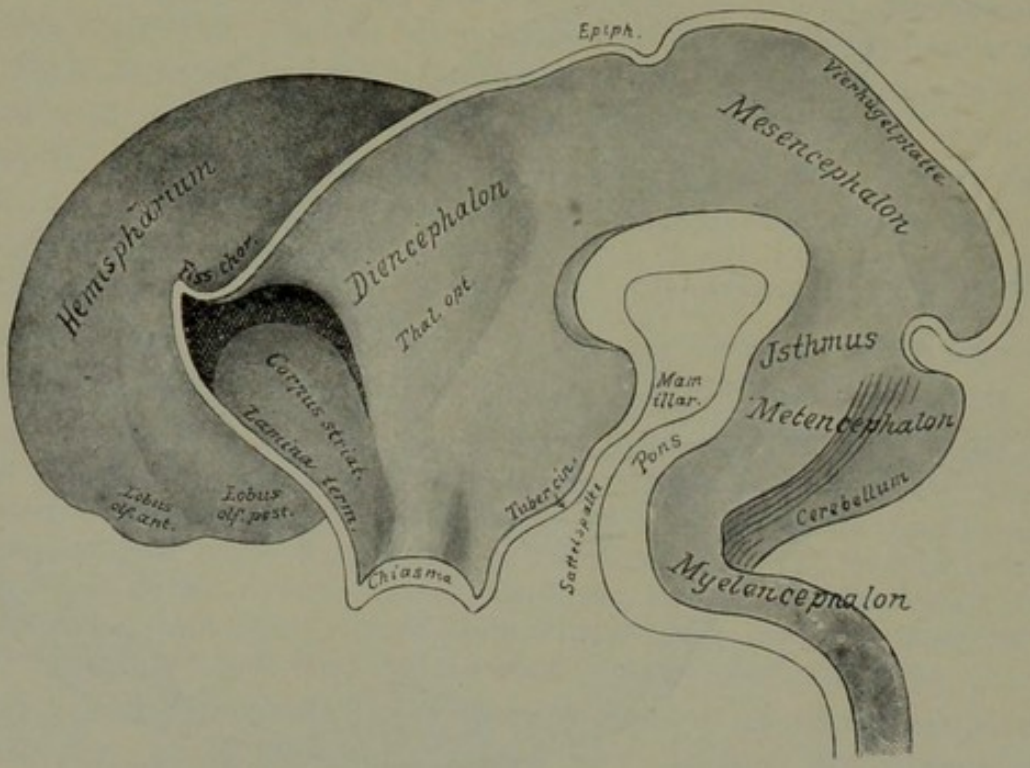


Fig. 31.

Medianschnitt durch das Gehirn eines menschlichen Embryo aus der 5. Woche, nach His.

der Schlußplatte liegt, immer rindenfrei, die Rinde beginnt erst dorsaler von ihr. Diese Gegend erscheint bei niederen Vertebraten als ein dickes graues Feld, das Corpus praeterminale heißt; beim Menschen und vielen anderen Säugern mit starker Hemisphärenentwickelung wird sie durch die sich gerade über ihr entwickelnde Querfaserung des Balkens abgeschlossen. Hier heißt sie Septum pellucidum und der zwischen beiden Septis freibleibende Teil des Hemisphärenspaltes, der vom Balken dorsal und etwas frontal abgeschlossen ist, heißt Ventriculus septi pellucidi.

Wie Fig. 31 zeigt, entwickelt sich aus dem Boden der Hemisphärenblase, also dicht über dem Lobus olfactorius und parolfactorius, das Corpus striatum. Seine Formation greift gewöhnlich, den Hemi-

sphärenboden medial umgreifend, in die Medialwand der Hemisphäre etwas über. Sie zerfällt schon früh durch aus der Hirnrinde zur Basis tretende Fasern in einen medialen Abschnitt, den Nuclus caudatus und einen lateralen, den Nucleus lentiformis.

Das Corpus striatum liegt der ganzen Länge des Hemisphärenbodens an. Hinten ist es jedoch sehr schmal, und es bleibt eigentlich nur der mediale Teil überall nachweisbar, der als Schwanz des Nucleus caudatus auf

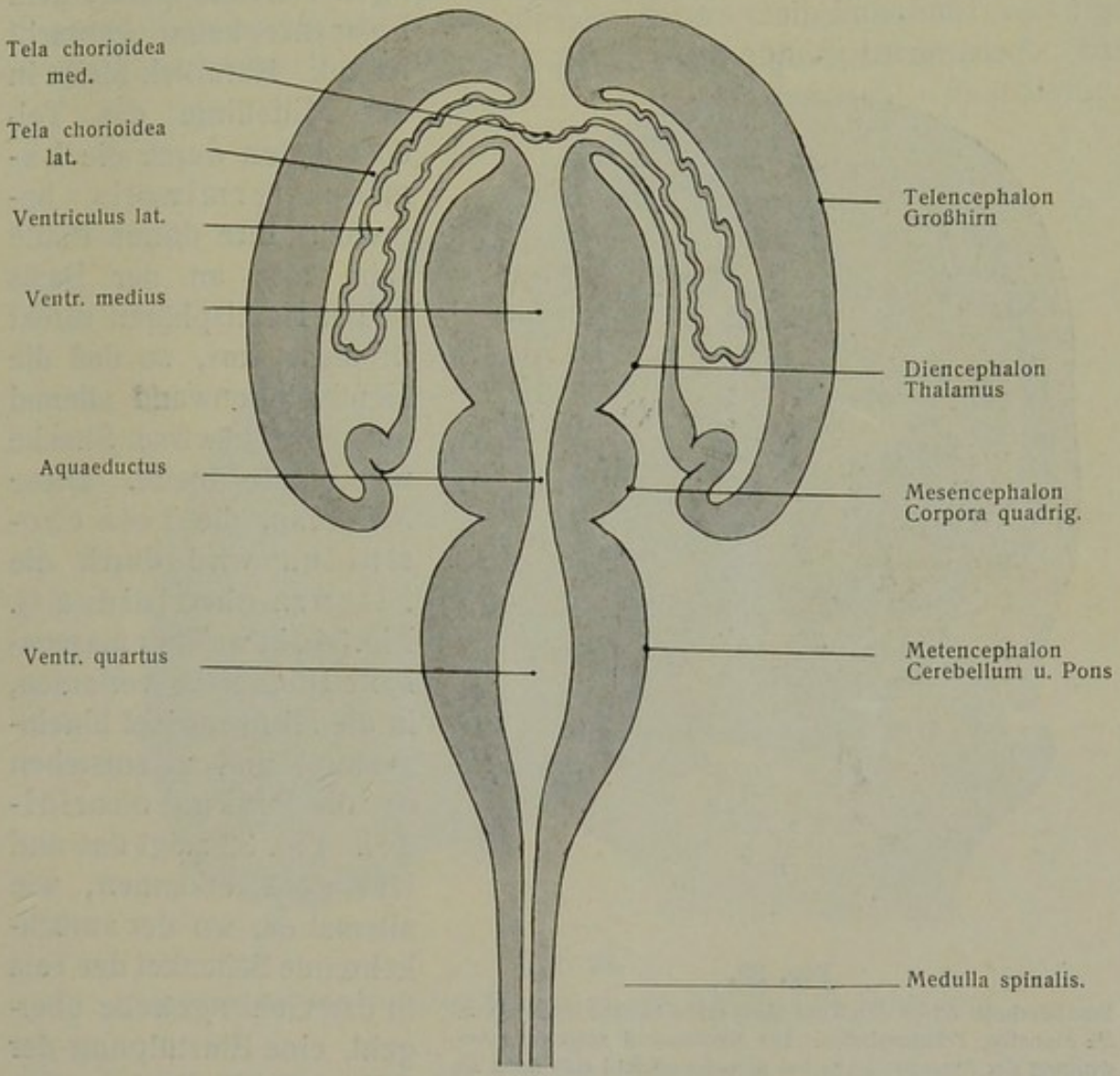


Fig. 32.

Die Hirnanlagen von oben her geöffnet, zur Demonstration der Ventrikelbildung.

allen Querschnitten durch das Großhirn getroffen wird. Der laterale Teil, der Nucleus lentiformis, ist bedeutend kürzer. Der Nucleus caudatus ragt frei in den Ventrikel hinein. Auch der Nucleus lentiformis tut es anfangs. Fig. 33. Im späteren Embryonalleben aber wird die schmale Spalte zwischen ihm und der Hemisphärenwand so eng, daß sie nicht mehr nachweisbar bleibt. Immer aber kann man die Hemisphärenwand, auch beim Erwachsenen noch, ohne Zerreißung von Fasern vom äußeren Rande des Nucleus lentiformis abziehen. Beim ausgewachsenen Gehirn kommt die Stelle des einstigen Spaltes sogar zuweilen zu wichtiger Geltung. Dort erfolgen nämlich ganz besonders leicht

die Hirnblutungen, und die austretende Blutmasse erfüllt, wenn sie noch nicht zu groß ist, den Raum zwischen Hemisphärenwand und Außenglied des Linsenkerns.

Die größten Umwandlungen gehen am Dache der Hemisphärenblasen vor sich. Dieses entwickelt in sich einen ungeheuren Rindenapparat, der mit seinen Ausläufern das ganze übrige Nervensystem mehr oder weniger durchdringt. Er ist es, den wir früher als Neencephalon im Gegensatz zu dem ganzen übrigen Nervenapparat, dem Palaeencephalon gebracht haben. Natürlich bleibt in der Mittellinie das Telencephalon durch die Lamina terminalis begrenzt. Ihre dünne Platte setzt sich an der Basis beider Hemisphären direkt in diese fort, so daß die Hemisphärenwand allemal auf eine gewisse Strecke membranös bleibt. Diese Membran, die Tela chorioidea wird durch die Fissura chorioidea (s. Fig. 34), in welcher massenhafte Blutgefäße verlaufen, in die Hirnventrikel hineingestülpt und so entstehen da die Plexus chorioidei. Fig. 33 zeigt das und läßt auch erkennen, wie allemal da, wo der zurückkehrende Schenkel der Tela in das Gehirngewebe übergeht, eine Einstülpung der Gehirnwand, die Ammonsformation liegt. Sie wird schon sehr früh durch die an der Innenfläche des Gehirnes entlangziehende Ammonsfurche erzeugt.

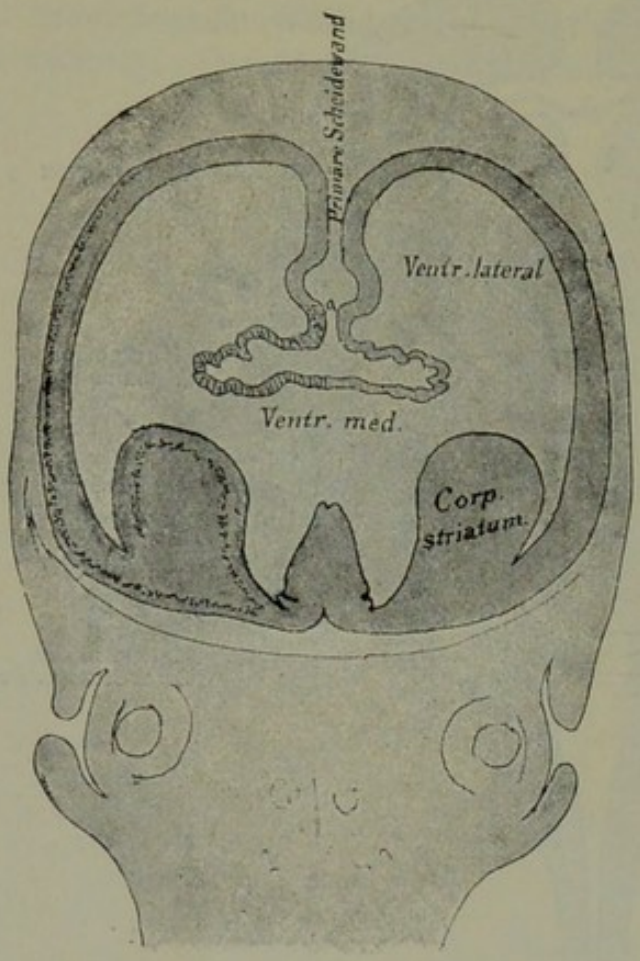


Fig. 33.

Frontalschnitt durch den Kopf eines menschlichen Embryo von 2½ Monaten, Telencephalon. Die Medialwand zeigt eine Andeutung der Ammonsfurche bei *a* und verdünnt sich dann zu dem Plexus chorioideus.

Wenn die wichtigsten Teile des menschlichen Vorderhirnes sich einmal gesondert haben, dann hat es die in Fig. 35 wiedergegebene Gestalt. Es ist nach hinten ausgewachsen und auch nach unten hat es sich gekrümmt. Da wo innen in den hohlen Raum der Hemisphären das Corpus striatum hineinragt, hat sich die Außenwand nicht so ausgedehnt, wie an den anderen Vorderhirnteilen. So ist im Verhältnis zur Umgebung dort eine Vertiefung zurückgeblieben, die Fossa Sylvii.

Leicht kann nun an den Hemisphären auch schon ein vorderer oder Frontallappen, ein hinterer oder Occipitallappen, zwischen beiden ein Parietallappen unterschieden werden. Der nach unten von der Fossa Sylvii liegende Teil der Hemisphärenwand heißt Temporallappen. Innen sind die Hemisphären hohl, und folgt die Ventrikelhöhle natürlich der allgemeinen Hirnform. Man hat den Ventrikelteil, welcher im Stirnlappen liegt, als Vorderhorn, den im Hinterhauptlappen als Hinterhorn und den im Schläfenlappen als Unterhorn bezeichnet. In diesem Entwicklungsstadium verlangt unser besonderes Interesse noch die mediale Hemisphärenwand. Auf

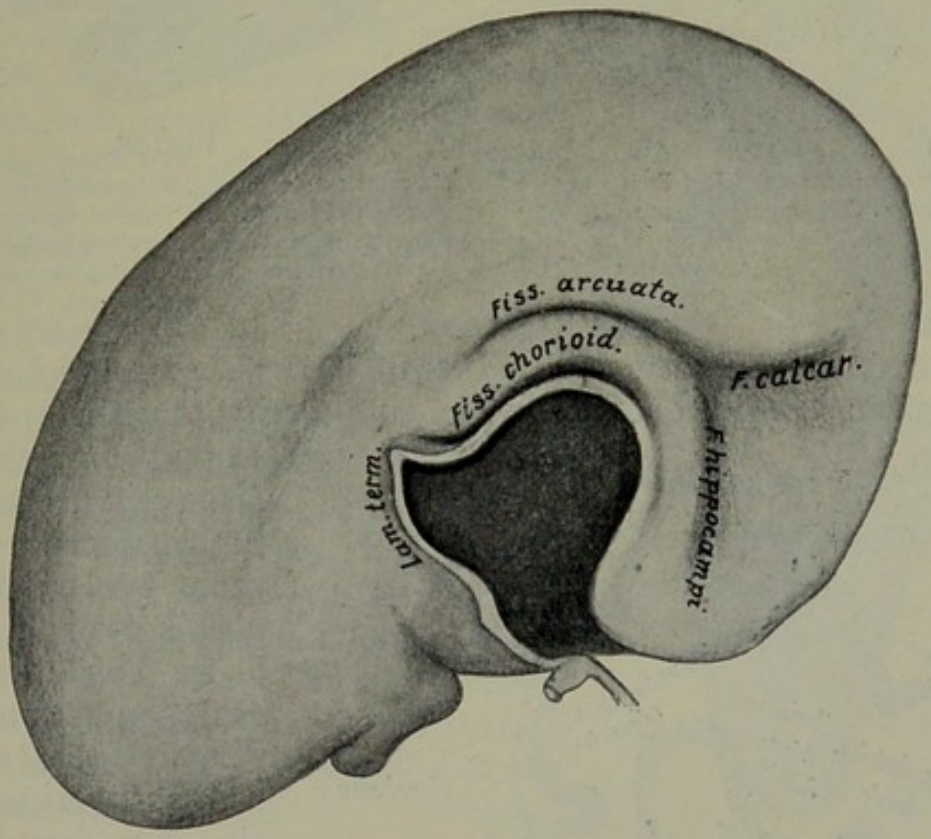


Fig. 34.

Medialseite eines menschlichen Gehirnes aus dem 2. Monate. Ca. 12 mal vergr.

Fig. 34 erkennt man wie die Lamina terminalis vorn, ein verdickter Randbogen dorsal und hinten die Hemisphäre umsäumen. Dorsal von diesem ietzteren verläuft die Fissura chorioidea und die über ihr liegende Medialwand wird vorn durch die Fissura arcuata, hinten durch die Fissura hippocampi ventrikelwärts gewölbt.

Am dorsalen Abschnitte der Lamina terminalis treten bei den höheren Säugern die Fasern des Balkens von einer Seite zur anderen. Sie entwickeln sich der Hemisphärenwand folgend in deren ganzer Länge, bleiben also durchaus nicht auf den Raum der Lamina terminalis beschränkt. Dadurch werden mehrere bei den balkenlosen aplacentalen Säugern klarliegende Verhältnisse (Elliott Smith) verwischt. Zunächst

wird die Einrollung der Rinde am Hemisphärenrande, eben das Ammonshorn, von den Balkenfasern kaudalwärts, beim Menschen bis in den Temporallappen geschoben, so daß nur eine dünne ihr entsprechende

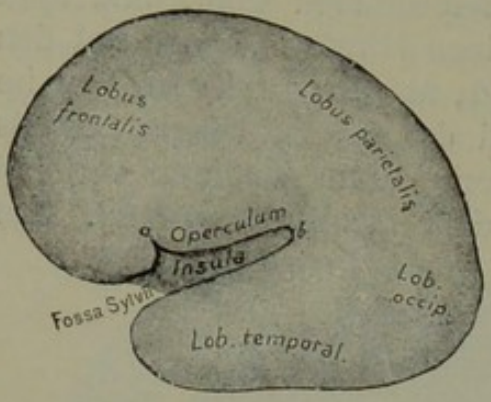


Fig. 35.

Das Gehirn einer menschlichen Frucht aus dem vierten Schwangerschaftsmonate.

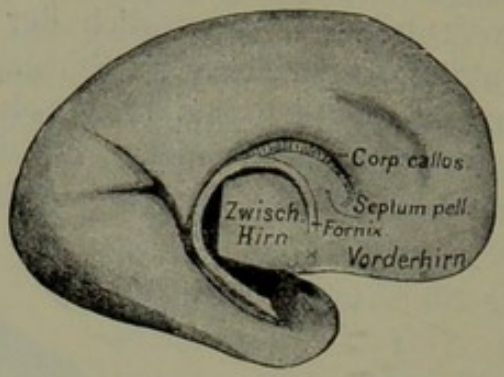


Fig. 36.

Innenansicht der auf Fig. 35 abgebildeten embryonalen Hemisphäre; zeigt den inneren unteren Rand der Hemisphäre, welcher zum weißen Markstreif des Fornix verdickt ist. Derselbe wird aber erst nach der Geburt markweiß.

Lamelle dorsal auf dem Balken liegen bleibt, die Striae Lancisii. Den Balken überziehend enden sie an dessen Frontalende dicht am Corpus praeterminale. Dann aber überwölbt der Frontalabschnitt des Balkens, der, welcher sich über und vor der Schlußplatte dahin erstreckt, das Corpus praeterminale. Er schließt es dorsal und auch etwas frontal ab. Aus dem bei niederen Säugern so mächtigen Hirnteile wird jederseits die dünne Platte des Septum pellucidum. S. Fig. 36.

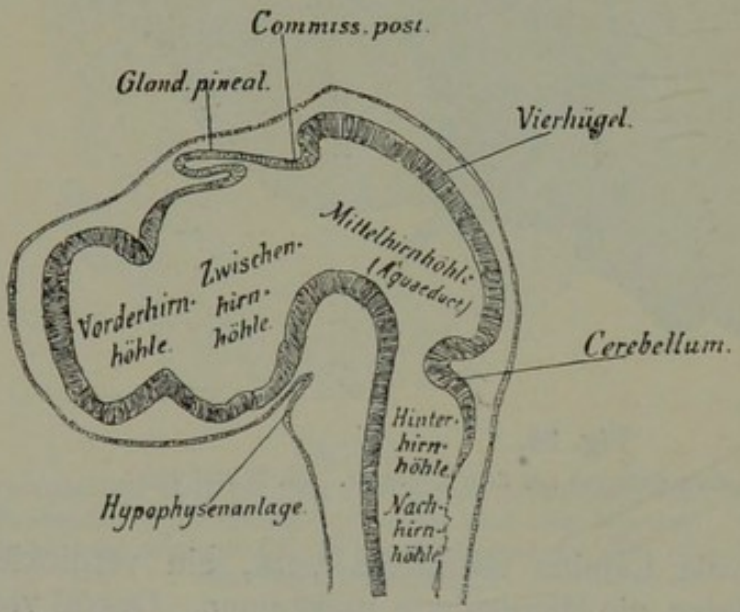


Fig. 37.

Längsschnitt durch den Kopf eines Hühnerembryos von 4½ Tagen. Die 5 Hirnblasen meist deutlich voneinander abgegrenzt. Am Dache des Zwischenhirns eine Ausspülung, welche später zur Glandula pinealis wird. Das Epithel des Gaumens stülpt sich nach der Hirnbasis zu ein und bildet so die erste Anlage eines Teiles der Hypophysis. Nach v. Mihalkovics.

Aus dem Dache des Zwischenhirnes gehen bei allen niederen Vertebraten sehr gut charakterisierte Gebilde hervor, bei den Säugern aber haben derartige Rückbildungen stattgefunden, daß von diesen, welche Sie im vergleichend anatomischen Abschnitte der Vorlesungen kennen lernen werden, nur frontal der Plexus chorioideus medius und

kaudaler die schädelwärts gerichtete Ausstülpung der Epiphyse Glandula pinealis nachweisbar bleiben. Eine bei den Reptilien sehr deutliche, frontal von der Epiphyse liegende Ausstülpung, die einem Optikus mit unpaarem Auge dient, ist bei den Säugern ganz verschwunden.

Kaudal von der Epiphyse treten zahlreiche Kommissuren aus einer Mittelhirnhälfte in die andere. Das Dach heißt hier Kommissurenplatte und enthält u. a. die Commissura posterior. Das nun folgende Mittelhirndach aber verdickt sich wieder zu einer besonders bei den Embryonen mächtigen Masse, der Vierhügelplatte. Auch hier liegt eine Erinnerung an alte Stammverhältnisse vor. Bei den niederen Vertebraten stammt nämlich fast der ganze Sehnerv aus dieser oft ungeheuren Platte — vgl. Fig. 28 vom Schellfische — bei den Säugern enden die meisten Sehnerven seitlich am Thalamus. Die große Masse, welche in dem Igelgehirn Fig. 38 hinter den Hemisphären liegt, ist die Vierhügelplatte. In ihr entstehen später die Vierhügelganglien.

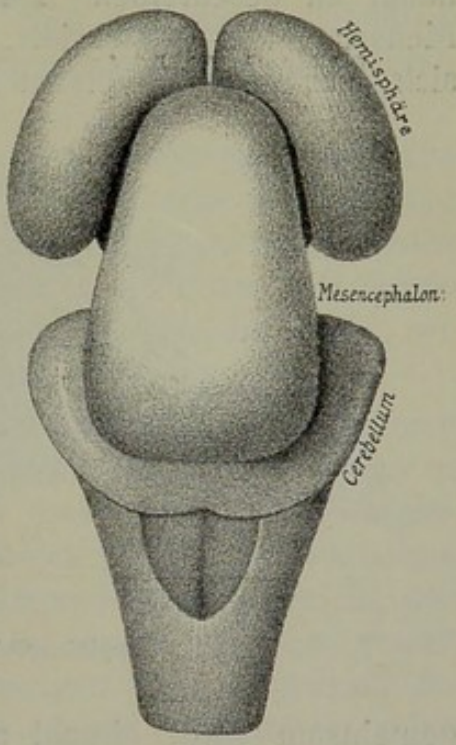


Fig. 38.
Blick von oben auf ein embryonales Igelgehirn nach Gösta Grönberg.

Das Dach setzt sich dann kaudalwärts als Velum medullare anticum direkt in eine weitere Verdickung fort, in das Cerebellum. Das Kleinhirn ist eigentlich ein paarig angelegter Hirnteil, die Verdickung der dorsalen Wand, welche seine Anlage bildet, ist medial am kleinsten.

Schließlich geht die Dachplatte hinter dem Kleinhirn wieder zu einer feinen Membran verdünnt, Velum medullare posticum, in den Dorsalabschnitt des Rückenmarksgraues über.

Die basalen und lateralen Abschnitte des Nervenrohres lassen natürlich auch massive Gebilde aus sich hervorgehen. Beiderseits in der Zwischenhirnwand entwickeln sich die Thalami optici, in der Mittelhirnwand und Basis treten verschiedene Ganglien auf und zahlreiche Fasermassen aus den Hemisphären zum Zwischenhirn, aus diesem weiter kaudal, Bahnen zum Rückenmarke usw. lagern sich an die Mittelhirnbasis. Dadurch entsteht hier eine mächtige Verdickung, die Hirnschenkelhaube und der Hirnschenkelfuß. Aus dem basalen Abschnitte des Hinter- und des Nachhirnes entwickeln sich die Kopfnerven, ebenda treten solche Nerven aus Kopfganglien kommend ein, und mächtige Bahnen zu allen Hirnteilen, Assoziationszüge, zwischen Hirnnervenenden und Mittelhirn, Züge zum Kleinhirn, Eigenkerne, wie die großen Oliven usw. führen auch in der Hinter- und Nachhirnbasis zu Gewebsansammlungen, der Brücke und der Oblongata.

Der Boden des Zwischenhirnes bietet noch ein besonderes Interesse. Da, wo er dicht hinter dem Chiasmawulst beginnt, liegt er in sehr früh embryonaler Zeit dem Epithel der Mundbucht an und aus diesem stülpt sich, wie Fig. 37 zeigt, ihm eine Aussackung später entgegen. Diese Aussackung wird, indem sie drüsig auswächst, zum Vorderlappen der Hypophyse. Ihr wölbt sich aber eine cerebrale Aussackung das Tuber cinereum entgegen, dessen spitz werdender Blindsack fest mit der Hypophyse aus dem Mundepithel verwächst. Eine weitere Ausbuchtung des Zwischenhirnbodens hinter dem Tuber heißt Recessus mammillaris.

Das Gehirn des Menschen und seine Kenntnis liegt Ihren bisherigen Studien so nahe, daß es sich schon verlohnte, seine Entwicklung etwas näher zu beschreiben. Da uns in diesen Vorlesungen aber nicht der Mensch allein interessiert, so lassen Sie uns nun untersuchen, wie sich, nachdem die ersten Entwicklungsvorgänge, welche allen Tieren

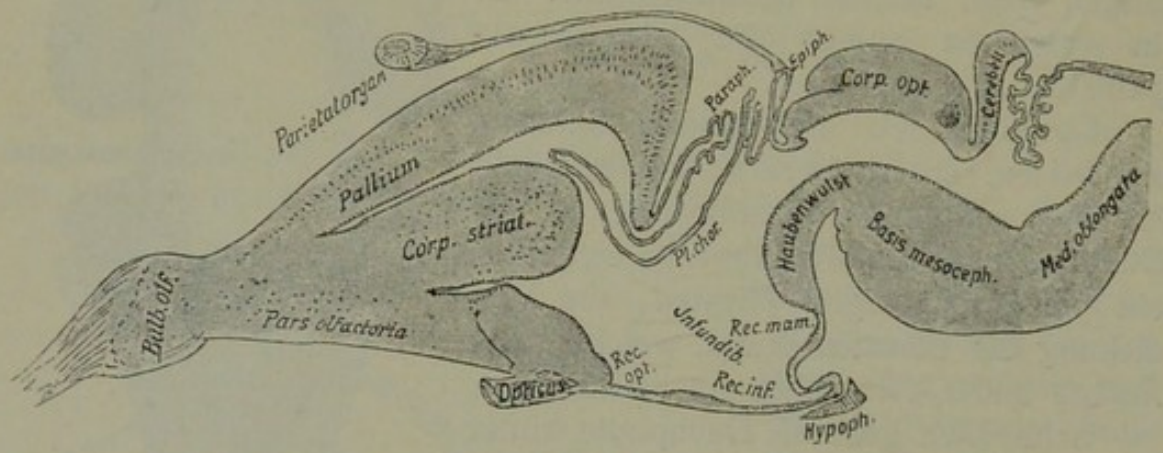


Fig. 39.

Reptiliengehirn. Schema eines Sagittalschnittes.

gemeinsam sind, einmal abgelaufen sind, das Gehirn eines anderen Wirbeltieres gestaltet. Ich demonstriere deshalb das Gehirn eines Reptiles, unserer Eidechse, das wenig seitlich von seiner Mittellinie durchschnitten ist. Man kann an ihm sehr gut die einzelnen Teile eines Wirbeltiergehirnes erkennen, weil auch bei den ausgewachsenen Reptilien die Verhältnisse sehr viel einfacher liegen als bei den Säugern.

Die Mitte der Abbildung nimmt den Hohlraum des Zwischenhirnes ein. Seine Abgrenzung dorsal ist fast ausschließlich aus Epithelplatten gebildet, die in mannigfachen Ausbuchtungen verlaufend, uns später näher beschäftigen werden. Auch ventral ist die nach hinten zu einem Sacke, dem Recessus infundibularis, ausgestülpte Wand nur dünn. Die Hypophsysis liegt ihr dicht an. Die Seitenwände sind nicht abgebildet, sie enthalten die Thalamusganglien. Die dorsale Zwischenhirnwand setzt sich direkt in das Dach des Telencephalon fort, das in dieser älteren Abbildung mit dem Namen Pallium bezeichnet ist. Die

Basis dieses schon bei den Eidechsen mächtigen Hirnteiles wird vom Stammganglion und vom Riechapparate eingenommen. Kaudal schließt sich dem Zwischenhirn das Mittelhirn an, dessen dorsaler Abschnitt als Corpus opticum bezeichnet ist, weil hier die erste Endstätte des Sehnerven liegt, während der ventrale als Haubenwulst und als Basis mesencephali bezeichnete Abschnitt fast ausschließlich Faserzüge und nur wenige kleine Kerne enthält. Mit einer starken Einknickung geht das Corpus opticum in das Cerebellum über. In diesem Winkel liegen bei allen Wirbeltieren zwei mächtige Faserkreuzungen, von denen die vordere dem Nervus trochlearis angehört. Das Kleinhirn bedeckt schon einen Teil der Oblongata. Der größere aber liegt, bei den Eidechsen wenigstens, frei und nur von einem dünnen Plexus chorioideus, dem Plexus ventriculi quarti bedeckt. Dann verengert sich der Hohlraum des Zentralorganes mehr und mehr und durchzieht schließlich als ein feiner Kanal die ganze Länge des letzten Abschnittes des Zentralnervensystemes, des Rückenmarkes.

Der Anblick der kleinen Gehirne, die ich Ihnen heute vorgelegt habe hat vielleicht schon die Frage bei Ihnen erweckt, wie wächst das Gehirn? Und der Vergleich mit dem reich gefurchten erwachsenen Organ, die nächste, wann etwa hat das Gehirn die Form und Größe errreicht, die es für die größere Zeit des Lebens, also bis dahin, wo das Alter Schwundprozesse hervorruft, behält?

Wenn das Gehirn das Organ ist, an dessen fehlerloses Funktionieren der normale Ablauf der seelischen Prozesse geknüpft ist, dann lohnt es sich sehr wohl, zu wissen, wie lange sich noch etwa neue Gewebselemente bilden können und auf Zunahme welcher Teile das Wachstum des Ganzen beruht. Nun sind leider die Untersuchungen, welche uns diese wichtigen Dinge beantworten könnten, noch sehr wenig weit gediehen. Es fehlen noch völlig Untersuchungen über die Anzahl der Teilungsvorgänge an Ganglienzellen verschiedener Hirnteile in postembryonaler Zeit. Bis jetzt hat man solche Teilungsvorgänge an den Kernen der zentralen Zellen nur sehr selten gefunden, so daß es scheinen möchte, als habe das Gehirn, das etwa im 7. Lebensjahre annähernd Form und Gewicht des erwachsenen Organes erlangt hat, bis dahin seine Ganglienzellen alle angelegt.

Auch der von Schiller gebrachte Nachweis, daß der dünne Okulomotorius neugeborener Katzen kaum weniger Fasern enthält, als der starke Nerv erwachsener Tiere, spricht für die Annahme eines frühen Beendens der Zellbildung. Doch gibt es auch entgegenstehende Angaben. So fand Kayser in der Halsanschwellung des Rückenmarkes Neugeborener nur etwa halb so viele Ganglienzellen als am gleichen Platze bei einem 15jährigen Knaben. Der bei dem letzteren erhobene Befund unterschied sich allerdings dann kaum noch von demjenigen, welchen eine Zählung am Halsmarke eines reifen Mannes ergeben hatte. Auch Zählungen, die Birge u. a. am Froschrückenmarke vorgenommen haben, sprechen durchaus dafür, daß bei diesem Tiere noch lange im reifen Leben die Ganglienzellen sich vermehren.

Wahrscheinlich kommt das allermeiste, was postembryonal beim Menschen Hirnvergrößerung erzeugt, auf Auswachsen von Fibrillen aus vorhandenen Ganglienzellen und auf die wohl während des ganzen Lebens weitergehende Markscheidenbildung. Auch Donaldson, dem wir ein vortreffliches Buch über das Wachstum des Gehirnes verdanken, kommt zu ähnlichem Schlusse.

Sechste Vorlesung.

Die Formverhältnisse des Gehirns beim Menschen.

Die alten Ärzte haben ganz vorwiegend das menschliche Gehirn studiert und beschrieben. So haben wir von dessen Formverhältnissen die beste Kenntnis, und die zahlreichen Untersuchungen an Gehirnen, deren Träger intra vitam an nervösen Störungen gelitten hatten, Untersuchungen, die wir wieder fast ausschließlich den Ärzten verdanken, haben unsere Kenntnisse soweit vertieft, daß es heute möglich ist, das Zentralnervensystem des Menschen wenigstens in seinen wichtigsten Anordnungen einigermaßen zu übersehen und genauer zu beschreiben.

Wenn sich nun auch diese Vorlesungen nicht an den Anfänger sondern an Hörer richten, welche bereits im allgemeinen mit den gröberen Formverhältnissen des menschlichen Gehirnes bekannt sind, so wird es doch nicht ganz überflüssig sein, wenn Sie sich heute wieder einmal diese Verhältnisse als klares Bild vor Ihrem geistigen Auge erstehen lassen. Die Umrisse der Karte, in die wir später alle die Punkte und Straßen, welche von Wichtigkeit sind, einzeichnen wollen, werden durch eine kurze Wiederbelebung des früher Erlernten nochmals zweckmäßig fixiert. Orientiert durch die Entwicklungsgeschichte werden Sie sicher leicht die morphologischen Verhältnisse verstehen, welche das Organ des erwachsenen Menschen bietet.

Ein frisches Gehirn wird auf seine Basis gelegt. Den großen Hirnspalt, welcher die Hemisphären trennt, und die Fossa Sylvii, welche mit der Ausbildung des Schläfenlappens entstand, werden Sie leicht auffinden. Wir sehen, daß die Oberfläche überall tief eingefurcht ist. Man kennt die allgemeinen Regeln dieser Furchung, aber heute wollen wir uns noch nicht mit ihnen beschäftigen. Wir wollen zunächst nur die Gefäße aus der Sylvischen Grube sorgsam herauspräparieren, so daß diese leicht auseinander zu ziehen ist. Dann erscheint in ihrer Tiefe die Insula Reilii, und wir überblicken auf einmal die ganze Ausdehnung der Hemisphärenblase, ihr Auswachsen frontal- und kaudalwärts zu dem Stirn- und Hinterhautlappen und ihre Krümmung um eine in der Insel gelegene feste Stelle, wodurch es zum Schläfenlappen kommt.

Da das Vorderhirn die meisten anderen Hirnteile überwachsen hat (s. Fig. 36), so könnte man sich diese letzteren von hinten her an-

sichtig machen, wenn man die Hemisphären aufhöbe, von ihnen abdeckte; auch dadurch könnte es geschehen, daß man die letzteren abtrüge, zum Teil entfernte. Dieser letztere Modus bietet den Vorteil, daß wir auch die Seitenventrikel und das Corpus striatum besser zu Gesicht bekommen. — Gehen wir deshalb ihm folgend vor!

Das horizontal gelegte Messer durchzieht immer beide Hemisphären gleichzeitig und trägt von ihnen 2—3 mm dicke Platten ab. Die erste und die zweite dieser Platten enthalten sehr viel graue Rinde und relativ wenig von ihr umschlossene weiße Substanz, aber schon in der dritten Platte hat man beiderseits ein großes, weißes Markfeld mitten in der Hemisphäre bloßgelegt, das Centrum semiovale. In ihm

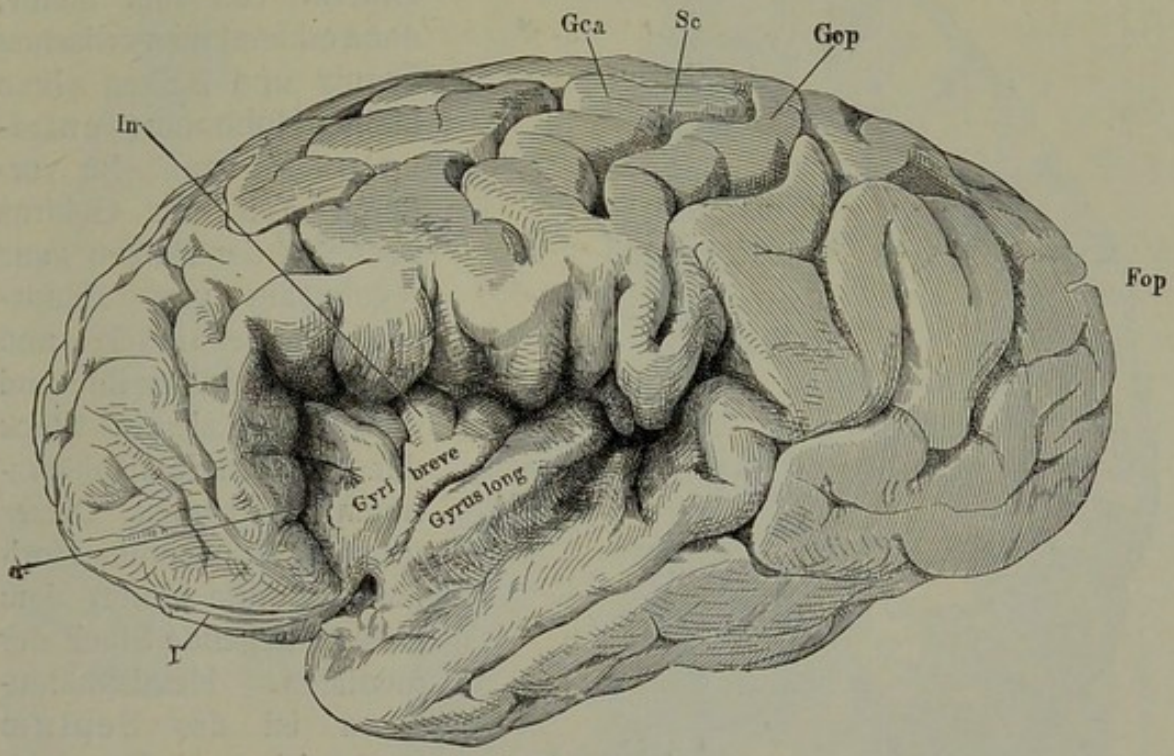


Fig. 40.

Eine Hemisphäre von der Seite gesehen. Die Sylvische Grube breit auseinandergezogen. In ihrer Tiefe die Gyri der Insel.

verlaufen alle Faserzüge, welche von der Rinde nach abwärts ziehen, und ein Teil der Fasern, welche verschiedene Rindengebiete untereinander verbinden. Schon erblickt man jetzt in der Tiefe des großen Hirnspaltes die mächtigen, rechte und linke Hemisphäre verbindenden Fasern des Balkens (Corpus callosum). Der Balken wird nun durchtrennt und, nachdem auch in beiden Seitenhälften, was noch von weißer Substanz über den Ventrikeln stehen geblieben ist, entfernt wurde, vorn und hinten durchgeschnitten. Dabei zeigt sich, daß er mit seiner Unterfläche an dünnen weißen Faserzügen festklebt, welche, die Ventrikelhöhle überspannend, vorn und hinten in die Tiefe der Ventrikel hinabziehen. Sie gehören dem Fornix an, und zwischen beiden Fornixschenkeln liegt, wie Sie es nach dem bereits Mitgeteilten erwarten durften, der Plexus chorioideus.

Die Fornixschenkel entwickeln sich als Crura fornicis beiderseits aus dem medialen Rande des Unterhorns (Fig. 42 hinten), treten dann konvergierend über den hinteren Teil des Thalamus und vereinigen sich über dem Ventrikel zu einem breiten Zuge (Corpus fornicis). In dem Winkel, wo sie zusammenstoßen, ziehen eine Anzahl Querfasern dahin, diesen zu einem Dreiecke ausfüllend. Das Dreieck gleicht einer Lyra und heißt Psalterium, dem König David zu Ehren! Es liegt unter dem kaudalen Balkenende und ist mit diesem meist verklebt. Gelegentlich kommt es vor, daß der Balken doch etwas entfernt von ihm bleibt; dann erkennt man zwischen Fornix und Balken einen kleinen Hohlraum (Ventriculus Verga). Im vorderen Teil des Gehirns aber tritt der Balken ganz regelmäßig vom Hemisphärenrande zurück, und es bleibt zwischen ihm und dem Ventrikel ein Stück der sagittalen Hemisphäreninnenwand zurück. Dieses unter (auf unserem Horizontalschnitte hinter) dem Balken liegende Stück der medialen Hemisphärenwand ist das Septum pellucidum. Der zwischen dem rechten und linken Septum bleibende Teil des Hemisphärenspaltes wird Ventriculus septi pellucidi genannt.

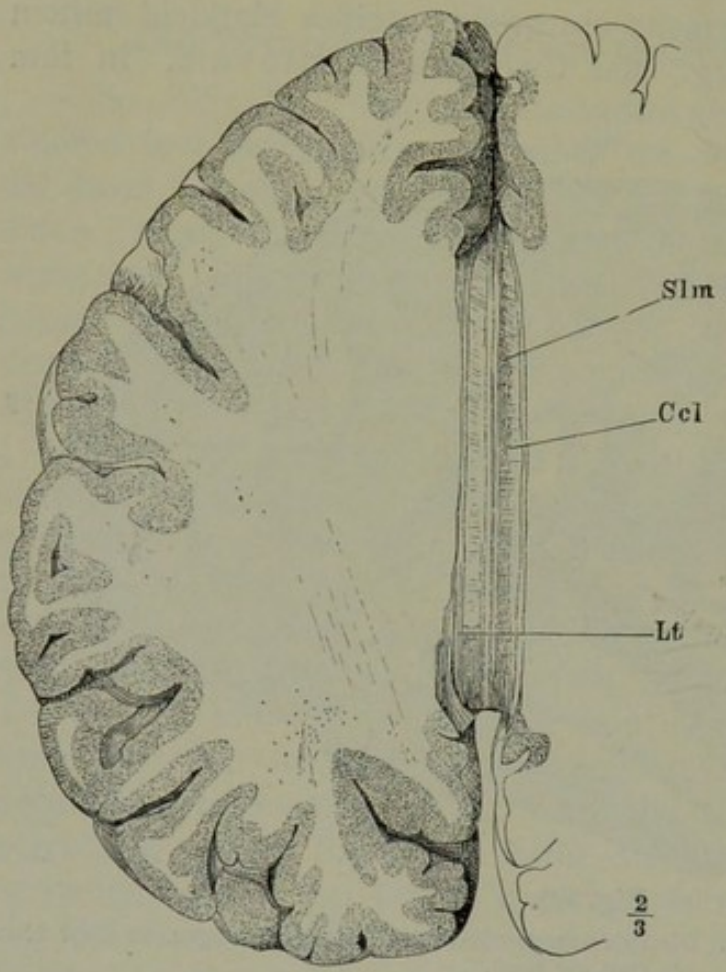


Fig. 41.

Vorderhirn von oben. Die Hemisphären auf das Niveau des Balkens (*C c l* Corpus callosum = Balken) abgetragen. Der weiße Raum zwischen *C c l* und Rinde ist das Centrum semiovale. *S l m* Striae longitudinales mediales. *L t* Striae laterales = Striae longit. Lancisi. Nach Henle.

Der Fornix spaltet sich am vorderen Ende des Corpus wieder in zwei Züge, Columnae fornicis, die als kaudale Verdickung jedes Blattes des Septum pellucidum vor dem Thalamus in die Tiefe ziehen und in dem Grau des Zwischenhirnes an der Hirnbasis ein vorläufiges Ende erreichen. In Fig. 42 ist das Corpus fornicis mit dem Balken weggenommen und nur der frontale und kaudale Abschnitt des Gewölbes sichtbar geblieben.

Wenn Sie die Punkte *F'* und *F''* der Figur durch einen sanft über dem Thalamus wegziehenden Bogen verbinden, so haben Sie den

Verlauf des Fornix wiederhergestellt. An dem medianen Längsschnitte durch ein embryonales Gehirn der Figur 36 haben Sie sich leicht den Verlauf des Fornix klar machen können. Sie erkennen da, daß er,

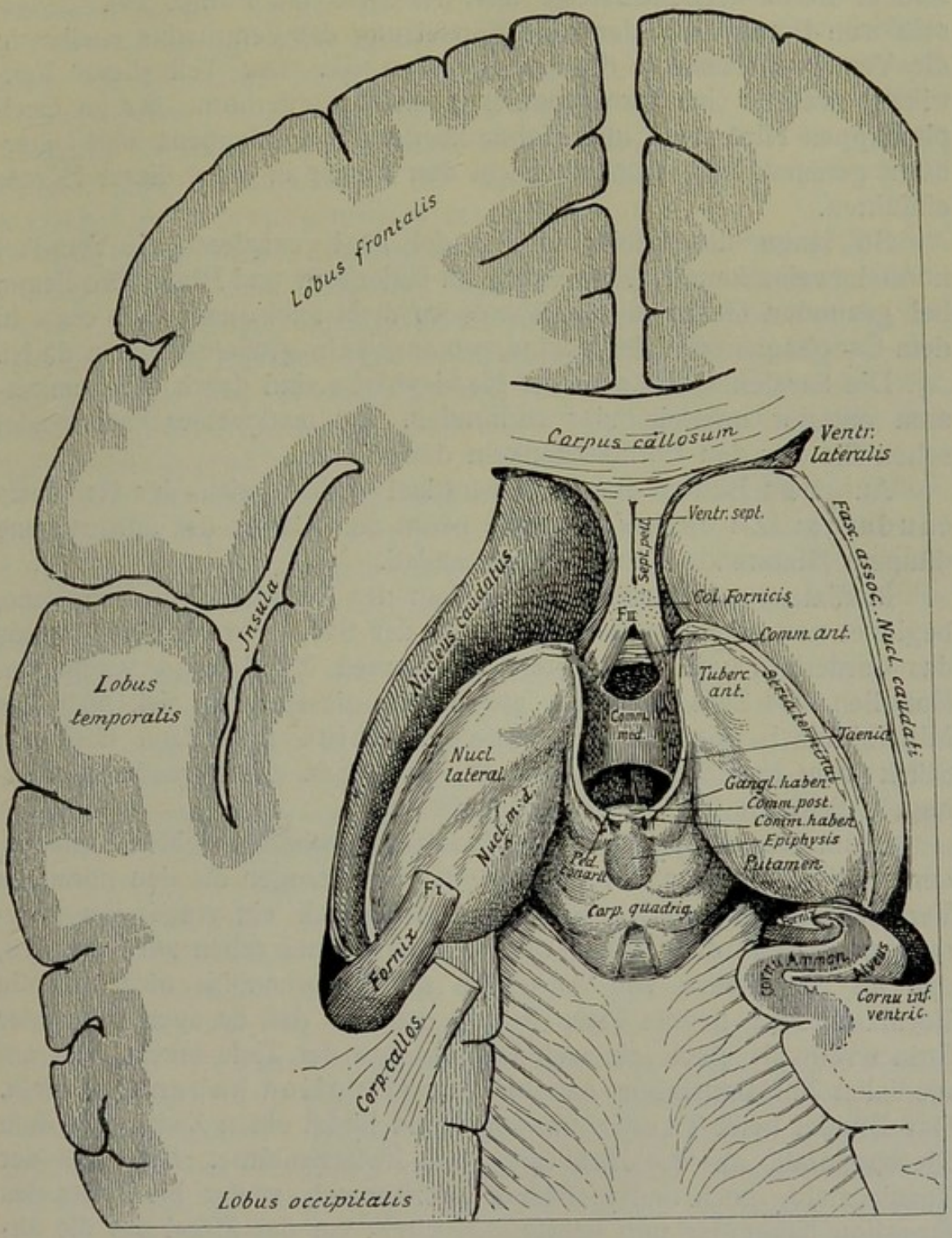


Fig. 42.

Das Gehirn von oben her durch einen Horizontalschnitt geöffnet. Die beiden Hemisphären etwas durch Zug voneinander entfernt.

aus der Spitze des Schläfenlappens entspringend, im Bogen das Zwischenhirn überspannt und sich vor diesem zur Zwischenhirnbasis herabsenkt.

Nachdem der Fornix und der an ihm hängende Plexus chori-

oideus durchtrennt und abgeschnitten sind, blickt man in die geöffneten Ventrikel. Der medialst liegende, unpaare ist der Hohlraum des primären Vorderhirns, Ventriculus medius, auch tertius genannt. An seinem frontalen Ende steigt aus der Tiefe der Fornix auf. Jederseits von Fornix liegt dann die Fortsetzung des Ventriculus medius in die Ventriculi laterales (Foramen Monroi). Der Teil dieses Ventrikels, welcher im Stirnlappen lieg, heißt Vorderhorn, der im Occipitallappen Hinterhorn, der Hohlraum des Schläfenlappens wird Unterhorn genannt. Sie können leicht den Finger in jedes dieser Hörner einführen.

So lange das Gehirn im Schädel liegt, existieren die Ventrikel normalerweise kaum. Namentlich im Unterhorn und Hinterhorn liegen bei gesunden Gehirnen die Wände so dicht aneinander wie etwa in dem Ösophagus oder der Vagina, wo auch kein größeres Lumen da ist.

Die basalen Gebiete beider Hemisphären sind durch die Commissura anterior untereinander verbunden. Ihr markweißes Faserbündel sehen Sie vor den Fornixschenkeln dahinziehen.

Aus dem Boden des Seitenventrikels erhebt sich der Nucleus caudatus: Das dicke Vorderende nennt man Caput, das ausgezogene dünnere Hinterende Cauda nuclei caudati.

Medial vom Nucleus caudatus liegt das Zwischenhirn. Eine Vene, begleitet von einem weißen Faserzug, der Stria terminalis, grenzt das Vorderhirn von den unter dem Namen Thalamus vereinigten Ganglien des Zwischenhirnes ab. Hinter diesen zeigt sich noch das Mittelhirndach, die Corpora quadrigemina und dann noch ein Stück vom Nachhirndache, das Cerebellum. Den vorderen Vierhügeln liegt die Zirbel, Epiphysis auf.

In unserem Präparate ist der Hohlraum zwischen beiden Thalamis, der mittlere Ventrikel, weiter auseinander gezogen als den normalen Verhältnissen entspricht. Sie erblicken dadurch ein graues ihn überquerendes Blatt, die Commissura media, und sehen auch deutlich, daß an der Grenze von Vorderhirn und Zwischenhirn nicht nur die Fornixschenkel in die Tiefe treten, sondern daß da auch neben der Stria terminalis noch ein weißes Band aus der Tiefe taucht, das am medialen Thalamusrande entlang zum Ganglion habenulae zieht. Das Bündel heißt Taenia thalami und bildet einen Zuzug aus dem Riechapparate an der Hirnbasis zum Zwischenhirne. Ein Teil der Taenia zieht, noch andere Fasern aufnehmend, weiter bis hinter das Ganglion habenulae und begibt sich direkt vor der Zirbel auf die andere Seite. Dies Stück von dem Ganglion bis zur Zirbel heißt Pedunculus conarii, weil an ihm die Zirbel aufzusitzen scheint. Die direkt vor der Epiphyse liegende Kreuzung der Bündel wird als Commissura habenularum bezeichnet. Diese Kreuzung liegt direkt dorsal und frontal von der Commissura posterior, von der sie meist gar nicht getrennt wurde.

An der Oberfläche des Thalamus kann man bald mehr, bald weniger deutlich einzelne Einbuchtungen erkennen, welche Höcker der Oberfläche von einander scheiden. Diese Höcker entsprechen den Thalamuskernen. Immer nachweisbar ist vorn das Tuberculum anterius, die gewölbte Oberfläche des Nucleus anterior thalami. Auch die Scheidung zwischen einem medialen und einem lateralen Thalamuskerne ist zuweilen ausgesprochen. Medial ist der ganze Thalamus bedeckt vom zentralen Höhlengrau, das auf eine kurze Strecke sich mit dem Grau der anderen Seite zur Massa intermedia, Commissura mollis vereint.

Die graue Masse des Thalamus ist von weißen Fasern (Stratum zonale), welche zum Teile aus dem Nervus opticus stammen, überzogen. Einen Hauptendigungspunkt dieses Nerven bildet eine Anschwellung am hinteren Teile des Thalamus, das Pulvinar. In diesem Ganglion und in einem Höcker, der auf seiner Unterseite liegt, dem Corpus geniculatum laterale, verschwindet der größte Teil des Nervus opticus.

Hinter der Zirbel beginnt das Mittelhirndach, als dessen vordersten Teil wir die Commissura posterior ansehen, deren Schenkel durch das Mittelhirn kaudalwärts ziehen. Die hinter dieser Kommissur sichtbar werdenden Vierhügel werden wir später noch genauer kennen lernen.

Das Mittelhirndach mit seinen vier Höckern und die Seitenteile des Mittelhirnes werden wie manches andere klarer, wenn wir zwei weitere Verstümmelungen unseres Präparates vornehmen.

Da, wo hinten in Fig. 42, „Fornix“ steht, schneiden wir mit einem kühnen Schnitte jederseits den Occipitallappen weg; das Kleinhirn, Cerebellum, das schon vorher zwischen den Hemisphären sichtbar war, liegt nun ganz frei.

Ein vorläufiges Umdrehen des Präparates belehrt Sie, daß ventral von dem Cerebellum aus dem Großhirne die mächtigen Hirnschenkel herauskommen, daß sie von dicken Fasermassen, der Brücke, Pons Varoli, überquert werden und daß kaudal von dieser Brücke von der ganzen Faserung nur noch ein mäßig dicker Konus, das verlängerte Mark, übrig ist. Er geht allmählich in das Rückenmark über. Wollen wir uns die dorsale Ansicht der Brückengegend und der Oblongata zu Gesicht bringen, so müssen wir das Kleinhirn von ihr abtrennen. Zunächst werden die beiden Schenkel des in Fig. 42 hinter den Corpora quadrigemina sichtbaren Dreiecks durchtrennt. Es erweist sich, daß sie rückwärts in das Kleinhirn eintreten, dessen „vordere Arme“ sie darstellen. Diese vorderen Arme des Kleinhirns heißen gewöhnlich die Bindearme. Dann gilt es, dicht hinter der Bindearmtrennung jederseits die dicken Faserungen aus der Brücke, die Brückenschenkel oder mittleren Kleinhirnarme, zu durchtrennen. Das Cerebellum kann nun etwas gelüftet werden,

aber noch hängt es fest zusammen mit einer Fasermasse, die ihm beiderseits aus dem Rückenmarke und der Oblongata zufließt, mit den hinteren Armen, dem Corpus restiforme. Sind auch diese abgetrennt, dann ist der zentrale Hohlraum des Gehirnes, welcher uns unter der Epiphyse in Fig. 42 dadurch unsichtbar geworden war, daß die Vierhügel ihn von oben her abschlossen, wieder eröffnet. Er ist an der frontalen Abtrennungsstelle unter den Bindearmen noch enge, aber er erweitert sich schnell zu einer rautenartigen Grube, der Fovea rhomboidalis oder dem Ventriculus quartus. Der Boden dieser

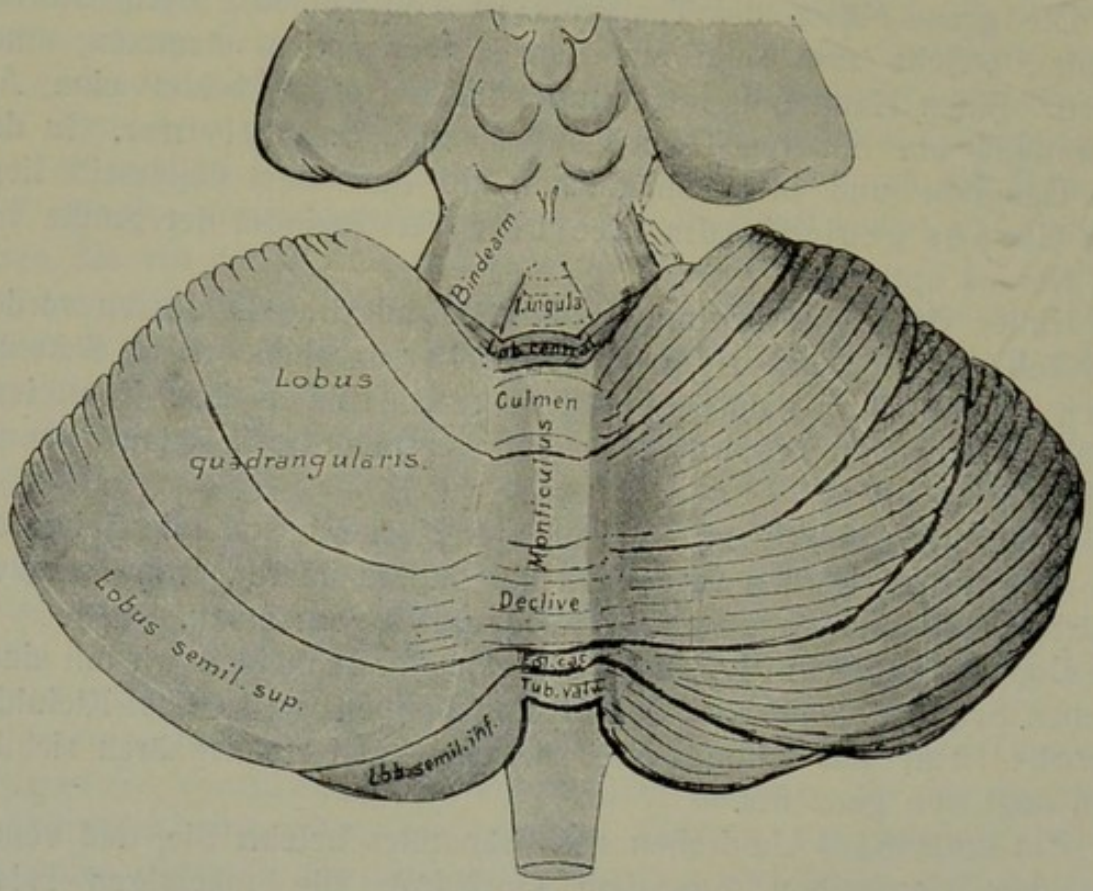


Fig. 43.
Kleinhirn und Rückenmark von oben gesehen.

Grube ist grau, aber mannigfache weiße Linien überziehen ihn oder scheinen durch das Grau hindurch, mannigfache Höckerchen machen die Oberfläche uneben. Sie alle entstehen dadurch, daß in dem Gebiete, welches jetzt sichtbar geworden ist, mächtige Nerven, die Kopfnerven enden oder entspringen. Die hellen Querfasern, welche Sie sehen, sind z. B. zentrale Hörbahnen aus den Hörnervenkernen. Etwa da, wo das kaudale Kleinhirnende gelegen hatte, verengert sich der vierte Ventrikel wieder. Die nähere Untersuchung zeigt Ihnen, daß vom Kleinhirne, neben ihm ein feines, dünnes, vielgefaltetes Blatt ausgeht, welches nun sein Dach, das Ventrikeldach, bildet. Dieses Velum medullare posticum setzt sich an dicke Nervenmassen

beiderseits und kaudal an, unter welchen dann der zum feinen, rundlichen Spalte gewordene Ventrikel verschwindet. Er wird zum Zentralkanale des Rückenmarkes. Die dicken Gewebsmassen gehören zum guten Teile noch dem verlängerten Marke an, aber sie gehen allmählich in die Dorsalpartie des Rückenmarkes über. Aus dem

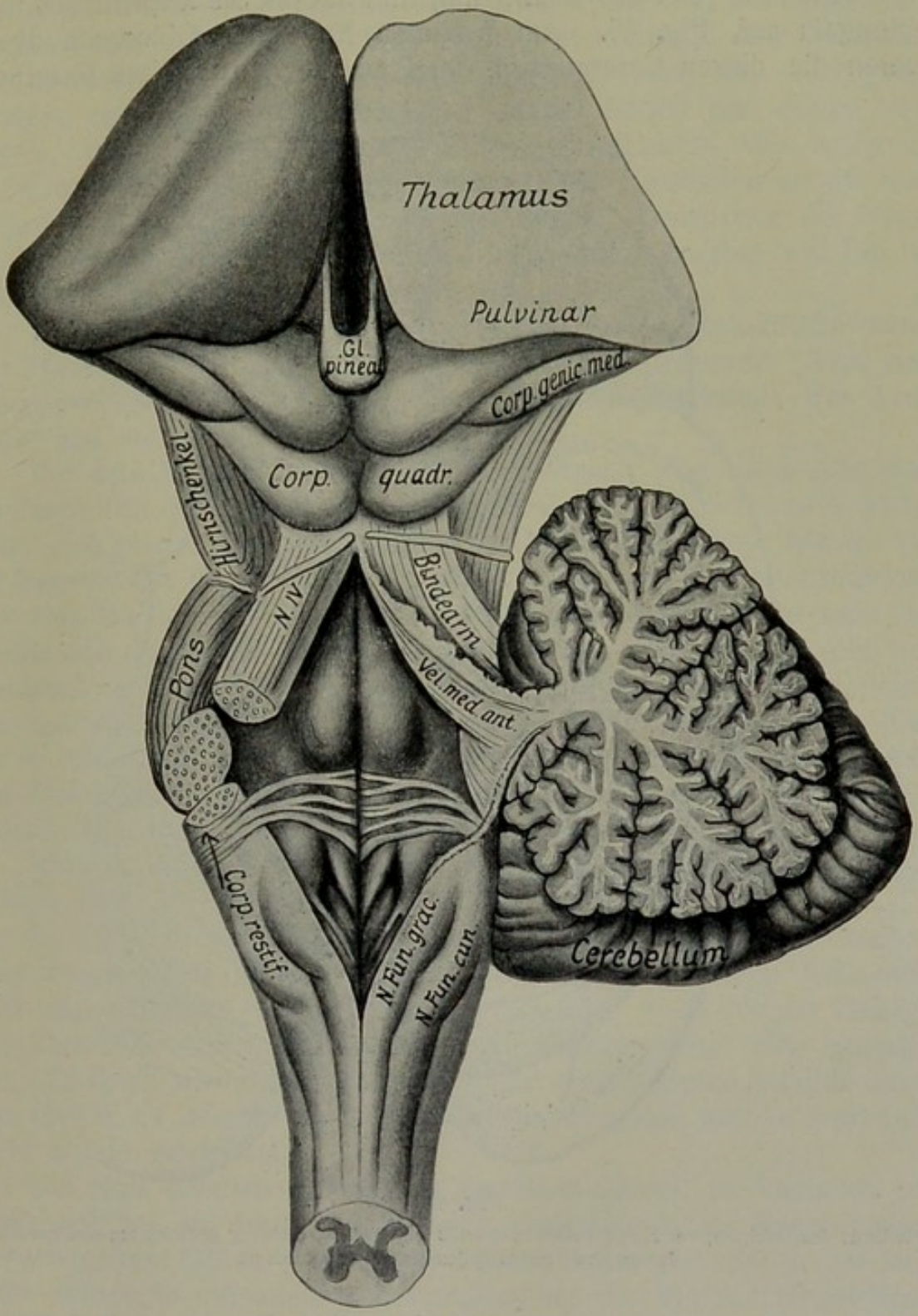


Fig. 44.

Thalamus, Vierhügel und Oblongata nach Abtragung des Kleinhirnes.

langen Strange des Rückenmarkes entspringen dann die sämtlichen Nerven für den Hals, den Rumpf und die Extremitäten.

Drehen Sie jetzt das Gehirn um, und suchen Sie Rückenmark und Oblongata auf, Fig. 45. Am frontalen Ende der Oblongata überqueren die dicken Fasermassen der Brücke, Pons, ihre Faserung

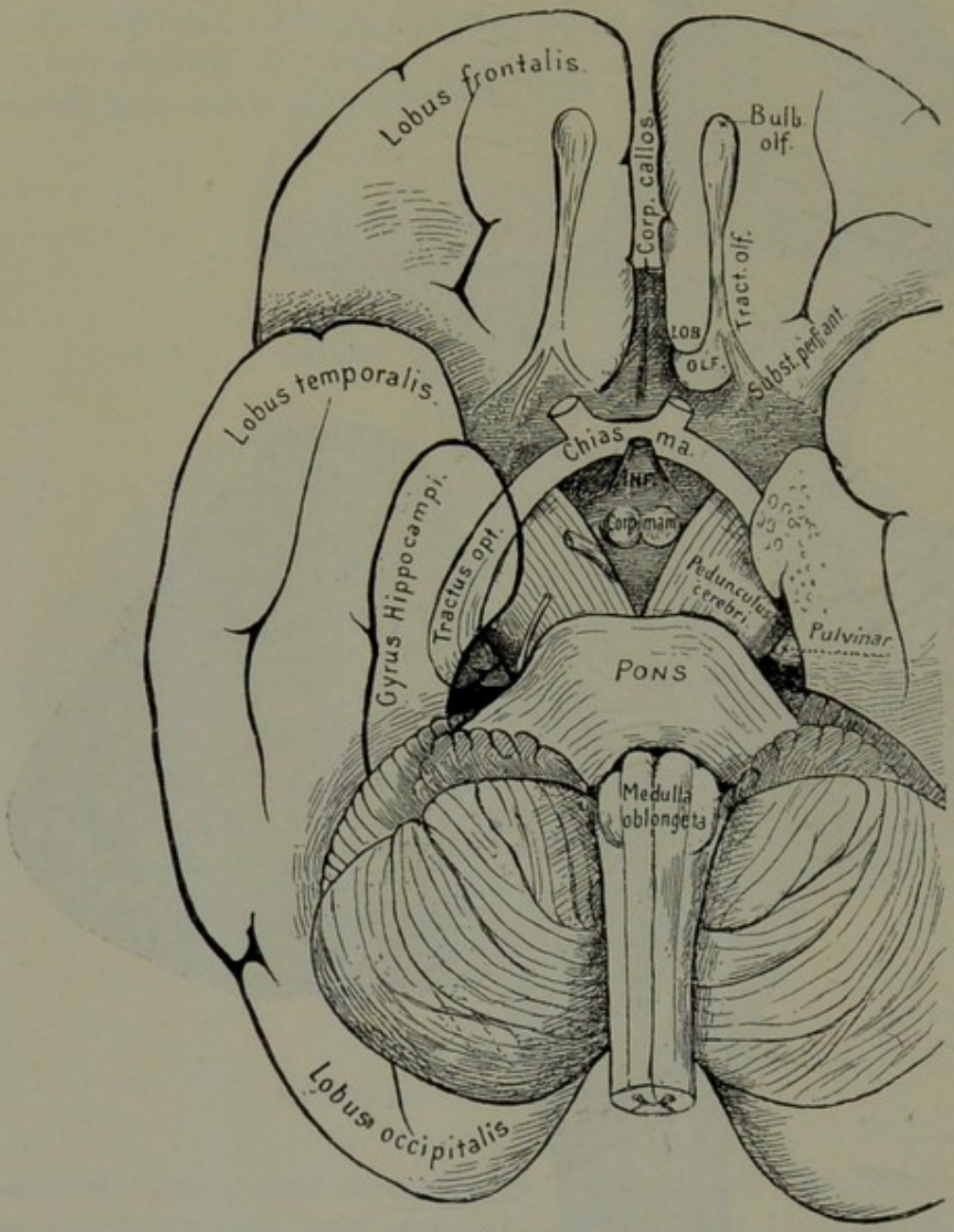


Fig. 45.

Die Basis des Gehirnes, der rechte Lobus temporalis zum Teil durchsichtig gedacht, um den ganzen Verlauf des Tractus opticus erkennen zu lassen.

und hirnwärts von der Brücke tauchen diese Fasern, vermehrt um neue, die zu den Brückenganglien in Beziehung stehen, wieder auf. Sie bilden zwei mächtige Bündel, die Pedunculi cerebri, und enthalten alles, was zwischen Großhirn und kaudaleren Hirnteilen als Leitungsbahn einherzieht. Diese Pedunculi tauchen dann nach kurzem Verlaufe in die Masse des Großhirnes ein. Auf unserer Abbildung

ist das nicht zu sehen, weil gerade über die Einsenkungsstelle sich das mächtige Bündel des Tractus opticus hinzieht. Es stammt aus Ganglien kaudal am Thalamus, von denen eines, das Pulvinar, eben sichtbar wird. Die Tractus optici vereinen sich vorn zu dem Chiasma und in dieses treten die Nervi optici aus dem Auge ein. Das graue Dreieck zwischen den Hirnschenkeln ist der Boden des dritten Ventrikels. Hier liegen zwei weißliche kleine Halbkugeln, die Corpora mammillaria, und vor ihnen senkt sich der Hirnboden zu der Ausstülpung des Infundibulum. Seine Spitze, ebenso wie die Hypophysis, welche jene umfaßt, ist hier abgeschnitten, aber auf Fig. 47 sehen Sie die ganze Anordnung.

Vor dem Chiasma senkt sich die embryonale Schlußplatte herab zur Hirnbasis. Sie ist von den Balkenfasern durchquert. Von dem Hemisphärenhirn erblickt man an der Basis den Occipital-, den Temporal- und den Frontallappen.

Vor dem Tractus, nach außen vom Chiasma, liegt dicht unter dem vorderen Teil des Corpus striatum die Substantia perforata anterior, eine graue, von zahlreichen Piagefäßen durchbrochene Masse. Vor ihr beginnt das Gebiet des Lobus olfactorius. Die Riechstrahlung aus dem Bulbus olfactorius überzieht diesen und endet nahe der Spitze des Schläfenlappens in feine Bündel aufgeteilt im ventralen Vorderhirngebiete. Bei den Säugern, besonders bei den niederen, liegen hier mächtige Gehirnteile, die Riechlappen. Bei dem Menschen sind sie so atrophiert, daß wenig mehr als diese weiße Strahlung, welche die Riechlappen überzieht, übrig geblieben ist. Man bezeichnete diese weißen Züge früher als Tractus olfactorii.

Was ich Ihnen ohne wesentliche Verstümmelung des Gehirnes zeigen konnte, habe ich jetzt gezeigt.

Es wird nun zweckmäßig sein, wenn wir, ehe wir weiter schreiten, noch einige früher nur kurz behandelte Verhältnisse näher betrachten und speziell, wenn wir untersuchen, wie am menschlichen Gehirne das Verhältnis von Palaeencephalon zu Neencephalon sich gestaltet hat. Dadurch wird dasjenige, was ich nachher auf einem Schnitte durch das Gehirn zu demonstrieren habe, leicht verstehbar und es wird auch mehr Leben gewinnen.

Die reich gefaltete Oberfläche der Hemisphären ist identisch mit dem, was Sie in einer der früheren Vorlesungen als Neencephalon kennen gelernt haben, also mit dem Hirnteil, der erst spät in der Tierreihe auftretend nur allmählich Anschluß an die übrigen Hirnzentren, an die Teile des Palaeencephalon gewinnt. Diesen Anschluß erreicht er durch eine sehr reiche Faserung, die beim Menschen so reich und dicht ist, daß sie im wesentlichen all das ausmacht, was Sie bei der heutigen Demonstration als Markweiß der Hemisphären gesehen haben. Ein Teil ihrer Strahlung dringt nun in den Thalamus von der Seite her ein, ein andrer geht in die Ursprungszentren der Ganglien, wo der

Sehnerv endet und in die Vierhügel. Was dann noch übrig ist, tritt frei an der Ventralseite des Gehirnes zutage — es sind die Hirnschenkel — und zieht dann zu weiter kaudal liegenden Teilen des Palaeencephalon. Viel von ihm bleibt in der Brücke und die letzten Ausläufer enden dann im Rückenmarke.

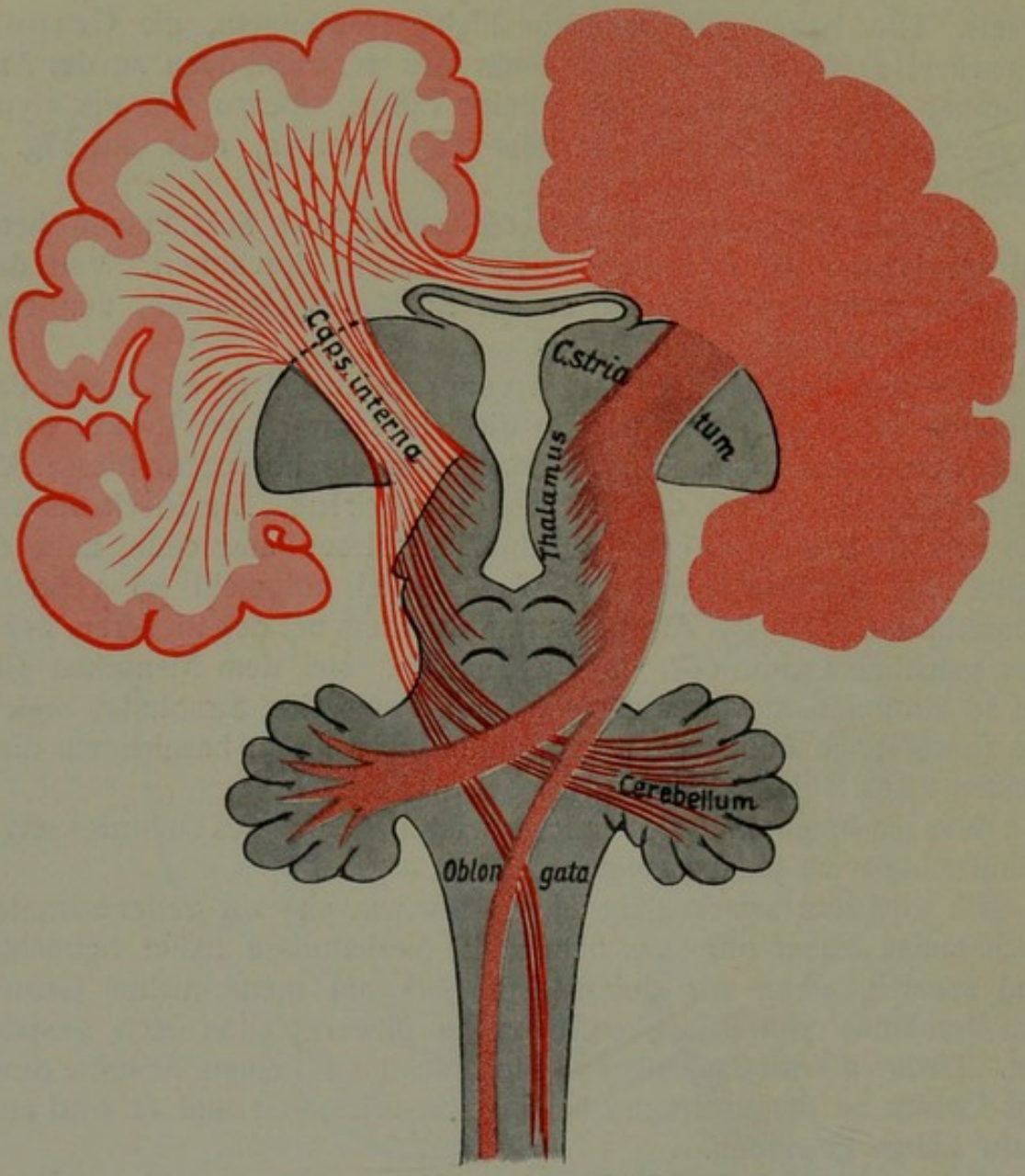


Fig. 46.

Das Neencephalon (rot) und das Palaeencephalon (grau) des Menschen. Die neencephalen Bahnen dringen in einzelne Teile des Palaeencephalon ein.

Es enthalten also alle Teile des Palaeencephalons bei dem Menschen schon neencephale Anteile, die in sie hineinwachsen.

Die Hirnschenkel und die Brücke haben Sie bei dem Studium der Hirnbasis vorhin kennen gelernt, aber die Beziehungen dieser ganzen Faserung innerhalb des Vorder- und Zwischenhirnes sind eigentlich nur an dem Schema und an Schnitten zu verstehen. An Figur 46 sehen

Sie auch, wie die Vorderhirnfaserung, um überhaupt in ihrer Masse austreten zu können, das Striatum mitten durchbrechen muß. Diese Faserung nennt man Capsula interna; der lateral in die Tiefe des Gehirnes geratende Anteil des Corpus striatum wird Nucleus lentiformis genannt; den medialeren, den Nucleus caudatus kennen Sie bereits. Figur 46 zeigt auch, daß in etwas kaudaleren Ebenen die abwärts ziehende Neencephalonfaserung zwischen Nucleus lentiformis und Thalamus geraten muß. Auch dieser Abschnitt wird zur Capsula interna gerechnet.

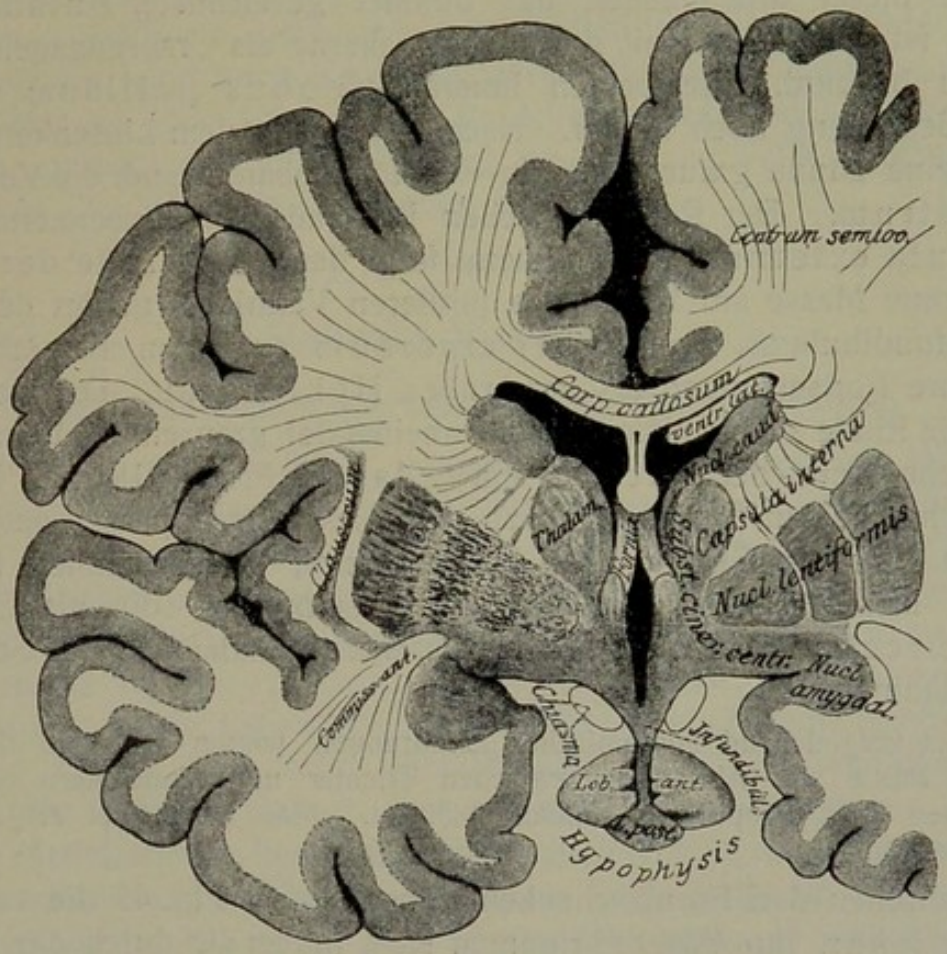


Fig. 47.

Frontalschnitt durch das Gehirn des Erwachsenen. Erklärung im Text.

Jetzt sind Sie soweit, das Bild verstehen zu können, das ein Frontalschnitt durch das Vorderhirn und Zwischenhirn bieten muß. Lassen Sie uns einen solchen anlegen. Fig. 47.

Da haben wir zunächst die beiden Hemisphären, unter sich verbunden, dorsal durch das Corpus callosum und ventral durch den grauen Boden des Zwischenhirnes. Die atrophische Innenwand unter dem Balken, das Septum pellucidum mit dem Rest des Hemisphärenspaltes, dem Ventriculus septi, ist sofort erkennbar, auch die Fornixsäulen, die kaudal vom Septum den Rand der Vorderhirnhemisphäre begrenzen, sind gut sichtbar. Sie tauchen da, wo sie angeschnitten

sind, aus ihrer Lage dicht unter dem Balken hinab in die Tiefe des Zwischenhirnes.

Beiderseits von diesen dicken Bündeln führt das Foramen Monroi aus dem mittleren gut sichtbaren Ventrikel zwischen den Thalamis zu dem Seitenventrikel. Dieser wird lateral begrenzt vom Corpus striatum. Gerade hier sehen Sie, wie das Corpus striatum von den dicken Fasermassen der inneren Kapsel durchbrochen und anscheinend in zwei Ganglien geteilt ist. Im Linsenkerne, also in dem lateralen Teile des Corpus striatum, unterscheiden Sie leicht drei Abteilungen; nur das äußere dieser drei Glieder, das dunkler gezeichnete, Putamen genannt, ist gemeinsam mit dem Schwanzkerne als Ursprungsgebiet von Fasern bekannt. Die beiden inneren (Globus pallidus) sind in ihrer Bedeutung noch unklar. Nach außen von dem Linsenkerne liegt noch eine dünne graue Masse in der Hemisphärenwand, die Vormauer, Claustrum. Der Raum zwischen ihr und dem Linsenkerne heißt Capsula externa. Weiter lateral folgt dann die Rinde der Insel. Die graue Masse am Boden des mittleren Ventrikels gehört der Wand des Infundibulums, dem Tuber cinereum an. Man bezeichnet sie und ihre Fortsetzungen als zentrales Höhlengrau. Da, wo dieses und die Rinde des Schläfenlappens aneinander grenzen, liegt ein großer rundlicher Kern, der Nucleus amygdalae, Mandelkern. Er steht wahrscheinlich in Beziehungen zu dem Ursprungsapparate des Riechnerven. In der Gegend des Mandelkernes, wahrscheinlich in dem Kerne selbst, endet ein Teil der Faserbündel, die als Taenia semicircularis auf der Grenze zwischen Thalamus und Schwanzkern dahinziehen.

Aus vergleichend anatomischen Erfahrungen wissen wir, daß die horizontale Partie der Abbildung zwischen Trichter und Mandelkern ein beim Menschen sehr atrophiertes Rindengebiet ist. Man bezeichnet sie als Area parolfactoria.

Zwischen den Fornixschenkeln sehen Sie in Fig. 42 die vordere Kommissur. Ihre Fasern krümmen sich, indem sie durch das Corpus striatum treten, nach rückwärts. So kommt es, daß wir in Fig. 47 dicht unter dem äußeren Gliede des Linsenkernes, ihrem Querschnitte nochmals begegnen.

Wir wollen in den folgenden Vorlesungen alle die heute geschilderten Teile näher betrachten. Das kann aber nur dann mit wirklichem Nutzen geschehen, wenn Sie sich mit dem, was ich heute besprochen, am Präparate selbst durchaus vertraut machen.

Am besten ist es, wenn Sie sich zwei Gehirne verschaffen, die an der Arteria basilaris in einer Lösung von 1 Formol zu 10 Wasser aufgehängt werden. Binnen wenig Tagen sind sie genügend hart geworden, um alle Schnitte und Abtrennungen, welche hier vor Ihnen ausgeführt worden sind, leicht zu ermöglichen. Machen Sie auch einfache Skizzen von dem, was Sie gesehen. Man kann dieses Zeichnen sich dadurch erleichtern, daß man eine Glasplatte auf drei Wassergläser stellt und unter ihr das Gehirn in feuchte

Watte festlegt. Mit Feder und Tusche werden dann die auf der Platte sichtbaren Umrisse umfahren. Man hat nur Sorge zu tragen, daß Auge, Feder und zu zeichnender Punkt immer tunlich in einer Senkrechten übereinander bleiben. Andernfalls würden zu große perspektivische Verzerrungen entstehen. Die Zeichnung wird mit Pauspapier aufgenommen. Das Pauspapier klebt man dann auf weißen Karton und vollendet nach dem Präparate selbst die Zeichnung.

Ich kann Ihnen, meine Herren, nicht eifrig genug empfehlen, so zu verfahren und sich durch eigene Präparation zu orientieren. Die Darstellung durch Wort und Bild wird Ihnen hierbei wohl einen festen Anhalt geben, sie kann aber nie das ersetzen, was durch das Studium am frischen Präparate gewonnen wird. Steht kein Menschenhirn zur Verfügung, so kann auch ein Kalb- oder Ochsenhirn zunächst orientieren. Nur die Hemisphären und die Riechlappen sind da wesentlich von den menschlichen unterschieden, die anderen Teile weichen nur wenig von dem oben Beschriebenen ab.

Siebente Vorlesung.

Die somatischen Nerven und die Spinalganglien.

Entwicklungsgeschichtlich, anatomisch und physiologisch läßt sich, wie Gaskell fand, zeigen, daß die Beziehungen, welche der Zentralapparat zum Körper gewinnt, zerfallen in solche zum Stamm mit Haut, Sinnesapparaten und Muskeln und in solche, die nur die Eingeweide und die glatte Muskulatur betreffen. Das Nervensystem zerfällt demgemäß in einen somatischen und in einen visceralen Abschnitt. Beide haben afferente (sensible) und efferente (motorische) Anteile. Es ist aber sehr wahrscheinlich, daß die afferenten des somatischen Systems vielfach auch für das viscerale fungieren.

Im Medullarrohre liegen die somatischen Anteile dorsal und ventral, die visceralen zwischen beiden und diese Lage bleibt im allgemeinen, wie ebenfalls Gaskell fand, auch in der Oblongata, ja vielleicht noch weiter frontalwärts erhalten.

1. Das somatische Nervensystem.

Die motorischen Fasern stammen alle aus Zellen der ventralen grauen Substanz. Wenn sie das Zentralorgan verlassen haben, ziehen sie direkt in die Muskeln, wo sie sich, wie Fig. 22 zeigt, aufsplittern.

Die rezipierenden Nerven entstammen, wie bereits gezeigt wurde, den peripheren Spinal- und Kopfganglien. Auch sie splittern sich, an der Peripherie angekommen, auf, entweder frei im Epithel, oder zwischen modifizierten, meist epithelialen Gebilden, Endapparaten. Für die rezipierenden Nerven ist aber außer der Ontogenie auch einiges von großem Interesse aus der Phylogenie bekannt geworden.

Bekanntlich weist die äußere Bedeckung schon sehr wenig entwickelter Tiere, der Cölenteraten z. B., mitten unter den gewöhnlichen Epithelzellen solche auf, welche durch ihre Anordnung zu bestimmten Gruppen und durch den Besitz eines längeren Endfadens, der sich in das Nervensystem einsenkt, sich auszeichnen. Es ist nun in der ganzen Reihe der niederen Tiere ein sehr häufiges Vorkommnis, daß im Ektoderm liegende Zellen durch solche Fasern mit den benachbarten Nervenknoten verbunden sind. Spricht ihre Lage in der Epidermis schon dafür, daß es sich um Anteile des receptorischen Apparates hier handelt, so wird die Vermutung zur Sicherheit, wenn man erkennt, wie vielfach diese Zellen zu Gebilden in Beziehung stehen, welche besondere Reize aufzunehmen geeignet sind. Lange starre Haare, schwingende Borsten, aufgesetzte Stifte scheinen Tasteindrücke leicht übermitteln zu können, während wir ganz analoge Zellen zur Hohl-

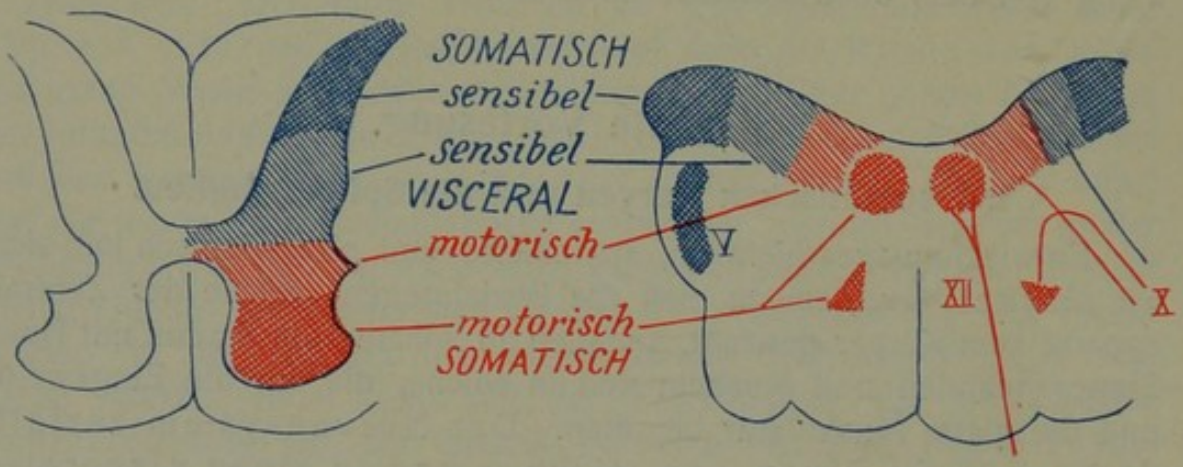


Fig. 48.

Somatische (dorsal und ventral) und viscerale (mediale) Abschnitte des Nervensystems. *A* im Rückenmarke. *B* in der Oblongata.

kugelwand da geordnet sehen, wo ein Steinchen, ein Otolith, im Innern der Kugel schwingend, den Sinnesapparat für das Gleichgewicht darstellt. Linsenförmige Teile des Ektoderm liegen an anderen Stellen vor ebensolchen Zellen, wohl geeignet, Licht oder Wärmestrahlen diesen in besonderer Weise zu übermitteln. Es ist hier ja nicht möglich, eine Schilderung all dieser mannigfachen Einrichtungen zu geben, welche bei den Wirbeltieren als Sinnesapparate fungieren, nur das soll hervorgehoben werden, daß von der einfachen Epithelzelle des Ektodermes bis zu hoch differenzierten Apparaten alle Übergangsformen gefunden werden, und daß auch bei den höchsten der gleiche Typus, die Epithelzelle, welche einen Faden in das Nervensystem hineinschickt, wiederkehrt. Es gibt einen Ort, an dem man auf beschränktem Raume eine ganze Anzahl von Übergängen erblickt, die von der einfachen mit den Nerven verbundenen Epithelzelle bis zu komplizierteren Sinneshügeln führen. Das ist die Haut einer glasklar durchsichtigen Schneckenart, der Pterotrachea. Der Zusammenhang von

Epithelzellen mit Nerven, die dem Zentralorgan zuziehen, ist in den letzten Jahren sehr schön von Lenhossék für die Epidermis des Regenwurmes geschildert worden. Eigene Untersuchungen und solche von Retzius haben mich von der Richtigkeit seiner Angaben völlig überzeugt. Aus zahlreichen Zellen des Integumentes sieht man feine Fäden entspringen, welche den Nervenknoten zuziehen und dort zumeist unter Teilung enden. Lenhossék hat nun eine Hypothese ausgesprochen, welche sich bisher von großem heuristischen Werte erwiesen hat und geeignet ist, unsere Anschauung vom sensiblen Teile des peripheren Nervensystems einfacher und folgerichtiger zu gestalten. Alle rezeptorischen Nerven bei den Wirbellosen und bei den Wirbel-

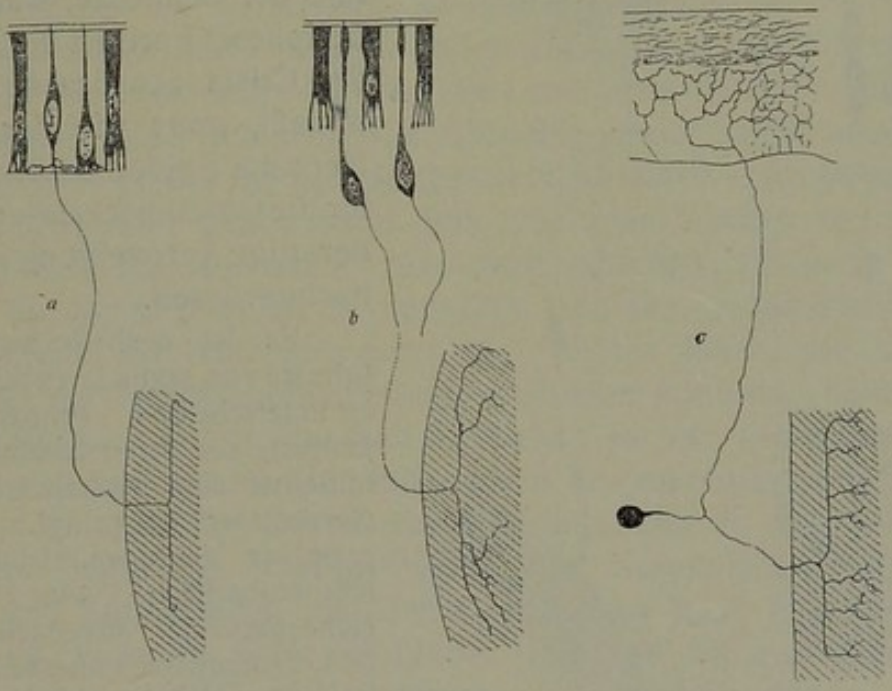


Fig. 49.

Nach Retzius. *a* Sinnesepithelien des Regenwurmes. *b* Ebensolche von einer Schnecke. *c* Spinalganglienzelle eines Wirbeltieres — ein Fortsatz, der rezeptorische Nerv, geht zur Haut, ein zweiter als Wurzel in das Zentralorgan hinein. — In allen drei Zeichnungen ist das Zentralorgan schraffiert.

tieren stammten, meint L., von solchen ursprünglich im Integument gelegenen Zellen. Es rückten die Zellen nur vielfach in die Tiefe, einen langen, oft aufgezweigten Faden in der Haut zurücklassend; bei den Wirbeltieren gerieten sie bis in die Wirbelsäule als Spinalganglienzellen. Ob die Zellen nun aber direkt im Oberflächenepithel liegen, oder ob sie mit diesem nur durch den Ausläufer, den sensiblen Nerven, verbunden sind, immer senden sie rückwärts einen Faden in das Nervensystem hinein. Retzius hat bei Mollusken solche Übergangszellformen mit peripherem Faden von sehr verschiedener Länge beschrieben, wo die einer Epithelzelle gleichwertige Ganglienzelle nicht mehr in der Haut, sondern in verschiedener Tiefe unter derselben liegt. In Figur 49 lege ich nach Zeichnungen des letzteren Autors eine kleine Reihe vor,

welche leicht zeigt, wie man sich nach dem eben Vorgetragenen die Entwicklung des sensiblen Nervensystems denken kann.

Es handelt sich übrigens in den Fällen, wo die rezipierende Endzelle noch ganz in der Peripherie liegt, keineswegs immer um niedere Tiere, vielmehr findet man noch bei den Wirbeltieren dergleichen und zudem die mannigfachsten Übergangsbilder, wenn man die Nervenendigung in den Sinnesorganen studiert. Die Epithelien der Riechschleimhaut senden, wie die der Regenwurmhaut, einfach einen Fortsatz hinein in das Gehirn. Im Ohre aber gibt es keine Endzellen in diesem Sinne mehr, es liegt da die betreffende Zelle im Ganglion spirale der Schnecke, während ihr peripherer Fortsatz die Stiftzellen der Crista acustica aufgezweigt umfaßt, ganz wie der sensible Nerv die Epidermiszellen. Auch für die Geschmacksfasern ist eine derartige Aufzweigung um Zellen nachgewiesen.

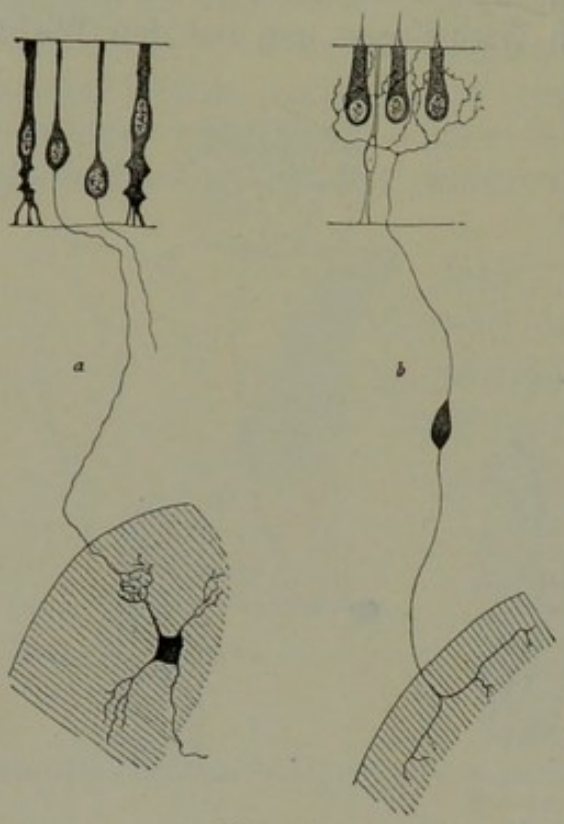


Fig. 50.

Primäre und sekundäre Sinneszellen. *a* Sinnesepithelien der Nase, senden ihren Axenzylinder als Riechnerv, Fila olfactoria, rückwärts zum Gehirn, wo er sich aufzweigt. *b* Eine Ganglienzelle aus dem Ganglion spirale oder Schnecke. Ihr peripherer Fortsatz verzweigt sich um die Stiftstellen der Macula, ihr zentraler geht als Ramus cochlearis N. acustici in das Gehirn. Nach Retzius.

Es ist deshalb zweckmäßig, primäre von sekundären Sinneszellen zu unterscheiden. Primär sind diejenigen, aus deren basalem Pol unmittelbar eine zentralwärtsziehende Nervenfaser entspringt. Es sind periphere Neuronen, richtige in die Körperoberfläche oder in deren Nähe gerückte Nervenzellen, Figur 50 a. Sekundäre Sinneszellen finden wir in den Hörzellen des Labyrinths, den Stäbchenzellen der Geschmacksknospen und an manchen anderen Stellen, Figur 50 b. Das sind spezielle Epithelzellen, welche von den Ausläufern einer Nervenzelle nur äußerlich umflochten werden. Solche Zellen haben nicht wie die ersterwähnten in ihrem Inneren ein Neurofibrillennetz (v. Lenhossék). Von der Retina wissen wir, daß sie Nervenbahnen enthält, die aus dem Zentralorgan kommend, sich um ihre Elemente aufzweigen, daneben aber auch Ganglienzellen führt, die ihren Axenzylinder rückwärts dem Zentralorgan zusenden.

Die vergleichend anatomische Untersuchung der Retina hat uns einen Befund von ganz besonders großem Interesse für die Art, wie periphere Nerven und ihre Beziehungen zu den Endapparaten allgemein aufzufassen sind, kennen gelehrt. Die Retina kann als eine Reihe von übereinander geschichteten Nervenzellen und Neuroepithelien, die wahrscheinlich auch im Wesen Nervenzellen sind, aufgefaßt werden. Bei den Vertebraten ziehen aus einer ca. fünf- bis sechsfachen Schichtung die Sehnervenfasern rückwärts einen

weiten Weg hinein in das Gehirn, wo sie sich in bestimmten Ganglien auflösen. Lenhossék und gleichzeitig Kopsch haben gefunden, daß bei den Kephalopoden eine Trennung dieser Retinaschichten in der Art erfolgt ist, daß aus einigen wenigen schon die Fasern rückwärts ziehen, in den Kopf eintreten und hier auf weitere Retinaschichten treffen, die aber dem Zentralorgan fest angelagert sind. Der Sehnerv der Kephalopoden verläuft also nicht zwischen Retina und Gehirn, sondern zwischen verschiedenen Retinaschichten (v. Lenhossék). Und da die äußerste Schicht dem Gehirne anliegt, so existiert gar kein Sehnerv in dem Sinne, wie ihn die Vertebraten haben, es ist also der Optikus hier ein Tractus intraretinalis, dort ein Tractus retinocerebralis. Durch ganz verschiedene Anordnung der Neurone kommt im wesentlichen der gleiche Endeffekt zustande.

Rezeptorische Nerven sind weithin über den ganzen Körper verbreitet. Nicht nur an den Orten, die man gewöhnlich als empfindend bezeichnet, sondern auch in allen anderen Geweben und Organen des Organismus finden sie sich. Ob man die Leber oder die Niere, die Lunge oder die Wand eines Blutgefäßes untersucht, immer findet man da, in früher ungeahnt großer Menge, dünne Nervenästchen aufgezweigt. Ein guter Teil derselben gehört wohl dem visceralen System an, so ganz scharf läßt sich rein anatomisch das nicht scheiden, ein anderer aber ist bis in die Spinalganglien zu verfolgen und bis in das Rückenmark selbst. Gerade die Untersuchungen der letzten Jahre, die sich der Silber- und der Methylenblaumethode bedienen konnten, haben nicht nur den Reichtum an Organnerven entdecken lassen, sondern auch gezeigt, daß wir uns die sensible Innervation der empfindenden Flächen, der Haut z. B. oder der Geschmacksapparate, viel zu arm vorgestellt haben. Es liegen da enorme Plexus von Nervenfäden unter und zwischen den Epithelzellen und diese senden zu jeder einzelnen Zelle Ästchen, oft viele zu einer einzelnen. Ich lege, um nur einige Beispiele zu geben, hier Ihnen Abbildungen vor, welche zeigen, wie um jedes Haar herum sich eine wahre Krone von Nervenfäden legt, wie im Gaumen des Frosches zu den Epithelzellen Endfäden ziehen und wie die Pigmentzellen in der Haut der Fische von einem förmlichen Netze dicht umsponnen sind. Aus der Leber, der Blase und von vielen anderen Orten her könnte ich Ihnen noch zahlreiche Beweise für die überreiche periphere Innervation vorlegen. Wir haben früher viel zu viel Wert auf die einzelnen Endapparate gelegt und meist übersehen, daß eigentlich der allergrößte Teil der Körpergewebe zellweise schon mit Nerven versorgt ist. Von dem Reichtum an Nervenfasern in den echten Endapparaten, in den Tast- und den Geschmackspapillen z. B. kann man sich kaum eine zu große Vorstellung machen. Gute Imprägnationen lassen da ungeahnt dichte Plexus erkennen.

Für welche Leistungen mag eine so reiche rezipierende Innervation angelegt sein? Es gibt, das leuchtet sofort ein, eine sehr große Anzahl von Reflexen, die für die Erhaltung des Individuums dringend notwendig sind, ohne daß sie gerade dem Träger bekannt werden. Die Regulierung der Sekretionen, der Blutversorgung in der Haut im Verhältnis zur Ge-

samtwärmeökonomie des Organismus, die Anpassung an verschiedene Belichtung, die Spannung der Muskeln und Sehnen durch die diesen eigentümlichen Sehnenreflexe, die verschiedene Einstellung solcher Spannungen, je nachdem die willkürliche Innervation verschieden eingreift, und sehr vieles andere könnte hier genannt werden. Zu all dem

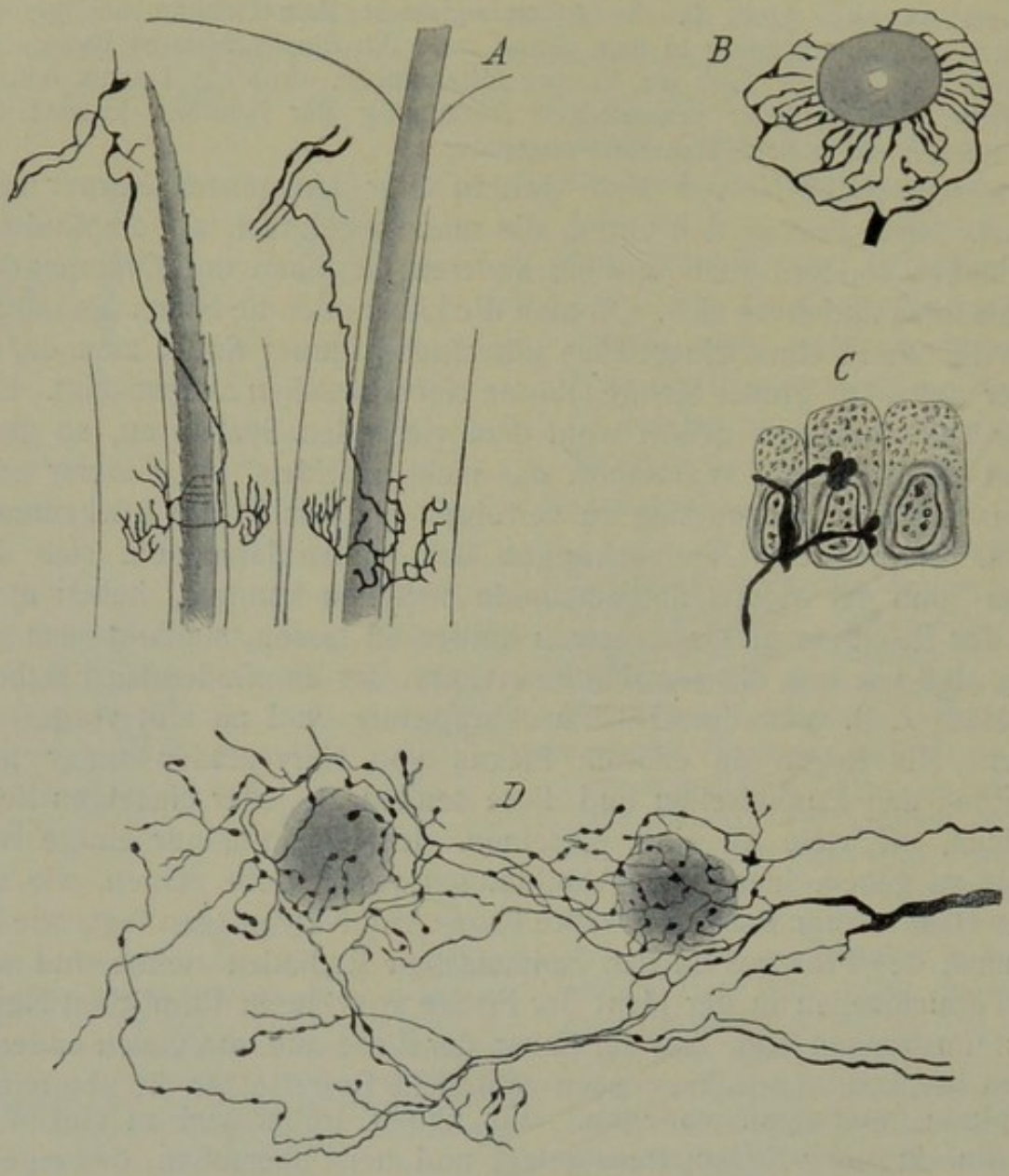


Fig. 51.

A Haare von der Maus, Nerven mit Silber geschwärzt. *B* Ebensolche im Querschnitt. Nach van Gehuchten. *C.* Nerven zu Epithelzellen des Froschgaumens. Methylenblaumethode, nach Bethe. *D.* Pigmentzellen aus der Haut von Alburnus mit dem Nervennetz, nach Ebert und Bunge.

bedarf es außer dem motorischen Teile des Reflexbogens eines rezipierenden Anteils. Ja Exner, dem wir besonders die Hinweise auf die Wichtigkeit dieser kurzen Reflexbogen und ihre Rolle im Organismus verdanken, hat sehr schön erläutert, wie überhaupt zum Zustandekommen wohl jeglicher Bewegung die Intaktheit der sensiblen

Innervation erforderlich ist. Der Schluckakt z. B. zerfällt in einen willkürlich auslösbaren Teil und einen reflektorischen. Anästhesiert man durch Kokain den Rachen, so bleibt zwar die Fähigkeit zum ersten erhalten, der Bissen wird aber vom Ösophagus, dem nun keine sensiblen Eindrücke von ihm zugeführt werden können, nicht weiter befördert, es bleibt die Reflexaktion aus. Nun wird erst klar, warum die Schleimhaut der Speiseröhre so mächtige sensible Innervation besitzt, warum unter und in ihrem Epithel solche großen Plexus von Nervenfasern liegen. Ein anderes, wie mir scheint, gutes Beispiel für die Wichtigkeit rezipierender Regelung rein motorischer Vorgänge bietet die Bewegung unserer Finger. Bekanntlich ist diese recht gestört, die „Finger sind steif", wenn nur sensible Störungen in der Hand vorhanden sind. Das kann man künstlich erzeugen. Durchkältet man die Hand stark, so wird sie steif, unbeweglich, auch für Aktionen, die durch Muskeln ausgeführt werden, welche am Vorderarme wärmegeschützt liegen. Diese Muskeln können sich offenbar nicht normal kontrahieren, wenn sie von den Sehnen- und Gelenkenden her nicht regulierende Empfindungen erlangen können. Die steifen Finger, die wir von einem Winterspaziergange nach Hause bringen können, beruhen auf einer Störung der Sensomobilität. Wahrscheinlich gehören viele Bewegungsstörungen der Hysterischen eben hierher.

Eine überreiche rezeptorische Innervation ist also erforderlich, nicht nur für zahllose Reflexvorgänge, sondern auch zur Regulierung vieler, anscheinend nur dem Willen unterworfener Bewegungen.

Unter „sensibler Innervation" darf man sich aber nicht nur Vorgänge denken, welche bewußt in die Empfindung treten. Hier werden alle die Vorgänge darunter verstanden, bei welchen von irgendeiner Stelle des Körpers her dem nächsten Ganglion oder dem Zentralapparat Eindrücke zugeführt werden. Ob sie weiter geleitet werden, ob sie von dem Träger wahrgenommen werden, das kommt für die Begriffbestimmung nicht in Betracht. Rezipieren und Wahrnehmen sind nicht das gleiche.

Die allermannigfachsten Bahnen und Zentren dienen der Sensibilität und wir haben bei den Vertebraten, speziell bei dem Menschen, der über die Wahrnehmung einzelner Empfindungen ja Auskunft geben kann, schon eine ganze Anzahl verschiedener Gefühlsarten kennen gelernt.

Die sensible Kontrolle, deren einzelne anscheinend gleichartige Bewegungen bedürfen, ist nicht überall die gleiche. Namentlich kommen, wie es scheint, bei den höheren Tieren viel mehr regulierende Momente in Betracht als bei niederen. Aber auch die Säuger können gelegentlich durch Einübung usw. auf die eine oder andere Art der Kontrolle verzichten lernen, können auskommen mit dem, was auf tieferen Stadien der Entwicklung allein reguliert.

Sehr gut wird die Wichtigkeit der einzelnen Arten solcher sensiblen Regulierung von noch ganz elementaren motorischen Verrichtungen illustriert durch einen geistvollen Versuch, den J. Richard Ewald angestellt hat. Nimmt man einem Hunde beiderseits die Labyrinthe weg, so erleidet der Gesamtmuskeltonus und damit das Vermögen, das Gleichgewicht aufrecht zu erhalten, zunächst eine so enorme Störung, daß Gehen und Stehen ganz unmöglich wird. Aber das gleicht sich nach einiger Zeit wieder aus, die Bahnen für den Tastsinn usw. ersetzen zunächst mehr und mehr das Fehlende. Trägt man nun beiderseits dem gleichen Tiere die motorischen Rindenfelder für die Beine ab, so erscheinen jene schweren motorischen Störungen erneut, das Tier ist unfähig zu geordneten, ja zunächst überhaupt zu irgendwelchen ordentlichen Bewegungen. Auch hier tritt langsam ein Ausgleich ein. Aber der Hund ist jetzt in trauriger Lage, denn er ist für die Kontrolle seiner Bewegungen ganz allein auf seine Augen angewiesen. Hilflos stürzt er zusammen, wenn man das Zimmer verdunkelt oder ihm die Augen verbindet.

Niedere Vertebraten — Frösche z. B. — können den Defekt, welcher durch Labyrinthentfernung entsteht, nicht decken, weil bei ihnen die Möglichkeit, von der Hirnrinde aus mit anderen Formen des Gefühles ausgleichend zu arbeiten, ganz gering ist. Die bleiben nach Entfernung des Labyrinthes dauernd unfähig zum Springen.

Die peripheren Nerven führen bekanntlich motorische und sensible Fasern gemischt in ihrem Stamme. Nahe am Rückenmarke trennen sich diese aber voneinander.

Das Stämmchen, welches die motorischen Fasern enthält, geht direkt als vordere Wurzel in das Rückenmark hinein.

Die sensiblen Fasern senken sich in das Spinalganglion.

In den Spinalganglien liegen große Zellen, die zuweilen zwei, meistens aber nur einen Ausläufer haben. Ist nur einer da, so teilt er sich aber (Ranvier) bald nach seinem Abgange von der Zelle in zwei, so daß also auch hier schließlich zwei Zellfortsätze vorhanden sind.

Diese beiden Fortsetzungen aus den Spinalganglienzellen haben Sie schon in der zweiten Vorlesung kennen gelernt. Sie erinnern sich wohl noch aus dieser, daß nach den Beobachtungen von His die sensiblen Nerven aus den Zellen als peripheriewärts gerichtete Fortsätze auswachsen, daß aber dieselben Zellen auch zum Rückenmarke eine Faser senden, die hintere Wurzel. Da, wie Zählungen beim Erwachsenen zeigen, die hintere Wurzel annähernd so viele Fasern zum Marke führt, als durch den Nerven in das Ganglion eingetreten sind, so möchte es scheinen, als sei einfach in den Verlauf jeder Faser eine Zelle eingeschaltet. Es ist aber eine wichtige Frage, ob wirklich alle sensiblen Nerven aus Zellen des Spinalganglions stammen. Auf dem Wege des Experimentes, der zuerst von Waller und später noch oft mit Erfolg beschritten wurde, ist es gelungen, sie völlig befriedigend zu lösen.

Jede Nervenfaser, welche von ihrer Ursprungsstelle getrennt wird, entartet. Schneidet man nun einen sensiblen Nerven peripher von dem Spinalganglion ab, so gehen alle seine Fasern zugrunde, das Ganglion selbst und die aus ihm entspringende Wurzel bleiben fast normal.

Das beweist, daß der Schnitt alle Fasern von ihren Zellen getrennt hat, oder mit anderen Worten, daß der sensible Nerv nur aus dem Spinalganglion entspringt. Schneidet man dicht hinter dem Ganglion die sensible Wurzel durch, so entarten im sensiblen Nerven nur einige wenige Fäserchen, die Mehrzahl bleibt erhalten, eben weil sie ja mit ihren Ursprungszellen in Zusammenhang geblieben ist.

Aber die Wurzel selbst entartet weithin in das Rückenmark hinein. Sie stammt also auch aus dem Spinalganglion. Die wenigen, übrigens mehrfach bestrittenen Fäserchen, welche nach dem letzten Versuche im sensiblen Nerven zur Entartung kommen, müssen aus dem Marke selbst stammen. Denn nur von diesem, nicht von dem Spinalganglion, waren sie getrennt.

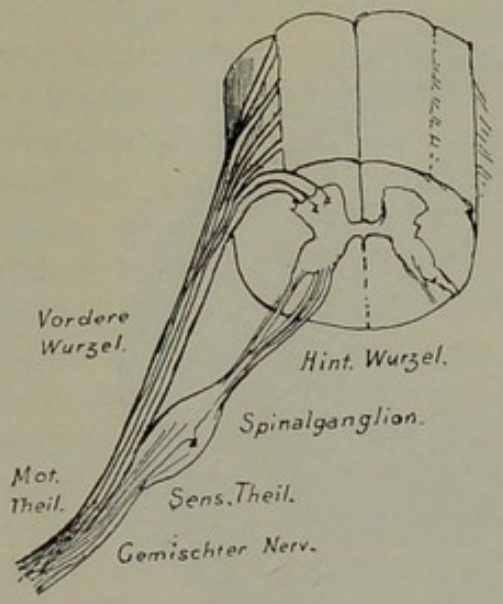


Fig. 52.
Schema der Beziehungen zwischen Rückenmark und Nervenwurzeln.

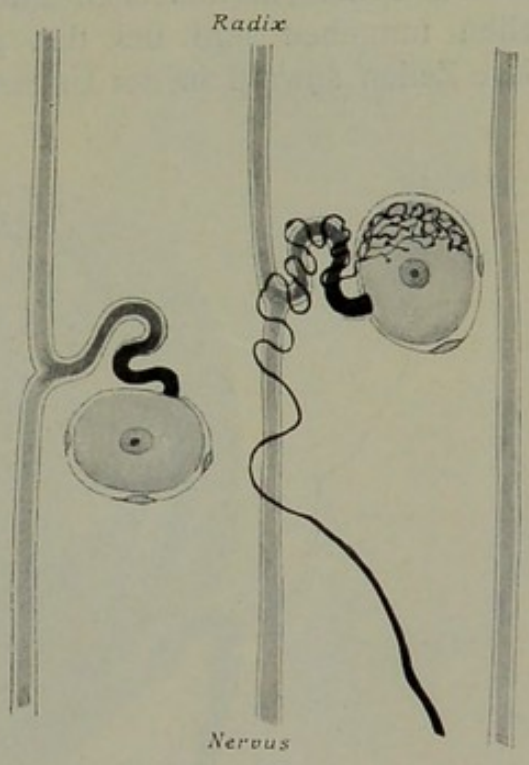


Fig. 53.
Schema der Wurzelzellen in einem Spinalganglion.

Diese Versuche zeigen, daß aus dem Ganglion nach zwei Richtungen Zellfortsätze gehen, und daß andere, welche aus dem Rückenmarke stammen, es nur durchziehen. Wahrscheinlich kommen dazu noch Fasern aus peripheren (Sympathikus-)Zellen, die im Rückenmarke enden. Demnach dürfte man sich die Beziehungen der sensiblen Wurzel zum Spinalganglion in der Weise denken, wie das Fig. 53 abgebildete Schema sie darstellt.

Die Form der Zellen ist im allgemeinen die rundliche, wo dann an einer Stelle des annähernd kugligen Körpers der Axenzylinder abgeht. Aber an mit der Silberfibrillenmethode behandelten Präparaten bekommt man oft ganz andere und sehr merkwürdige Zellformen, die immer wieder den Verdacht aufkommen lassen, daß es sich um eine Schrumpfung des sehr wasserreichen rundlichen Zelleibes handelt, bei

der das Fibrillenwerk besonders in den peripheren Abschnitten stehen bleibend, ein isoliertes Faserwerk vortäuschen mag. Eine Schlinge z. B. kann sich ablösen und wieder in die Zelle zurückkehrend dieser etwa die Form einer Bügeltasche geben oder es ist gar eine Seite der Zelle gleich dem Delta eines Flusses zu einem förmlichen Netzwerk aufgefasert, aus dem dann an einer Stelle der Axenzylinder abgeht. Ob gewisse von Cajal und besonders genau von G. Levi studierte keulenförmige, langgestielte Ausläufer normal sind und nicht etwa aus den Zellen durch ein Ausdrücken der Zellsubstanz bei der Härtung entstehen, das ist mir unsicher.

Die Spinalganglienzellen sind von einer Art dünnplattiger Begleitzellen umgeben und bei den gefensterten Zellen erblickt man dann diese Zellen sowohl in der Umfassung als in dem Inneren der Maschen.

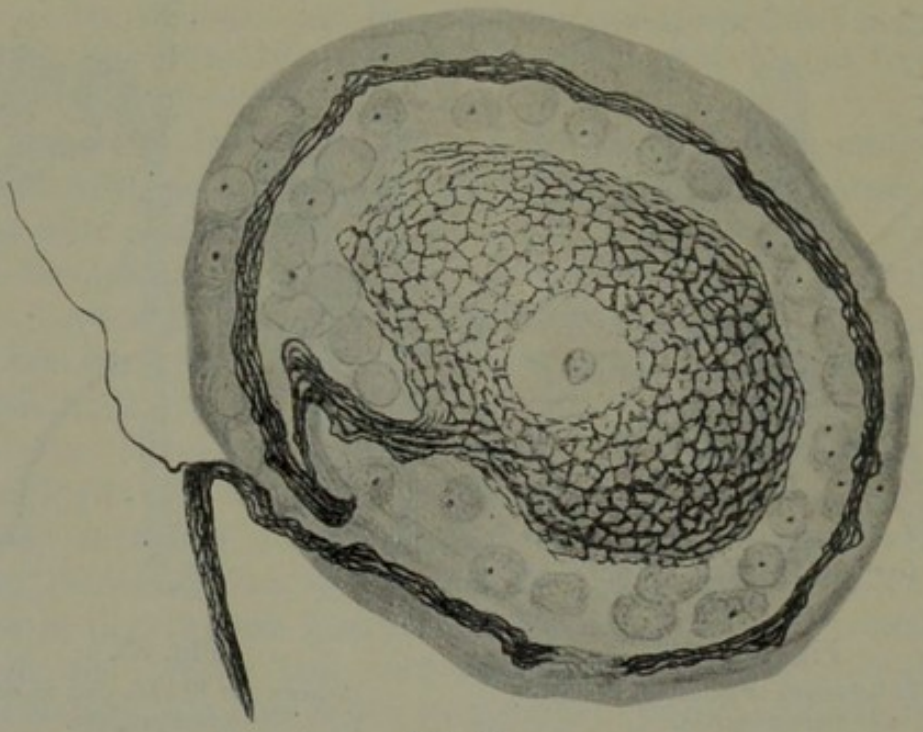


Fig. 54.

Spinalganglienzelle versilbert. Gewundener Axenzylinder und Begleitzellen. Nach Bielschowsky.

Man hielt früher den Bau der Spinalganglien für relativ einfach und sah in dem oben Mitgeteilten das Wichtigste erschöpft, doch haben die in den letzten vier Jahren von Ramóny Cajal, von G. Levi und von Dogiel ausgeführten Untersuchungen gezeigt, daß dieses keineswegs der Fall ist. Der wichtigste und von verschiedenen Seiten erhobene Befund ist der, daß keineswegs alle zentralen Fortsätze bis in die Wurzeln ziehen, daß vielmehr ein Teil derselben innerhalb des Spinalganglions bleibt und sich da um andere Spinalganglienzellen verzweigt. Aus Dogiels Untersuchungen geht hervor, daß außer den oben geschilderten Zellen noch eine ganze Reihe andersartiger vorkommen, ja, daß man mindestens 11 Zelltypen innerhalb des Ganglions

der Säuger abscheiden kann. Zu den konstantesten gehört ein Typ, bei dem außer dem Nervenfortsatz noch andere Fortsätze entspringen und sich in der Ganglienhülle und zwischen den Fasern der hinteren Wurzel verbreiten. Sie endigen in verschiedenartigen Apparaten, die an sensible Endapparate erinnern. Dogiel glaubt, daß diese Fortsätze dem peripherischen Ast entsprechen, der bei den anderen Spinalganglienzellen zum sensiblen Nerven wird, daß sie also den Zellen und Wurzeln selbst rezeptorische Fasern zuführen. Es gibt in der Tat in den Spinalganglien unipolare Zellen mit T-förmig geteiltem Nervenfortsatze, bei denen der eine T-Ast sich ganz ebenso im Ganglion und seiner Umgebung verzweigt. Einige dieser im Ganglion verzweigten Nervenfasern umwinden spiralförmig den Nervenfortsatz der typischen Spinalganglienzellen, ehe sie in dem interzellulären Bindegewebe in keulenförmiger Verdickung in blättchen- und baumförmiger Verzweigung enden. In das Spinalganglion dringen sympathische Fasern ein, um in perizellulären Netzen zu enden. Manchmal umflechten sie auch noch den Nervenfortsatz selbst, sowie die in der Zellenhülle eingelagerten, oben erwähnten sensiblen Endapparate. Solche perizelluläre Netze sind um alle Spinalganglienzellen vorhanden; indem sie sich miteinander mittels feiner Fäden verbinden, bilden sie in jedem Ganglion gleichsam ein allgemeines Netz. Außer den sympathischen Fasern treten in die Ganglien noch markhaltige und marklose Fasern unbekannter Herkunft ein, die ebenfalls auf der äußeren Oberfläche der Bindegewebshülle der Zellen verzweigt enden. In jede Wurzel treten außer dem zentralen Spinalganglion-Zellenfortsatz auch noch Fasern aus den Verzweigungen der beiden eingangs erwähnten Zellentypen. In den Spinalganglien liegen auch noch junge Zellen aus der Keimanlage her, auf ihrer Ausbildung beruht die Regeneration des Ganglions.

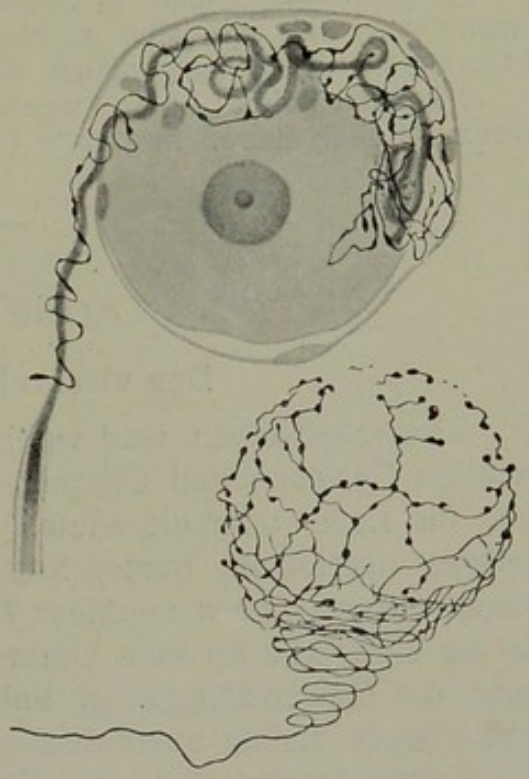


Fig. 55.

Oben Spinalganglienzelle, unten Zelle aus dem Ganglion Gasseri mit dem um sie aufzweigenden eintretenden Fäserchen. Vitale Methylenblaufärbung. Nach S. Ramon y Cajal.

S. Ramón y Cajal fand, daß sehr häufig der Axenzylinder noch innerhalb der Zellkapsel — jede derartige Zelle hat eine feine bindegewebige Kapsel — sich so aufknäult, daß dicht neben der Zelle ein glomerulusartiges Gebilde entsteht. Die in das Ganglion eintretenden Nervenfasern — des Sympathikus? — umwinden dicht an der Zelle

den Axenzylinder spiralig und breiten sich dann, zu einem feinen Netzwerk aufgelöst, über den ganzen Glomerulus aus, zuweilen auch Fortsätze über die Zelle selbst hinsendend, welche dann diese in einen förmlichen Korb einhüllen.

Wenn die Spinalganglien erkranken, wird sehr oft außer lebhaften Schmerzen im Bereiche der betreffenden Wurzel noch ein Herpesausbruch gefunden. Zahlreiche Beobachtungen von Head, der nachwies, daß es eine infektiöse, vorwiegend auf die Spinalganglienzellen beschränkte Erkrankung gibt, haben diese zuerst von Bärensprung aufgestellte Behauptung bewiesen. Physiologische Beobachtungen — Gaule — sprechen dafür, daß irgendeinem in den Spinalganglien enthaltenen Element vasomotorisch trophische Einflüsse auf die Haut und die Muskeln zukommen. Vielleicht sind hier die sympathischen Fasern in Betracht zu ziehen, die massenhaft die Zellen umstricken. Es soll aber nicht unerwähnt bleiben, daß wir starke Veränderungen der Spinalganglien bei Tabes durch Vulpian, Wollenberg u. a. kennen gelernt haben, welche ohne Herpes oder dergleichen verlaufen. Wahrscheinlich führen nur akute Erkrankungen zu Herpes.

Achte Vorlesung.

Der viscerale Nervenapparat.

Viscerale Nerven sind weithin über den ganzen Körper verbreitet. In allen Geweben und Organen des Organismus finden sie sich. Ob man die Leber oder die Niere, die Lunge oder die Wand eines Blutgefäßes untersucht, immer findet man da in früher ungeahnt großer Menge dünne, meist marklose Nervenästchen aufgezweigt. Sie bilden da die Unterlage für eine Unmenge von Reflexen, die für die Erhaltung der Gewebstätigkeiten unbedingt erforderlich sind. Viele dieser Reflexbogen stehen unter dem gelegentlichen oder ständigen Einflusse der Empfindungen und des Willens, wenn auch von ihrer Tätigkeit wenig oder nichts zum Bewußtsein dringt.

Unsere früher nur sehr geringen Kenntnisse sind durch die Arbeiten von Gaskell und später von Langley so weit gefördert worden, daß wir jetzt endlich eine gewisse Übersicht über das Ganze in anatomischer und funktioneller Beziehung besitzen. Auf diesem Gebiet haben anatomische Technik und physiologischer Versuch in vollendeter Weise zusammenarbeitend unerwartetes klares Licht geschaffen. Langley, dem wir die ausführlichsten Arbeiten verdanken, hält es für zweckmäßig, die mit dem Thorakal- und oberen Lendenmark in Beziehung stehenden Abschnitte des Visceralnervensystemes als Sympathikus abzutrennen von den zu dem Mittelhirn, der Oblongata und den zu dem Sakralmark in Beziehung stehenden Abschnitten, die er als autonomes Nervensystem bezeichnet.

Der Sympathikus innerviert die Körperwände und Extremitäten (Haut, Gefäße, Schweiß- usw. Drüsen) mit segmentalen Ästen, die

durchweg gemeinsam mit den peripheren Nerven verlaufen. Sie stammen aus seiner vor der Wirbelsäule liegenden Ganglienkette. Aus der gleichen sendet er aber auch durch die Nervi splanchnici usw. in alle Eingeweide sowie zu den Schleimhäuten, Drüsen und Gefäßen des Kopfes Fasern. Das autonomische System des Kopfes sendet zum letzteren Bezirk ebenfalls seine Fasern, die, wie wir wenigstens für die Pupille und die Speicheldrüsen wissen, antagonistisch zu denjenigen aus dem Sympathikus arbeiten. Auch das bereits vom Sympathikus

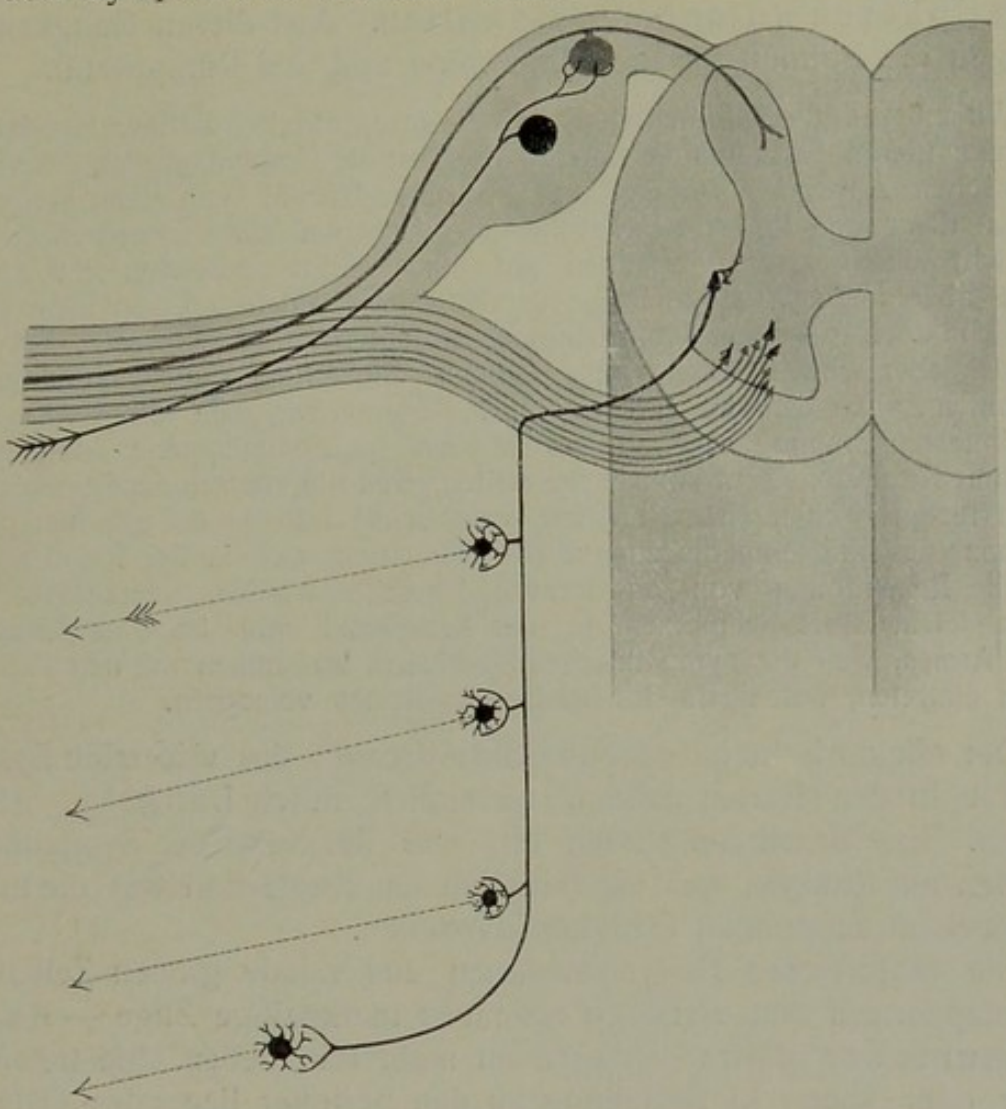


Fig. 56.
Einfachstes Schema des somatischen und des visceralen Systemes.

versehene System der Beckeneingeweide wird nochmals von dem autonomen Sakralsystem versorgt.

Da am Spinalabschnitt die Verhältnisse ziemlich klar liegen, sei er als Ausgangspunkt benutzt.

Der rezeptorische Apparat besteht durchgehend aus marklosen Nerven. Aus allen Eingeweiden treten zahllose Bahnen durch die Geflechte des autonomen Systems zu den Spinalganglien, und aus den Körperwandungen gelangen auf dem Wege der spinalen Nerven ebensolche Fasern in diese Ganglien. Ob die Fasern direkt in die Spinalgan-

glienzellen eintreten oder, wie es nach manchen histologischen Befunden scheint, in speziellen Zellen enden, deren zentrale Ausläufer sich erst an die Spinalganglienzellen anlegen Fig. 55, das ist noch unsicher.

Die Spinalganglien sind mit dem Rückenmark durch die hinteren Wurzeln verbunden und mit deren Fasern gelangen die Rezeptionen aus Gefäßen, Drüsen und Eingeweiden in den Zentralapparat.

Aus im Rückenmarke liegenden Zellen treten mit den Vorderwurzeln die effektorischen Anteile des autonomen Systems hinaus zu peripheren autonomen Ganglien. Aus diesen Ganglien entspringen die Bahnen für die Eingeweide und die Rumpfwand.

Wir müssen vorerst annehmen, daß die rezeptorischen Bahnen aus den Eingeweiden in das Rückenmark tretend, dort auf die Ursprungszellen des visceral motorischen Apparates wirken, und so eine Unzahl von dem autonomen System dienenden Reflexbogen bilden. Von ihrem Wirken erfahren wir, da sie nicht durch afferente Bahnen mit dem Gehirn verbunden sind, nichts. Treten aber abnorm starke Reize in den Eingeweiden auf, so kann es bekanntlich doch zu einer Wahrnehmung kommen (Kolikschmerz z. B.). Gewöhnlich aber wirken solche Reize anders. Sie erhöhen die Empfindlichkeit bestimmter Zonen der Haut (Head) oder sie erzeugen eine interessante Form der Sinnestäuschung: Wir müssen nämlich im Zentralapparat ankommende autonome Rezeptionen für somatische halten, weil die vielfach zusammen eintretenden rezeptorischen visceralen und somatischen Bahnen der gleichen grauen Substanz des Rückenmarks zugeführt werden und weil in der Regel nur somatische Rezeptionen von da hirnwärts geleitet werden. Herzkranke z. B. klagen leicht über Schmerzen in der Brustwand und im Ulnargebiet des linken Armes, weil die sympathischen Herzfasern zusammen mit den Thorakalnerven eintreten, welche die Innenseite des Armes versorgen.

Der effektorische oder motorische Abschnitt des visceralen Systems ist erst in den letzten Jahren, wesentlich durch Langley, geklärt worden. Erst durch ihn wissen wir, was die Kette der Sympathikusganglien am Rumpfe, was die Ganglien am Kopfe und was die in den Eingeweiden zerstreuten Ganglien darstellen.

Die motorischen Fasern stammen aus relativ großen Zellen des Zentralapparates und verlassen als meist markhaltige Züge — Ramus communicans albus — diesen an mehreren Stellen. Sie treten alle früher oder später in Beziehung zu den peripher liegenden Ganglien des autonomen Systems und heißen deshalb Fibrae praeganglionares. Mit dem Okulomotorius, dem Nervus intermedius, dem Glossopharyngeus und Vagus und mit fast allen motorischen Spinalnervenwurzeln treten solche Rami communicantes albi aus. Oft sind es nur kurze Verbindungsbrücken, aber andere Male handelt es sich um viele Zentimeter lange Nerven. So ist der größte Teil des Nervus vagus, der, welcher zu den Ganglien des Herzens und zu denjenigen des Magens und Darmes führt, nur aus solchen präganglionären Bahnen gebildet, und es ziehen die präganglionären Fasern zu den großen Ganglien im Mesenterium langhin vor der Wirbelsäule herab, ehe sie den Grenzstrang des Sympathikus als Nervi splanchnici verlassen.

Diese aus dem Zentralapparat kommenden prägangliönären Fasern treffen in den peripheren Ganglien des autonomen Systems, in den zerstreuten Ganglien des Kopfes, des Sympathikus und der Eingeweide auf vielverzweigte Zellen, etwa von der Form von Seesternen, bei denen meist ein dicker Leib viele dünne Fortsätze hat, andere Male auch von einem kleinem Leib lange dünne Fortsätze abgehen. Oft auch kommt es zu enormen Aufzweigungen der Dendriten, die dann

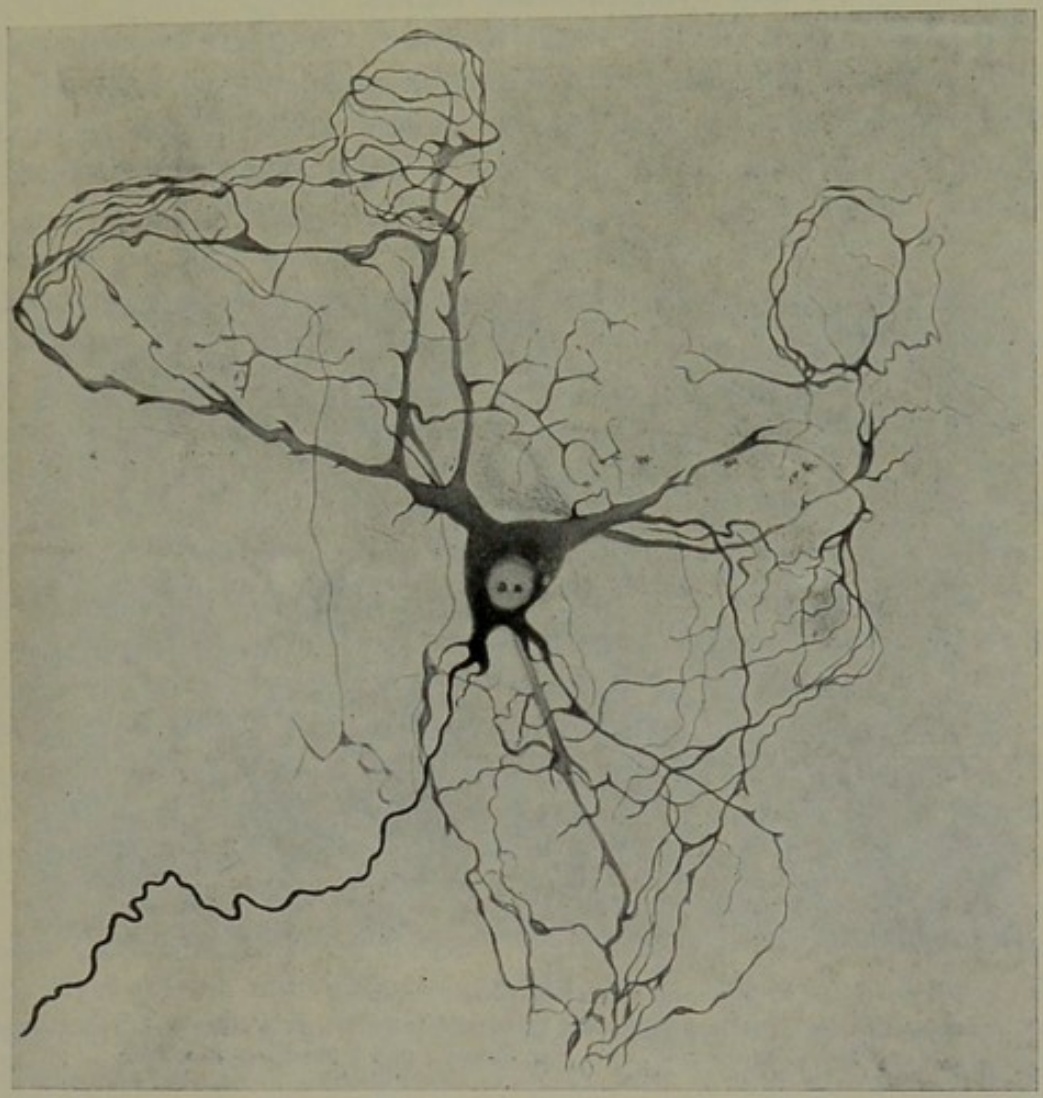


Fig. 57.

Eine sympathische Ganglienzelle aus einem Ganglion der Gallenblasenwand, nach Dogiel.

die ganze Zelle überall umwinden, oder zu einem kometenschwanzähnlichen sehr langen Pinsel von Dendriten.

In den Ganglien, die allein dem Sympathikus angehören, ist das ohne weiteres an guten Präparaten zu sehen. Anders aber ist es in den Ganglien am Kopfe und Halse. Hier findet eine Verwachsung der autonomen Ganglien mit den cerebrospinalen schon sehr früh statt und im reifen Zustande findet man dann in diesen Ganglien Elemente beider Systeme gemischt. So sind in der Abbildung des Ganglion jugulare, das Fig. 58 wiedergibt, Nr. 1 und 2 reine Kopfgang-

lionzellen, aus denen peripher Vagusfasern und zentral Vaguswurzeln entspringen, ganz wie die Spinalwurzeln, aber die Zellen vom Type 3 gehören dem visceralen Systeme an, und man sieht auch eine dritte Art; es umwindet eine wohl rezeptorische Sympathikusfaser eine der cerebrospinalen Zellen, so wie es an der Spinalganglienzelle der Fig. 55 schematisch gezeichnet ist. Außerdem gleichen nach Lenhossék auch die visceralen Elemente selbst in den Kopfganglien mehr den Spinalganglienzellen als den sympathischen Zellen.

Aus dem Axenzylinder der visceralen Ganglien entspringt eine nur mit zartester Markhülle umgebene Faser, der Ramus postganglionaris, der dann in die Gewebe verläuft. Diejenigen Rami postganglionares, welche behuf Innervation der Gefäße und Drüsen der

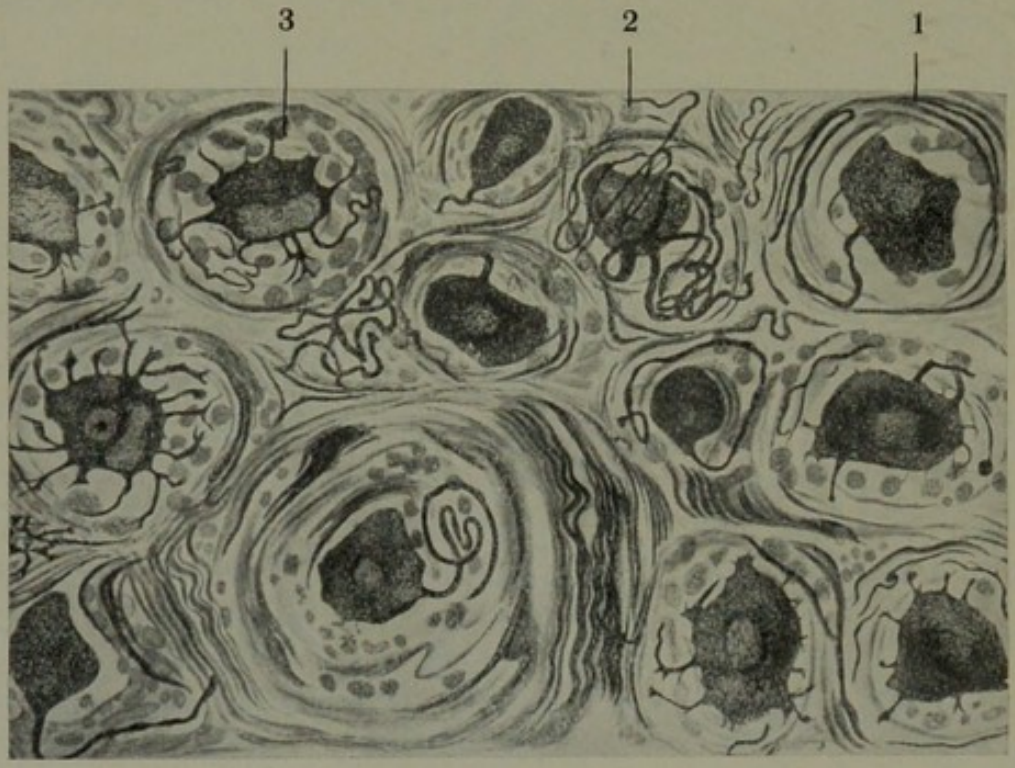


Fig. 58.

Schnitt durch das Ganglion jugulare Vagi vom Menschen Präp. von L. R. Müller. 1. 2 Cerebrospinale, 3. viscerale Zellen. Die Zellen vom Typus 1 und 2 überwiegen an Zahl.

Körperwände in die peripheren Nerven eintreten, heißen, weil sie fast ausschließlich markarme Nervenfasern enthalten, Rami communicantes grisei. Einige markhaltige Fasern sind immer beigemischt.

Es treten sehr viel mehr Fasern aus den Ganglien aus, als in sie eintreten und diese versorgen wieder eine noch viel größere Zahl von Gewebszellen. Wir müssen deshalb annehmen, daß die aus dem Zentralorgane kommenden präganglionären Fasern sich in den peripheren Ganglien so aufteilen, daß eine jede viele Ursprungszellen postganglionärer Apparate erreicht. Der physiologische Versuch zeigt, wie durch Reizung eines einzelnen dünnen präganglionären Stämmchens ein weiter postganglionärer Bezirk beeinflußt werden kann.

Keine viscerale effektorische Faser erreicht also das Gewebe direkt,

immer sind Ganglienzellen eingeschaltet, die bald nahe der Wirbelsäule in den Sympathikusganglien, bald weiter entfernt in dem mehr peripher gelegenen Plexus oder im Gewebe selbst (Herzganglien z. B.) gefunden werden. Vgl. Fig. 56. Anatomisch könnte man dies nicht beweisen, aber auf dem Wege des Experiments hat Langley es ermittelt. Wenn man einem Kaninchen etwas Nikotin injiziert, so kann man durch Reizung des Zentralnervensystems nicht mehr wie vorher irgendwie einen Effekt im visceralen Gebiet auslösen. Wohl aber gelingt das, wenn man peripher von den visceralen Ganglien reizt. Das Nikotin, welches die Ganglienzelle, nicht aber die Leitung stört, enthüllt so die Existenz von Ganglienzellen auf dem Wege zwischen Zentralapparat und Peripherie.

Die meisten Physiologen nehmen heute gestützt auf Langleys Versuche an, daß wohl immer nur eine Zellstation zwischen Zentralorgan und Gewebe eingeschaltet ist und daß, wo wir weit ab von der Wirbelsäule liegende viscerale Ganglien finden, die präganglionären Äste eben sehr lang sind. Es spricht aber das Verhalten des ausgeschnittenen Darmes ebenso wie der Nachweis mehrfacher übereinander geschichteter Gangliengruppen im Darme dafür, daß postganglionäre Bahnen nicht immer direkt im Gewebe enden müssen, daß sie sich vielmehr wieder zunächst zu anderen Ganglienzellen begeben und daß erst aus diesen dann die Endbahnen entspringen.

Der eigenartige Aufbau des ganzen System aus übereinander geschichteten Neuronen wird am leichtesten an Fig. 59 klar. Aus dem Zentralapparat (Bulbus, Rückenmark) kommt eine motorische Faser *D*. Sie endet in einem sympathischen Ganglion, und aus den Zellen dieses entspringt eine neue Bahn zum Endapparat in dem Darm. Die anatomischen Bilder sprechen dafür, daß sich gerade in der Darmwand, so wie das Schema es andeutet, weitere Ganglien *BA* in analoger Weise einschaften, so daß man eine förmliche Kette von Relais vor sich sieht. Der physiologische Versuch (Langley) ließ aber bisher keine Einwirkung von *C* auf *B* und *A* nachweisen, es ist also speziell für den Darm auch möglich, daß *B* und *A* auch direkt von *D* her innerviert werden, also *C* homolog sind, während *C* nur Endfäden in den Darm usw. sendet.

Das sind im wesentlichen die Aufbauprinzipien soweit wir sie heute kennen. Betrachten wir jetzt die Einzelteile des visceralen Nervensystemes etwas näher. Das Schema *S 103* soll dem folgenden Texte zur Erläuterung dienen.

Mit dem Okulomotorius treten aus dem Mittelhirn Fasern aus, welche um die Zellen des Ciliarganglions sich aufsplitternd durch diese die Iris und die Ciliarmuskeln innervieren. Das weit weg vom Mittelhirne im Inneren der Orbita liegende Ganglion ist also das Visceralganglion, die Okulomotoriusäste sind die präganglionären Fasern zu ihm, die Nervuli ciliares die postganglionären.

Mit dem Nervus intermedius (Wrisberg) der Oblongata, mit den Glossopharyngeus- und den Vaguswurzeln ziehen die motorisch visceralen Fasern zu den Blutgefäßen und Drüsen des Mundes, des Pharynx und der Nase, und speziell mit den Vagusfasern zu den Wänden der Speiseröhre, ja hinab bis zum Dünn- und einem Teil des Dickdarms, auch zur Trachea und Lunge. Dieser bulbäre Teil des autonomen Systems sendet also die präganglionären Bahnen im wesentlichen zu den autonomen Ganglien des Nahrungsschlauchs und der sich von ihm ausstülpenden Teile und zum Herzen.

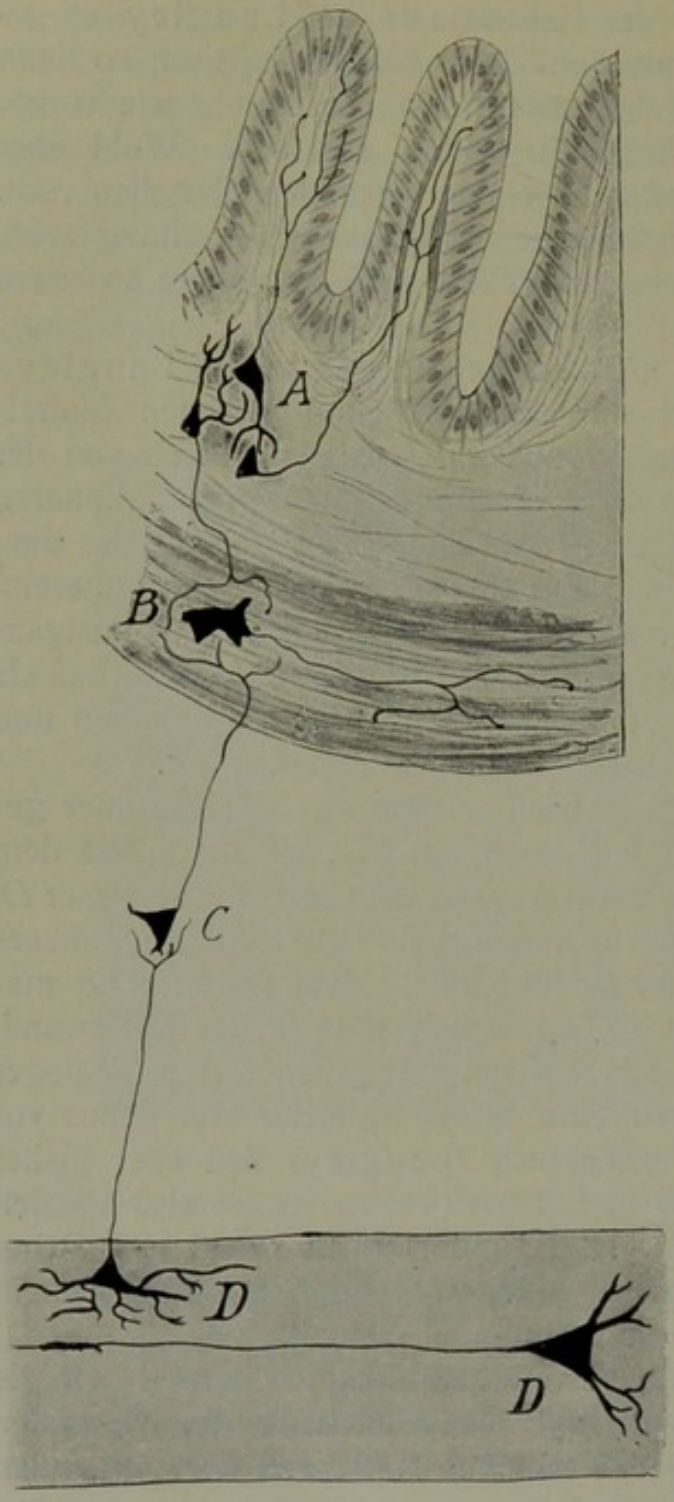


Fig. 59.
s. Text.

Im Cervikalmark gehen keine oder fast keine visceralen Fasern ab, aber vom ersten Thorakalsegment bis hinab zum dritten Lendensegment treten in regelmäßigen Abständen aus jeder Spinalwurzel weiße kommunizierende Fäserchen hinein in die Ganglien des der Wirbelsäule vorgelagerten Sympathikus. Sie splittern entweder in dem nächsten oder in einem weiter frontal oder weiter kaudal gelagerten Sympathikusganglion auf; einzelne von ihnen verlassen auch nach längerem Verlaufe den Grenzstrang um als Nervus splanchnicus usw. in den Ganglia mesenterica zu enden. Durch diese auf- und abwärtsziehenden Bahnen entsteht der größte Teil des sympathischen Grenzstranges. Aus seinen Ganglien treten in marklosen Bündelchen — Rami communicantes grisei — die Zellausläufer in die gemischten Nerven, dicht peripher vom Spinal-

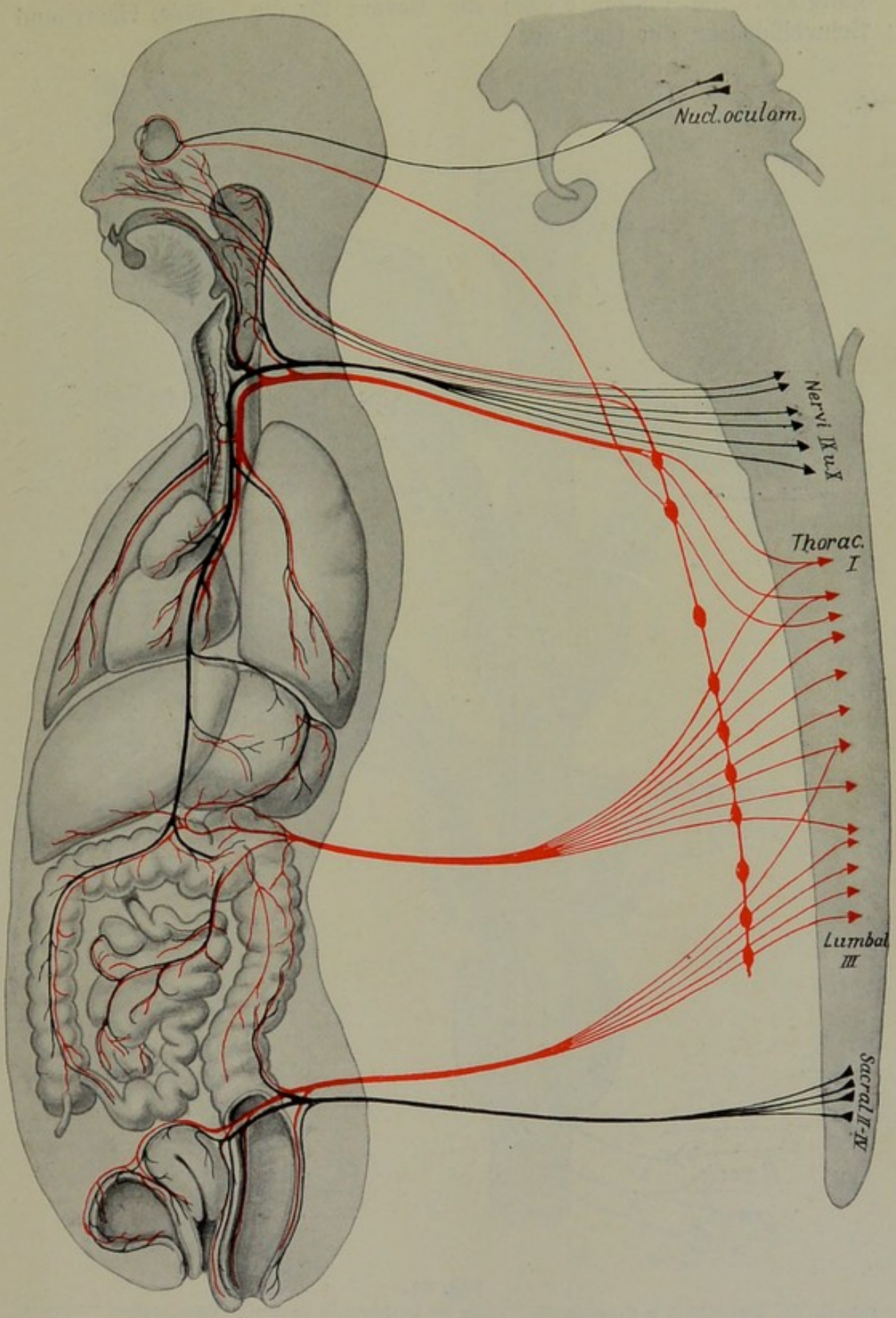


Fig. 60.

Die Innervation der Eingeweide.
Das autonome System schwarz, das sympathische rot.

ganglion. Sie führen diesen die Fasern für die Gefäße, Haare und Schweißdrüsen der Haut zu.

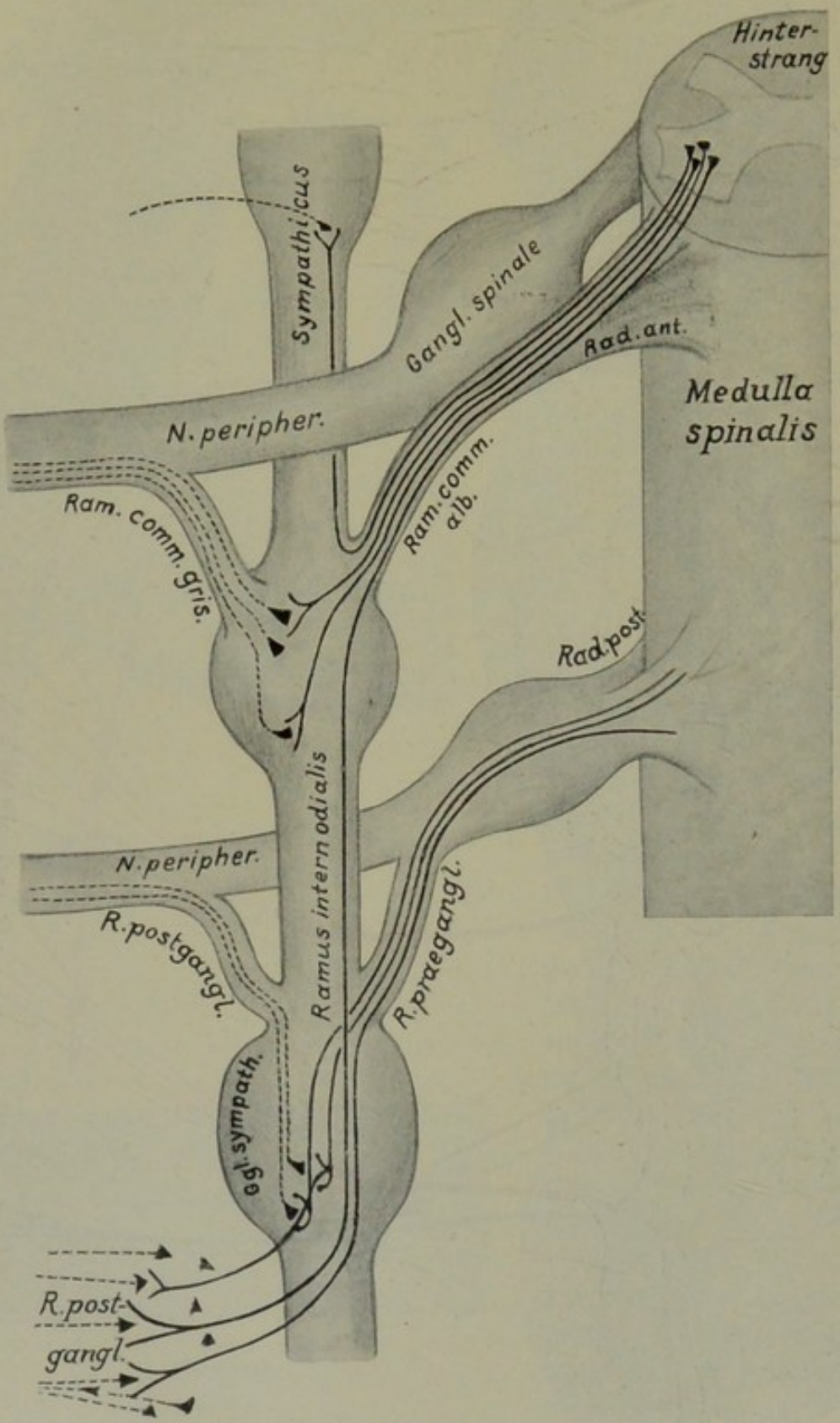
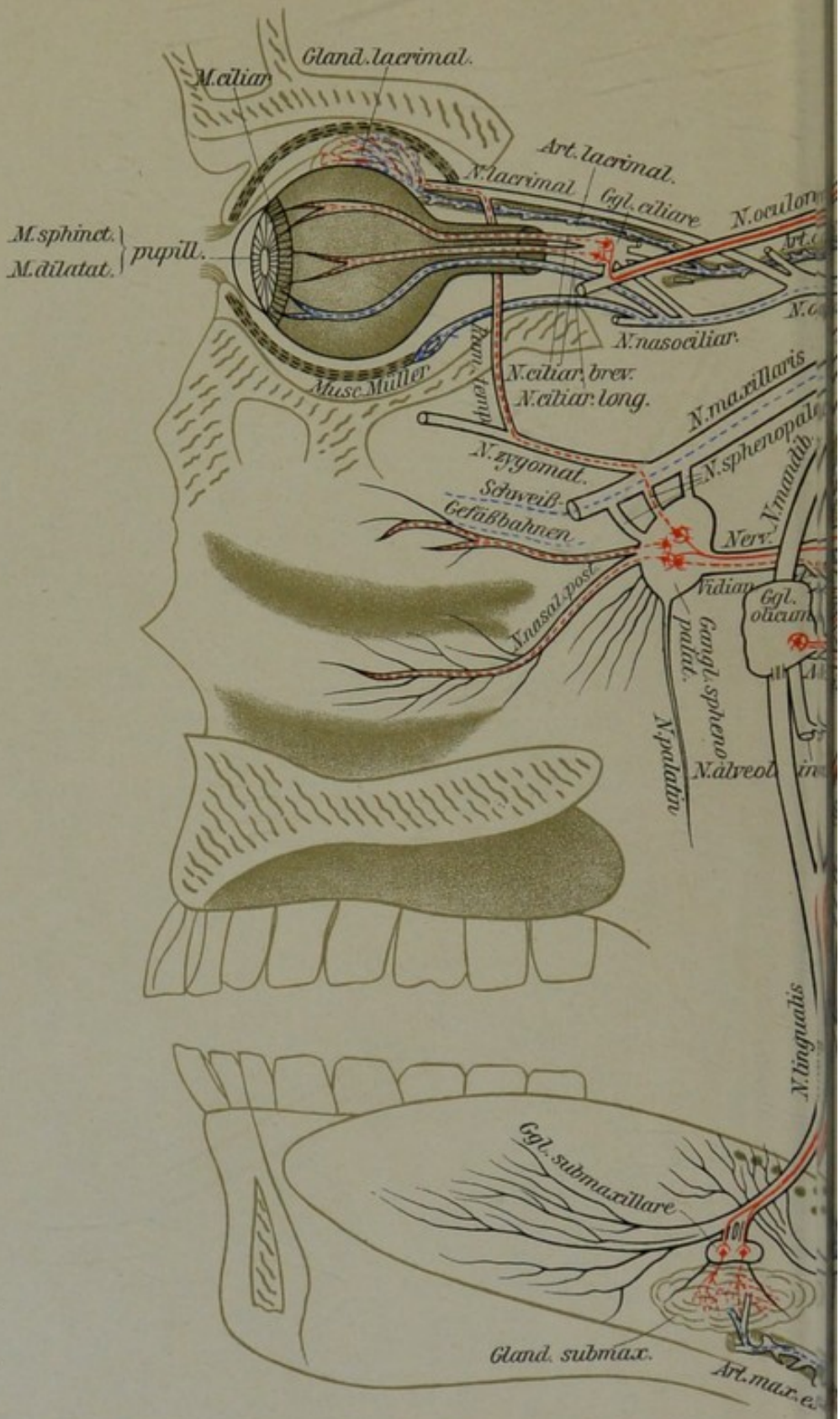


Fig. 61.

Schema des sympathischen Grenzstranges. Oben die Beziehungen zu den Cervikalganglien, unten die zu den Ganglien der Eingeweide, in der Mitte (zweimal) die Beziehungen zu den cerebrospinalen Nerven.

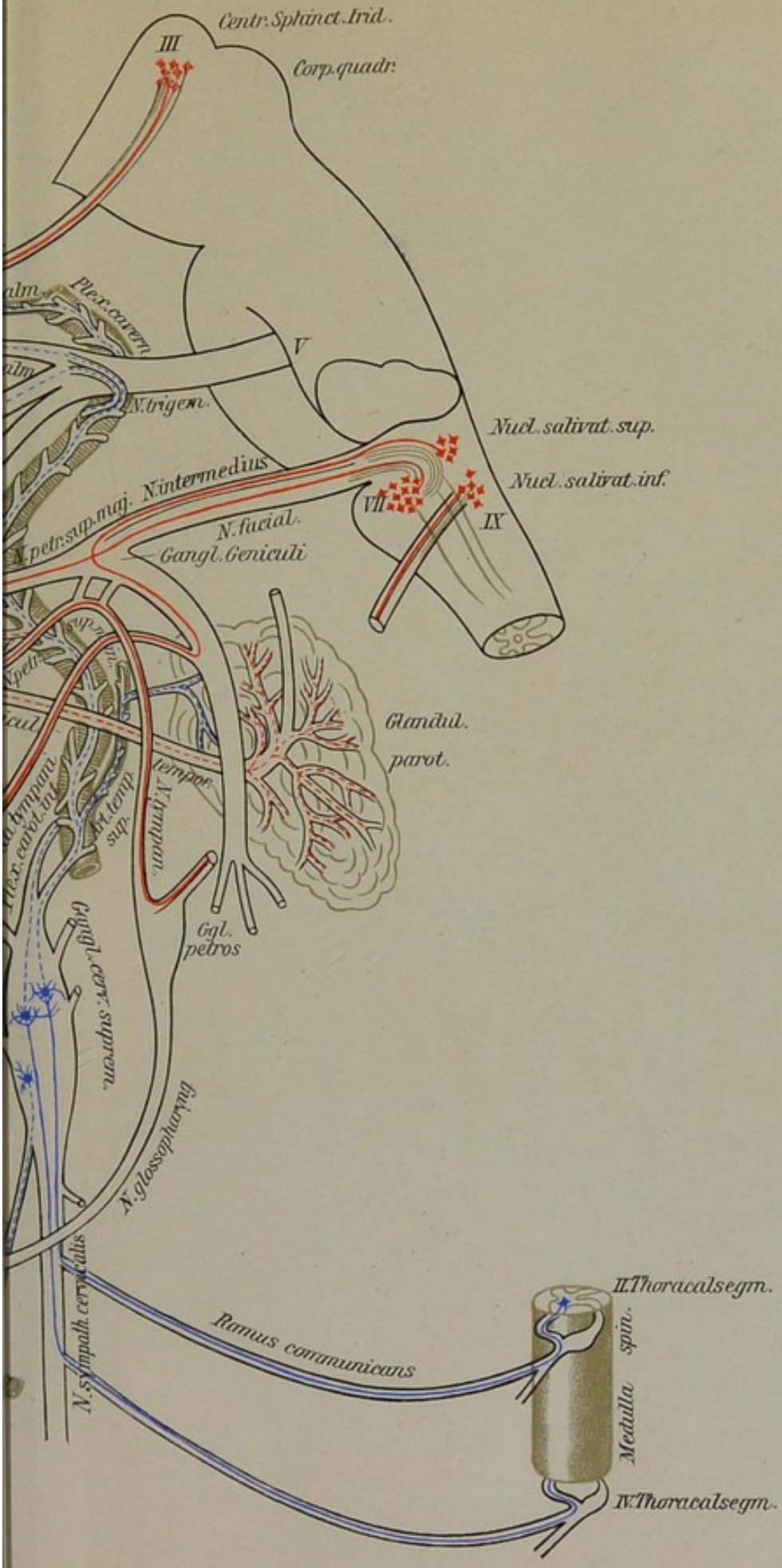
Ein großer Teil der Faserung aus dem Bauchstrang besonders aus dem ihn im Halsteil begrenzenden Ganglion triangulare verläuft



Schematische Darstellung
der
Beteiligung des viscesalen
Nervensystems an der Kopf-
innervation
nach F. W. Müller.

Fasern des autonomen und bulbaeren Mittelhirnsystems rot,
Fasern des vertebralen sympath. Systems blau.
Praeganglionaere Fasern ausgezogen,
Postganglionaere Fasern punktiert.

Verlag von F.



Vogel in Leipzig.

Druck von Richard Hahn (H. Otto) in Leipzig.

nicht zur Haut, sondern reichlich Plexus um die Gefäße bildend, frontalwärts zu allen Eingeweiden des Kopfes, den gleichen, die bereits vom Mittelhirn und vom bulbären Abschnitt her mit Fasern versorgt sind. Außerdem sendet die sympathische Kette große Mengen von Fasern in den ja auch teilweise vom bulbären System versorgten Apparat des Darmes und schließlich innerviert sie die Geschlechtsorgane. Sie geht also zu fast allen Gebieten des Körpers.

Die Wertigkeit der einzelnen Sympathikusganglien ist eine recht verschiedene, einige senden alle Fasern zu den Körperwandungen, andere alle in die Eingeweide, und wieder andere haben Fasern für beide Endstätten. So ist es auch mit dem mehr im Inneren des Körpers liegenden Ganglion coeliacum usw. Alle Fasern, welche zu den Eingeweiden gehen, verlaufen mit den Arterien, die Fasern zur Haut aber schließen sich bald den somatischen Nerven an. Ihre Verteilung entspricht auch im allgemeinen der jener Nerven. Allerdings wird aus einem einzelnen Sympathikusganglion manchmal ein größeres Areal versorgt, weil seine präganglionären Fasern mit zwei oder drei peripheren Nerven verlaufen können.

Die Eingeweide des Beckens, welche im wesentlichen schon von der sympathischen Kette her innerviert sind, erhalten aus einem vierten Zentrum, aus dem Sacralteil des Rückenmarks, ebenfalls reichlich Fasern. Die präganglionären Fasern gehen mit den I—IV Sakralnerven ab und bilden zunächst die langen zu den Ganglien ziehenden Bahnen (Nn. pelvici usw.).

So erhalten also die Gewebe, die aus dem mesencephalen, bulbären und sakralen autonomen System Fasern bekommen, doppelte autonome Nervenfasern, beziehen die anderen Gewebe sie nur aus einer Quelle, dem Sympathikus. Langleys Untersuchungen haben gezeigt, daß die Fasern aus einem System sehr oft Antagonisten der aus dem anderen kommenden sind. So erzeugen die präganglionären Fasern des vom Mittelhirn erregten Ganglion ciliare Verengerung der Pupille, während Reizung der vom Sympathikus zum Auge tretenden Bahn die Pupille erweitert. Reizung der im Vagus verlaufenden bulbären präganglionären Herzfasern verlangsamt die Schlagfolge und ebensolche der Sympathikusfasern beschleunigt sie. Vier oder fünf Spinalnerven im Lendenteil senden ihre Fasern durch den Sympathikus zu den äußeren Geschlechtsorganen. Reizung jedes einzelnen dieser Nerven erzeugt Kontraktion. Aus dem Sakralsystem kommen aber auch zwei oder drei Spinalnerven dahin, und die Reizung jedes dieser Nerven erzeugt Erschlaffung.

Schließlich gebe ich auf der Tafel Fig. 62 nach Arbeiten von Müller, dem wir sehr viel für die Aufklärung der anatomischen Verhältnisse hier verdanken, eine halb schematische Abbildung der Innervation des Kopfes. Es sind nur die motorischen Bahnen gezeichnet, die rezeptorischen verlaufen in den optischen und trigeminalen Bahnen. Sie wird sich gelegentlich im Dienste der Diagnostik als recht nützlich erweisen.

II. TEIL.

SPEZIELLE ANATOMIE DES CENTRALNERVENSYSTEMS DER SÄUGER, NAMENTLICH BEIM MENSCHEN.

Neunte Vorlesung.

Das Rückenmark I.

1. Allgemeines, Segmentinnervation, Querschnittbild.

Zwischen Spinalganglion und Rückenmark entfaltet sich sowohl die sensible, als die motorische Wurzel in eine Menge kleiner Faserstämmchen, „Wurzelfasern", die auf eine lange Strecke in das Rückenmark eintreten, die sensiblen Fasern auf der Rückseite, die motorischen auf der Vorderseite in einen etwas seitlich liegenden Längsspalt. Die Zahl dieser Bündelchen ist nicht gleich für alle Wurzeln und ist auch bei verschiedenen Individuen öfters eine verschiedene.

Die Wurzeln treten also längs des Rückenmarkes in dieses ein.

Da, wo starke Wurzeln, aus den Extremitäten kommend, herantreten, schwillt das Mark etwas an. Die Intumescentia cervicalis nimmt die Armnerven, die Intumescentia lumbalis die Beinnerven auf. Die schmalste Stelle des Rückenmarkes gibt den Interkostalnerven Ursprung. Das unterste, kegelförmig endende Stück des Markes heißt Conus terminalis; aus ihm entspringt außer den Nerven ein langer, dünner Fortsatz, das Filum terminale.

Die obere Begrenzung wird durch den Anfang der Pyramidenkreuzung (siehe unten) gegeben.

Ein Blick auf die Fig. 63 zeigt, daß auf die größere Länge des Rückenmarkes hin in ziemlich gleichen Abständen die auch ziemlich gleichlangen Wurzeln abgehen. Jede setzt sich aus einem dorsalen sensiblen und einem ventralen motorischen Abschnitte zusammen. Vom ersten Lendensegmente ab ändert sich das etwas. Die Wurzeln werden länger, verlassen nicht nahe ihrer Ursprungshöhe den Wirbelkanal, ziehen vielmehr zu weiter kaudal gelegenen Austrittspunkten. Je weiter man rückwärts untersucht, um so länger werden diese Wurzelfasern. Sie bilden, wenn etwa in der Höhe des 1.—2. Lumbalwirbels das eigentliche Rückenmark aufgehört, resp. zu dem dünnen Faden des Filum terminale sich verdünnt hat, ein mächtiges Büschel, die Cauda equina. Es ist aus praktisch diagnostischen Gründen wichtig, sich diesen langen intravertebralen Verlauf der letzten Wurzeln vor Augen zu halten. Der zweite Sakralnerv z. B., welcher erst aus dem zweiten Foramen sacrale austritt, muß, um von seinem Ursprung in die Höhe des ersten Lumbal-

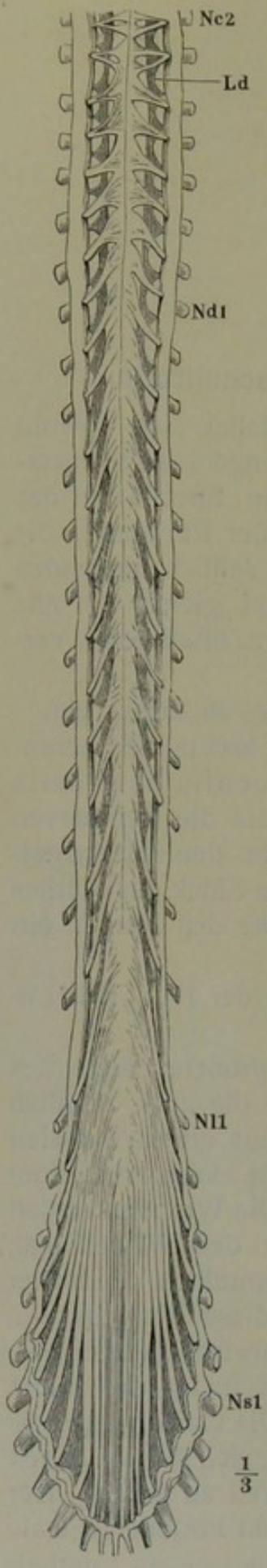


Fig. 63 a. (nach Henle).

Das Rückenmark mit den eintretenden Nervenwurzeln von vorn. Die Stämme treten durch die Dura mater und entfalten sich dann fächerförmig am Mark entlang. Zwischen Dura und Rückenmark liegt ein gezahntes Aufhängeband, das Ligamentum dentatum *Ld*. *Nc* 2 Nervus cervicalis II, *Nd* 1 Nervus dorsalis I, *Nl* 1 Nervus lumbalis I, *Ns* 1 Nervus sacralis.

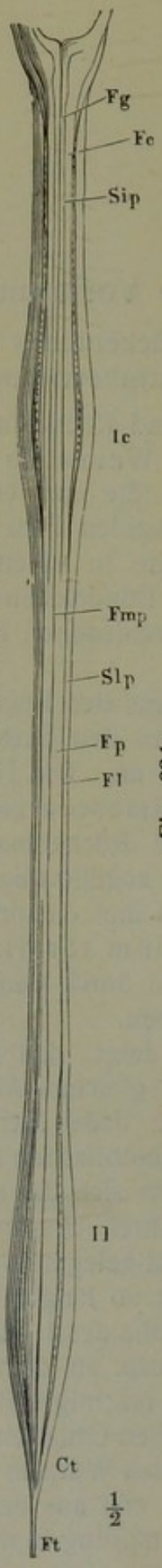


Fig. 63 b.

Ein Rückenmark, dessen Nervenwurzeln abgetrennt sind, von hinten. Man beachte die beiden Anschwellungen Intumescentia cervicalis *Ic* und lumbalis *Il*. Durch den hinteren Längsspalt *Fmp* sind die Hinterstränge *Fp* geschieden. Im Halsmarke trennt eine Furche *Sip* Sulcus interm. post. diese Stränge in *Fg* Funiculus gracilis und *Fc* Funiculus cuneatus. *Fl* Funiculus lateralis. *Cl* Conus terminalis. *Ft* Filum terminale.

wirbels dahin zu gelangen, eine Strecke von 14 cm durchziehen. L. R. Müller, dem wir besonders ausführliche Untersuchungen über die Terminalgegend des Rückenmarkes verdanken, hat auch die wichtige Entdeckung gemacht, daß im Conus terminalis und überhaupt im kaudalsten Abschnitte des Rückenmarkes sehr viel mehr sensible Wurzeln als motorische vorhanden sind, auch daß, wo noch etwa motorische Wurzeln sich zeigen, diese sehr viel schwächer als die entsprechenden sensiblen sind. Wir werden später sehen, daß dieses Verhältnis sich natürlich auch im inneren Aufbau des Conus terminalis ausdrückt, welcher noch die drei unteren Sakralsegmente und das Coccygealsegment enthält. Da in der Cauda equina keine Plexusbildung stattfindet, liegen natürlich die sensorischen Wurzeln alle vereint dorsal, die motorischen ventral. Auch das ist praktisch wichtig.

Bekanntlich tritt bald nach Bildung der Wurzeln für die meisten derselben ein Faseraustausch mit benachbarten Wurzeln, eine Plexusbildung ein. Erst aus

dem Plexus geht dann der periphere Nerv hervor und dieser enthält dann Elemente aus verschiedenen Wurzeln. Lange Jahre hindurch haben sich zahlreiche Forscher mit der Frage beschäftigt, ob etwa den einzelnen Wurzeln bestimmte Hautbezirke oder auch bestimmte Muskeln angehörten und welches Gesetz der Faserverteilung in der Peripherie zugrunde liege. Die älteren Untersuchungen über die motorische Innervation sind neuerdings namentlich durch Kocher und durch Bolk erweitert worden, diejenigen über die sensible sind, nachdem Türck die Grundzüge gezeichnet hatte, wesentlich durch Arbeiten von Head, Roß, Thorburn und Sherrington weitergeführt worden.

Es hat sich gezeigt, daß jeder Wurzel ein ganz bestimmtes peripheres Areal zugehört, daß ihre Fasern dieses Areal aber nicht direkt, sondern meist durch ganz verschiedene Nerven erreichen. So deckt sich also das Wurzelareal nicht mit demjenigen der Nerven, der Ausfall einer Wurzel erzeugt Störungen in Gebieten, die mehreren Nerven angehören und der eines sensiblen Nerven trifft Felder, die von mehreren Wurzeln her versorgt sein mögen.

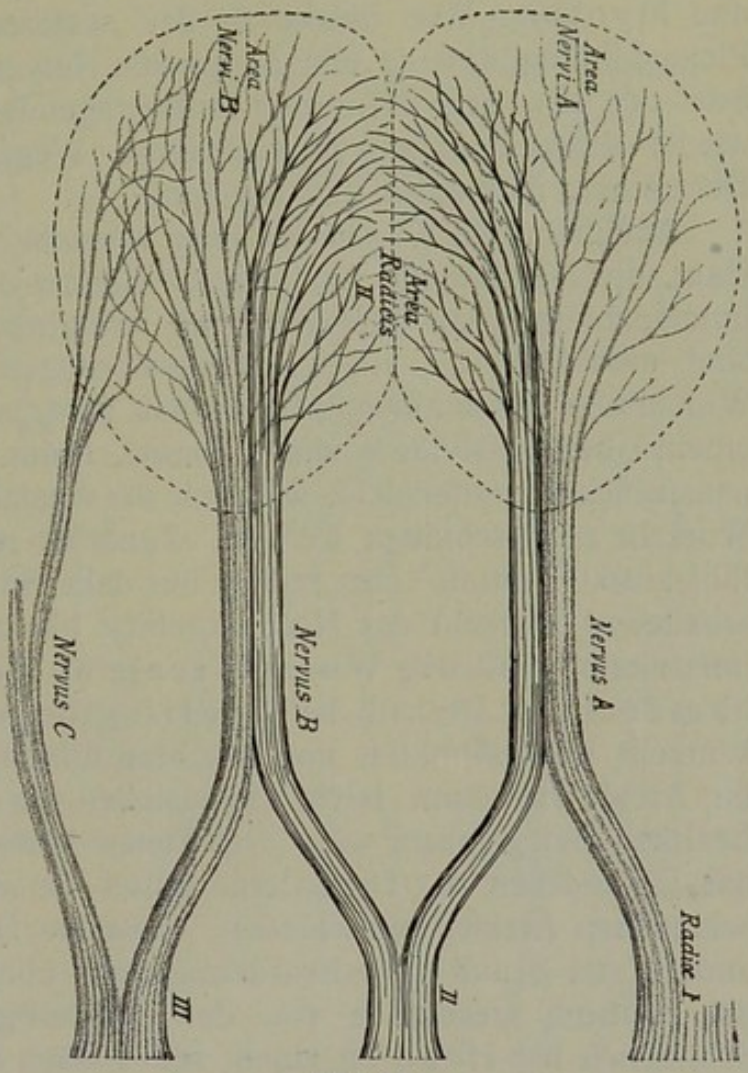


Fig. 64.

Schema der Innervation eines Hautbezirkes. Man beachte: Nervenareal, Wurzelareal, Überdecken der Wurzelareale.

Angenommen, Sie fänden bei einem Patienten die ganze Außenseite des Armes, von der Schulter bis zum Daumen hnterempfindlich. Dieses Gebiet wird von drei Nerven, dem Axillaris, dem Cutaneus medius und unten vom Palmaris medius versorgt. Wären alle diese Nerven erkrankt, dann würde auch ihr übriges Innervationsgebiet, das medianer liegt, mitgelitten haben; das lange Feld kann also nicht durch die Unterbrechung jener Nerven empfindungsgestört sein. Wir wissen aber, daß es ausfällt, wenn die 5te—7te Cervikalwurzel leiden. Die Diagnose wird also auf Erkrankung dieser Wurzeln mit Leichtigkeit zu stellen sein. Nur die Anteile der drei Nerven, welche aus jenen Wurzeln stammen, innervieren es, die anderen Teile der gleichen Nerven — sie stammen aus den 6—8ten Cervikalwurzeln — innervieren ein medianer liegendes Feld an der Volarseite des Ober- und Unterarmes.

Die Entwicklungsgeschichte lehrt uns leicht, diese Verhältnisse gut verstehen.

Der frühe Embryo besteht aus einer Reihe hintereinander liegender Metameren. Die Abschnitte des Zentralnervensystems, welche diesen Metameren entsprechen, heißt man Neuromeren. Jedem Neuromer sind zwei dorsale und zwei ventrale Wurzeln zugeordnet.

Diese versorgen die Haut, die Knochen und die Muskeln nur des betreffenden Körperabschnittes, dessen Dermatom, das Sklerotom und Myotom. Wie immer in der späteren Embryonalzeit auch die Plexusbildung usw. in den peripheren Nerven ausfallen mag, die Endäste der aus dem Neuromer entspringenden Fasern treffen sich alle wieder direkt oder auf verschiedenen Wegen ankommend in seinem Dermatom, Sklerotom und Myotom.

Auf mehreren Wegen hat man versucht, die Wurzelbezirke für die Haut, die Dermatome, festzulegen. Einmal durch genaue Sensibilitätsuntersuchungen an Menschen mit unterbrochenem Rückenmark. Es sind allmählich so viele Leitungsstörungen in den mannigfachsten Wurzelhöhen bekannt geworden, daß man, sie zusammenstellend, zu einem Übersichtsbilde kommen konnte. Dann hat man — Sherrington namentlich — untersucht, wie sich der Ausfall gestaltet, wenn einzelne Wurzeln durchschnitten werden. Zunächst zeigte sich, daß kaum Gefühlsausfall eintrat. Das konnte nur daher rühren, daß die anliegenden erhaltenen Wurzeln das Nachbargebiet bis zum gewissen Grade mit innervieren, daß die Wurzelareale an den Rändern einander überdecken. Deshalb hat Sherrington, dann Winkler zahlreiche Wurzeln durchschnitten und nur eine mitten darunter intakt gelassen. Ihr Areal war dann leicht festzustellen, da es ja von überdeckenden Bezirken frei gemacht war. Bei Tieren sowohl als beim Menschen ist das Überdecken der Dermatome durch die nächst anliegenden in verschiedenen Arealen verschieden. Einzelne Dermatome werden von 2, andere von 3 und 4 Nachbardermatomen überdeckt, so daß immer nur das Zentrum wesentlich von der zugehörigen Wurzel innerviert ist. Schließlich hat Head an einem sehr großen Materiale gezeigt, daß die Herpeseruptionen, welche von der Erkrankung einzelner Spinalganglien abhängen, im wesentlichen ähnliche Bezirke einnehmen, wie die aus Rückenmarksdurchtrennungen erschlossenen Dermatome.

Ist nun auch für das feinere Detail hier noch sehr viel zu schaffen, so kann man doch heute ein ziemlich übersichtliches Bild der Segmentinnervation der Haut zeichnen. Auf der Figur 65 habe ich zusammengestellt, was sich mit einiger Sicherheit aussagen läßt. Die Linien geben den Verlauf der Wurzelfasern an. Zu beiden Seiten derselben ist das Segmentareal gelegen.

Die Anordnung ist leicht zu behalten, wenn Sie von den Sakralnerven ausgehen. Sie sehen dann sofort, warum die Kreuzbeingegend von den letzten Sakralwurzeln, die Hinterseite des Beines von den

höher liegenden Sakralnervenwurzeln versorgt werden muß, wie sich die Lumbalwurzeln in die Innervation der Vorderseite teilen und wie

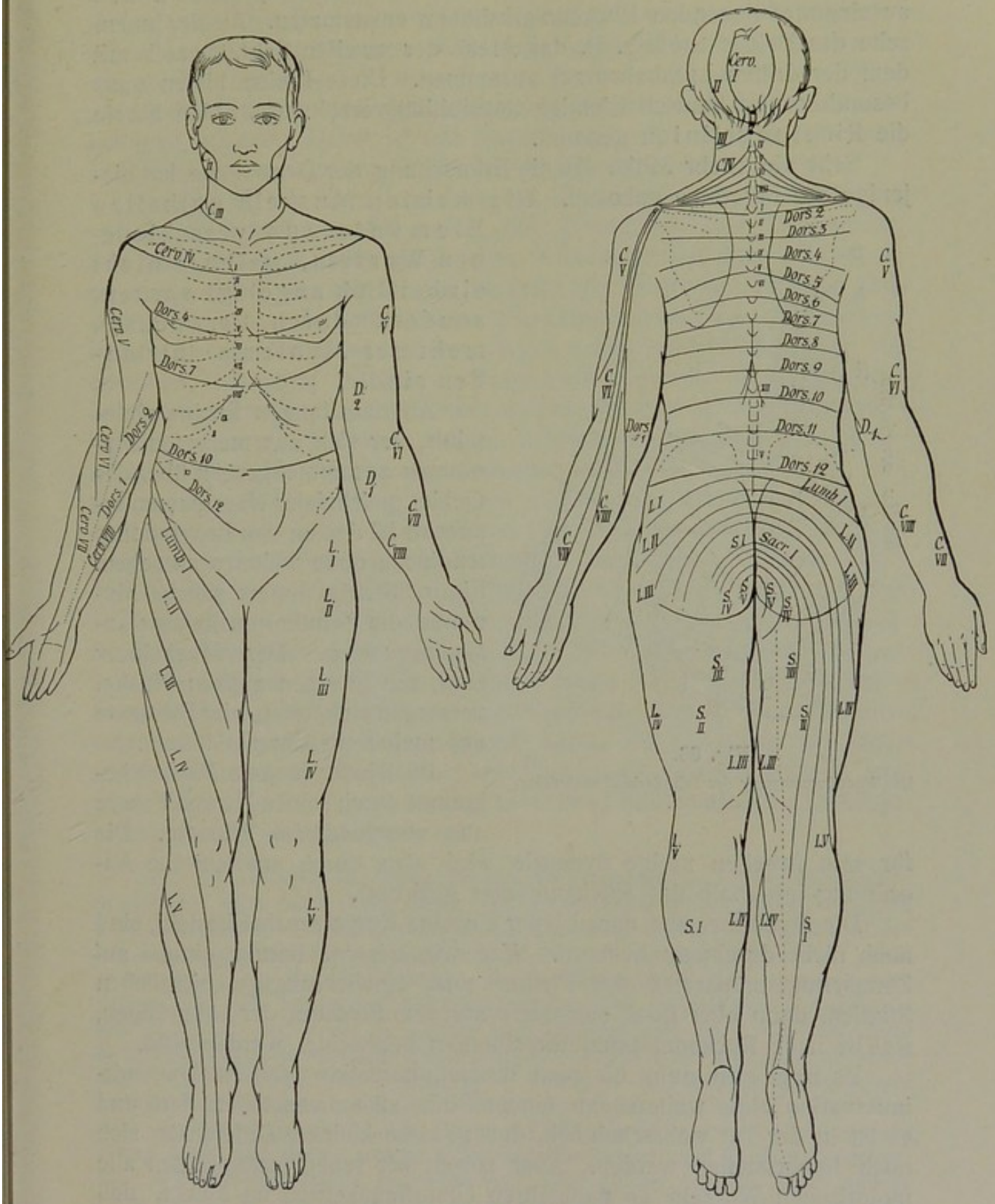


Fig. 65.

Die Wurzelinnervation der Haut.

sich hieran die Wurzeln der Dorsalnerven anreihen. Durch diese Anordnung kommt es dazu, daß in einer bestimmten Linie jeder Extremität Wurzelfelder sich treffen, die nicht benachbarten, sondern weit auseinander liegenden Rückenmarkshöhen entstammen. An der Innenseite des Beines stößt z. B. das Areal der zweiten Sakralwurzel mit dem der dritten Lumbalwurzel zusammen. Diese Linien bieten ganz besondere und klinisch wichtige Sensibilitätsverhältnisse. Man hat sie die Richtungslinien genannt.

Sehr viel mehr Mühe als die Erforschung der Dermatome hat diejenige der Myotome gekostet. Die meisten Muskeln enthalten Elemente aus verschiedenen Wurzeln, weil sie nicht einheitlich angelegt werden, sondern durch Verwachsen mehrerer Myotome entstanden sind.

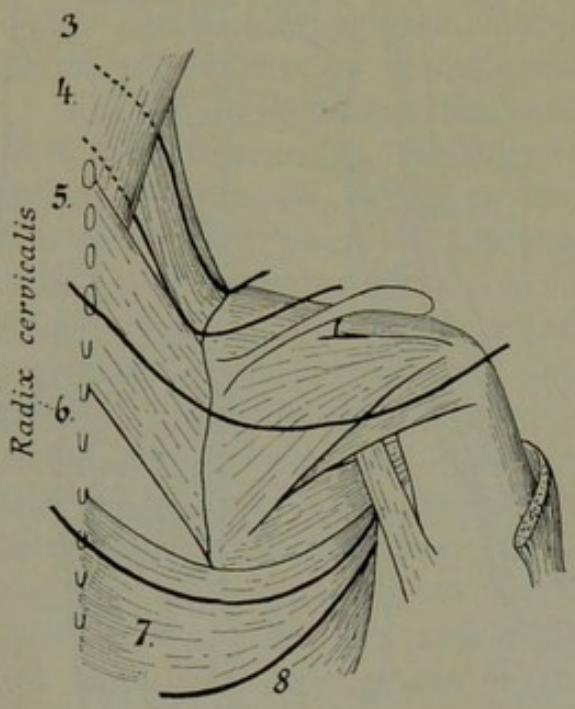


Fig. 66.
Die Wurzelversorgung der Schulterblattmuskulatur, nach Bolk.

An dem langen Rectus abdominis, der sich aus mehreren Myotomen zusammengesetzt über das Gebiet gleichvieler Neuromeren erstreckt, ist das an den Inscriptiones tendineae ohne weiteres zu sehen. Figur 66 zeigt Ihnen, welche Myotome die Schultermuskulatur zusammensetzen. Der Muskelnerv muß, um je einen ganzen Muskel versorgen zu können, hier Elemente aus mehreren Wurzeln führen.

Fast jeder längere Muskel bekommt durch seinen Nerven Fasern aus verschiedenen Wurzeln. Die für sein Arbeiten nötige Synergie wird also durch anatomische Anordnung innerhalb des Rückenmarkes gesichert.

Die Myotome, aus denen jeder einzelne Körpermuskel besteht, sind noch nicht durchweg bekannt. Was wir wissen, beruht einmal auf Zerfaserungspräparaten der Plexus und entwicklungsgeschichtlichen Studien, dann aber ganz besonders auf dem Studium der Lähmungen, welche nach Rückenmarkunterbrechungen beobachtet worden sind.

Es fragt sich nun, ob man Wurzelinnervation und Rückenmarkinnervation ohne weiteres zu einem Bilde zusammenstellen darf und es ist in der Tat wahrscheinlich, daß gewisse kleinere Differenzen sich noch herausstellen werden. Aber soweit wir sehen, entspringen alle motorischen Wurzeln so nahe ihren Ursprungskernen im Marke, daß wir für das praktische Bedürfnis hier einmal Wurzel und Rückenmarksegment gleichsetzen wollen. Schon wegen des Mangels einer im

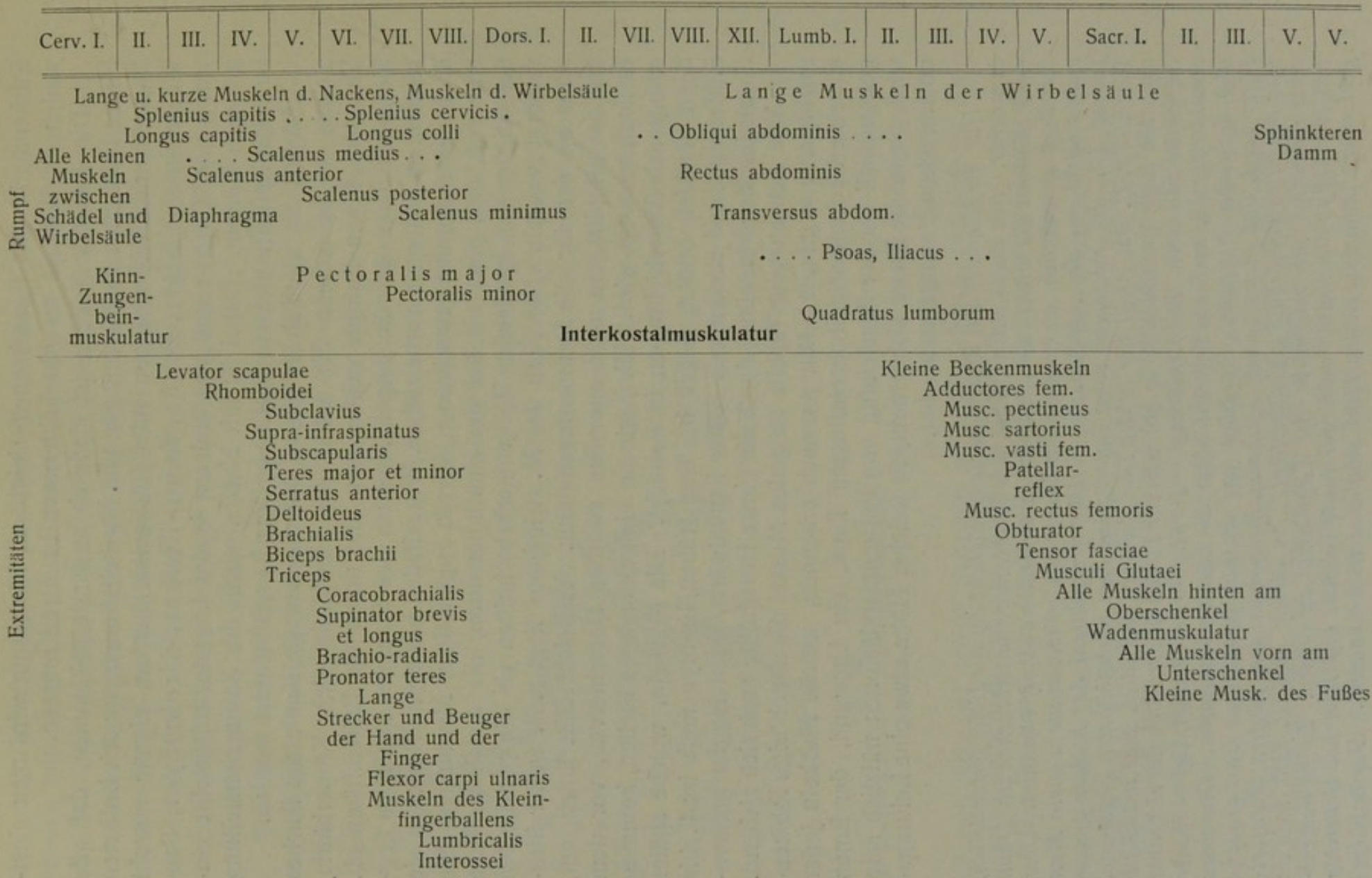
Rückenmarke des Erwachsenen sichtbaren Einteilung wird man einstweilen die Wurzeln als Abscheidezonen benutzen müssen.

Die folgende Tabelle ist dadurch zustande gekommen, daß alle bisher bekannten Beobachtungen von Muskellähmungen nach isolierten Rückenmarkunterbrechungen oder Rückenmarkherden, eigene sowohl wie solche von Starr, Bruns, Sano, Kocher, Strohmeyer, Steward und Turner und von anderen in der Literatur mitgeteilte eingetragen wurden. Dabei ist mit Nutzen auch die Zusammenstellung von Wichmann und ein Werk von Rjubergs benutzt worden.

Wollen Sie die Tabelle einmal auf die schmale Kante des Buches stellen, so bekommen Sie sofort das Umrißbild einer Körperhälfte. Von dem dicken Rumpfe gehen oben und unten die Extremitäten ab. Sie sehen dann, daß die langen Muskeln des Stammes aus allen Segmenten, an denen sie vorbeiziehen, Wurzelfäden beziehen. Bestehen sie doch aus zusammengewachsenen, diesen zugehörigen Myotomen. Sie erkennen, daß, ganz wie bei der Hautinnervation, die distalsten Teile der Glieder von kaudaleren Rückenmarkabschnitten als die proximalen versorgt werden. Der Kern des M. deltoideus liegt z. B. weiter hirnwärts als der für die Daumenmuskulatur. Vielleicht fällt Ihnen auf, daß das Diaphragma nicht aus dem zwölften Dorsalnerven, vor dem es liegt, versorgt wird. Hier, wie an einigen anderen Stellen, kommen embryonale Verschiebungen in Betracht. Die Muskeln, welche später das Zwerchfell bilden, liegen bei dem frühen Embryo noch im 3. bis 5. Metamer und rücken erst später kaudalwärts, ihren langen Innervationsfaden, den Phrenikus, durch die ganze Brusthöhle nach sich ziehend.

Wie sich aus der Tabelle für jeden Muskel die zugehörige Rückenmarkspartie ergibt, so läßt sie auch erkennen, welche Muskeln jeder einzelne Rückenmarkteil beeinflussen kann, ein Umstand, der Ihnen gelegentlich bei der Beurteilung von Rückenmarkläsionen nützlich sein wird, wenn die Frage sich erhebt, in welcher Höhe etwa eine Leitungsunterbrechung stattgefunden hat.

Nur die Kenntnis des Wurzelareals ermöglicht es, die Höhe festzustellen, in welcher, etwa durch einen Tumor, das Rückenmark unterbrochen ist. Dann wird zunächst die Grenze der eingetretenen Anästhesie scharf bestimmt. Über ihr liegt gewöhnlich eine hyperästhetische, oft schmerzende Zone. Man ersieht leicht aus den Abbildungen, welches Wurzelareal das höchste ausgefallene ist. Es entstammt seine Innervation dem nächsthöheren Segmente. War also z. B. das Areal der achten Dorsalwurzel und alles, was unterhalb derselben liegt, anästhetisch, so hat man die Läsion in der Höhe des siebenten Segmentes zu suchen. Die Erfahrung — Bruns — hat gezeigt, daß es immer zweckmäßig ist, noch ein Segment höher die Läsion anzunehmen. Das wäre also das sechste Segment. Ein Blick auf die hier beigegebene Gowerssche Figur zeigt, daß dieses sechste Rückenmarkssegment dem fünften Dornfortsatz der Brustwirbelsäule gegenüberliegt. An diesem also ist, falls man zu einer Operation sich entschließt, der Wirbelkanal zu öffnen. Es ist namentlich Horsleys Verdienst, wenn wir heute wissen, daß man am sichersten geht, wenn man immer den Herd möglichst hoch annimmt. Durch Nicht-



Segmentinnervation der Muskulatur.

Die Reflexe sind in den gleichen Segmenten wie die betreffenden Muskeln lokalisiert.

beachtung der eben gegebenen Regeln ist wiederholt zu tief operiert und eine vorhandene Erkrankung nicht gefunden worden.

Bis zu den Untersuchungen von Stilling und Clarke glaubten die Anatomen, daß alle die Fasern, welche als Wurzelfäden an das Rückenmark herantreten, einfach zum Bündel gesammelt, in diesem zum Gehirne zögen. Aber schon die ersten eingehenderen Untersuchungen lehrten, daß dem nicht so ist, daß im Rückenmarke Fasern verschwinden, daß neue da auftauchen und vor allem, daß die Summe der eintretenden Bahnen sehr viel größer ist, als die Fasermasse, welche etwa oben im Halsmarke des Rückenmarkes gefunden wird.

Heute ist durch zahlreiche Untersuchungen der Bau des Markes so geklärt, daß er sich in seinen Hauptelementen ganz einfach darstellen läßt. Man hat seinerzeit mit der Untersuchung einfacher Querschnitte begonnen, später hat man erkannt, daß einzelne anscheinend einfache Bündel bei Erkrankungen, vor allem nach Unterbrechungen, verschieden degenerierende Unterabteilungen hatten, dann wurde entdeckt, daß noch mehr solche Abteilungen existierten, Abteilungen, die sich zu verschiedenen Entwicklungsperioden mit Mark umgeben und schließlich hat man, im allgemeinen vertraut mit dem Wichtigsten im Bau, es gewagt, experimentell an das Mark heranzutreten. Man hat einzelne Wurzeln, einzelne Stränge durchschnitten und mit sehr vollkommenen Methoden die Entartungen verfolgt, welche danach eintreten.

Auf einem Querschnitte durch das Rückenmark (Fig. 68) erkennen Sie zunächst weiße Substanz in der Peripherie und graue Substanz in H-Form im Zentrum. Die beiden Rückenmarkshälften sind ventral (vorn) getrennt durch die Fissura anterior, dorsal durch das Septum mediale. Verbunden werden sie durch eine Kommissur weißer Substanz vorn, grauer Substanz hinten. Die vordere Ausdehnung der grauen Substanz nennt man die Vorderhörner oder Vordersäulen, die hintere die Hinterhörner resp. Hintersäulen.

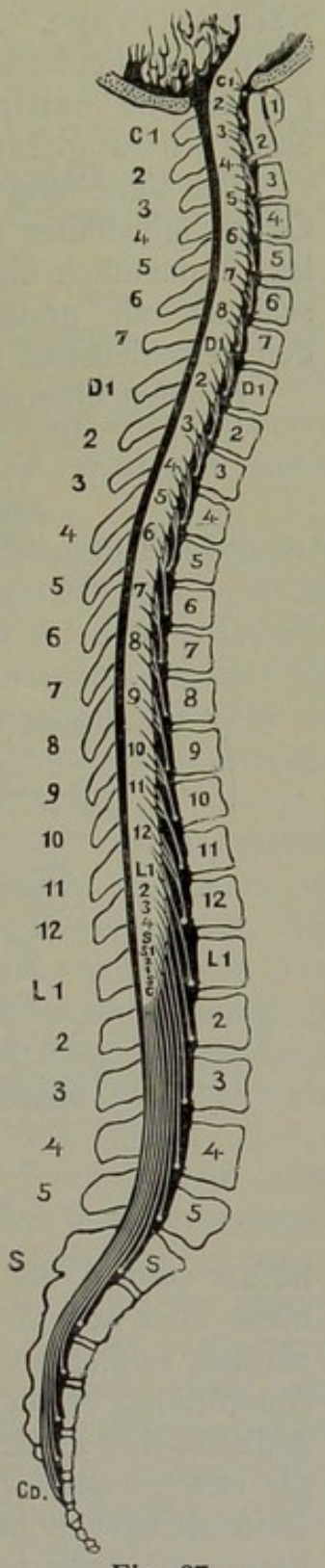


Fig. 67.
Lage der einzelnen Rückenmarkssegmente zur Wirbelsäule, nach Gowers.

Zwischen den Vorderhörnern liegen die Vorderstränge, zwischen den Hinterhörnern medial die Gollschen und lateral die Burdach-

schen Hintersträngе, medial getrennt durch ein stärkeres Bindegewebsseptum. Rechts und links von der grauen Substanz liegen die Seitenstränge. Mitten durch das H der grauen Substanz verläuft der mit Epithel besetzte Zentralkanal, umgeben von der Substantia gelatinosa centralis. Die Spitze der Hinterhörner wird von der Substantia gelatinosa Rolandi bedeckt.

Die Verteilung von weißer und grauer Substanz ist nicht in allen Querschnittshöhen die gleiche, wie sie auf unserem Schnitt dargestellt ist. Namentlich überwiegt vom oberen Lendenmark an abwärts entschieden die graue Substanz. Fig. 69 zeigt Querschnittsbilder aus den verschiedenen Höhen des Rückenmarkes.

In allen Querschnittshöhen erkennen Sie die Vorder- und Hinter-

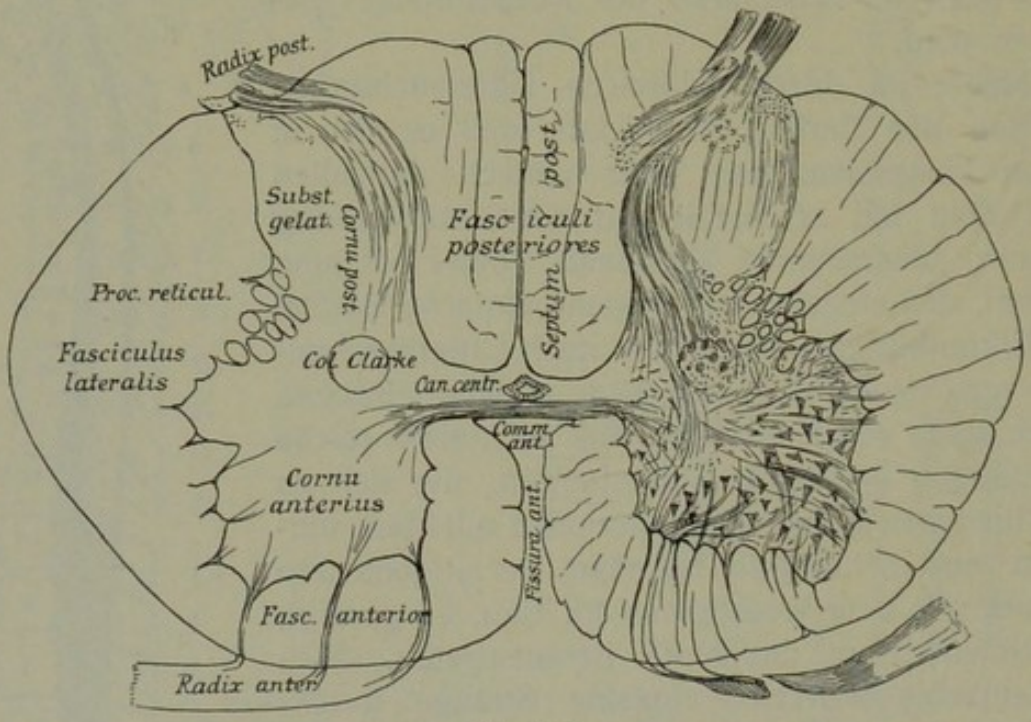


Fig. 68.

Querschnitt des Rückenmarkes. Halsanschwellung.

hörner sofort. Sie bemerken aber, daß vom mittleren Halsmarke bis hinab etwa zum 3. Dorsalsegmente und ebenso innerhalb des Lendenmarkes, seitlich an der Basis des Vorderhornes noch eine mächtige Auswölbung existiert. Diese Auswölbung, das Seitenhorn, entsteht dadurch, daß in den betreffenden Höhen das Rückenmark nicht nur die Bewegungsnerven für den Stamm, sondern auch für die Extremitäten abzugeben hat. Aus ihr stammen vorwiegend die motorischen Fasern für Arme und Beine.

Dorsal von dem Seitenhorn, im Winkel zwischen ihm und dem Vorderhorne ist die graue Substanz nicht scharf abgegrenzt, sie geht vielmehr in ein Netz von grauen Balken und Zügen über, das weithin in die weiße Substanz hineinragt. Dieses Netz heißt Processus reticularis. Hier liegen die Ursprungsgebiete des Sympathicus (Bruce).

Am Conus terminalis hat die ganze Substanz nur noch einen dünnen Überzug weißer Fasern (Sacr. 5. Fig. 69).

Die Rückenmarksmasse dient im ventralen Abschnitt wesentlich der somatisch motorischen, im dorsalen der somatisch sensiblen Innervation. Für die viscerale Innervation kennen wir bisher nur die motorischen Zentren, sie liegen in der Gegend des Processus reticularis.

Von der Dorsalseite her treten in das Rückenmark die sensiblen Wurzeln aus den Spinalganglien; aus den ventral liegenden Vorderhörnern gehen die motorischen Wurzeln ab.

Die graue Substanz besteht im wesentlichen aus den aufgesplitterten Wurzelfasern und vielgestalteten Ganglienzellen, zu denen jene Wurzelfäden in Beziehung treten. Außerdem ist sie noch erfüllt von den Dendritenausläufern der Ganglienzellen und von Nervenbahnen verschiedener Herkunft. Deshalb bietet ein Schnitt, wenn alle Axenzylinder gefärbt sind, ein überaus verwirrendes Bild.

Die Zellen des Vorderhornes sind groß, senden zahlreiche Fortsätze aus und haben den in Fig. 11 und Fig. 16 abgebildeten Typus. Die im Hinterhorne liegenden Ganglienzellen sind kleiner als die Vorderhornzellen. Meist haben sie eine der Spindel sich nähernde Gestalt. Ihr Axenzylinder verzweigt sich entweder schon nahe an der Zelle zu einem feinen Flechtgewebe, oder er zieht in der Rückenmarksubstanz weiter. Nie geht er in eine periphere Nervenfaser über.

Die weiße Substanz, welche die graue umgibt, besteht wesentlich aus in der Längsaxe des Rückenmarkes verlaufenden Fasern, zu denen noch die schräg aufsteigenden Fasern der Nervenwurzeln und eine gewisse Anzahl von anderen Fasern kommen, welche mehr oder weniger senkrecht zur Längsaxe aus der grauen Substanz heraus zu den weißen Fasersträngen ziehen. Die Nervenfasern haben einen Axenzylinder und eine Markscheide. Die Breite der letzteren wechselt sehr. Eine Schwannsche Scheide fehlt und ist durch Glia ersetzt.

Der Axenzylinder besteht aus zahlreichen Fibrillen. An allen langen Nervenfasern sieht man innerhalb der weißen Stränge und auch innerhalb der grauen Substanz, daß in gewissen Abständen, senkrecht zur Axe, ein feines Fäserchen sich ablöst, daß dieses nach der grauen Substanz hinstrebt, und man erkennt zuweilen, daß es dort sich in einen feinen Pinsel auflöst. Die Stelle, wo diese „Kollateralen“ vom Stamme abgehen, ist meist durch eine kleine Verdickung gekennzeichnet.

Das Rückenmarkweiß ist von zahlreichen, radiär gestellten Septen durchzogen. In diesen, die von Neuroglia und Bindegewebe gebildet sind, dringen die Randgefäße des Markes in die Tiefe.

Die Nervenfasern in der weißen Substanz sind alle von einem lockeren Netz von **Neurogliafasern** umsponnen. In der grauen Substanz findet sich die dichteste Anhäufung in der Umgebung des Zentralkanales. Substantia gelatinosa centralis. Sie erscheint für das bloße Auge bei der Weigertschen Färbung als dunkelblauer Fleck.

Weniger dicht, aber dichter als in der weißen Substanz ist das Gliageflecht in den Vorderhörnern. Am spärlichsten im ganzen Querschnitte des Rückenmarkes sind die Gliafasern in der Substantia gelatinosa Rolandi.

Auch die ganze Peripherie ist von einem dünnen Mantel fast reiner Gliasubstanz überzogen, der gelatinösen Rindenschicht (Fig. 77 rechts). Ebenso findet sich an der Spitze des Hinterhornes eine besonders dichte Gliawucherung. Hier erleidet die eintretende Hinterwurzel, wesentlich auf Kosten ihrer Markscheiden, eine wahre Verdünnung, so daß sie im Schnitte wie eingeschnürt erscheint.

Das Epithel des Zentralkanales ist nur bei Föten und bei jugendlichen Individuen gut ausgebildet. Hier liegen die Zellen in regelmäßiger Reihe der Gliaschicht direkt auf. Ihre Flimmern verlieren sie wahrscheinlich schon bald nach der Geburt, doch bleibt zeitlebens eine eigentümliche Schicht kleiner, regelmäßig gestellter Körnchen am inneren Zellrande erhalten, die schon beim Fötus dicht unter den Flimmern nachweisbar ist. In dem Maße, wie die Epithelzellen älter werden, scheint ihre Resistenz sich zu schwächen. Sie weichen auseinander, lassen Gliafasern zwischen sich hindurchtreten, ja sie lösen sich von ihrer Unterlage ab und liegen als wirr oder in kleinen Kränzchen zusammengeballte Haufen mitten zwischen den in die freigewordenen Räume mächtig einwuchernden Neurogliafasern. Es entsteht durch diese Verwachsung eine lumenlose Zellmasse an Stelle des ursprünglichen Zentralkanales, oder man findet eine oder mehrere sehr kleine Lumina im Zentrum des Rückenmarkes (Weigert).

Zehnte Vorlesung.

Das Rückenmark II. Der Eigenapparat.

Was sich durch die Untersuchung von Schnitten reifer Rückenmarke ermitteln läßt, ist in der letzten Vorlesung mitgeteilt.

Die rein anatomische Darlegung belebt sich sofort, wenn Sie erfahren, daß wir in der grauen Substanz sowie in den ihr benachbarten weißen Fasern den Eigenapparat des Rückenmarkes vor uns haben. Die weiter von dem Grau entfernten Fasern verbinden entweder weit voneinander liegende Stücke des Rückenmarkes untereinander oder sie ziehen vom Rückenmarke zu anderen Hirnteilen.

Der **Eigenapparat** des Rückenmarkes nimmt die Gefühlsbahnen zum größten Teile auf und sendet alle motorischen Fasern aus. Zahlreiche Verbindungen in ihm und Faserzüge, welche ihn umgeben, um einzelne Höhen des Markes unter einander zu verknüpfen, ermöglichen eine Summe von physiologischen Leistungen, an die Sie sich erinnern, wenn Sie dessen gedenken, was ein enthirntes Tier, also ein solches, dessen Verbindungsbahnen nicht mehr funktionieren, vermag. Alle die komplizierten Bewegungen des geköpften Frosches z. B. beruhen nur auf der Leistung des Eigenapparates. Er ist der phylogenetisch älteste Teil des ganzen Zentralnervensystemes und bildet bei Fischen, Amphibien, Reptilien und vielen Vögeln dessen Hauptmasse. Seine Ausbildung ist nur abhängig von der Masse der

Körper- und Extremitätenmuskulatur, nicht etwa von der Entwicklung, welche irgendein anderer Teil des Zentralapparates erfahren hat. Da der Eigenapparat die Hauptmasse des Rückenmarkes ausmacht, wird dieses um so mächtiger sein, je größer etwa die zu versorgende Muskelmasse oder Hautpartie ist. Es kann deshalb auch gar kein bestimmtes Volum- oder Gewichtverhältnis zwischen Rückenmark und Gehirn derart bestehen, daß etwa die Zahlen, die man an der Fledermaus und dem Walfisch erhält, irgendwie untereinander vergleichbar sind. Zahlreiche Wägungen usw. sind deshalb ganz nutzlos angestellt worden. Das Walrückenmark ist eben absolut größer als das eines kleineren Tieres, weil es absolut mehr Körpermasse zu versorgen hat. Andere Rückenmarke, z. B. das der Affen und des Menschen, sind absolut größer, weil sie besondere Bahnen aus der Hirnrinde erhalten, die bei den meisten Säugern noch recht dünn sind. Nur beim Menschen und einigen höheren Säugern ist die Masse des Gehirnes größer als die Rückenmarkmasse, bei den allermeisten anderen Tieren ist es umgekehrt. Wir können das am besten so ausdrücken: nur der Eigenapparat, nicht aber das Rückenmarkvolum ist abhängig von der Körpermasse des Tieres. Zur Hirngröße besteht keinerlei Verhältnis.

Die Ausbildung der grauen Substanz, die Form, welche sie auf dem Schnitte bietet, steht ganz direkt in Beziehung zu ihrer Funktion.

Sehr gut kann man das erkennen, wenn man Schnitte durch verschiedene Höhen des menschlichen Rückenmarkes untereinander vergleicht. Dazu wollen Sie Figur 69 vergleichen. Dort sehen Sie:

Der Umriß des Vorderhornes in den oberen Cervikalsegmenten wird dadurch bestimmt, daß hier die Kerne für die kräftige Nacken- und Halsmuskulatur liegen. Vom vierten Cervikalsegment an nimmt das Vorderhorn zu, weil die Kerne für die Schultermuskeln sich denen der Stammuskulatur zuaddieren. Im Bereiche des fünften Segmentes wächst lateral noch ein mächtiger Kern heraus. Er sendet seine Nervenbahnen in die Armmuskulatur und bleibt erhalten bis unterhalb des ersten Dorsalsegmentes. Vom zweiten Dorsalsegmente an ist wieder nur die Stammuskulatur zu versorgen und sofort nimmt der Umfang sehr ab. Auf diesem Schnitte wollen Sie Ihre Aufmerksamkeit noch der kleinen Zacke des Seitenhornes schenken, die etwas weiter frontal verwischt ist, aber innerhalb der vordersten Cervikalsegmente recht deutlich wieder vortritt. Hier entspringen höchstwahrscheinlich die Fasern des Halssympathikus; deshalb die addierte Zacke. Innerhalb der ganzen Dorsalsegmentreihe ändert sich das Querschnittsbild natürlich nicht mehr, aber vom elften Wurzelpaare ab nimmt die graue Substanz wieder zu. Hier liegen die Kerne für den mächtigen Iliopsoas, die noch ein gutes Stück weiter kaudal reichen und vom ersten Lumbalsegmente ab addieren sich hierzu noch die Kerne für die Muskeln der Unterextremität. Der Umriß der grauen Substanz wird wieder sehr

viel größer, ziemlich im gleichen Sinne wie weiter oben innerhalb der Kernregion für die Arme.

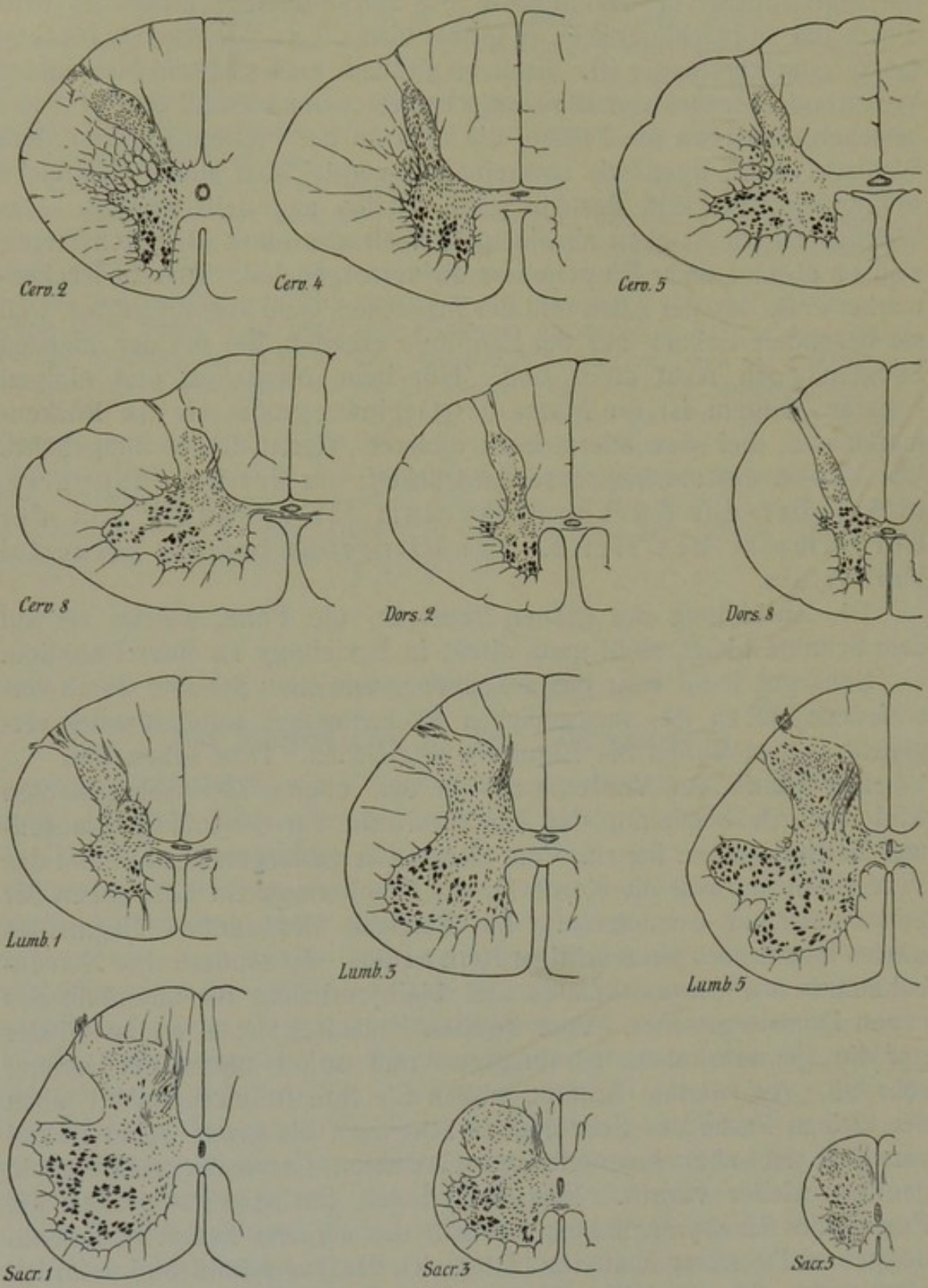


Fig. 69.

Schnitte durch das Rückenmark in verschiedenen Höhen. Zu beachten auch die Zahl und Lage der Zellen in jedem Segment.

Das Rückenmark der Tiere gleicht sehr dem des Menschen, aber gelegentlich bietet es Abweichungen, die besonders lehrreich sind.

Der Walfisch mit seiner dicken Haut besitzt z. B. nur ganz minimal entwickelte Endstätten für die Hautgefühlsbahnen. Deshalb sind, wie Sie auf Fig. 70 sehen, die Hinterhörner verglichen mit denen des Menschen sehr klein. Wohl aber ist bei ihm für die mächtige Körpermuskulatur in den Vordersäulen ein viel größeres Zentrum gegeben als man es in analoger Stammhöhe sonst sieht. Bei alten Känguruhs findet man eine enorme Lendenanschwellung für die mächtigen Hinterbeine.

Dann bestehen Unterschiede im Markmantel, welcher ja wesentlich Verbindungsfasern enthält. Überwiegt seine Querschnittgröße auch fast immer die der grauen Substanz, so kann es doch, wenn die Pyramidenbahnen aus dem Großhirn klein sind (Vespertilio, Pteropus), zu einem scheinbaren Überwiegen der grauen Substanz kommen.

In derlei Dingen liegen die wesentlichen Differenzen zwischen dem Rückenmarke einzelner Säuger und dem des Menschen. Nur die graue Kommissur zwischen beiden Hälften ist noch sehr variabel, dünnere und dickere Platten, ja Verdoppelungen mit zwischengeschalteter weißer Substanz kommen vor.

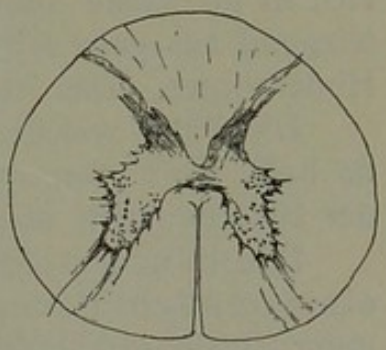


Fig. 70.

Rückenmark von Phocaena comm. nach einem Präparate von Rawitz.

Die weiße Substanz enthält alle Fasern, welche das Rückenmark mit dem Kleinhirne, der Oblongata, dem Mittelhirne und dem Thalamus verbinden, Fasern, welche aus diesen Zentren kommen und solche, welche dahin ziehen. Dazu gesellt sich bei den meisten oder allen Säugern eine direkte Bahn aus dem Großhirne, die beim Menschen am meisten entwickelt ist.

Mitten in diese Bahnen eingesprengt liegen die Züge zur Assoziation des Eigenapparates. Weil sie aus dem Marke stammen und in ihm bleiben, hat man sie als endogene Fasern im Gegensatz zu den Leitungsbahnen bezeichnet.

Diese ganze Masse wird von den ein- und austretenden Wurzeln durchquert.

Betrachten wir nun diese Zentren und Bahnen etwas näher. Die Hinterwurzeln aus den Ganglienzellen der Spinalganglien führen, wie Sie bereits gehört haben, dem Zentralorgan alle Sinneseindrücke zu, welche aus der Haut, den Muskeln, Gelenken und Knochen stammen, außerdem wahrscheinlich Rezeptionen aus sympathischen Gebieten. Was wird aus diesen Gefühlsbahnen im Rückenmarke?

Die Betrachtung eines gut gefärbten Schnittes, etwa der Fig. 68, lehrt zunächst, daß die Hinterwurzel medial vom Hinterhorn eintritt und dort sofort in mehrere Teile zerfällt. Diese Wurzeleintrittszone bildet für manche pathologische Prozesse einen günstigen Angriffspunkt, weil hier eine Art Einschnürung der Wurzel durch einen

Gliaring (Obersteiner und Redlich) erfolgt. Aus Untersuchungen an Golgipräparaten und aus ebensolchen von Rückenmarken mit durchschnittenen Wurzeln weiß man, daß jede eintretende Faser sich in zwei Teile spaltet, einen, der eine kurze Strecke kaudal zieht ehe er endet, und einen Hauptteil, dessen Verhalten uns vorwiegend interessiert. Kaudal von jeder eintretenden Wurzel liegt also ein kleines ihr zugehöriges Areal. Es hat kommaförmigen Querschnitt und wird nach seinem Entdecker Schultzesches Komma genannt. Diese absteigenden Wurzelelemente liegen in den Hintersträngen des Halsmarkes lateral, nahe dem Wurzeleintritt. Vom mittleren Brustmark an geraten sie mehr und mehr median.

Die Hauptmasse jeder Hinterwurzel spaltet sich mindestens in drei Teile. Ein medial gelegener Teil setzt sich direkt in die Hinterstränge fort, ein zweiter durchmißt sie in schön geschwungenem Bogen, um sich in die graue Substanz einzusenken und ein dritter lateraler, vorwiegend aus ganz feinen Fasern bestehend, gelangt in die Spitze des Hinterhornes. Das ist auf Fig. 68 recht gut zu sehen.

Die Züge, welche sich nach der grauen Substanz wenden, enden da bald, wir wollen später sehen, was aus ihnen wird, die Hauptmasse der Hinterwurzeln aber zieht einfach in den Hintersträngen hirnwärts.

Die Hinterstränge bestehen fast ausschließlich aus den eintretenden Fasern der hinteren Wurzeln. Sie entstehen unter Umständen selbst da, wo die übrige Rückenmarksanlage zugrunde geht. (Fig. 71 u. 74 1, 2.)

v. Leonowa hat einen Fall von Fehlen des Rückenmarkes veröffentlicht. Da die Spinalganglien angelegt waren, haben sich aus diesen Dorsalwurzeln entwickelt, die dann in dem leeren Wirbelkanale hirnwärts zogen, es waren isolierte Hinterstränge. Später ist der gleiche Befund noch mehrmals erhoben worden.

Es ist auch gelungen, innerhalb der Hinterstränge das hirnwärts etwas abnehmende Faserareal für jede einzelne Wurzel zu ermitteln. Singer und Münzer haben zuerst gezeigt, daß, wenn man eine Wurzel durchschneidet, ihr Degenerationsfeld von der nächst höher eintretenden Wurzel medialwärts geschoben wird. Sie lehrten uns, daß ein solches Einwärtsdringen der Wurzeln durch frontalwärts entspringende den Gesamtaufbau beherrscht. Spätere Untersuchungen, zum Teil auch an erkrankten menschlichen Rückenmarken, haben das durchaus bestätigt. Man kann sich heute den Aufbau der Hinterstränge so vorstellen, wie es das Schema von Fig. 71 zeigt, auf welchem auch bis zu gewissem Grade die Wurzelareale berücksichtigt sind.

Man sieht an dieser Zeichnung, daß oben im Halsmarke die Fasern aus den Unterextremitäten in den Gollschen Strängen zu suchen sind, während die Burdachschen Stränge noch sehr viele Fasern aus den oberen Extremitäten führen.

Die Gollschen Stränge nehmen von unten nach oben bis an das

Brustmark zu, weil sie Teile der fortwährend eintretenden hinteren Wurzeln aus den sensorischen Nerven gelegentlich bis ca. zum vierten Dorsalnerven (Schaffer) der Medulla oblongata zuführen.

Im Conus terminalis ist nur noch Eigenapparat für die wenig höher eintretenden und entspringenden Wurzeln vorhanden. Verbindungsbahnen sind da nur noch in Spuren. Was hier von Fasern im Hinterstrange liegt, gehört absteigenden Wurzelteilbündelchen und dem noch zu erwähnenden Tractus cervico-lumbalis dorsalis an. Am unteren Rückenmarksende hören zuerst also die Hinterstränge auf, aus den etwas längeren Seitensträngen treten noch ventrale Wurzeln ab. Nach Abtrennung des Conus vom übrigen Rückenmark treten in ihm keine sekundären Degenerationen auf. L. R. Müller.

Die Fasern der Dorsalwurzel, welche in den Hintersträngen hirnwärts ziehen, senken sich zu einem Teil während des Verlaufes in die graue Substanz. Was übrigt bleibt, taucht am frontalen Ende des Rückenmarkes in mächtige Kerne ein, die Hinterstrangkerne.

Wird das Rückenmark durch irgendeinen Prozeß quer getrennt, so entarten alle Hinterstrangfasern bis hinauf zu ihren Bulbärkernen, weil ihre Fasern ja dann von ihren Ursprungszellen im Spinalganglion getrennt sind. Man nennt diese Entartung aufsteigende sekundäre Degeneration. Erkranken die Wurzeln selbst, wie das bei der Tabes der Fall ist, so erhält man Degenerationen im Hinterstrang, welche je nach der Zahl der befallenen Wurzeln verschieden dicht sind. Es kann z. B. bei einem bestimmten Tabesfall wesentlich der Wurzelapparat aus den Beinen zerstört sein, während von weiter vorn entspringenden Wurzeln nur einige beteiligt sind. Dann erhält man Querschnitte des Rückenmarkes, auf denen die Gollschen Stränge fast faserlos sind, während in den Burdachschen Strängen nur einzelne Wurzelareale ausgefallen sind.

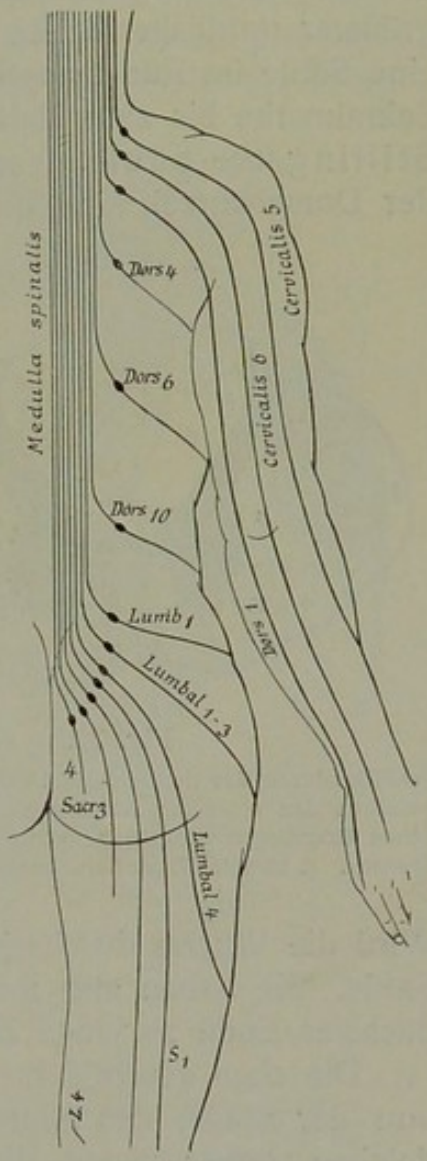


Fig. 71.
Schema des Aufbaues der Dorsalstränge.

Da bei den Embryonen nicht alle Wurzelfasern sich gleichzeitig mit Mark umgeben, kann man durch die Untersuchung von Rückenmarken verschiedenen Alters sehr gute Bilder vom Aufbau der Hinterstränge bekommen. Es werden auch nicht alle Fasern der gleichen Wurzel gleichzeitig markhaltig. Vielmehr scheint es, als gäbe es — Entwicklung und Degeneration sprechen dafür — noch innerhalb der einzelnen Wurzelbahnen differente Faserarten.

Alle Fasern der sensiblen Bahn, welche nicht in den Hintersträngen frontalwärts ziehen, enden bald nach ihrem Eintritt in der grauen Substanz. Man kann mehrere Anteile unterscheiden. Zunächst gibt es, Fig. 74, (3) kräftige Bündel, die medial von dem Hinterhorn zuerst in die Stränge treten, dann aber in leicht geschwungenem Bogen sich lateral wenden und von innen her in das Hinterhorn eindringen. Man kann sie bis zu einer Gruppe größerer rundlicher Zellen verfolgen, die von dünnen Fasern umgeben, eine Säule im Rückenmarke bilden, welche in wechselnder Stärke vom Sakralmarke bis zum Halsmarke nachweisbar ist. Es ist die Clarke-Stillingsche Säule. Versilberungspräparate lehren, daß die Fasern der Dorsalwurzel sich um die Zellen der Säule herum aufsplittern.

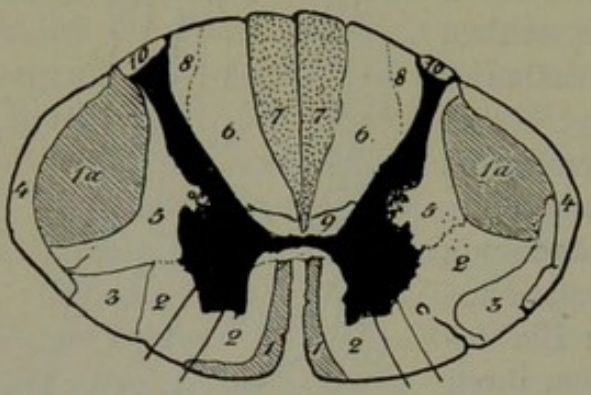


Fig. 72.

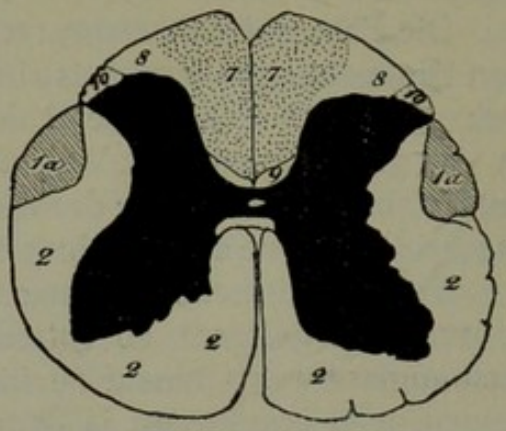


Fig. 73.

Schnitte durch das Cervikal- und durch das Lumbalmark mit Einzeichnung der ungefähren Grenzen zwischen den einzelnen Abteilungen des Markmantels. Unter Benutzung der entwicklungsgeschichtlichen Grundlagen wesentlich nach Präparaten mit sekundären Degenerationen des einen oder anderen Systems. 6. laterale, 7. mediale Hinterstränge, 8. Wurzeleintrittszone, 9. ventrales Feld, 10. Randzone.

Wird die Wurzel durchschnitten, so entarten die Fasern nur bis zu der Säule. Sie haben also ihren Ursprung in den Spinalganglienzellen, ihr nächstes Ende an jenen Zellen.

Die eben geschilderten Anteile der Hinterwurzel liegen medialwärts von der Spitze des Hinterhornes. Lateral von ihnen liegen (4) Bündelchen starker Fasern, die sich weithin durch die Substantia gelatinosa und das Hinterhorn hindurch bis zu den großen Zellen des Vorderhornes verfolgen lassen, um die herum sie aufsplittern. Diese Bahn wird gewöhnlich als kürzeste Reflexbahn aufgefaßt (s. a. Fig. 74).

Weiter lateral liegen (5) Wurzelfasern, welche nach längerem oder kürzerem Verlaufe in die graue Substanz eintreten. Diese Fasern spalten sich alle, gleich nachdem sie die Peripherie der grauen Substanz erreicht haben, oder auch erst innerhalb derselben in einen auf- und einen absteigenden Ast. Manche von ihnen, namentlich starkfaserige, durchmessen erst die Substantia gelatinosa Rolandi, ehe sie sich teilen. Aus den Teilästen treten dann zahlreiche Kollateralen in das Grau, besonders des Hinterhornes, wo sie sich, kleinen

dünnen Pinselchen gleich, um die Zellen verästeln, welche dort liegen. Die feineren Fasern zerfallen zumeist schon an der Peripherie des Hinterhornes in ihre Teiläste. So entsteht zwischen Hinterhornspitze und Rückenmarkperipherie ein Feld, das von den auf- und absteigenden dünnen Fäserchen durchzogen wird (Randzone, Zona terminalis). Aus der Randzone gehen dann fortwährend feine Fäserchen in ein zwischen ihr und der gelatinösen Substanz liegendes Netzwerk — Zona spongiosa —, und erst aus diesem Netze entwickeln sich dann wieder feine Züge, welche die gelatinöse Substanz durch-

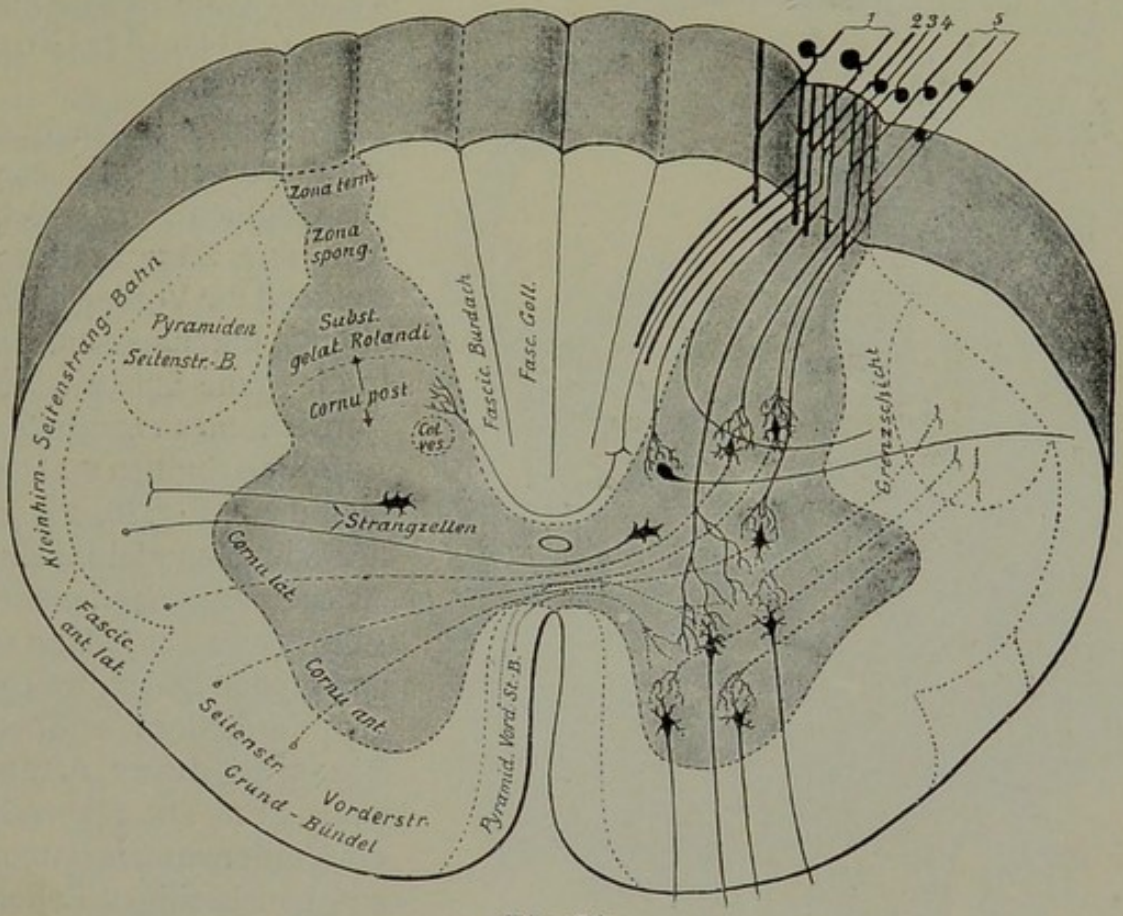


Fig. 74.

Schema eines Rückenmarksquerschnittes, in den der zentrale Verlauf einiger wichtigen Züge eingezeichnet ist. Man vergleiche auch die nicht schematische Fig. 68 rechts. Die Axenzylinder aus Vorderhornzellen zur hinteren Wurzel weggelassen. Bahnen erster Ordnung ausgezogen, Bahnen zweiter Ordnung punktiert.

ziehen und in das Fasergewirr, welches das Hinterhorn erfüllt, gelangen. Wahrscheinlich treten sie dann in gleiche Beziehung zu den Zellen, wie die stärkeren Fasern, von denen eben die Rede war.

Es darf indes nicht aus dem Auge gelassen werden, daß vieles, was hier vom Faserverlaufe in der Hinterwurzel mitgeteilt worden ist, beim Menschen noch nicht mit aller Sicherheit nachgewiesen werden konnte. Soweit man aber hier untersucht hat, haben sich immer gleiche Verhältnisse ergeben, wie an den Säugetieren, von denen man bei der Untersuchung ausgegangen ist.

So weit läßt sich zunächst die sensible Bahn in das Rückenmark verfolgen: Als Wichtigstes ist also festgestellt, daß ein Teil als

„Hinterstränge“ hirnwärts zieht, daß ein zweiter zunächst in der Clarkeschen Säule endet, und daß die Hauptmasse der lateraler liegenden Fasern nach kürzerem oder längerem Verlaufe sich um Zellen der Hinter- und Vorderhörner herum aufspaltet. Außerdem sind Fasern bekannt, welche in die seitliche gemischte Zone gelangen und solche zu dem Vorderhorne. Alle Receptionen werden also zunächst der grauen Substanz zugeleitet.



Fig. 75.

Kollateralen aus der Hinterwurzel zum Vorderhorn. Vom Rückenmarke der neugeborenen Maus, nach Lenhossék.

Die Vorderwurzeln stammen alle aus den Zellen der Vordersäulen.

Macht man Sagittalschnitte durch ein Rückenmarksegment, so sieht man ihre Züge sanft ansteigend die Vorderseitenstränge durchmessen, um in die graue Substanz des Vorderhornes einzutreten. Auf Querschnitten erkennt man dann, Fig. 76, wie jedes Wurzelbündel inf eine Ästchen auseinanderfährt. Alle begeben sich dann zu den großen Zellen, welche das Vorderhorn erfüllen. Sie sind deren Axenzylinder. Die Mehrzahl der Vorderwurzeln stammt aus gleichseitigen Zellen, einige aber kommen auch auf dem Wege durch die vordere Kommissur aus Zellen des gekreuzten Vorderhornes.

Die Vorderhornzellen sind zumeist in Gruppen angeordnet. Welche Beziehung die einzelnen Gruppen zu den Wurzeln haben, ist nur teilweise bekannt. Voraussichtlich ist ein Gewinn für unser Wissen zu erwarten, wenn in allen Fällen, wo intra vitam ein Ausfall in der Peripherie sich wohl umgrenzen ließ, post mortem eine sorgfältige, speziell auf die Lokalisation von veränderten Ganglienzellen gerichtete Untersuchung stattfindet. Jeder von Ihnen, meine Herren, kann berufen sein, uns hier voranzuhelfen. So wird es wichtig sein, daß Sie sich mit einer Einteilung der Zellengruppen im Rückenmarkgrau bekannt machen, die, auf morphologische Befunde gestützt, das rein tatsächlich einstweilen Bekannte umfaßt. Eine solche Einteilung verdanken wir Waldeyer. Ich lege Ihnen in der Abbildung, Fig. 77, dieselbe vor. Die im Halsmarke

sehr gut abgegrenzten und im Lendenmarke besonders zellreichen Gruppen sind im Brustmarke weniger gut ausgeprägt, entsprechend dem geringen Volum und vielleicht auch den andersartigen Funktionen der dort entspringenden Nerven. Diese Zellgruppen sind später noch genauer, Jacobsohn u. N., untersucht worden.

Vieles über die Lokalisation im Marke hat bereits die vereinte Arbeit beobachtender Ärzte kennen gelehrt.

Zwar sind eigentlich scharf abgrenzbare Kerne für die einzelnen Muskeln nicht im Rückenmark ohne weiteres abzuscheiden. Aber es ist doch gelungen, durch das Studium der Zellatrophien, welche nach bestimmten Muskelausfällen, etwa nach Amputationen oder nach isolierten Muskelatrophien auftreten, die ungefähre Lage der Ursprungssäulen für die wichtigsten Rumpf- und Extremitätenmuskeln zu ermitteln. Auch das Experiment, d. h. die künstlich durch Ausreißung des motorischen Nerven gesetzte Zelldegeneration hat hier vielfach Aufklärung gebracht.

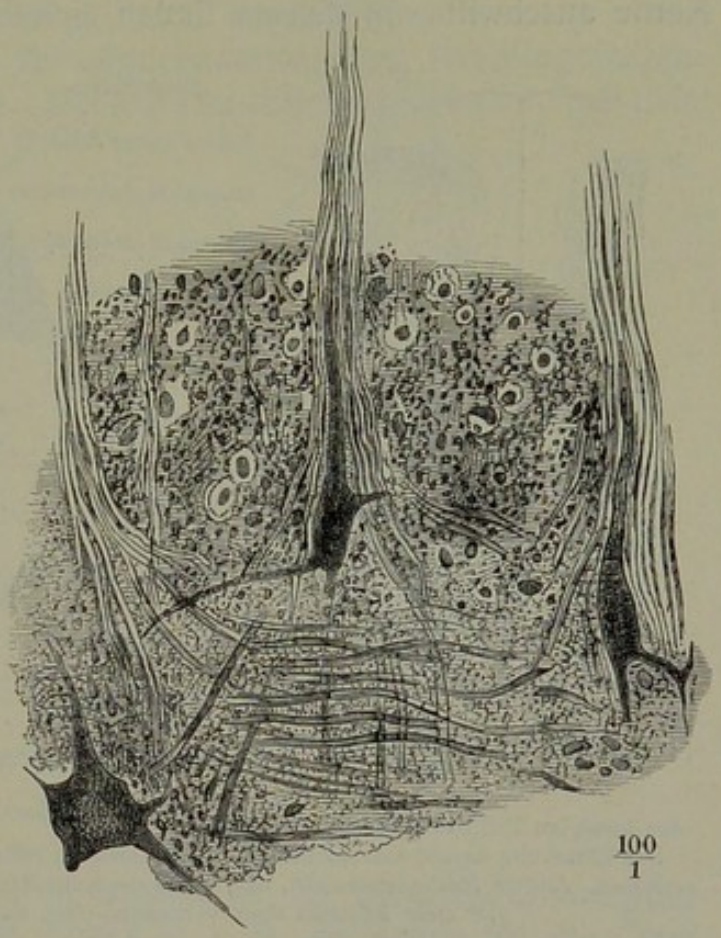


Fig. 76.

Vom vorderen Rande eines Querschnittes der grauen Vordersäule. Übergang der Zellfortsätze in die vorderen Wurzeln. Karminpräparat $^{100}/_{1}$. Nach Henle.

Die Resultate, welche es ergab, gelten, streng genommen, natürlich nur für die betreffenden Tiere, aber wir wissen doch auch vom Menschen schon so viel, daß heute ein Überblick möglich ist. Soweit ich sehe, sind wir berechtigt, die zunächst für die Vorderwurzeln S. 116 gegebene Tabelle direkt auf die Lokalisation im Marke selbst zu beziehen. Gelangen doch alle Vorderwurzeln ohne Umwege direkt zu ihren Ursprungszellen.

Auf diese Tabelle wäre also für die Höhenlokalisation im Marke zu verweisen.

Aus dem gleichen Untersuchungsmaterial ließ sich auch einiges über die Lokalisation auf dem Querschnitt ermitteln. Die oberste Zeile der Tabelle zeigt, daß die langen Muskeln des Stammes aus allen Segmenten Fasern bekommen. Diese müssen also einer Zellgruppe entstammen, welche in allen Höhen gleichartig nachweisbar ist.

Nur eine einzige entspricht dieser Anforderung, die mediale hintere Gruppe. Die dürfen wir also als Kern der Rumpfmuskulatur auffassen. Aus der medialen vorderen Gruppe stammen wahrscheinlich die Muskeln frontal an der Wirbelsäule, die Scaleni, der Iliopsoas usw. Der lateralen vorderen Gruppe dürften die Muskeln vorne am Halse, die Intercostales und die Schulterblatt- sowie die Beckenmuskeln entstammen. Sie ist, wie die vorgenannten, überall nachweisbar, schwillt aber an, wo die Fasern zu der genannten Muskulatur entspringen. Die Abbildung Fig. 69 zeigt Ihnen dann, wie im Abgangsbereich der mächtigen Extremitätennerven die laterale hintere Gruppe zu einem mächtigen Kerne anschwillt. In diesem finden sich denn auch immer die Degene-

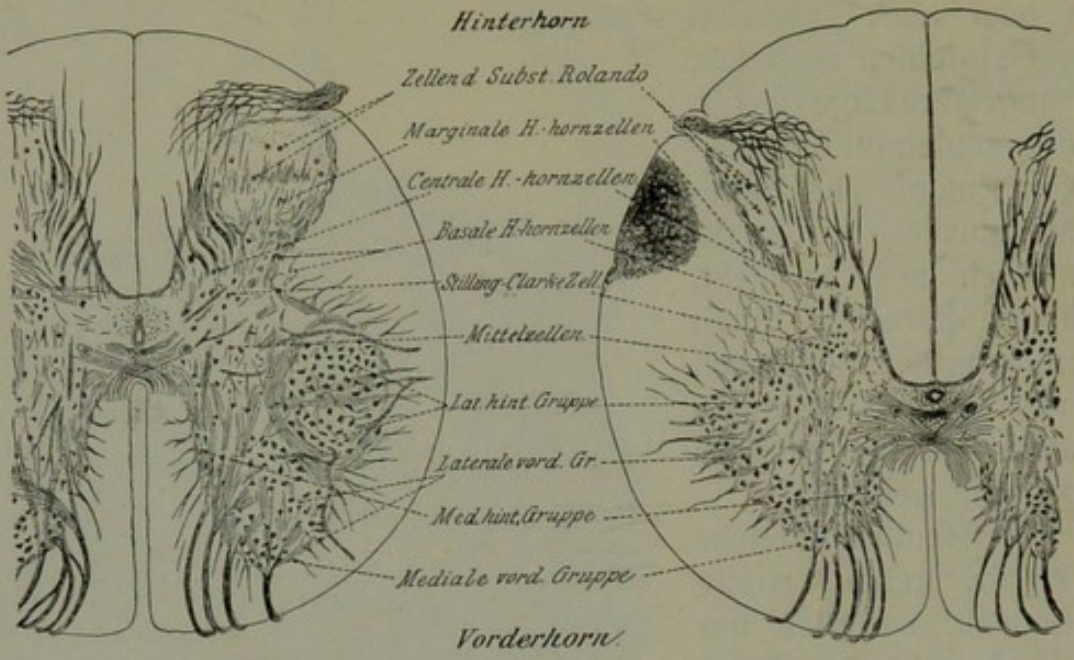


Fig. 77. Nach Waldeyer, wenig modifiziert.

Schnitt durch den kaudalen Teil der Halsanschwellung. Schnitt durch die Lendenanschwellung.

Die Einteilung beruht auf den Bildern, welche sich am reifen Rückenmarke mit Karmin darstellen lassen. Andere Methoden zeigen, daß, wenigstens am fötalen Marke, in einzelnen Gebieten sehr viel mehr Zellindividuen vorhanden sind, als hier gezeichnet wurden.

rationen, wenn Vorderarm und Hand, Unterschenkel und Fuß entfernt worden sind. Aber es fehlen dann auch oft in benachbarten Gruppen noch Zellen.

So liegen also im Rückenmarke die Kerne der proximalen Muskeln medial, die der distalen im allgemeinen lateral, die Zellen für die Schultermuskulatur finden Sie näher an der Mittellinie als diejenigen, welche die Handmuskeln innervieren.

Nahe der Vorderhornbasis, medial von der lateralen vorderen und der lateralen hinteren Gruppe, sehen Sie in Figur 77 einige wenige isolierte Zellen liegen. Diese kleine Gruppe kann man nach den Untersuchungen von Sano und von Kohnstamm vom 3. bis zum 6. Cervikalsegmente etwa verfolgen. Da sie nach Ausreißen des Phrenikus entartet, muß sie der Kern des Zwerchfellnerven sein.

Noch ganz unsicher ist die Lage der Bauchmuskelkerne. Es kann eine Gruppe nahe den Rückenmuskelkernen in Betracht kommen (van Gehuchten), es kann aber auch, das ist mir und Sano wahrscheinlicher, eine Zellgruppe im Seitenhorn diesen Kern darstellen.

Aus den Ihnen bekannten Gründen erstrecken sich die Ursprungszellen für viele Muskeln, s. Tabelle, über mehrere Segmente. Sie können sich deshalb dieselben als Säulen verschiedener Länge vorstellen und mögen — eine lehrreiche Übung — an der Hand der Tabelle einmal ein Rückenmark mit richtig langen Kernsäulen sich zeichnen.

Um nun diese für die klinische Diagnostik wichtigen Darlegungen nochmals klar zu rekapitulieren, habe ich in Figur 78 auf je einem Querschnitte der Hals- und der Lendenanschwellung das Vorgetragene nochmals bildlich dargestellt. Doch sei ausdrücklich erwähnt, daß nicht

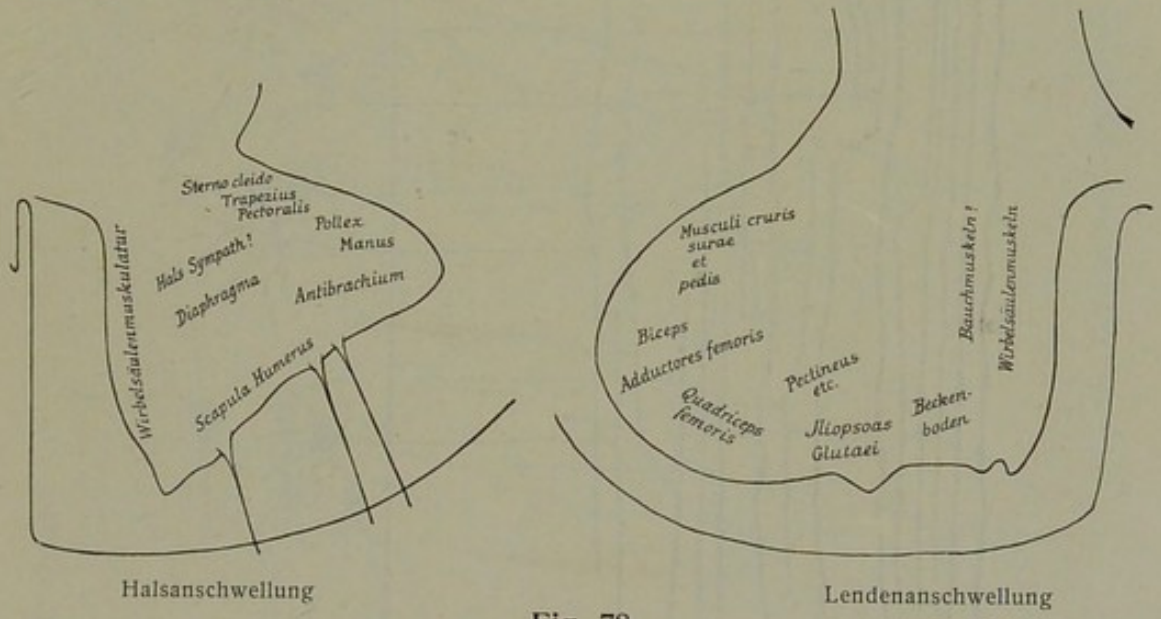


Fig. 78.

Schema der Kernlokalisation im Rückenmarke, z. T. nach Sano.

alle hier eingeschriebenen Ursprungskerne im gleichen Querschnittniveau vorhanden sind. Es liegen ja z. B. die Zellen für die Oberarmnerven im 5.—7. Segmente, während die für die Handmuskulatur erst zwischen dem 6. und 8. Segment angetroffen werden.

Der Eigenapparat des Rückenmarkes könnte natürlich nicht geordnet fungieren, wenn er nur aus den zu den Wurzeln gehörigen Elementen bestände. Er besitzt deshalb noch eine große Anzahl von Associationszellen Fig. 79, die ihre Fortsätze aufteilen, um sie innerhalb und außerhalb der grauen Substanz hinauf und hinab in verschiedene Rückenmarkabschnitte zu senden, wo sie sich dann zurück in die graue Substanz wenden. Die Axenzylinder, welche hinaus aus der grauen Substanz in die weiße laufen, umgeben mit längeren und kürzeren Bahnen den ganzen grauen Apparat. Sie liegen ihm mit den letzteren ganz nahe, mit den ersteren entfernter, überall in den Strängen bis ganz hinaus zu deren Peripherie. Geraten die Rückenmarkstränge

durch Erkrankung in Degeneration, so bleiben oft diese Fasern mitten in ihnen gesund, und erkrankt durch eine bestimmte Infektionskrankheit, die Poliomyelitis, die graue Substanz allein, dann entarten mitten in den sonst gesunden Strängen die Assoziationsfasern.

Die Fasern aus den Assoziationszellen, überhaupt alle Fasern, welche dem Grau entstammend irgendwie wieder dahin zurückkehren, bezeichnet man als endogene Fasern des Rückenmarkes. Sie

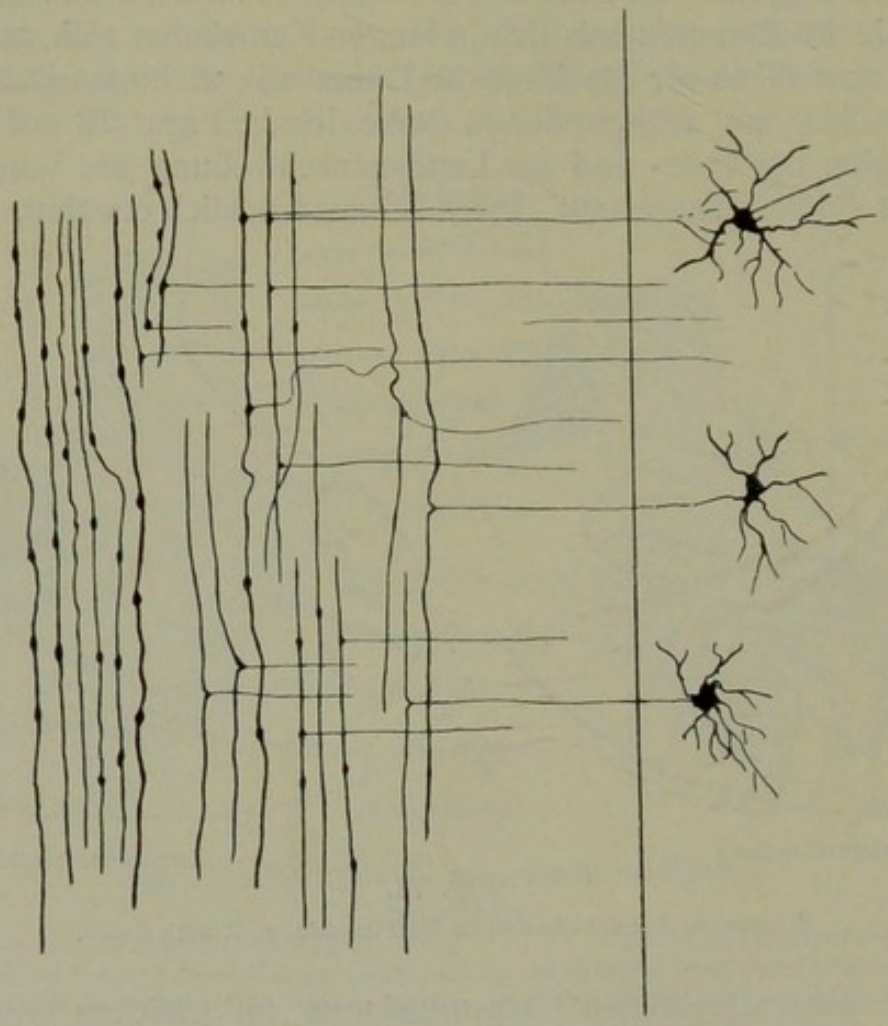


Fig. 79.

Längsschnitt durch den Seitenstrang vom neugeborenen Hunde. Die linke Hälfte der Zeichnung, nach einem Originalpräparat von Ramon y Cajal, zeigt Axenzylinder, die Kollateralen in die graue Substanz senden, und Axenzylinder, die aus Zellen dort kommend, sich in einen auf- und einen absteigenden Ast teilen. Die Zellverbindungen rechts sind Schema.

sind in allen Strängen verbreitet. Diejenigen, welche nur kleine Abschnitte untereinander verknüpfen, liegen näher an der grauen Substanz als die langen Bahnen, welche, weit entfernte Segmente einend, hauptsächlich in der Peripherie der Seiten- und Vorderstränge verlaufen.

Namentlich in den Hintersträngen, die man ja durch Abschneiden der Dorsalwurzeln zur Entartung bringen kann, lassen sich diese Eigenfasern schön isoliert darstellen. Man erkennt an einem solchen künst-

lich faserarm gemachten Präparate, daß überall auf dem Querschnitte da und dort die natürlich erhalten gebliebenen Eigenfasern liegen, auch, daß sie in dem Winkel, welchen die Hinterhörner bilden, ein größeres Feld — Ventralfeld der Hinterstränge — bilden. Ebenso begleiten Eigenfasern die absteigenden Züge der Hinterwurzeln. Mit ihnen zusammen bilden sie ein eigenartiges Querschnittfeld mitten unter den Hinterstrangfasern — „Schultzesches Komma".

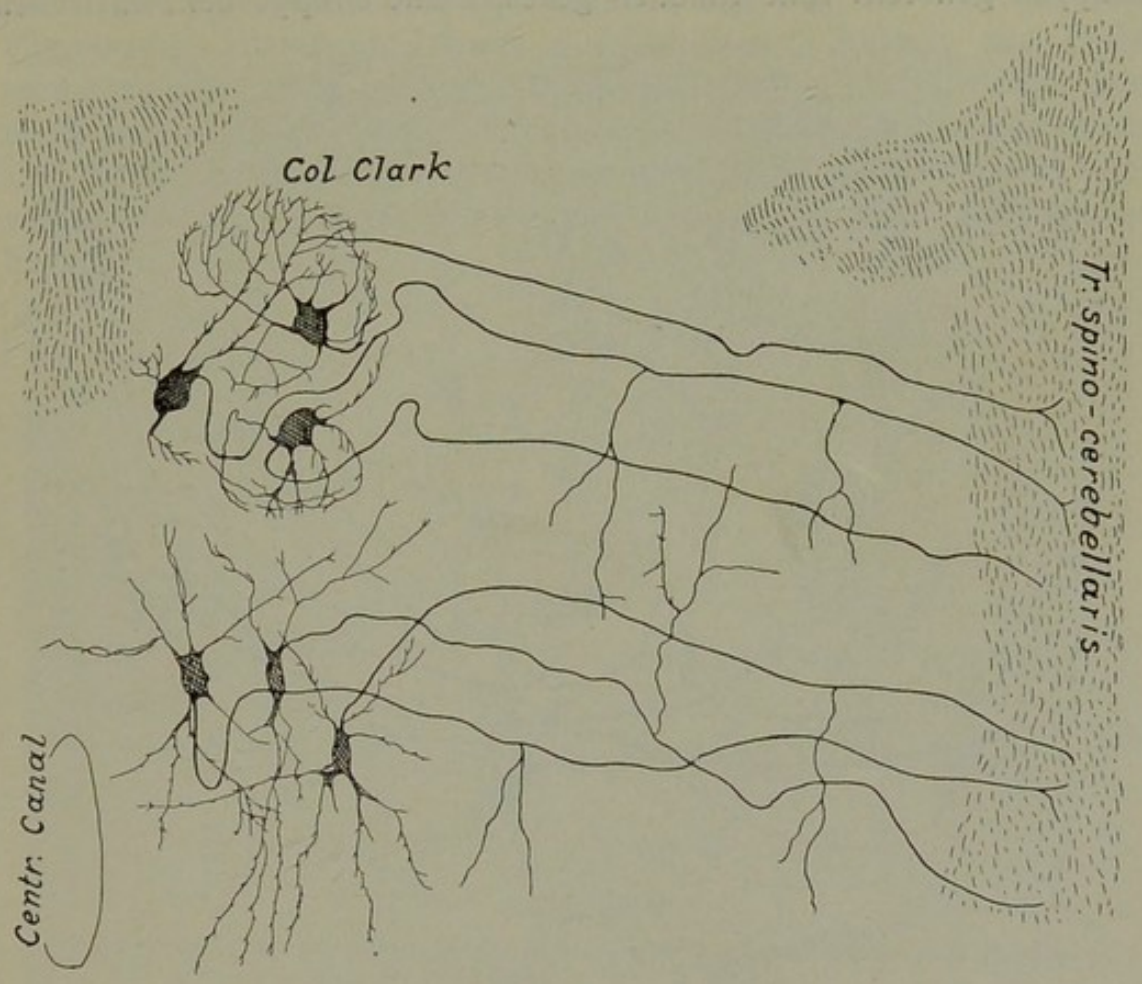


Fig. 80.

Rückenmark der Maus. Aus den Mittelzellen und aus den Zellen der Columna vesicularis gehen Fasern in die Randschicht, wo sie zum Cerebellum aufsteigen. Nach S. R. y. Cajal.

Am frontalen Ende des Rückenmarkes, da, wo die Mechanismen liegen, welche der Assoziation der Atmungsmuskulatur dienen, nehmen die kürzeren und mittleren Assoziationsbahnen natürlich an Menge sehr zu. Es vergrößert sich deshalb das Feld im Winkel zwischen Vorder- und Hinterhörnern, wo derlei Bahnen lagern, sehr. Aus dem, was man Processus reticularis nennt, wird allmählich das Assoziationsfeld der Oblongata. Vergleichen Sie auf Fig. 69 Cervicalis II mit Dorsalis II.

Der so zusammengeordnete Eigenapparat ist durch zahlreiche Bahnen mit anderen Teilen des Zentralnervensystems verbunden. Diese

Bahnen entspringen nur aus Zellen der grauen Substanz, denn sie entarten nicht, wenn die Wurzeln zerstört werden, wohl aber sieht man in den betreffenden Zellen Degenerationsbilder auftreten, wenn diese zentralen Bahnen frontalwärts zerstört werden. Solche Strangzellen s. Fig. 80.

Noch ist über diese Ursprungszellen zentraler Bahnen nicht alles genügend bekannt. Immerhin wissen wir, daß zu ihnen die folgenden Gruppen gehören: Eine rundlich geschlossene Gruppe der Mittelzellen

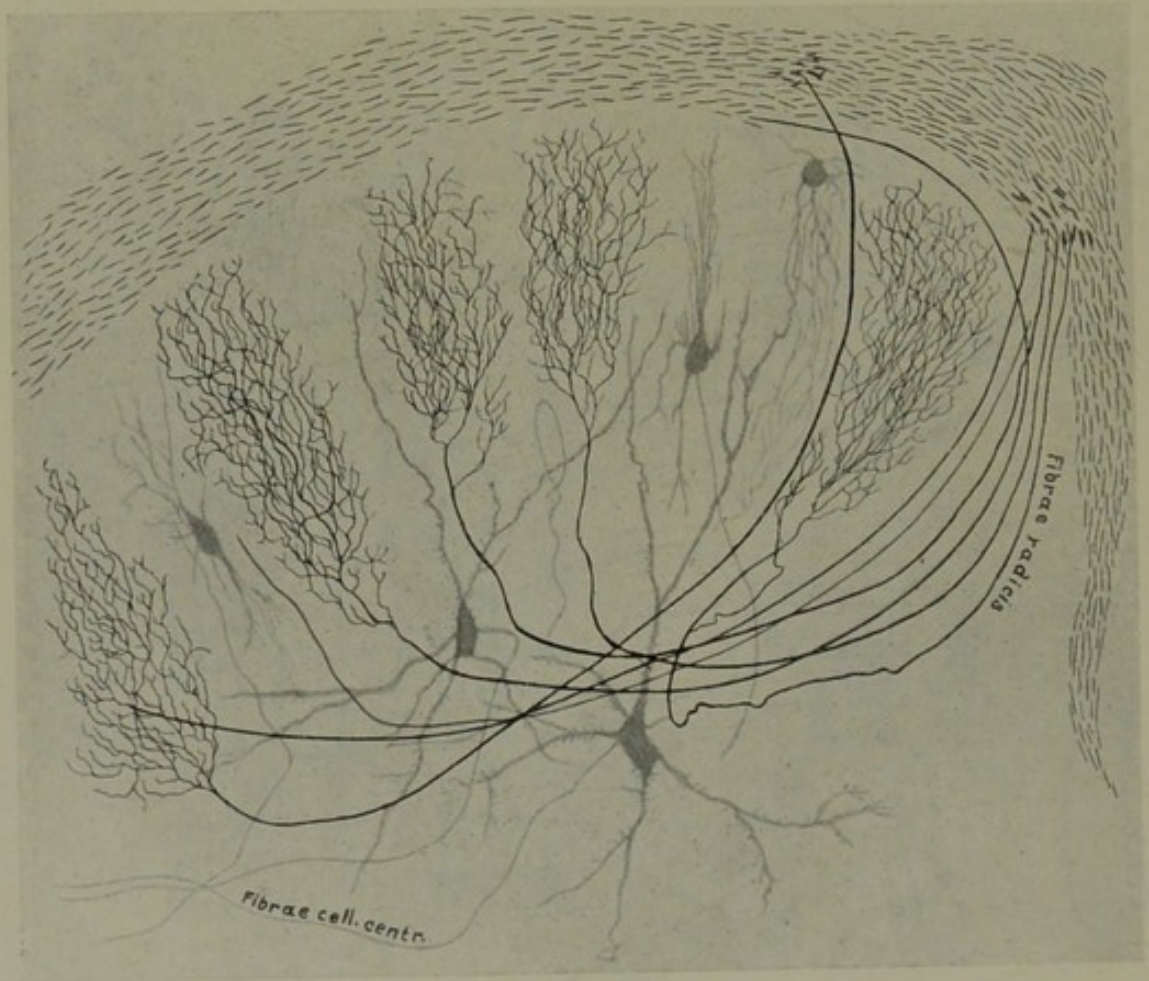


Fig. 81.

Maus. Prachtvolle Pinsel aus Dorsalwurzelfasern splittern in der Nähe von Zellen des Substantia gelatinosa Rolandi auf. Aus den Zellen treten, links unten, Axenzylinder, die bis zum Thalamus opticus verlaufen. Nach S. R. y Cajal.

(Kohnstamm), die meisten Zellen der Hinterhörner, vielleicht auch der Substantia gelatinosa und sicher die Zellen der Columna vesicularis.

Um alle diese Zellen verzweigen Dorsalwurzelfasern, aus allen entspringen Axenzylinder, die frontalwärts leiten.

Die Gruppe der Columna vesicularis, von Stilling zuerst, dann von Clarke genauer studiert, meist Clarkesche Säule genannt (s. Fig. 77), liegt etwa da, wo Vorder- und Hinterhorn zusammenstoßen. Außer den Zellen enthält sie noch ein feines Fasergeflecht und Bündelchen außerordentlich feiner, in der Längsaxe des Rückenmarkes verlaufender Nervenfasern.

Ihr rundlicher Querschnitt ist deutlich abgegrenzt nachweisbar nur etwa vom Ende der Halsanschwellung bis zum Anfange der Lendenanschwellung. Einzelnen Zellen von ähnlichem Aussehen wie der in der Säule enthaltenen begegnet man aber in ihrer Verlängerung bis in die Oblongata hinauf.

Schärfer noch als die Stilling-Clarkesche Säule hebt sich vom Grau des Hinterhornes die Substantia gelatinosa Rolandi ab. Sie liegt an der Spitze des Hinterhornes und wird dort von zahlreich eintretenden Hinterwurzelfasern durchbrochen. Solange die Färbemethoden noch nicht genügend ausgebildet waren, blieb die Bedeutung dieser eigentümlich glasig durchscheinenden Substanz immer unklar. Erst in den letzten Jahren ist es gelungen, in ihr Zellen nachzuweisen, welche ähnliche Charaktere zeigen, wie die in den Hinterhörnern liegenden.

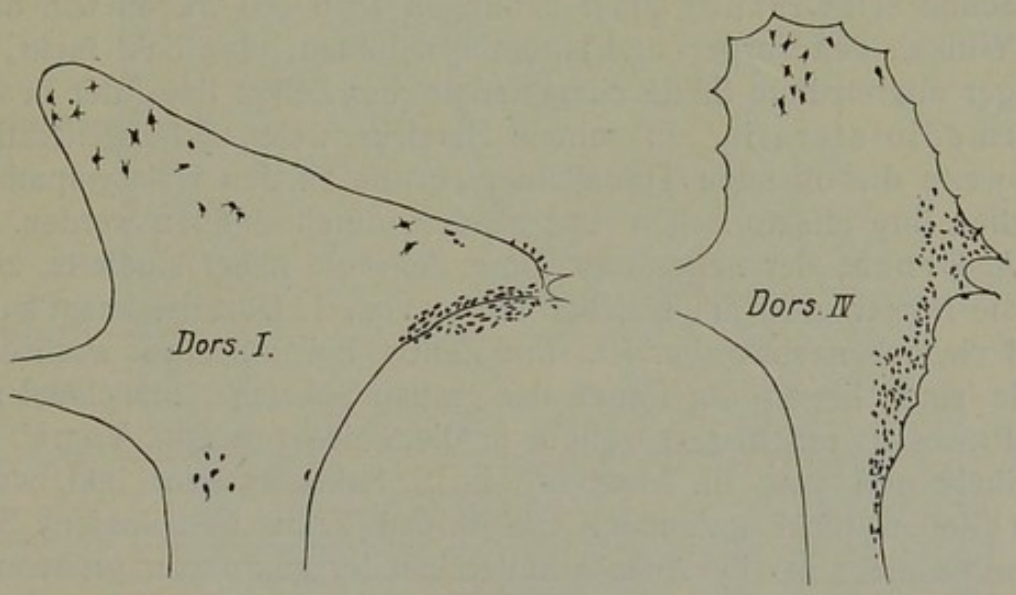


Fig. 82.

Zellen des Tractus intermedio-lateralis *A* in der Höhe der I Dorsalwurzel, *B* in der Höhe der IV Dorsalwurzel, nach A. Bruce.

Was aus den Axenzylindern wird, schien besonders schwer in einem Gebiete zu ermitteln, das ohnehin schon von unzähligen Achsenzylindern und Kollateralen solcher durchzogen wird. Neuerdings konnten S. Ramon y Cajal und besonders v. Lenhossék zeigen, daß die Axenzylinder spindelförmiger Zellen (marginale Zellen der Fig. 77), welche die Peripherie der Rolandoschen Substanz umgeben, in den dorsalen Teil des Seitenstranges geraten, und daß die Achsenzylinder aus den mehr sternförmigen schmalen Zellen, welche in der Substanz selbst liegen, in den benachbarten Hinterstrang und in die sogenannte Randzone des Hinterhornes eintreten. Die letzteren Zellen besitzen nicht einen, sondern mehrere Ausläufer vom histologischen Charakter eines Axenzylinders.

Im kaudalsten Abschnitte, dem Conus terminalis, entspringen sehr viel mehr sensible als motorische Wurzeln. Dementsprechend ist die graue Substanz dorsal enorm entwickelt, es sitzen ihr gleich kleinen Kappen die Vorderhörner auf. Zwischen diese zellarmen Teile und die

Substantia gelatinosa der Hinterhörner schiebt sich eine mächtige Gruppe großer Ganglienzellen, die Intermediärzellen, L. R. Müller. Durch die mächtigen Züge der Hinterwurzeln in die graue Substanz ist übrigens auch das ganze Querschnittsbild des Konus sehr verschieden von demjenigen des Rückenmarkes. Die hintere Kommissur z. B. ist zwischen den von rechts und links her einstrahlenden Fasermassen völlig verschwunden.

All dies betraf im wesentlichen die somatische Innervation. Für die viscerale kann man aus Gründen, welche die vergleichende Anatomie bietet, den Ort, wie bereits früher erwähnt, vermuten an der Grenze zwischen Hinter- und Vorderhorn. Der näher dem Hinterhorn zu suchende sensorische Abschnitt ist bei den Säugern noch nicht gefunden. Wohl aber kennen wir jetzt, näher dem Vorderhorn, die Ursprungzellen der viscero-motorischen Fasern.

Schon seit Clarkes Untersuchungen 1856—58 wissen wir, daß in dem Winkel, den Vorder- und Hinterhorn bilden, eine bald mehr, bald weniger abgrenzbare Säule charakteristischer Zellen liegt, der Tractus intermediolateralis. In seinem Bereiche treten Zelldegenerationen ein, wenn die obersten Thorakalnerven, die zu den Halssympathikusganglien ihre effektorischen Äste senden, durchschnitten werden.

A. Bruce, der neuerdings diese Zellsäule näher studierte, zeigte, daß sie immer etwa am gleichen Platze vom 1. Dorsalsegment kaudalwärts vielfach nachweisbar ist. Ihre Zellen, die von etwas wechselnder Größe sind, liegen am Rande der grauen Substanz, manchmal so in den Processus reticulares, weithin in die weiße zerstreut. Vom V.—VII. Cervikal- und vom III. Lumbal- bis III. Sakralsegment inkl. wurden diese Zellen nicht gefunden. Sie bilden keine geschlossene Säule, liegen vielmehr in eine Anzahl hintereinander geordneter größerer und kleinerer Nester angeordnet, manchmal rechts, manchmal links stärker ausgebildet. Ihre Entwicklung geht ziemlich parallel der Menge der in den einzelnen Rückenmarkshöhen nach Gaskell abgehenden Fasern und ist deshalb am stärksten vom VIII. Cervikal- bis VI. Dorsalsegment, von wo die Äste für die großen Halsganglien stammen und im unteren Dorsalmarke, wo der Bedarf für den Splanchnikus zu decken ist.

Man hat längst erkannt, daß im Bereiche der Sakralnervenursprünge die Fasern entspringen und enden, welche an der Innervation der Beckeneingeweide im wesentlichen beteiligt sind. S. 104 ist dargelegt, daß aus dem Gebiete des 2.—4. Sacralis die Fasern des autonomen Systemes stammen, das eben jene Eingeweide versorgt. Nun wissen wir aber auch, daß die Entleerung der Blase, des Mastdarmes, der Samenblasen bis zu gewissem Grade unter den Einfluß des cerebrospinalen Systemes gestellt werden kann. Man hat schon gelegentlich an dieser Stelle einen Einfluß des Willens usw. auf das autonome System annehmen wollen, es hat sich aber, namentlich durch die

Untersuchungen L. R. Müllers am Menschen gezeigt, daß die Verhältnisse ganz anders liegen. Die Ausstoßung des Samens, die Ent-

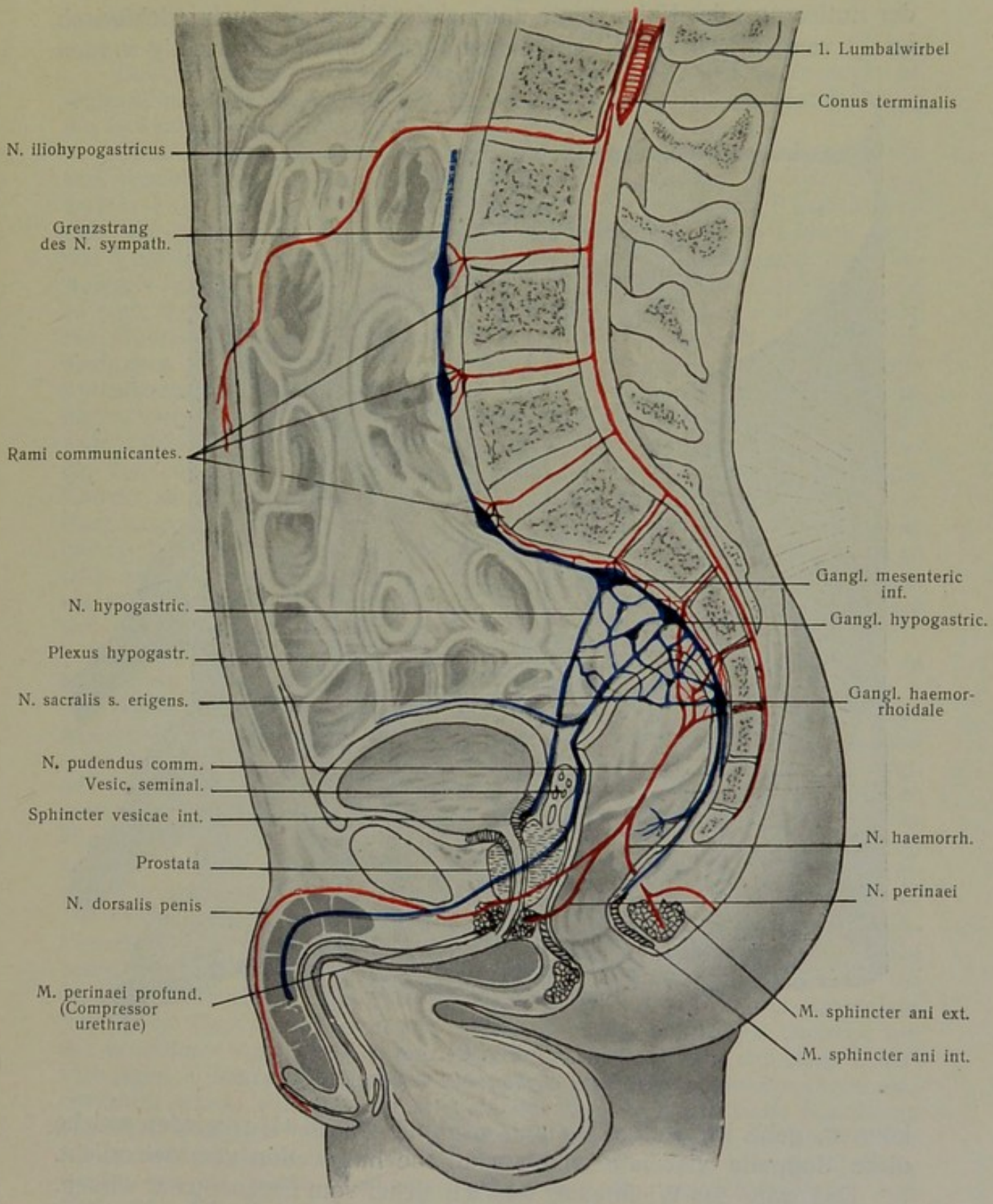


Fig. 83.
Die viscerale Innervation einiger Beckeneingeweide blau, die somatische rot.

leerung des Urines und des Stuhles, vegetative Vorgänge, werden in der Tat nur von dem autonomen Systeme beherrscht, aber allen drei

Funktionen stehen daneben quergestreifte, vom Rückenmarke innervierte Muskeln vor, Compressor urethrae, Sphincter ani externus, Musculi ischio- und bulbo-cavernosus, die sowohl willkürlich als bei der Entleerung des Exkremente und bei der Ejaculatio auch reflektorisch erregt werden. Da diese Verhältnisse auch klinisch sehr wichtig werden

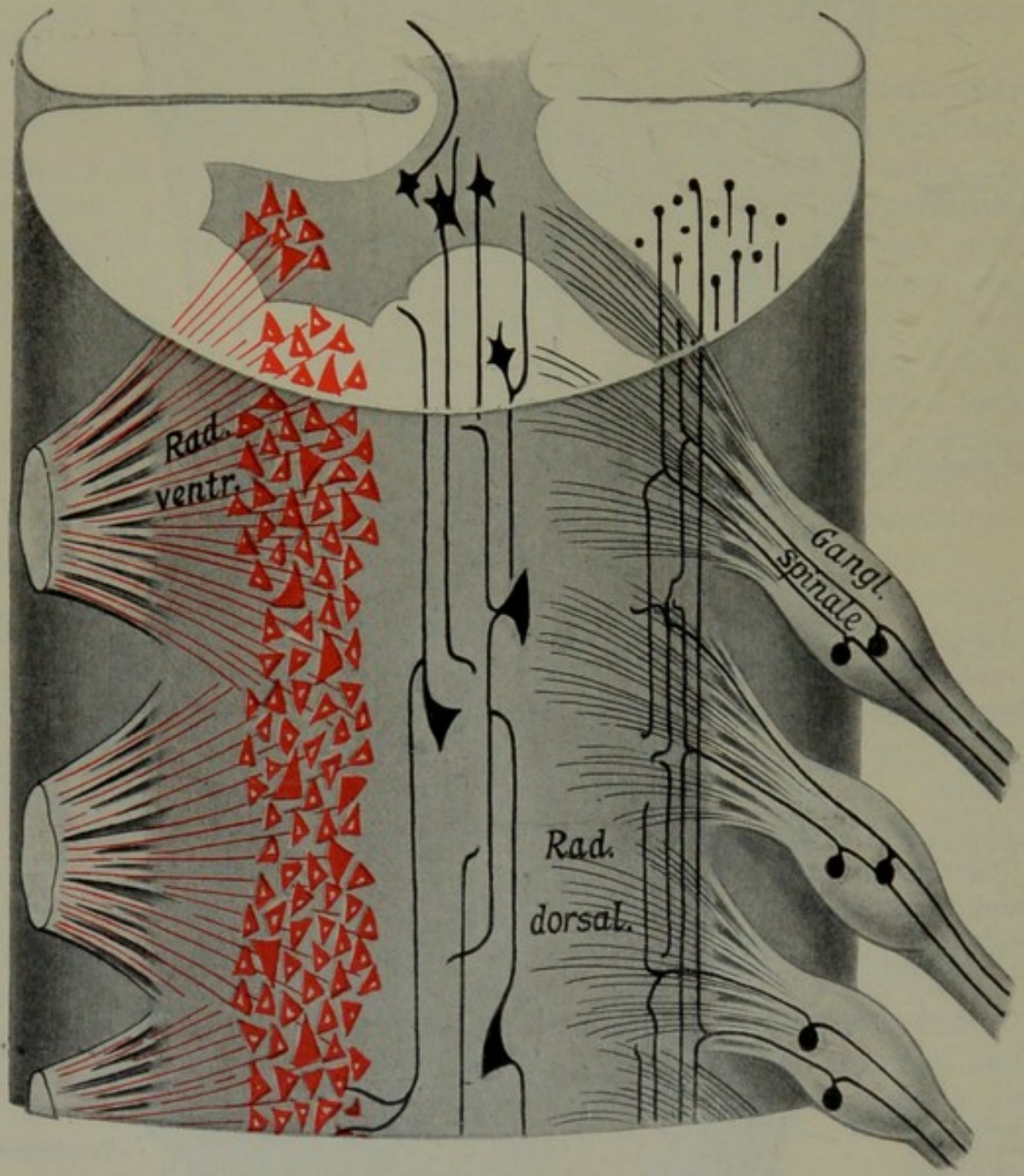


Fig. 84.

Schema des Eigenapparates im Rückenmarke.

können, gebe ich in Fig. 83 eine Zeichnung von Müller wieder, welche diese doppelte viscerale und somatische Innervation veranschaulicht.

Das wäre das Wichtigste, was wir sicher vom Eigenapparat wissen. Noch aber fehlt natürlich viel dazu, daß wir voll verstehen, welche Einrichtungen zu den mannigfachsten selbständigen Handlungen befähigen. Namentlich sind auch von den bereits bekannten Dingen einige noch recht unklar. Die Verbindungen der Zellen untereinander

z. B. durch ihre Fibrillen, die Umteilung, welche die ein- und austretenden Fibrillen in den Zellen erfahren und vieles andere.

Immerhin kann man sich ein ungefähres Bild machen, wie der bekannte Apparat etwa wirken könnte.

Bekannte Versuche haben längst bewiesen, daß die Dorsalwurzeln im wesentlichen dem Rückenmarke Rezeptionen zuführen, daß die Ventralwurzeln die Bewegungsbahnen enthalten.

Diese Rezeptionen sind nicht einfache, sondern sehr mannigfacher Art und verschiedenen Wesens. Vor allem darf man sich nicht vorstellen, daß alles dasjenige, was in den sensiblen Wurzeln an Eindrücken dem Rückenmarke zugeführt wird, identisch ist mit dem, was wir gewöhnlich „Empfinden" nennen. Damit ein Eindruck zum Bewußtsein komme, genügt es nicht, daß er dem Rückenmarke zugeleitet werde, es muß auch von der Stelle, wo die betreffende Bahn endet, eine Verbindung zur Hirnrinde führen. Nun aber ist gar kein Zweifel, daß solcher Verbindungen nur ganz wenige sind, daß, wenn man die Gesamtzahl der Hinterwurzelfasern etwa in Betracht zieht, die Zahl der zentralen Verbindungen, dagegen verschwindend klein ist. Das allein schon ermöglicht den Schluß, daß wohl zahlreiche sensorische Eindrücke dem Rückenmarke zukommen, daß aber nur von einigen wenigen wir deutliche Kenntnis bekommen. Die Organe des Körpers sind alle, wie gerade wieder neuerdings die Silbermethode zeigt, von einer ungeahnt großen Fülle von Nerven durchzogen, und deren Anordnung und Verlauf, ihre Beziehungen zu Gefäßen und Drüsen, zu Muskelfasern und auch zu Knochen und Zahnbein macht es mehr als wahrscheinlich, daß hier ein mächtiger Apparat vorliegt, der wesentlich der Regulation von Eindrücken und der Sensomobilität (Exner) dient.

Es handelt sich hier um proprioceptive Reflexe, Reflexe, welche von den arbeitenden Organen selbst erregt, zur Regulierung der Arbeit dienen.

Der Einfluß der Dorsalwurzel auf den Muskeltonus, auf die Bewegungsregulation und auf die Fähigkeit zur Muskelbewegung überhaupt kann gar nicht hoch genug eingeschätzt werden. Nicht nur hat sich längst gezeigt, daß bei weitgehendem Untergang von Dorsalwurzeln, wie er bei der Tabes statthat, die Ausführbarkeit korrekter Bewegungen und die Spannung aller Muskeln enorm leidet, es haben auch Versuche von Mott und Sherrington ergeben, daß ein Affe, dem man genügend viele Dorsalwurzeln aus der Armregion ausschneidet, keine aktiven Bewegungen mehr mit den Armen macht. Das wird nun fast immer vergessen, wenn die Ergebnisse von Durchschneidungsversuchen einzelner Stränge analysiert werden. So gut wie immer wurden bisher nur die allergröbsten Gefühlsqualitäten geprüft. Deshalb sind jetzt, wo wir die anatomischen Verhältnisse im Rückenmarke so viel besser kennen als früher, die Ergebnisse der bisher angestellten physiologischen Versuche nur mit besonderer Vorsicht zu verwerten; dagegen scheint mir, daß neue Untersuchungen an Menschen mit totalen oder partiellen Rückenmarkstrennungen sehr erwünscht wären, weil eben die Tiere nur auf die allergröbste Weise Eindrücken gegenüber reagieren werden, die ihnen nicht gerade Schmerz machen. Sicher wissen wir bis heute nur, daß die Hinterstrangbahn nicht alle die Gefühle, welche wir als taktile empfinden, leitet, und sehr wahrscheinlich ist, daß diese von dem in die graue Substanz eintretenden Abschnitte, welcher bald seine sekundäre Fortsetzung findet, weitergeleitet werden. Mit eben diesem Abschnitte müssen auch die zentralen Bahnen verlaufen, welche uns über Temperatur- und Druckempfindungen Auskunft geben.

Irgendeinem Reize, der aus der Peripherie in das Rückenmark kommt,

stehen eine große Menge von Verbreitungswegen offen. Es gibt zunächst eine Anzahl von Hinterwurzelfasern, welche direkt voran in das Vorderhorn ziehen und um dessen Zellen aufsplittern. Diese sind wohl geeignet, jene Zellen mit den Reizmomenten zu „laden", oder bei genügend hohen Reizen auch sofortige Entladung von motorischen Reflexen hervorzurufen. Durch vorgebildete und auf dem Wege der Einübung erworbene Bahnen stehen aber die motorischen Zellengruppen wieder unter sich in funktionell assoziierter Verbindung, und diese Verbindung ist wohl derart beschaffen, daß ein einzelner Reiz in der Lage ist, eine ganze Funktionsgruppe gleichzeitig zur Entladung zu bringen. So können Reflexe bestehen aus einzelnen Muskelbewegungen und auch aus scheinbar sehr komplizierten Aktionen.

Die anatomische Unterlage der Assoziationen bilden außer den Dendriten namentlich jene Strangzellen mit ihren Fortsätzen. Es hat gar keine Schwierigkeit, anzunehmen, daß ein Reiz, der in das Rückenmark gelangt, auf dem Wege durch jene Zellen sich über verschiedene Höhen ausbreitet und so motorische Muskelkerne der mannigfachsten Lage zu einer gemeinsamen Aktion zusammenfaßt. Exner u. a.

Wir kennen bereits durch sorgfältige Untersuchungen an Hunden, deren Rückenmarkeigenapparat von frontaleren Zentren durch einen Schnitt im Halsteile abgetrennt wurde, eine große Anzahl von Beweguugskombinationen, die vollständig zwangsmäßig ablaufen, wenn sie angeregt sind. Beispielsweise beginnen bei einem solchen Tiere reguläre Laufbewegungen, wenn der Fuß allein durch Druck auf die Sohle gebeugt wird (Goltz) oder es tritt zwangsmäß ein Kratzen des Rumpfes auf, wenn in einer genau bestimmten Zone der Rumpfhaut auch nur ein Haar berührt wird. Über den Mechanismus dieser und anderer Bewegungen besitzen wir namentlich seit Sherringtons Arbeiten gute Kenntnis.

Erkrankungen im Eigenapparate — wir kennen solche vielfach — führen zu sehr schweren Symptomen. Der Untergang der Vorderhornzellen erzeugt natürlich totale Muskellähmung. Zerstörungen der eintretenden hinteren Wurzeln müssen die ganze in diesen verlaufende Gefühlsbahn unterbrechen und nicht nur den Verlust jeder Art von Gefühl, sondern auch den der Reflexe, die ja durch die sensibte Bahn vermittelt werden, nach sich ziehen. Auch die Sehnenreflexe schwinden dann.

Die Bahnen für die Reflexe liegen alle in der grauen Substanz mit zuführenden und wegführenden Bahnen in der weißen Substanz. Wahrscheinlich ist die Mehrzahl der Reflexe an Segmente gebunden, die nicht sehr weit von dem Eintritt der betreffenden Wurzeln liegen. Die Reflexe können aber von frontalwärts gelegenen Punkten aus beeinflußt werden, entweder durch Hemmungen oder dadurch, daß von oben herabkommende Bahnen ihr Zustandekommen erst ermöglichen, z. B. dem Muskeltonus entsprechend regulieren. Vollständige Unterbrechung des Rückenmarkes führt zunächst zu Verlust fast aller Reflexe, die Sehnenreflexe bleiben dann gewöhnlich dauernd aus, die Hautreflexe können wieder eintreten. Eine Anzahl mit der Blasen-, Mastdarm- und Vasomotoreninnervation verbundener Reflexe können aber auch bei völliger Quertrennung erhalten bleiben.

Erkrankungen der grauen Substanz treffen natürlich immer auch die Sympathikusanteile derselben, doch sind die Folgen noch wenig studiert. Mit dem 7. Cervikalnerven und mit einigen höheren Wurzelfasern treten aus dem Sympathikus Fasern in das Rückenmark, welche bei der Innervation des Auges und der gleichseitigen Gesichtshälfte in Betracht kommen. Sie verlaufen im Marke ungekreuzt cerebralwärts. Deshalb machen Unterbrechungen der siebenten Wurzel ebenso wie Rückenmarksdurchtrennungen oberhalb des siebenten Segmentes immer gleichseitige Verengerung der Lidspalte und der

Pupille oft auch Abnahme des Gesichtsturgor auf der verletzten Seite. Die Mehrzahl der Bahnen für die Gefäßinnervation verläuft ungekreuzt, wahrscheinlich im Vorderseitenstrange, den sie mit den vorderen Wurzeln erreicht. Für die Blasen- und Mastdarminnervation müssen wir nach den klinischen Beobachtungen eine doppelseitige Innervation annehmen.

Elfte Vorlesung.

Vom Rückenmarke III. Leitungsapparat und Gesamtaufbau.

Der Eigenapparat des Rückenmarkes ist auf die mannigfachste Weise mit weiter frontal liegenden Hirnteilen verbunden. Diese Verbindungen liegen alle in den Strängen, welche den Eigenapparat umgeben.

Erst das Studium der Entwicklungsgeschichte, sowie die Folgen der Faserunterbrechungen, auch die Untersuchung gewisser Krankheiten des Rückenmarkes haben gelehrt, daß die Vorder- und Seitenstränge nicht einheitliche gleichwertige Fasermassen sind, wie es wohl bei Betrachtung des Querschnittes eines gesunden Rückenmarkes vom Erwachsenen scheinen mag, daß sie sich vielmehr aus mehreren Abteilungen zusammensetzen. Diese Abteilungen entsprechen ebensoviel verschiedenartigen Leitungsbahnen zum Rückenmarke und aus demselben weg.

Bahnen aus dem Rückenmarke zu frontaleren Zentren.

Hier handelt es sich wohl durchweg um sensible Bahnen höherer Ordnung, Züge, welche aus den Zellterritorien stammen, wo die rezeptorischen Wurzeln enden. Alle diese Bahnen liegen in der Peripherie der Seitenstränge, mehr oder weniger in die Stränge selbst hineinragend. Sie ziehen zum Thalamus, zum Mittelhirne und zum Kleinhirn.

Lassen Sie uns zunächst zusehen, wie die Rezeptionen aus der Körperoberfläche, den Muskeln und Gelenken etwa weiter geleitet werden.

Sie wissen, daß die Fasern der Hinterwurzeln entweder im Grau des Hinterhornes oder in den weiter frontal liegenden Hinterstrangkernen zunächst frei enden und erinnern sich auch, daß ein Teil von ihnen in die Stilling-Clarkesche Säule eintrat.

An all diesen Stätten liegen Ganglienzellen, aus denen hirnwärts gerichtete Bahnen entspringen, und um diese Zellen zweigen die rezeptorischen Fasern auf, wie es auf Fig. 80 u. 81 gut zu sehen ist.

1. Tractus spino-thalamicus.

Daß die Wurzelfasern sich wirklich um Zellen der Hinterhörner verästeln, wie nach den Degenerationsversuchen längst vermutet war, hat erst S. Ramon y Cajal bewiesen. Es gelang ihm die Silberimprägnation der verschiedenen Teile und schließlich auch deren vitale

Färbung mit Methylenblau. In Figur 85 lege ich zwei derartige Präparate kombiniert vor.

Wie gelangen die Eindrücke, welche hier zugeführt werden, nach frontaleren Zentren? Dieses Bahnstück, die sekundäre sensible Bahn,

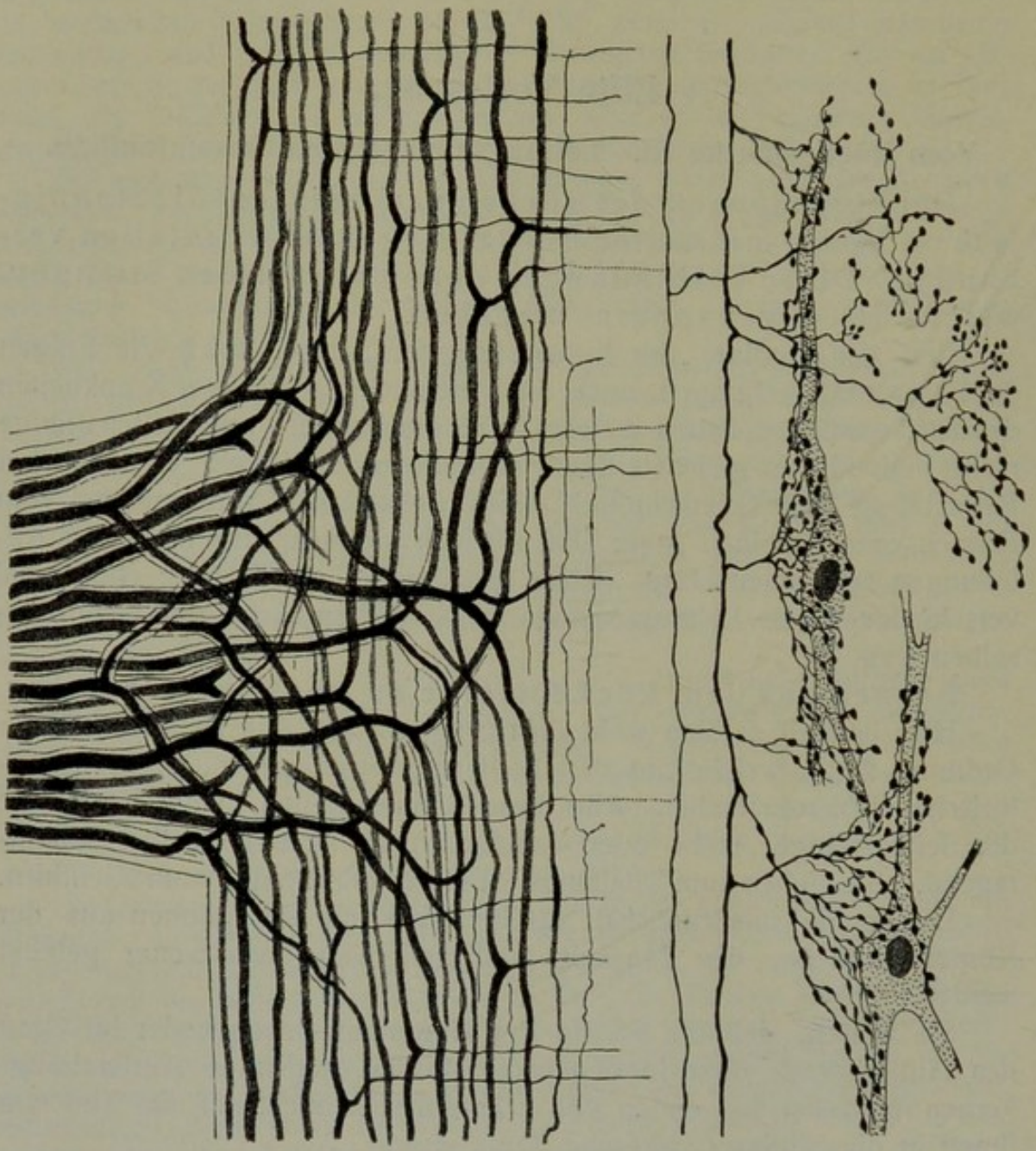


Fig. 85.

Nach S. Ramon y Cajal kombiniert. Die Ursprungszellen des Tractus spino-thalamicus. Links tritt die Dorsalwurzel in das Rückenmark und teilt sich in auf- und absteigende Wurzeläste, aus diesen treten Axenzylinder zu Zellen der Hinterhörner und verzweigen sich um diese Zellen.

besteht offenbar nur aus wenigen und zerstreuten Fäserchen, denn wie immer das Rückenmark unterbrochen wird, niemals bekam man bei den früheren Methoden, welche nur kompakte Stränge als entartet erkennen ließen, irgendeine aufsteigende Degeneration, die man für

die sekundäre sensible Bahn in Anspruch nehmen durfte. 1889 ist mir endlich an Amphibien und dann auch an neugeborenen Katzen der Nachweis der sekundären sensiblen Bahn geglückt. Es zeigt sich hier das folgende: Aus den Ganglienzellen, um welche sich die eintretende Wurzelfaser verästelt, entspringt eine sekundäre Bahn. Ihr Axenzylinder wendet sich nämlich ventral und medial, erreicht die vordere Kommissur und überschreitet sie. Dann tritt er in den Vorderstrang oder in den Seitenstrang ein, wo er zentralwärts weiterzieht. Die einfache anatomische Untersuchung an niederen Vertebraten und an Embryonen von höheren ließ das erkennen. Sie gestattete aber nicht mit aller Sicherheit den Endpunkt zu eruieren. Soweit die Fasern verfolgbar waren, endeten sie im Thalamus. Die Vermutung daß hier eine Verbindung von Rückenmark und Zwischenhirn vorliege, hat sich später, als man bessere Methoden anwenden konnte, bestätigt. Denn es ist nun öfter gelungen, die ganze Bahn aus dem Rückenmarke bis in den ventralen Thalamus zur Entartung zu bringen.

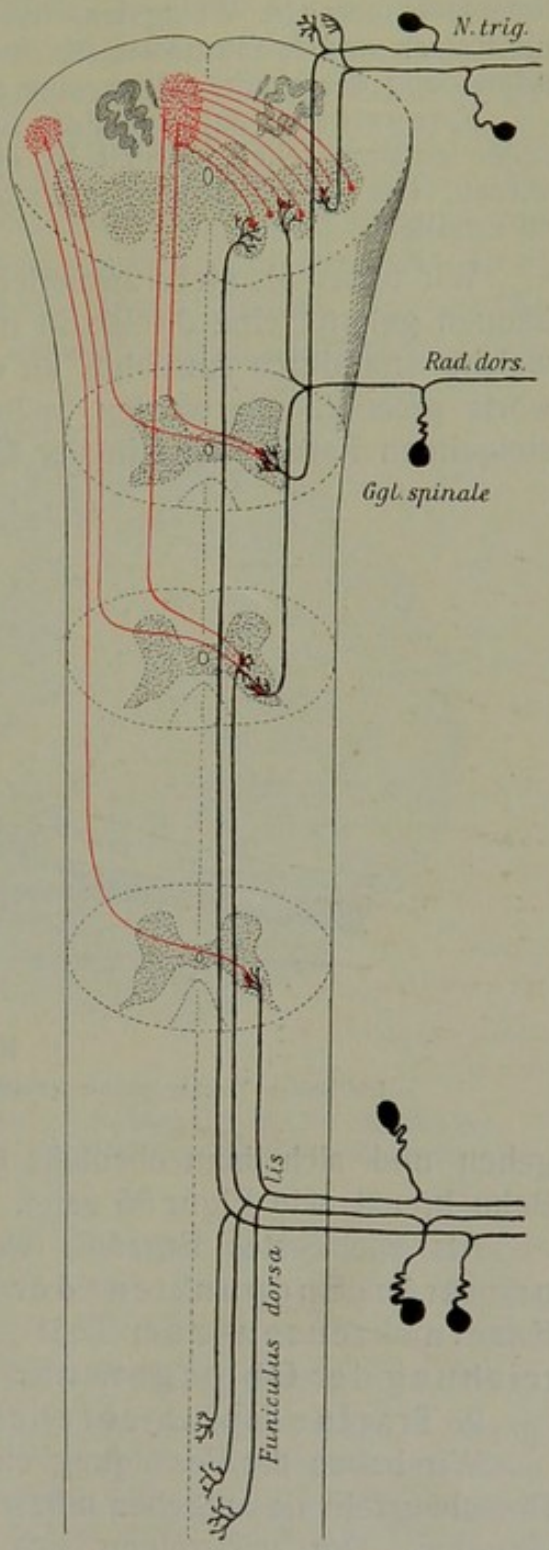


Fig. 86.
Verlauf der primären (schwarz) und der sekundären (rot) sensiblen Bahn. Die schwarzen Linien nach S. Ramon y Cajal.

Boyce hat sie zuerst am Hunde degenerieren lassen, später ist man ihr öfter begegnet und schließlich haben Horsley und Thiele das Bündel auch beim Menschen mit quergetrenntem Rückenmark entartet bis in den ventralen Thalamus verfolgen können. Immer handelte es sich hier um Züge, die sich aus der vorderen Kommissur entwickelten, an die Rückenmarkperipherie aufsteigend (Kohnstamm hat dies gezeigt) herantreten und dann medial von dem Tractus spino-cerebellaris ventr. hirnwärts ziehen. Sie bleiben ihm durch die ganze Oblongata und Brücke angelagert und trennen sich erst dicht am Mittelhirndache, wo ja die ersterwähnte Bahn in das Kleinhirn eintritt. Dann ziehen sie direkt frontal in den Thalamus, unterwegs noch sich von den ebenso verlaufenden Tractus spinotectales trennend.

Wahrscheinlich gibt es — mindestens bei einigen Säugern — noch einen weiteren Anteil dieser Bahn, der namentlich im Halsmarke entspringend, in die gekreuzten Vorderstränge eintritt und hier direkt zur Schleifenschicht der Oblongata emporzieht. Wenigstens haben Wallenberg für Kaninchen, Probst für Katzen und Rothmann für den Hund nachgewiesen, daß bei Durchschneidung der Vorderstränge eine solche Bahn entartet.

Kohnstamm hat neuerdings nach Oblongatadurchschneidung die Mittelzellen entarten sehen. Damit ist eine von dort aufsteigende Bahn nachgewiesen. Ob sie mit dem spino-thalamischen System identisch ist, wäre noch zu ermitteln.

Wir haben also jetzt zweierlei Fortsetzungen der Hinterwurzelfasern kennen gelernt, eine direkte in den Hintersträngen und eine indirekte, welche erst durch Anschluß an eine sekundäre kreuzende Bahn hirnwärts gelangt. Sie werden später sehen, daß auch die direkt aufsteigenden Fasern oben in der Oblongata durch einen Kern hindurch-

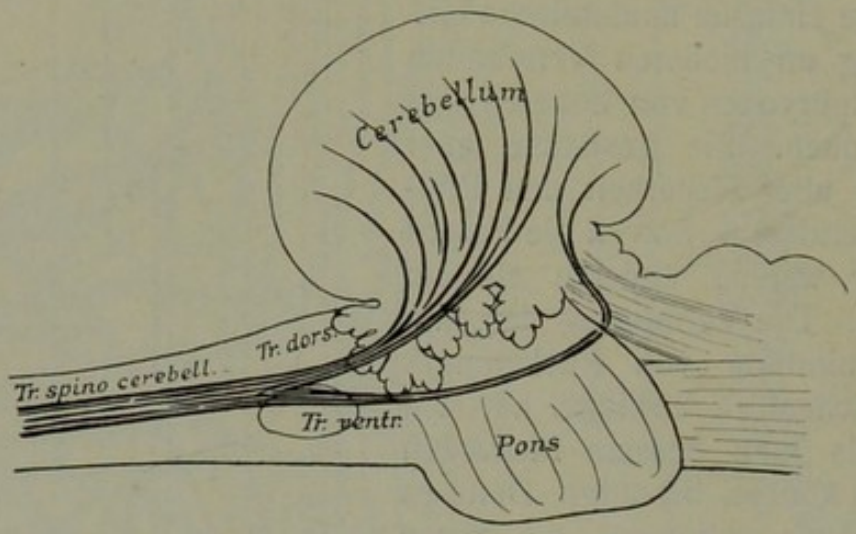


Fig. 87.

Die beiden Tractus spino-cerebellares in ihrem ganzen Verlaufe hirnwärts.

gehen und sich dann ebenfalls kreuzen, daß also die ganze sensible Bahn kreuzt, wie Figur 86 zeigt.

Als wichtigstes Ergebnis wollen Sie behalten: Die aus den primären Endpunkten der Gefühlsbahn entspringenden Fasern kreuzen zum Teil sofort, zum Teil erst nach Erreichung der Oblongata und ziehen aufwärts zum Thalamus.

2. Tractus spino-cerebellares. Kleinhirnseitenstrangbahnen.

Wir haben die Verfolgung eines Teils der sensiblen Bahn aus den Dorsalwurzeln da aufgeben müssen, wo ihre Züge in die graue Substanz eintraten. Dort verzweigen sich die dickeren Fasern um die Zellen der Clarkeschen Säule, die dünneren lösen sich in dem Netze auf, welches die kleineren Zellen des Hinterhornes und dessen Nachbarschaft, wohl besonders die Mittelzellen, umspinnt. Von beiden Ganglien-gruppen gehen neue Bahnen aus, welche die sensiblen Eindrücke dem Kleinhirn und dem Zwischenhirn zuleiten. Wahrscheinlich existiert außerdem noch eine zum Mittelhirn aufsteigende sekundäre Bahn.

Aus den Zellen der Clarkeschen Säule entstammen kräftige Axenzylinder, die lateral ziehen. Fig. 80. Am Rande des Rückenmarkes angekommen, wenden sie sich hirnwärts und ziehen durch die unteren Kleinhirnarme in den Wurm des Cerebellum. Irgendeine Unterbrechung des Rückenmarkes trennt natürlich eine Menge dieser Fasern von ihren Ursprungszellen. Deshalb entartet dann immer die Randschicht. Auf Fig. 97 ist das sichtbar. Die als dorsale Kleinhirnseitenstrangbahn bezeichnete Faserung erstreckt sich am Rande des Seitenstranges von der Spitze des Hinterhornes bis zu den lateralsten Vorderwurzeln. Doch sind ihr in dieser letzteren Gegend bereits andere Bahnen beigemischt.

Es ist wesentlich Verdienst der entwicklungsgeschichtlichen For-

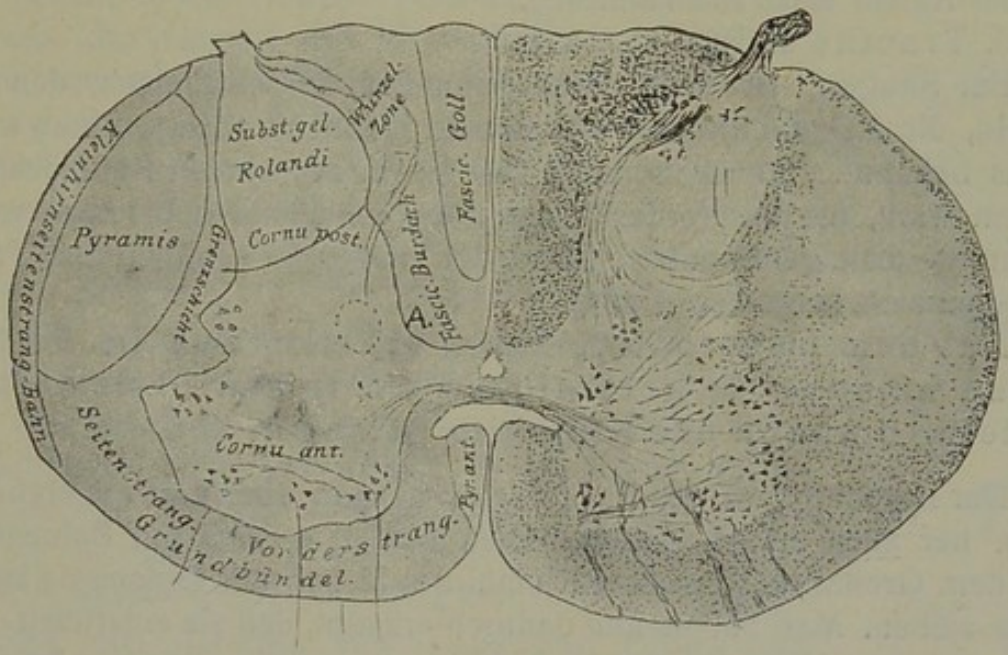


Fig. 88.

Querschnitt durch das Halsmark eines Neugeborenen. Am Seitenstrangrande die Tractus spino-cerebellares, gut sichtbar, weil die anliegenden Pyramidenbahnen ohne markhaltige Fasern durchscheinend hell sind.

schung (Flechsig), daß wir diese Bahn gut kennen und vom übrigen Seitenstrange abgrenzen lernten. In den ersten Lebenswochen, wo die Pyramidenbahn noch marklos ist, umgibt die Kleinhirnbahn als zarter weißer Saum einen großen Teil der Seitenstrangperipherie (Fig. 88).

Hohe Rückenmarksdurchschneidung bringt die Clarkesche Säule, Löwenthal, zur absteigenden Degeneration. Auch nach solcher Degeneration kann durch tiefere Trennung der Tractus spino-cerebellaris zur Entartung gebracht werden, Sherrington. So liegt der Schluß nahe, daß die Zellen der Clarkeschen Säule durch eine hohe Rückenmarkdurchschneidung retrograd affiziert, aber nicht zerstört werden.

Es gibt noch eine zweite Verbindung des dorsalen Grau mit dem Kleinhirne, den Tractus spino-cerebellaris ventralis, Gowerssches Bündel. Fig. 87.

Die Fasern entstammen wahrscheinlich den Mittelzellen (Figur 80 u. 77), durchmessen aufsteigend den ventralen Seitenstrang und legen sich

dann dicht vor dem vorhin genannten Bündel an dessen ventrales Ende. Der Faserzug durchmißt die ganze Rückenmarklänge, das verlängerte Mark und zieht erst frontal von der Brücke mit den vorderen Kleinhirnschenkeln in den Wurm des Cerebellum. Auf Fig. 97 ist er ebenfalls degeneriert. Es ist die Verdickung, welche dort in den Seitenstrang hineinragt.

Die Tractus spino-cerebellares sind wahrscheinlich von Wichtigkeit für die Koordination unserer Bewegungen. Denn nicht nur sieht man nach Kleinhirnleiden Gang und Haltung oft unkoordiniert werden, auch bei der Tabes dorsalis, wo die hochgradigste Ataxie vorkommt, sind gerade die Fasern der Hinterstränge und die Columna vesicularis Clarke degeneriert, ist also ein Teil der Bahnen zum Kleinhirne unterbrochen. Als Bing den lateralen Rückenmarksrand weithin anritzte, erhielt er ganz ähnliche Störungen wie bei Ausfall einer Kleinhirnhälfte.

3. Tractus spino-tectalis.

Bei Säugern ist über diese Bahn zum Mittelhirndach, den Vierhügeln, die bei den anderen Vertebraten mehrfach nachgewiesen wurde, nichts bekannt. Es ist möglich, daß sie in zerstreuten Bündelchen zu suchen wäre, die im Vorder-Seitenstrang gelegentlich bei Querschnitttrennung absteigend entarten und den später zu schildernden Tractus tecto-spinales beigemengt sind.

Aus dem bisher Mitgeteilten erhellt: Daß im Rückenmarke anlangende Rezeptionen bis in den Thalamus, das Mittelhirn und in das Kleinhirn gelangen können.

Der Eigenapparat des Rückenmarkes kann aber von anderen Hirnteilen her auch erregt werden. Hier handelt es sich um Bahnen, die aus dem Großhirne, aus dem Kleinhirn und aus der Oblongata kaudalwärts ziehen. Man hat sie alle dadurch erkannt, daß sie entarteten, wenn die erwähnten Hirnteile, wo ja ihre Ursprungszellen liegen, erkrankten.

Züge aus Hirnteilen zum Rückenmarke.

1. Tractus cortico-spinalis.

Der Tractus cortico-spinalis ist Ihnen in Fig. 46 bereits begegnet. Er ist nämlich der Anteil, den das Neencephalon in das sonst rein palaeencephale Rückenmark sendet und als solcher in Fig. 46 abgebildet. Durch ihn wird es erst möglich, daß das Endergebnis der zahllosen Assoziationen und anderen Leistungen der Hemisphären auf den Bewegungsapparat übertragen wird oder doch direkt übertragen wird; denn auf Umwegen über den Thalamus z. B. ist es auch dann noch möglich, wenn diese direkte Bahn etwa durch eine Erkrankung im Gehirne unterbrochen ist. Aus dem Markweiß der inneren Kapsel ziehen ihre Fasern in den Hirnschenkel, Fig. 67, dann durch die Brücke hindurch und legen sich dann an die ventrale Seite der Oblongata, jederseits ein dickes Bündel da bildend. Da dieses von alters her Pyramide heißt, s. Fig. 100, ist auch die ganze Bahn schon als Pyramidenbahn bezeichnet worden. Am frontalen Ende des Rückenmarkes sieht man diese Oblongatapyramiden kreuzen (Rosenthal 1815).

Ihre Fasern dringen zum größten Teile in die Seitenstränge des Rückenmarkes, zum kleineren bleiben sie auf der Seite des bisherigen Verlaufes liegen.

Da die Ursprungszellen in der Rinde liegen, so muß irgendeine Unterbrechung des Zuges im Rückenmark seine Fasern zum Schwunde bringen. So gelang es zuerst Türk durch Beobachtung der sekundären Degenerationen nachzuweisen, daß die in den Seitenstrang gelangenden Fasern, in dessen dorsalem Abschnitte ein eigenes Feld einnehmen. Vollständiger aber wurden wir erst durch Flechsig mit dem Tractus cortico-spinalis bekannt. Bei der Untersuchung des Ganges der Markscheidenentwicklung im Rückenmarke fand dieser ausgezeichnete Forscher, daß die Pyramiden und die ihnen entspringende Faserung noch zu einer Zeit marklos sind, wo ziemlich alle anderen Teile des Rückenmarkes bereits ihr Markweiß besitzen. An einer größeren Anzahl von Föten kurz vor der Geburt und von Neugeborenen konnte er erkennen, daß aus der Pyramide nicht nur ein zum Hinterseitenstrang kreuzendes Bündel entspringt, sondern daß auch einige Fasern ungekreuzt längs des Medialrandes der Vorderstränge in das Rückenmark herabziehen. Er teilte deshalb den Tractus corticospinalis in eine Pyramidenvorderstrang- und eine Pyramidenseitenstrangbahn. (Fig. 72 u. 73.)

Seit den Arbeiten von Türk und Flechsig ist der Faserzug hunderte Mal untersucht worden. Man hat seine Entwicklung, seine Degenerationen näher kennen gelernt, man hat durch Charcot und Erb erfahren, daß es Erkrankungen gibt, welche sich auf ihn allein beschränken, aber etwas Wesentliches ist den ersten Formbeschreibungen nicht mehr zugefügt worden. Der Zug kann im Rückenmarke bis in das untere Lendenmark verfolgt werden. Doch wird er immer kleiner, je weiter rückwärts er gelangt. Er erschöpft sich in der grauen Substanz der Vorder- und Seitenhörner.

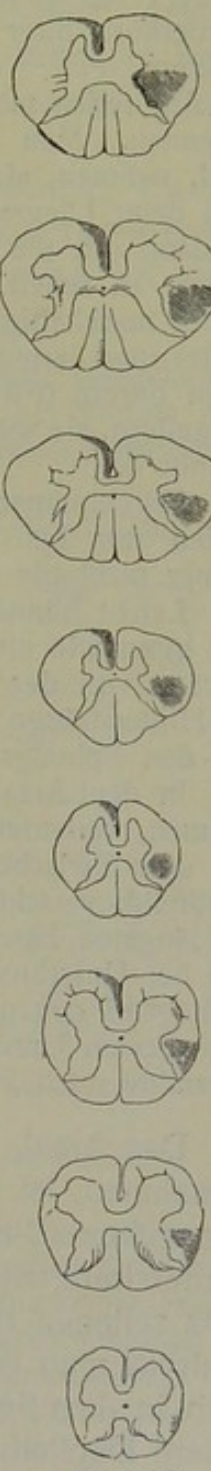


Fig. 89.

Sekundäre absteigende Degeneration der Pyramidenbahn nach einem Erkrankungsherd in der linken Großhirnhemisphäre. Nach Erb.

Die Pyramidenbahn endet im Eigenapparat, nahe den Ursprungszellen der motorischen Wurzeln.

Es ist nicht schwer, zu sehen, daß aus dem Areale der Pyramiden-Vorderstrangbahn zahlreiche Fäserchen, die Commissura anterior überschreitend, in das gekreuzte Vorderhorn eintreten. Die meisten dieser Fasern

sind Kollateraläste aus den längsverlaufenden Nervenfasern der Pyramidenbahn. Sie lösen sich im Fasernetze des Vorderhornes auf und umspinnen so die Ganglienzellen. Auch dieVerbindung mit der Pyramiden-Seitenstrangbahn erfolgt in der Hauptsache durch Kollateralen, die sich von jener Bahn lösend, in das Vorderhorn ihrer Seite direkt eintreten, wo sie sich zu feinen Fasern aufsplittern.

Am reifen menschlichen Rückenmarke lassen sich diese Verhältnisse nicht erkennen. Man muß embryonale Marke, wo die Pyramiden noch marklos sind, nehmen, sie nach der schnellen Methode Golgis mit Silber behandeln und dann Längsschnitte und Schrägschnitte anfertigen. Auf solchen gelingt es dann oft, die von Pyramidenbahnen im rechten Winkel abgehenden Kollateralen zu sehen und in die graue Substanz zu verfolgen. Diese Züge müssen später markhaltig sein; denn in Fällen von Degeneration der Pyramidenbahn findet man immer das gleichseitige Vorderhorn ärmer als normal an markhaltigen Fasern (Fürstner). Die gleichen Züge treten sehr gut hervor, wenn es gelingt, sie während ihrer Degeneration mit Osmium zu schwärzen. (Fig. 97, Schnitt 5.)

Marchipräparate lassen aber, Levandowsky u. a., die Ausläufer der Pyramiden nur bis in das graue Zwischenstück zwischen Vorder- und Hinterhörner nicht bis zu den Vorderhornzellen selbst verfolgen.

Leicht können Sie die Pyramidenbahnen an einem Rückenmarke studieren, das irgendwie eine Quertrennung erfahren hat. Dann entarten sie natürlich abwärts von der Unterbrechungsstelle. Gleichzeitig werden natürlich immer die Hinterstränge degenerieren, diese aber, weil sie die Fortsetzung der Fasern aus den Spinalganglien sind, natürlich aufwärts vom Herde.

In dem Areale der Seitenstränge, welches die Tractus cortico-spinales einnehmen, verlaufen noch eine Anzahl andersartiger Fasern, namentlich solche aus dem Zwischenhirn und dann solche, welche, den Assoziationsbündeln angehörend, verschiedene Höhen desselben untereinander verknüpfen. Gerade die längsten Fasern dieser Kategorie liegen in dieser Gegend. So kommt es, daß bei Unterbrechung des Seitenstranges im Rückenmarke ein größeres Areal absteigend degeneriert, als dem Pyramidenfelde in der Oblongata entspricht. Aus diesem Umstande ist der viel verbreitete Irrtum entsprungen, daß die Pyramide noch Fasern aus dem Rückenmarke selbst empfange.

Das Areal, welches die beiden Anteile des Tractus cortico-spinalis einnehmen, ist nicht immer das gleiche. Manchmal ist fast der ganze Zug gekreuzt, manchmal auch ist der ungekreuzte Zug am medialen Vorderstrangrande besonders stark. Die Kreuzung variiert und in ganz seltenen Fällen scheint sie ganz zu fehlen. Ziemlich regelmäßig entdeckt man bei der Untersuchung der Folgen alter Gehirnherde, daß auch in dem Seitenstrange, dessen Pyramide normal sein müßte, wenn unsere Darstellung richtig ist, ein guter Teil der Fasern entartet ist. Daraus ist zu schließen, daß auch zum Seitenstrange ungekreuzte Bündel treten. Es sind ihrer aber nur immer wenige. Jedenfalls steht der motorische Eigenapparat des Rückenmarkes zuweilen unter dem Einflusse beider Gehirnhälften, wenn auch die zu ihm gekreuzte vorwiegt.

Da, wie Sie wissen, die Markumhüllung eines Systemes sehr wesentlich von dessen Ingebrauchnahme abhängig ist, so dürfen wir vermuten, daß die Impulse, welche die Rinde dem Rückenmarke durch

die Pyramidenbahn zuleitet, solche sind, die erst im nachembryonalen Leben allmählich in Betracht kommen. Nun lehrt die Erfahrung am Krankenbette, daß mit dem Untergange des Tractus cortico-spinalis im wesentlichen alle erlernten feineren Bewegungen erheblich gestört werden. Ein Mensch, dem diese Bahn fehlt, ist nicht lahm, er kann aber nur ungeschickt gehen und die Hände kaum noch zu irgend feineren Bewegungen benutzen.

Der Tractus cortico-spinalis ist die Faserbahn, durch welche der ganze ungeheure Apparat des Großhirns direkt auf den Eigenapparat der Motilität im Rückenmarke einwirken kann.

Bei Tieren ist die Pyramidenbahn entsprechend der geringeren Ausdehnung der Großhirnrinde immer dünner als beim Menschen. Auch bei diesem enthält sie wahrscheinlich nur Fasern für diejenigen Muskeln, welche vorwiegend

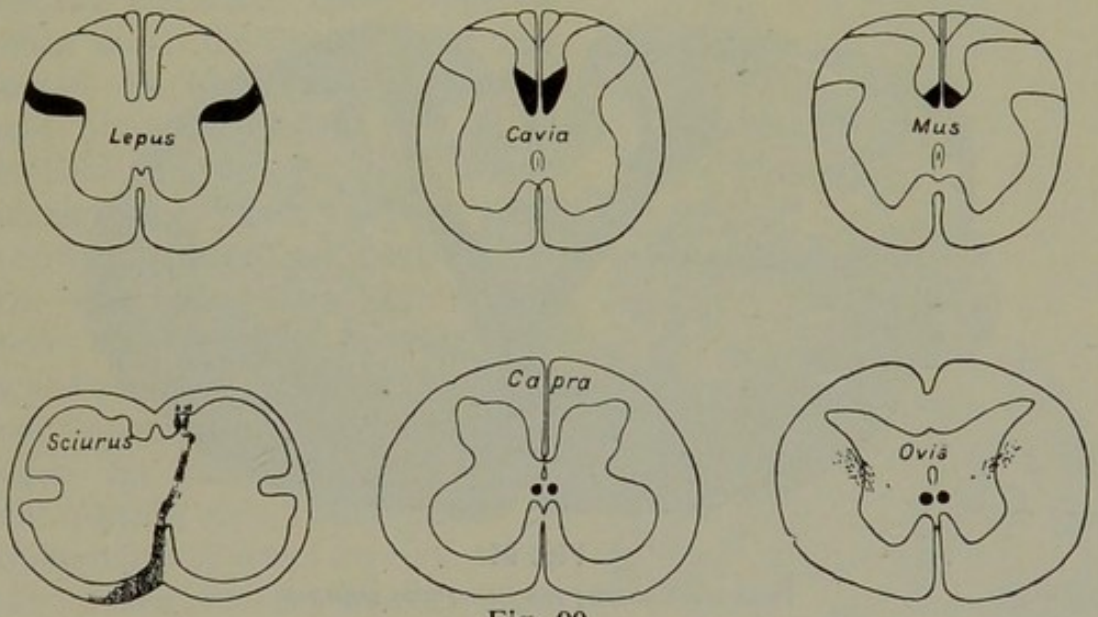


Fig. 90.

Degenerativ festgestellte Lage des Tractus cortico-spinalis bei verschiedenen Tierarten.

unter Inanspruchnahme der Rinde — also überlegt und eingeübt — gebraucht werden. Jedenfalls nimmt sie nach Abgabe des für die Innervation der oberen Extremitäten bestimmten Teiles erheblich ab, bleibt im Brustmarke wesentlich gleichstark und verliert nach Abgabe der Fasern für die Unterextremitäten so an Volum, daß sie im unteren Lendenmarke so gut wie verschwunden ist. Untersuchungen dieser Bahn an Tieren, die sich vorwiegend der Hände bedienen — Affen, Grabtiere — und an solchen, die wesentlich mit den Hinterextremitäten arbeiten — Beutler etwa — wären erwünscht. Sie müßten sich aber auf entwicklungsgeschichtliche oder degenerative Fakta stützen, denn nur solche gestatten ein reines Ausscheiden des Tractus cortico-spinalis.

Bei den Affen sind die Verhältnisse sehr ähnlich wie bei dem Menschen, ebenso bei den Raubtieren, wo allerdings nur Hund und Katze näher bekannt sind. Bei Ziege und Schaf gelangen nach den Experimenten von Dexler und Margulies, von denen auch die betr. Bilder auf Figur 90 stammen, Pyramidenfasern nur bis in den Cervikalteil

des Rückenmarkes. Sie liegen wesentlich in den Vordersträngen, zum Teil ganz innerhalb der Commissura anterior. Die in die Seitenstränge gelangenden spärlichen Fäserchen gehen innerhalb der Processus reticulares schon verloren. Die Nager bieten besonders variable Verhältnisse. Während bei Maus und Ratte, wo viele Angaben von Stieda, Lenhossék u. A. vorliegen, wo ich auch nach Degenerationspräparaten eigene Erfahrungen besitze, die ganzen Tractus cortico-spinales in die Hinterstränge geraten, wie das auch beim Eichhorn nach Goldstein der Fall ist, hat das Kaninchen die Tractus cortico-spinales wesentlich in den Seitensträngen. Bei den Marsupialiern, die ich bis jetzt untersucht habe, findet man sie nur in den Hintersträngen (siehe Fig. 91), was auch durch Versuche von Froude bestätigt wurde.

Bei dem Igel sind befriedigende Degenerationen noch nicht geglückt, es scheint aber (van Vloet, Dräsecke), als gingen nur sehr

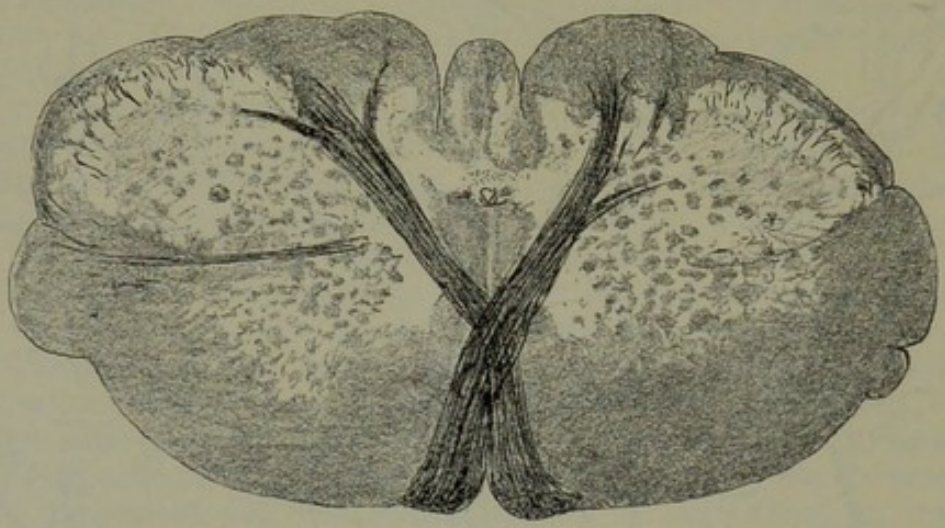


Fig. 91.

Pyramidenkreuzung von Halmaturus giganteus.

wenige Fasern bis in das Rückenmark, als erschöpfte sich die Hauptmasse bereits um die motorischen Kerne der Oblongata. Sicher ist das nach meinen eigenen Untersuchungen und nach denen von Merzbacher und Spielmeyer bei der Fledermaus, Vesperugo noctula der Fall, wo eine in der Höhe der Facialiskerne liegende mächtige Kreuzung der Oblongatapyramiden die Fasern zu den Hirnnervenkernen entsendet. Was noch übrig bleibt, kann nicht über den Rückenmarksanfang hinaus verfolgt werden. Nach Hatschek liegen bei Pteropus die Verhältnisse in der Oblongata ebenso, es ziehen aber dann einige Fasern kaudalwärts, die dicht über dem Rückenmarke eine neue Kreuzung bilden, ehe sie weiter dringen. Ich kann das bestätigen.

Tractus cerebello-spinales.

Es gibt wahrscheinlich zweierlei Verbindungen aus dem Kleinhirne zum Rückenmarke, eine direkte, die aber nur die oberen Cervikalhöhen erreicht, und eine sekundäre.

1. Aus den Kernen des Kleinhirnes stammen Faserzüge zu großen über Oblongata, Thalamus und wohl auch oberes Halsmark zerstreuten Zellen. Diese Tractus cerebello-tegmentales entarten, wenn die Kleinhirnkerne zerstört werden. In das Rückenmark hat man sie nie weithin, sondern, wie erwähnt, immer nur in das obere Halsmark degenerieren gesehen. Für den Menschen sind sie hier überhaupt noch nicht sichergestellt.

2. Aus den hier erwähnten zerstreuten Zellen der Haube stammen zumeist gekreuzt neue Faserbahnen, die über den ganzen Querschnitt der Seitenstränge verteilt auf- und abwärts ziehen, also das Rückenmark einerseits, frontalere Hirnteile andrerseits erreichen. Diese Apparate stehen durch die Bahn 1 unter dem Einfluß des Kleinhirnes und es ist nicht unwahrscheinlich, daß sie an der Erhaltung des Muskeltonus mit beteiligt sind. Den Tractus tegmento-spinales, wie man die Fasern wohl bezeichnen könnte, gehören als besonders kräftige und dicke Faserbündel solche an, die an dem Innenrande der Vorderhörner liegen. Sie gelangen dahin als kaudale Anteile des später näher zu schildernden Fasciculus longitudinalis dorsalis und stammen aus sehr großen, den Haubenzellen — nach den Beziehungen zum Kleinhirn — völlig analogen Zellen, den Zellen des Deitersschen Kernes.

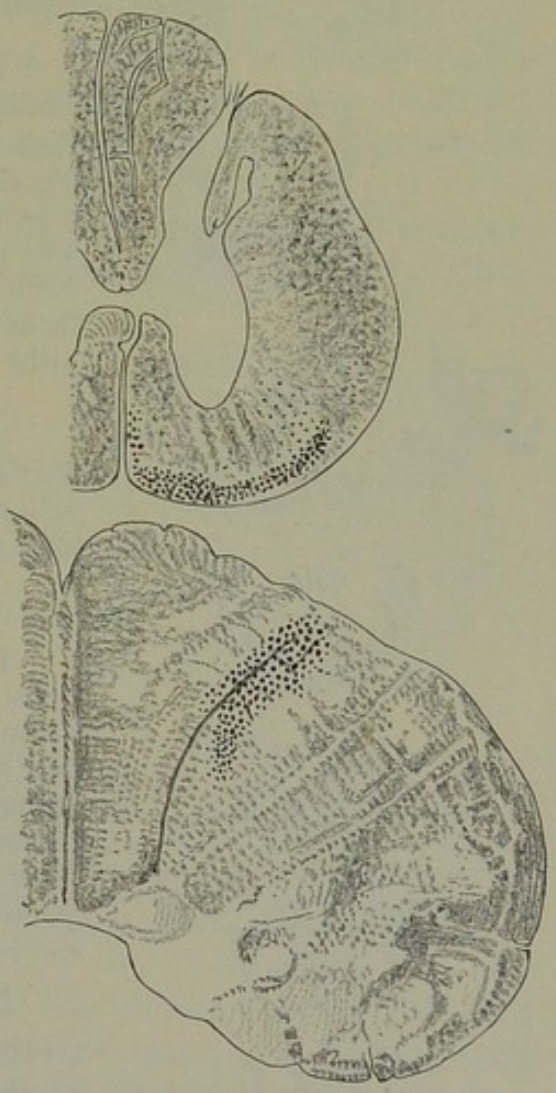


Fig. 92.
Degeneration des Tractus vestibulo-spinalis.
Experiment von Probst.

Eine andere Gruppe des Deitersschen Kernes, die übrigens gleich der eben erwähnten nicht nur mit dem Cerebellum, sondern auch mit den Fasern des Acusticus in inniger Kontaktbeziehung steht, entsendet kaudalwärts bis weit hinein in das Rückenmark den

Tractus vestibulo-spinalis. Fig. 92.

Das an der Vorderstrangperipherie liegende Bündel, welches bei wasserlebenden Vertebraten eine besondere Mächtigkeit erreicht, ist zuerst von Monakow entdeckt, aber erst von Bruce und Probst näher studiert worden. Seine Fasern liegen mitten zwischen den Zügen der

gekreuzten tecto-spinalen Bahn, gemischt noch mit langen Assoziationsbahnen, besonders solchen zur Oblongata.

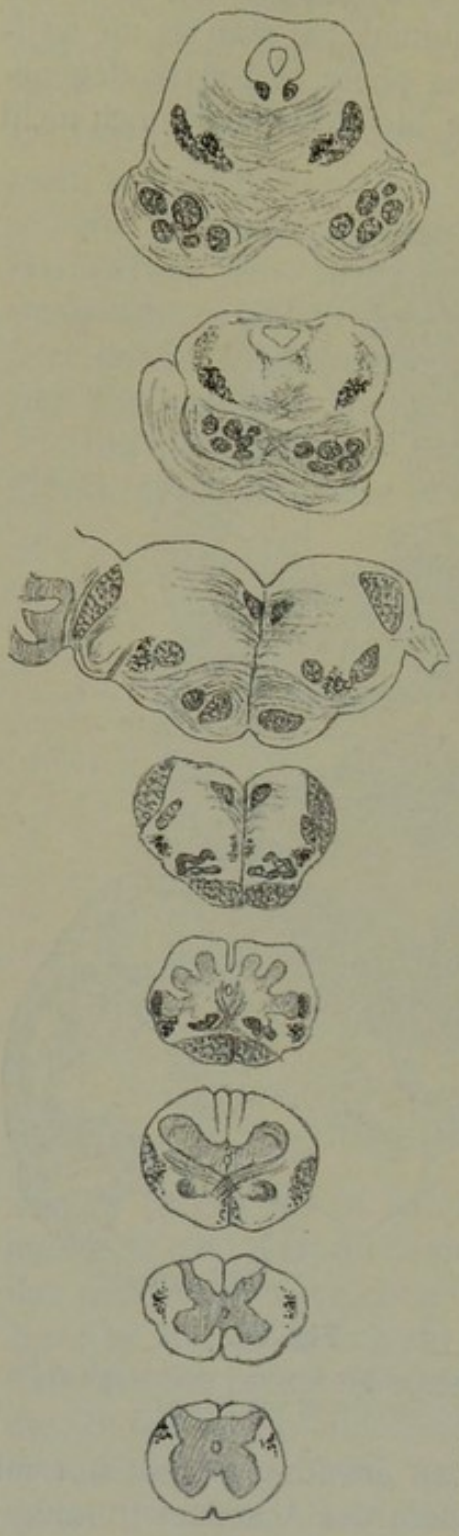


Fig. 93.

Nach Collier und Buzzard. Verlauf des Tractus rubro-spinalis. Derselbe ist doppelseitig durch einen Stich in die Gegend des roten Haubenkernes — Affe — zur Entartung gebracht.

Der Zug degeneriert, wenn er unterbrochen wird, in das Lumbalmark hinein. Wir wissen nur nicht, wo er im Grau des Rückenmarkes endet, doch darf man annehmen, daß er irgendwie zu den Vordersäulen in Beziehung tritt.

Dieser Faserzug ist bei dem Seehunde, Phoca, der ja eine sehr mächtige Schwanz-Rückenmuskulatur zu tonisieren hat, ebenso bei dem Gürteltiere — Dasypus — sehr kräftig entwickelt. Man könnte meinen, daß er dies hier wegen des Tonus wäre, der beim Einrollen erforderlich wird, aber bei dem doch gleiches tuenden Igel kann ich das Bündel überhaupt nicht sicher abscheiden.

Zu dem gleichen Systeme der Tractus tegmento-spinalis, die an ihren Ursprungszellen von gekreuzten Fasern aus den Kleinhirnkernen erreicht werden, gehört der

Tractus rubro-spinalis.

Der von Monakow zuerst gesehene Zug ist später namentlich durch Held, Kohnstamm genauer studiert worden, die mittelst Zellfärbungen und Degenerationsversuchen seinen genaueren Ursprung festgestellt haben. Durch Untersuchungen von Probst, von Collier und F. Buzzard usw., ist der ganze Verlauf von Anfang bis zu Ende geklärt worden.

Der Faserzug entspringt aus einer Gruppe großer, in der Haube unter den Vierhügeln befindlicher Zellen, die einen Anteil des Nucleus ruber bilden. Er verläuft, nachdem er sofort nach seinem Ursprunge gekreuzt hat, durch die ganze Rückenmarklänge immer ziemlich dicht ventral vom Pyramidenareal gelagert. Beim Menschen ist er weniger kräftig, vielleicht weil die Willkürinnervation via Pyramide besser ausgebildet ist als bei kleineren Säugern.

Schließlich sei noch das am wenigsten gut bekannte Bündel des menschlichen Rückenmarkes erwähnt, der bei niederen Vertebraten immer sehr mächtige, bei den Säugern dünne

Tractus tecto-spinalis.

Aus dem Dache (Tectum) des Mittelhirnes, wesentlich aus den vorderen Vierhügeln ziehen sparsame Fasern zum Rückenmarke herab.

Bei den niederen Vertebraten, besonders bei den Knochenfischen, aber auch bei den Vögeln, bilden sie ein sehr mächtiges System. Dort habe ich sie genauer studiert und gefunden, daß sie in gekreuzten und ungekreuzten Bündeln rückwärts ziehen. Später haben namentlich Held, dann Münzer und Wiener, Boyce u. a. sie bei den Säugern studiert.

Man weiß jetzt, daß auch hier ein Tractus tecto-spinalis (Fig. 94) existiert, dessen gekreuzter Anteil im Vorderstrang, nahe der Mittellinie und am ventralen Rande zu suchen ist, dessen ungekreuzte Bündel etwas lateral im Seitenstrange liegen.

Als Hauptergebnis der bisherigen Betrachtung wollen Sie festhalten: Die sensiblen Bahnen enden alle in Endkernen des Rückenmarkes und der Oblongata. Die sensiblen Endkerne entsenden Bahnen zum Thalamus, zum Mittelhirn und zum Kleinhirn. Alle diese kreuzen zur anderen Seite. Der Teil der sensiblen Wurzeln, welcher im Rückenmarke aufwärts zieht, erreicht erst in der Oblongata seinen Endkern.

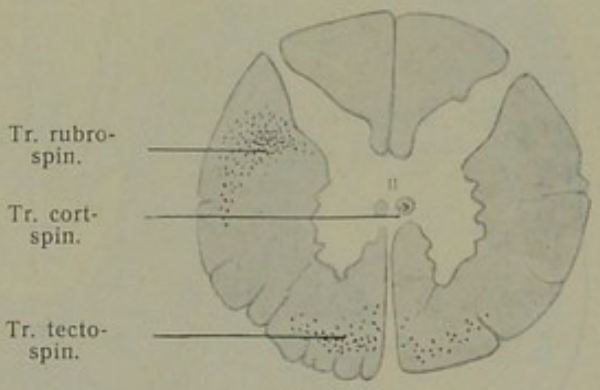


Fig. 94.

Degeneration der Tractus tecto-spinales in den Vorder-Seitensträngen und der Tractus rubro-spinales in den Seitensträngen bei der Ziege. Hier fehlen vom mittleren Rückenmarke ab die Pyramidenbahnen. Deshalb sind die letztgenannten Züge besonders klar sichtbar. Nach Dexler und Margulies.

Auch diesem entstammen dann kreuzende Fasern zum Thalamus.

Die motorischen Fasern stammen alle aus den Ursprungszellen in den Ventralsäulen (Vorderhörnern) des Rückenmarkes. Diese Kerne erhalten aus dem Kleinhirne durch Bahnen Reize, welche aus mit dem Cerebellum verbundenen Kernen im verlängerten Marke und in der Regio retrothalamica (Nucleus ruber) stammen. Außerdem ist der mächtige Eigenapparat der Vorderhirnrinde durch die Pyramidenbahn mit den Vorderhornzellen irgend wie in Verbindung gesetzt.

Schlußübersicht:

Nun, meine Herren, nachdem Sie mit mir den langen Weg gegangen sind, der alle die Einzelbestandteile des Rückenmarkes vorführte, wird der Wunsch bestehen, noch einmal einen Blick auf das Ganze zu werfen. Lassen Sie uns also am Schlusse dieser Vorlesungen über das Rückenmark alle Einzelstränge, die wir heute einigermaßen

sicher kennen, topographisch zusammengefaßt betrachten. Einzelnes noch nicht mitgeteiltes Detail mag sich noch einfügen.

1. Die graue Substanz in der Mitte mit dem Querschnitt der Dorsal- und der Ventralsäulen enthält im wesentlichen den Eigenapparat des Rückenmarkes. In ihr und in den Fasern, welche ihre Anteile verbinden — endogene Fasern — ist die Unterlage für die mannigfachen Tätigkeiten gegeben, die vom Rückenmarke allein ressortieren, hier liegen die somatischen und visceralen motorischen Nervenkerne, hier liegen die Endstätten für einen Teil der aus den Spinalganglien eintretenden sensiblen visceralen und somatischen Bahnen.

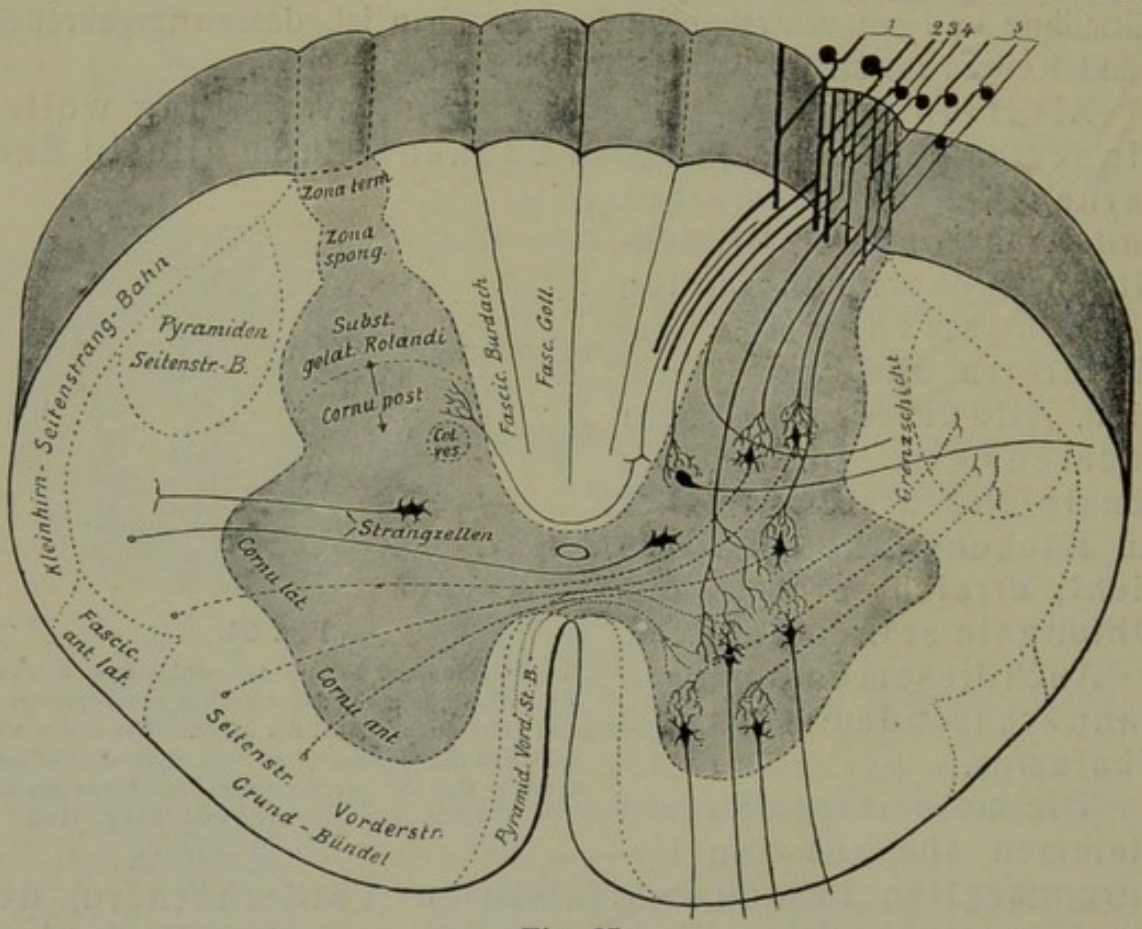


Fig. 95.

Schema eines Rückenmarksschnittes, in dem der zentrale Verlauf einiger Wurzelfasern eingezeichnet ist. Bahnen erster Ordnung ausgezogen, zweiter Ordnung punktiert.

2. Zu dem Eigenapparat der motorischen Fasern treten Züge aus der Rinde, die in den Seitensträngen verlaufen, in Beziehung. Ebensolche aus dem Thalamus, dem Vestibularisgebiete und dem Mittelhirn gelangen dahin, aber da deren genaue Endigung noch unbekannt ist, sind sie in dem Schema weggelassen.

3. Die Dorsalwurzeln zerfallen in verschiedenartig verlaufende Bündel. Ein Teil, 1 der Fig. 95, zieht in den Hintersträngen hirnwärts. Mächtige Züge, 2, treten im Bogen durch den Hinterstrang, um dicht an den Zellen der Clarkeschen Säule zu enden. Aus diesen Zellen entspringt der Tractus spino-cerebellaris ventralis zum Kleinhirnwurme. Die auf der Figur mit 3 bezeichneten Fasern zur Grenzschicht der

grauen Substanz des Hinterhornes sind im weiteren Verlaufe nicht bekannt. Ein Teil der Wurzel, 4, gelangt dicht bis an die Vorderhornzellen, um in deren Verzweigungsbereich zu enden. Schließlich ist noch die wichtige Gruppe 5 der Fasern zu erwähnen, welche um die kleinen und größeren Zellen der dorsalen und medialen grauen Substanz aufzweigend dort ihr erstes Ende finden. Aus den Zellen stammt der Tractus spino-thalamicus. Sie geben nämlich Fortsätze ab, welche die vordere Kommissur durchziehend in die Vorderseitenstränge gelangen und dort hirnwärts ziehen. Wahrscheinlich aus Zellen gleicher Art stammt eine Hinterwurzelfortsetzung zum Kleinhirn, welche gekreuzt und ungekreuzt als Tractus cerebello-spinalis ventralis ventral von der erstgenannten Kleinhirnbahn ein eigenes Areal der Vorder-

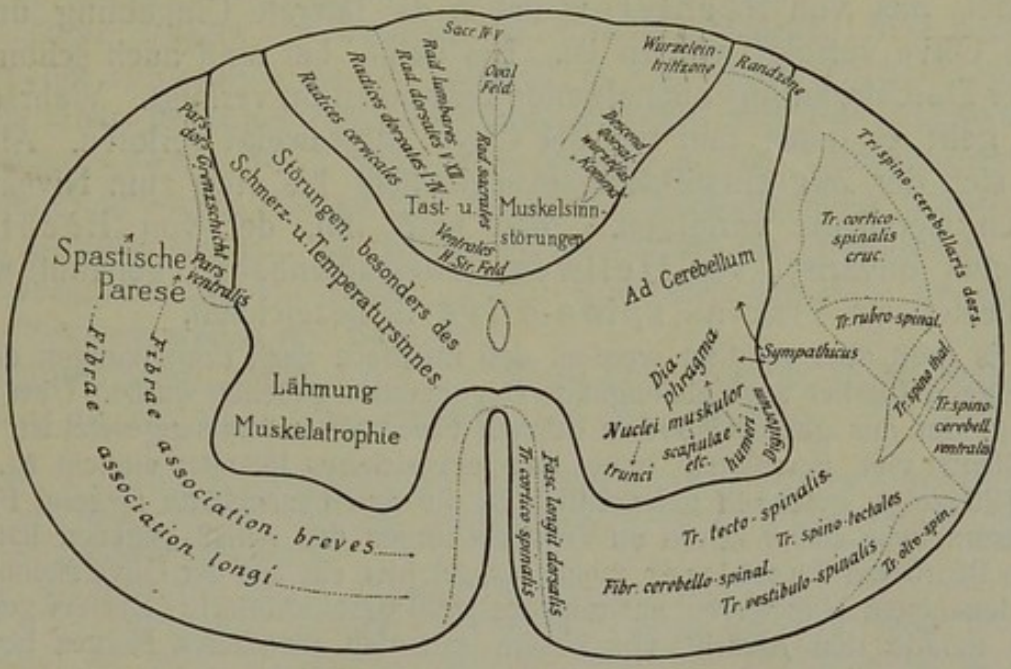


Fig. 96.

Übersicht der einzelnen Bahnen, welche auf einem Querschnitte durch das Halsmark abgeschieden werden können. Im wesentlichen nach den Ergebnissen der Entwicklungsgeschichte und der sekundären Degenerationen. Mit besonderer Schrift die wichtigsten Daten der Symptomatologie nach Querschnittsläsion eingeschrieben.

seitenstränge bildet. Daß die Dorsalwurzeln alle auch absteigende Bahnen abgeben, erhellt ebenfalls aus dem Schema.

4. Fasern, die aus der grauen Substanz heraus in die Stränge treten, um nach längerem oder kürzerem Verlaufe wieder dahin zurückzukehren, sind über alle Stränge verbreitet. Sie stellen einen erheblichen Beitrag zum Rückenmarkweiß. Die kürzeren dieser Assoziationsbahnen liegen dicht benachbart dem Grau namentlich im ventralen Hinterstrangfelde, in der seitlichen Grenzschicht aber auch über die ganzen Vorderseitenstränge und die Seitenstränge überhaupt verteilt.

Sehen wir nun näher zu, aus welchen Elementen die einzelnen Stränge sich aufbauen.

5. Die Vorderstränge: Dicht an der Inzisur liegen die ungekreuzten

Tractus cortico-spinales. Mitten unter sie gemischt, aber weithin den lateral ventralen Rand noch einnehmend, ziehen die Tractus vestibulo-spinales dahin. In dem Raum, welcher zwischen diesen Zügen und der grauen Substanz der Vorderhörner übrig bleibt, liegen außer langen und kurzen Eigenbahnen noch Züge aus dem Mittelhirn, solche, die direkt hierher hinabziehen und solche, welche bereits im Mittelhirn gekreuzt haben.

Ganz dicht an der Medianebene soll sich nach Marie in den Vordersträngen innerhalb der ungekreuzten Tractus cortico-spinales ein ovales kleines Feld abgrenzen lassen: Fasciculus sulco-marginalis. Es soll freibleiben, wenn die Pyramiden im Großhirn unterbrochen werden, aber entarten, wenn sie innerhalb des Nachhirnes betroffen werden.

Im Halsmarke liegt an der Peripherie der Vorderseitenstränge ein Bündel, das von Bechterew bis in die laterale Umgebung der unteren Olive verfolgt worden ist. Bis dahin hat man auch schon nach seiner Durchtrennung aufsteigende Degeneration verfolgt. Wahrscheinlich geht es ganz fein um die Olive aufgezweigt verloren. Abwärts läßt sich der Zug entwicklungsgeschichtlich bis etwa zum Niveau des dritten Cervicalis verfolgen. Man wird ihn, der von Bechterew „Tractus olivaris", von Hellweg „Dreikantenbahn" genannt wurde, am besten als Tractus spino-olivaris bezeichnen,

Es muß aber erwähnt werden, daß mehrfach nach Erkrankungen der Olivengegend hierher auch absteigende Degeneration gesehen wurde. Über diesen Strang, der aus ganz besonders dünnen Fäserchen zusammengesetzt ist, wurde auffallend viel gearbeitet, ohne daß ein sicheres Resultat erreicht ist. Wie Fig. 126 zeigt, gelangen gelegentlich in die ihm benachbarte Gegend Pyramidenfasern, was sicher schon zu Verwechslungen den Anlaß gegeben hat. Der letzte Bearbeiter Thalbitzer meint, es sei hier ein aus der Olive stammendes mit den ersten Halsnerven austretendes wohl vasomotorisches System gegeben. Aber gerade den Austritt von Fasern mit den peripheren Nerven beweisen seine Bilder nicht.

An der vorderen Peripherie des Rückenmarkes liegen also eine ganze Anzahl von sehr langen Faserkategorien beisammen. Bei sehr hohen Querschnittunterbrechungen entarten sie zu gutem Teil absteigend und bilden dann ein diese Peripherie umgreifendes Querschnittfeld, das man auch als Fasciculus marginalis, Randbündel, bezeichnet hat.

6. Die Seitenstränge. Die zuletzt genannten Bahnen erstrecken ihr Areal — es sind immer nur sparsame Fäserchen — bis in den ventralen Teil der Seitenstränge. Dieser Abschnitt enthält dann mehr lange und kurze Assoziationszüge als irgendein anderer Teil des Rückenmarkes. Die kurzen liegen überall um die graue Substanz herum, „Grenzschicht", die längeren über den ganzen Querschnitt verbreitet. Die ganze Peripherie der Seitenstränge wird von den beiden Tractus spino-cerebellares eingenommen. Medial von ihnen liegt dorsal, von der grauen Substanz der Hinterhörner nur durch die „Grenzschicht" getrennt, der Tractus cortico-spinalis cruciatus, die Pyramiden-

seitenstrangbahn. In seinem Areal, aber noch mehr an seinem ventralen Rande, ziehen die Tractus spino-thalamici dahin, die sekundäre sensible Bahn. Ihr liegt da, wo sie die ventrale Rückenmark-Kleinhirnbahn erreicht, medial von dieser wahrscheinlich ein Tractus thalamo-spinalis an.

7. Die Hinterstränge: Die Hauptmasse besteht aus den zur Oblongata aufsteigenden Fasern der Hinterwurzeln. Die dicht unter der Schnittfläche eingetretene Wurzel liegt immer der grauen Substanz des Hinterhornes am nächsten, die nächst untere medial von ihr und so fort, sodaß die Fasern aus dem Sakralmarke dicht an der hinteren Inzisur aufsteigen. Man kann das Areal jeder Wurzel in den Hintersträngen bestimmen. Einige Beispiele sind in der Figur 96 gegeben.

Jede Wurzel sendet gleich nach ihrem Eintritt einen Zug kaudalwärts. Diese Fasern, zusammen mit den Eigenfasern, bilden etwas medial vom Hinterhorn ein „kommaförmiges Querschnittsfeld". Der ventralste Abschnitt der Hinterstränge enthält fast nur Eigenfasern, er kann als „ventrales Feld" abgeschieden werden. Beiderseits von der Mittellinie liegen Fasern, die aus dem Halsmarke zum Conus terminalis abwärts ziehen. Sie bilden im Halsmarke einen schmalen dorsalen peripheren Saum, weiter hinten sammeln sie sich zu einem ovalen Feld innerhalb des Septum.

8. Alle Fasern, welche von der einen zur anderen Seite kreuzen, passieren die vordere oder die hintere Kommissur.

Sind auch die Bestandteile dieser Kommissuren jeder an seinem Orte bereits erwähnt, so ist es doch zweckmäßig, sie noch einmal mehr topographisch zusammenzufassen.

Es verlaufen also in der Commissura anterior (vgl. Fig. 95):

1. Zur Vorderwurzel gehörig: Fasern aus Kernen zur gekreuzten Wurzel, Kollateralen der Pyramidenvorderstrangbahn, zahlreiche Dendritenfortsätze aus benachbart liegenden Vorderhornzellen.

2. Aus den Zellen, um welche sich die Hinterwurzel aufspaltet: die sekundäre sensorische Bahn.

3. Aus den Strangzellen: zahlreiche Axenzylinderfortsätze zum gekreuzten Vorder- und Seitenstrang.

9. Von der hinteren Kommissur wissen wir sehr viel weniger. Sicher enthält sie markhaltige Nervenfasern, und sicher entstammen diese der hinteren Wurzel und auch Gebieten, in welche Hinterwurzelfasern eintreten.

Bei Föten verschiedener Säuger sind je nach der untersuchten Tierart wechselnde Verhältnisse dieser Kommissur gefunden worden. So lassen sich z. B. beim Hunde drei verschiedene Abteilungen der Kommissurfaserung unterscheiden, bei der Kuh nur zwei usw.

Wiederholt habe ich, m. H., darauf hingewiesen, daß die Degeneration, welche in einem Fasersysteme eintritt, wenn es von seinen Ursprungszellen getrennt wird, es ermöglicht, dieses System von den übrigen Rückenmarksfasern isoliert zu studieren. Einzelne degenerierte

Rückenmarksschnitte wurden ja bereits vorgelegt. Ich will jetzt, zum Schlusse dieser Beschreibung der Rückenmarkfaserung, einige Schnitte demonstrieren, die einem Marke entstammen, dessen vollständige Quertrennung zu sehr ausgebreiteten Entartungen geführt hat. Wenn eine totale Abtrennung aller Systeme von ihrem Ursprung stattgefunden hat, entarten alle bis auf die kurzen Bahnen, welche über oder unter der Trennungsstelle entspringen und enden. Die längeren Assoziationszüge in den lateralen Seitensträngen leiden natürlich auch. Benutzen wir diese Demonstration zu einer Gesamtrekapitulation der Faserung.

Die Kompressionsstelle liegt in der Gegend des 7. Dorsalwirbels. Hier ist die Entartung, wie sie durch die osmiumgeschwärzten Punkte sich verrät, ungleichmäßig fleckig. Rückwärts, nach dem Lumbalmarke zu, zerfallen dann die Pyramiden in ihren Vorder- und Seitenstrangbahnen, weil diese Tractus cortico-spinales von der Rinde abgetrennt sind. Dicht ventral von den Pyramiden, aber hier nicht deutlich abgeschieden, sind die Tractus rubro-spinales entartet. Am Rande der vorderen Inzisur treffen wir auf die Züge des dorsalen Längsbündels und des Tractus vestibulo-spinalis. Hirnwärts von der Unterbrechungsstelle entarten zunächst die direkten Fasern aus den Spinalganglien, also der größte Teil der Hinterstränge und dann die sekundären Züge aus den primären Endstätten von Dorsalwurzeln. Das sind die ventrale und dorsale Bahn zum Kleinhirn am Rande der Seitenstränge und ihr dicht angelagert, nur durch zerstreute Punkte kenntlich, der Tractus spino-thalamicus.

Auf den nächsten Schnitten, dicht vor und dicht hinter der Unterbrechungsstelle, sind natürlich eine Menge Assoziationsbahnen entartet, weiter weg von ihr sind nur noch die ganz langen hierher gehörigen Züge nahe der Rückenmarkperipherie untergegangen. Es gibt noch ein System von im Rückenmarke entspringenden und da endenden Fasern, dessen bisher nur kurz gedacht wurde. Hier, wo wir ihm degeneriert begegnen, sei es beschrieben. Oben im Halsmarke treten mitten in den Hintersträngen zerstreute Fasern auf, die sich bald an der hinteren Zirkumferenz des Rückenmarkes zu feinem Belage sammeln (Fig. 97, 4 u. 5). Im Sakralmark rückt dieses von Flechsig zuerst beschriebene Bündel in die mediane Inzisur, zu deren beiden Seiten ein halbes Oval bildend. Dieses „ovale Feld der Hinterstränge“ verschwindet dann im Grau des Conus terminalis. So ist das Ende des langen Zuges wohl bekannt, nicht aber sein Anfang, da der Tractus bisher nur in die Höhe des Cervikalmarkes verfolgt ist. Vorläufig wird es zweckmäßig sein, den langen Zug sehr dicker Fasern als Tractus cervico-lumbalis dorsalis zu bezeichnen. Die klinischen Erfahrungen sprechen für die Auffassung, daß es vielleicht die Fasern für die Innervation von Blase und Mastdarm enthält.

In den Hintersträngen, direkt lateral von den Gollschen Strängen

ziehen eine längere Strecke hinab die absteigenden Bündel derjenigen Wurzelfasern dahin, welche gerade von der Kompression getroffen worden sind. Ihre auf dem Schnitte kommaförmige Figur — Schultzesches Komma — liegt natürlich etwas verschieden, je nach der Wurzel, die gerade unterbrochen ist. Die Bahn, innerhalb welcher auch endogene Fasern verlaufen, konnte, ehe sie in das Grau eintauchend verschwindet, von Hoche bis über 8 Wurzellängen verfolgt werden.

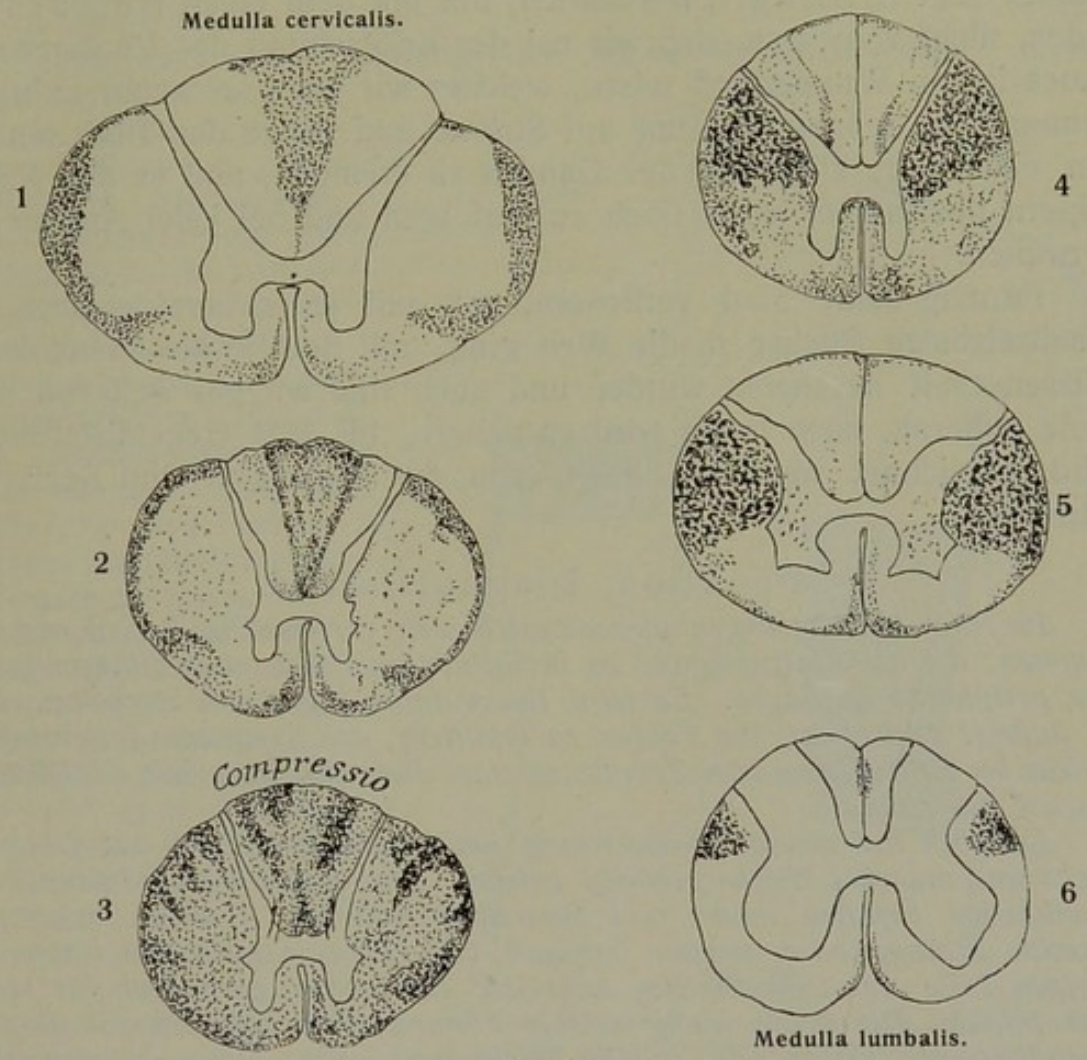


Fig. 97.

Kompression des Rückenmarkes in der Höhe des 7. Dorsalnerven. Aufsteigende Degeneration links, absteigende an den Schnitten rechts. Die Zerfallprodukte durch Überosmiumsäure (Marchimethode) geschwärzt. Nach Hoche.

Eine ähnliche Scheidung, wie sie hier durch die Entartung bedingt wird, würden wir kennen lernen, wenn wir, Flechsigs Arbeiten folgend, verschieden alte Föten auf ihr Rückenmarkweiß untersuchten. An dem Schnitte, den ich in Fig. 88 vorlegte, sehen Sie, wie dadurch, daß die einzelnen Faserqualitäten zu verschiedenen Zeiten markweiß werden, der Tractus cortico-spinalis, der Tractus cerebello-spinalis, die Wurzeleintrittszonen und manches andere deutlich hervortritt.

Das Bild von den wichtigsten Faserbahnen im Rückenmark, das ich Ihnen heute vorlege, könnte noch um vieles feiner ausgeführt, noch

mit manchem hochinteressanten Detail verziert werden. Schon sind wir aber an so manche Stelle geraten, wo unser Wissen unsicher wird, und getreu der Grenze, die diese Vorlesungen sich stecken mußten, will ich da abbrechen, wo die Fülle eruierter Details und sich widersprechender Meinungen der Autoren noch nicht gestatten, dem Lernenden präzise Bilder vorzuführen.

In der Vorrede zu seinem großen Werke über den Bau des Rückenmarkes sagt Stilling: „Wir dürfen, um mit dem edlen Burdach zu reden, nicht vergessen, daß wir bei der Erforschung des Rückenmarkbaues in ein Wunderland reisen, welches wir noch so wenig wahrhaft kennen: so mögen wir nur auf Ströme und Berge den Blick heften, um eine klare Übersicht des Ganzen zu erlangen, und es den Nachfolgern überlassen, jeden Bach zu verfolgen und bei jeder Anhöhe zu verweilen."

Fünfzig Jahre sind verflossen, seit mit jener Vorrede eines der inhaltreichsten Bücher in die Welt ging, mit dem je die anatomische Wissenschaft beschenkt wurde, und noch sind wir gar weit von dem Ziele entfernt, noch lange wird es dauern, bis jene Generalstabskarte wird gezeichnet werden können, von der Burdach und Stilling träumten.

Funktion, Diagnostisches.

Im Rückenmarke liegen physiologisch weit verschiedene Fasern eng beisammen; die als Zentralorgane zu betrachtenden Zellen sind dicht umgeben von peripheren Leitungen. Es wird Ihnen daher begreiflich erscheinen, daß es äußerst schwer ist, die Folgen zu ermitteln, die Symptome festzustellen, welche bei Erkrankung oder Zerstörung eines dieser Komponenten des Rückenmarkes auftreten.

Dennoch hat genaue Beobachsung am Krankenbette und am Sektionstische uns manches Hierhergehörige gelehrt. Eine Anzahl von Rückenmarkskrankheiten befallen immer nur bestimmte Teile des Markes, immer nur einzelne Stränge oder gewisse Gruppen von Ganglienzellen und lassen die übrigen Teile des Querschnittes entweder für immer oder doch für lange Zeit intakt. Die Beobachtung solcher Formen wird natürlich für die uns beschäftigende Frage von größter Wichtigkeit sein. Dann erlauben Verletzungen, Durchschneidungen, Kompressionen des Markes, wie sie durch Karies der Wirbel und durch Tumoren zustande kommen, oft wichtige Schlüsse.

Viel weniger als durch die Pathologie läßt sich durch den Versuch am Tiere ermitteln. Die nötigen Eingriffe sind, verglichen mit den pathologischen Prozessen im Verhältnisse zu dem feinen Mechanismus, den sie treffen, recht grober Natur.

Es kann natürlich in diesen Vorlesungen nicht unsere Aufgabe sein, die reichen Ergebnisse, welche wir zahlreichen Forschungen über die Pathologie des Rückenmarkes verdanken, auch nur kurz zu resumieren. Eine Reihe vortrefflicher Bücher führen Sie ja in dies Gebiet ohne allzugroße Schwierigkeit ein.

Nur einige besonders wichtige oder besonders sichergestellte Punkte seien erwähnt.

Die Symptome bei Erkrankung des Eigenapparates sind S. 140 kurz besprochen.

Erkrankungen der Hinterstränge machen verschiedene Symptome je nach der Stelle, wo sie die Stränge treffen. Zerstörungen der eintretenden hinteren Wurzeln müssen die ganze in diesen verlaufende Gefühlsbahn unterbrechen und nicht nur den Verlust jeder Art von Gefühl, sondern auch den der Reflexe, die ja durch die sensible Bahn vermittelt werden, nach sich ziehen. Auch die Sehnenreflexe schwinden dann. Degenerationen der Hinterstränge verlaufen mit geringen Störungen des Hautgefühles, es scheint immer das Muskelgefühl zu leiden. Die motorische Kraft erleidet durch Erkrankung der Hinterstränge keine Einbuße, wohl aber bis zu gewissem Grade der Muskeltonus.

Sowie nach Durchschneidung einer Wurzel ihr Areal ausfällt, so tritt auch nach Zerstörung der grauen Substanz, in welcher die Wurzel zu gutem Teile endet, eine segmentäre Anästhesie auf der gleichen Stelle ein. Sie erstreckt sich, wenn nur die graue Substanz des Hinterhornes erkrankt ist — bei intramedullären Blutungen, Syringomelie z. B. — im wesentlichen auf die Schmerz- und Temperaturempfindungen. Innerhalb der grauen Substanz müssen die betreffenden Bahnen kreuzen, denn es wird bei halbseitiger Läsion die ganze unterhalb des Schnittes auf der nicht lädierten Seite liegende Körperregion für die erwähnten Empfindungsqualitäten mehr oder weniger unempfindlich. Mancherlei Erfahrungen, aber auch die Tierexperimente sprechen dafür, daß die gekreuzten Fasern in demjenigen Teile des Seitenstranges hirnwärts ziehen, welcher der Pyramidenbahn ventral anliegt. Die Faserbahnen, welche die Tast- und Druckrezeptionen der Haut zum Rückenmarke leiten, müssen zunächst zum Teil in den Hintersträngen, zum Teil in der grauen Substanz verlaufen. Die Erfahrungen, welche man bei der Halbseitenläsion gemacht hat, sind merkwürdig ungleichmäßig. Meistens ist die gekreuzte Körperhälfte für die erwähnten Sinnesqualitäten unempfindlich, aber zuweilen ist sie es auch nicht, außerdem sind wiederholt auf der Seite der Verletzung selbst Anästhesien, welche sich auf das ganze kaudaler liegende Gebiet erstrecken, beobachtet worden. Es scheint deshalb, als wäre die Bahn für Druck- und Tastsinn doppelseitig vertreten, gekreuzt und gleichseitig. Dann verläuft wahrscheinlich der ungekreuzte Teil in den Hintersträngen, der kreuzende durch die graue Substanz nach den Seitensträngen der anderen Seite.

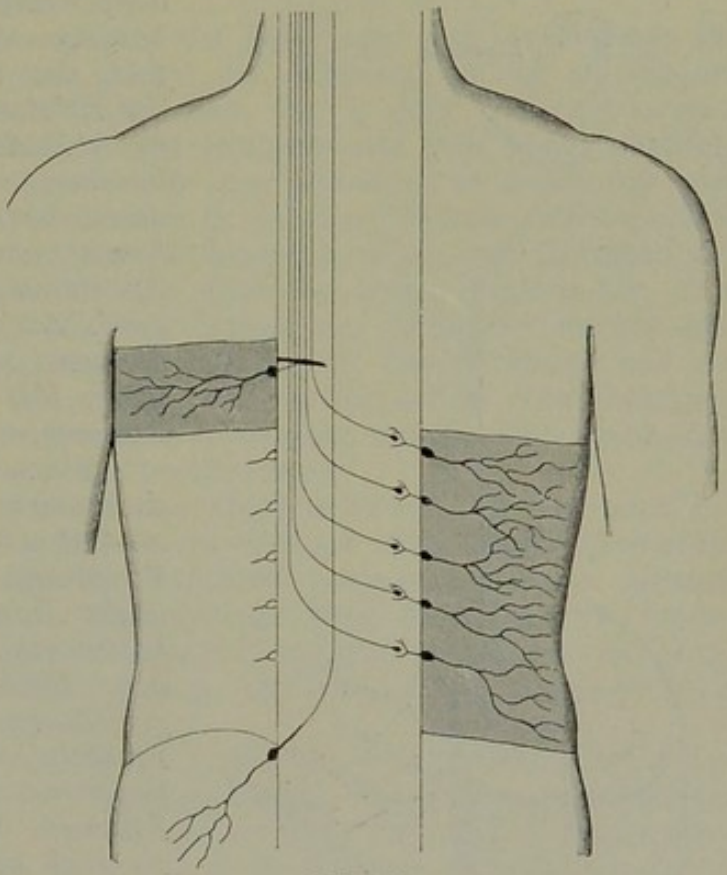


Fig. 98.

Schema einer Halbseitenläsion. Auf der Seite des Schnittes fällt das Wurzelareal der direkt durchschnittenen Wurzel aus, auf der gegenüberliegenden entsteht ausgebreitete Anästhesie, weil die gesamten von da zentralwärts ziehenden Bahnen unterbrochen sind.

Wenn wir der Einfachheit halber einen Augenblick annehmen, daß nur eine Art von rezipierenden Wurzelfasern existiere, so können wir uns leicht ein übersichtliches Schema wie in Figur 98 zeichnen, welches sehr lehrreich die Ausfallerscheinungen erkennen läßt, welche nach halbseitiger Rückenmarksdurchschneidung auf sensiblem Gebiete beobachtet werden. Die Beobachtung hat gelehrt, daß daneben noch — auf bisher unbekannte Weise — andere Symptome zustande kommen, so namentlich eine Überempfindlichkeit auf der Seite, welche der anästhetischen gegenüberliegt, also auf der Schnittseite selbst. Sie ist möglicherweise nur eine Art Gleichgewichtsstörung des Rezeptionsapparates.

Der Umstand, daß schon bei halbseitigen Herden im Rückenmarke doppelseitige Gefühlsstörungen vorkommen, eine segmentäre im Wurzelfelde und eine diffuse in der unterhalb der Erkrankung liegenden Körperregion, macht Rückenmarksläsionen unterscheidbar von zerebralen und hysterischen, bei denen ebenfalls einseitige Anästhesie vorkommt, aber immer die Störung des zur Anästhesie gekreuzten Wurzelfeldes fehlen wird. Auch manche periphere Affektion, die sonst schwer als solche zu erkennen wäre, läßt sich abscheiden, wenn jenes Zusammentreffen fehlt.

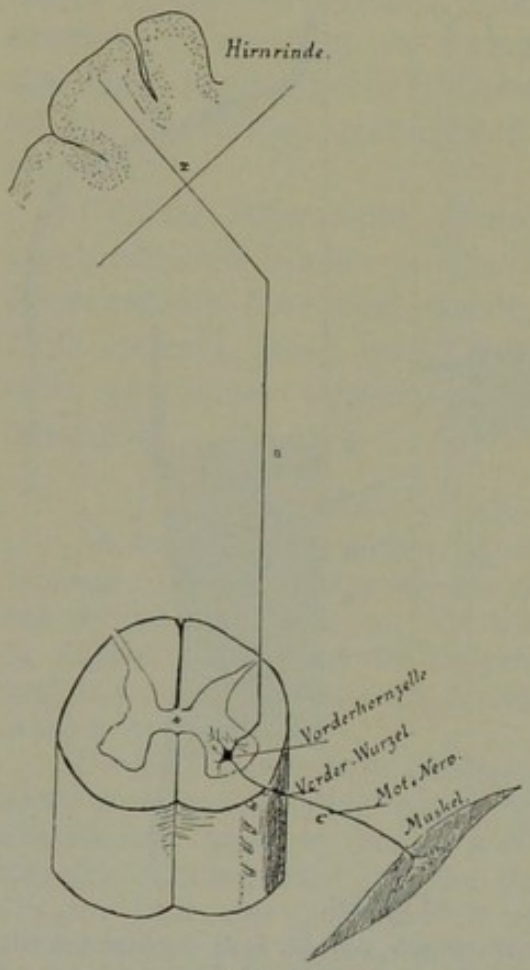


Fig. 99.
Schema der Innervation für einen Muskel.

Wenn die graue Substanz der Vorderhörner von einem krankhaften Prozesse zerstört wird, dann tritt, ganz wie bei Zerstörung peripherer Nerven, Lähmung in den Muskeln ein, welche ihre Nervenfasern aus der betreffenden Stelle beziehen. Dieser Lähmung gesellt sich ungemein rasch Atrophie der gelähmten Muskeln zu. Auch darin ist sie der peripheren Lähmung ähnlich, daß die Muskeln auf den elektrischen Strom meistens bald so reagieren, als ob ihr zuleitender Nerv durchschnitten sei. Da der Nerv und seine Aufsplitterung im Muskel nur Ausläufer der Zelle sind, so bietet die Erklärung dieses Verhaltens keine Schwierigkeit.

Man wird aus dem geschilderten Symptomenkomplexe immer eine Erkrankung der motorischen Bahn erster Ordnung diagnostizieren dürfen.

Ganz andere Erscheinungen treten ein, wenn die motorische Bahn zweiter Ordnung, die Tractus cortico-spinales, unterbrochen wird.

Erkranken die Pyramidenbahnen, so werden bei Tieren die willkürlichen Bewegungen nur vorübergehend gestört, beim Menschen bleiben dauernd viele ganz unmöglich. Außerdem geraten die gelähmten oder auch nur geschwächten Muskeln in dauernde Spannungszunahme, neigen zur Kontraktur und sind auf mechanische Reize sehr viel mehr als in normalem Zustande erregbar, weil jetzt der tonisierende Einfluß der Kleinhirnkerne überwiegt. Immer, wenn Sie diese Symptome allein oder einem anderen Symptomenkomplexe

beigemischt finden, dürfen Sie mit aller Sicherheit eine Beteiligung der Pyramidenbahn an der Erkrankung annehmen. Nicht so selten hat einseitige Unterbrechung der Pyramidenbahn doppelseitige Erscheinungen von Parese und Spannungserhöhung der Muskeln zur Folge.

Es kommen Kombinationen von Erkrankung der primären mit solcher der sekundären motorischen Bahn vor. Die bestbeobachtete ist die amyotrophische Lateralsklerose. Hier entspricht den klinischen Erscheinungen: Parese, Spasmen, Muskelatrophie, der anatomische Befund: Erkrankungen der Pyramidenbahn und der Vorderhornzellen.

An dem vorstehenden Schema (Fig. 99), welches den Zusammenhang von zentraler und peripherer motorischer Bahn darstellt, können Sie sich diese Verhältnisse leicht einprägen.

Eine Erkrankung, welche sich in der Linie x ac, resp. in den von ihr repräsentierten Fasern lokalisiert, führt zur Lähmung. Wenn sie vor der Ganglienzelle die Leitung unterbricht, also bei x oder a, trägt sie den Charakter einer zentralen Lähmung ohne Atrophie und geht häufig dadurch, daß wahrscheinlich andere Bahnen für x a eintreten, in Besserung resp. Heilung über. Wird aber die Linie x a c in der Ganglienzelle oder irgendwo in c unterbrochen, so tritt nicht nur Lähmung, sondern auch Schwund der gelähmten Fasern und Atrophie der von ihnen versorgten Muskeln ein. Dadurch wird die Aussicht auf Wiederherstellung der gelähmten Partien eine sehr geringe. Zuweilen tritt nach langdauernder Unterbrechung von x a auch allmählich Beteiligung von c auf. Das ist aber selten. Unterbrechung der Bahn a führt auch zu absteigender Degeneration von der Unterbrechungsstelle bis zur Höhe des betreffenden Vorderhornes.

Als ein Beispiel für Lähmung und Muskelschwund, wie sie nach Erkrankung der Vorderhörner auftreten, erwähne ich die „spinale Kinderlähmung". Dort tritt ganz plötzlich komplette Lähmung einzelner Muskelgruppen auf, und rasch folgt ihr Schwund der Muskelsubstanz. Die Untersuchung des Rückenmarkes ergibt dann Erkrankungsherde, welche die graue Substanz der Vorderhörner getroffen haben. Auch die Nerven, ja die Wurzeln selbst werden allmählich atrophisch.

Die Mehrzahl der Bahnen für die Gefäßinnervation verläuft ungekreuzt, wahrscheinlich im Vorderseitenstrange, den sie mit den vorderen Wurzeln erreicht (Kocher). Für die Blasen- und Mastdarminnervation müssen wir nach den klinischen Beobachtungen des gleichen Autors eine doppelseitige Innervation annehmen. Es ist, wie oben mitgeteilt wurde, sehr möglich, daß diese in den beiden Tractus cervico-lumbales dorsales zu suchen ist.

Mit dem 1ten u. 2ten Dorsalnerven treten aus dem Sympathikus Fasern in das Rückenmark, welche bei der Innervation des Auges und der gleichseitigen Gesichtshälfte in Betracht kommen. Sie verlaufen im Marke ungekreuzt zerebralwärts. Deshalb machen Unterbrechungen der siebenten Wurzel ebenso wie Rückenmarksdurchtrennungen oberhalb des siebenten Segmentes immer gleichseitige Verengerung der Lidspalte und der Pupille, oft auch Abnahme des Gesichtsturgor auf der verletzten Seite.

Die Bahnen für die Reflexe liegen alle in der grauen Substanz mit zuführenden und wegführenden Bahnen in der weißen Substanz. Wahrscheinlich ist die Mehrzahl der Reflexe an Segmente gebunden, die nicht sehr weit von dem Eintritt der betreffenden Wurzeln liegen. Die Reflexe können aber von frontalwärts gelegenen Punkten aus beeinflußt werden, entweder durch Hemmungen oder dadurch, daß von oben herabkommende Bahnen ihr Zustandekommen erst ermöglichen, z. B. den Muskeltonus entsprechend regulieren. Vollständige Unterbrechung des Rückenmarkes führt

zunächst zu Verlust aller Reflexe, die Sehnenreflexe bleiben dann gewöhnlich dauernd aus, die Hautreflexe können wieder eintreten. Eine Anzahl mit der Blasen-, Mastdarm- und Vasomotoreninnervation verbundener Reflexe können aber auch bei völliger Quertrennung erhalten bleiben.

Einseitige oder überhaupt partielle Markverletzung steigert meist die Lebhaftigkeit der Reflexe. Es ist also, wenn man totale Rückenmarkstrennung von partieller unterscheiden will, die Beobachtung der Reflexintensität von besonderem Nutzen (Bastian, Bruns, Kocher).

Die anatomischen Verhältnisse des Rückenmarkes, soweit sie makroskopisch zu ermitteln waren, haben Burdach, Sömmering und F. Arnold festgestellt. Die Verbindung der grauen Substanz der Vorderhörner mit den vorderen Wurzeln hat zuerst Bellingeri, die der Hinterhörner mit Fasern der Hinterwurzeln Grainger erkannt. Der feinere Bau des Rückenmarkes ist aber erst durch Stilling erschlossen worden, dann haben Kölliker, Goll, Deiters, Gerlach, Clarke und andere in vieles neue Klarheit gebracht. Den Arbeiten von Türck, Flechsig, Charcot, Gowers verdanken wir den größten Teil dessen, was wir über den Faserverlauf der weißen Substanz bis vor kurzem wußten. Es ist aber dann durch die Arbeiten von His, Golgi und S. Ramon y Cajal (Kollateralen, Aufsplitterung des Axenzylinders u. a.), durch Studien von Kölliker, Gehuchten, Lenhossék, deren zum Teil ja in der einleitenden Vorlesung schon Erwähnung geschehen ist, ein ganz bedeutender Fortschritt in der Kenntnis des Rückenmarkes geschaffen worden. Für die meisten Faserbahnen sind im Texte die ersten Entdecker bereits genannt. Die Lokalisation der Muskelinnervation ist durch gemeinsame Arbeit sehr vieler festgestellt. Kayser, Collins, Starr, Bruce, Wichmann, van Gehuchten, Sano seien genannt, aber zahlreiche wichtige kleine Einzelarbeiten haben neben den umfassenderen Studien die Einsicht in das Ganze vertieft. Außerdem haben Singer und Münzer, Löwenthal, Mott, Schaffer, Boyce, Hoche, Bruce, Bechterew, Tschermak und andere, deren im Text gedacht ist, in den letzten Jahren über vieles wichtige Aufklärung gebracht.

Zwölfte Vorlesung.

Das verlängerte Mark I.

Übersicht. Kerne des XII—IX ten Hirnnerven.

Am oberen Ende des Rückenmarkes verlagern sich die weißen Fasern, welche es zusammensetzen, in mannigfacher Weise, die Ausdehnung und Form der grauen Substanz ändert sich erheblich, neue Anhäufungen von Glia und Ganglienzellen treten auf, und rasch wird das Ihnen jetzt wohlbekannte Bild des Rückenmarksquerschnittes verwischt. Namentlich wird es undeutlich, wenn dicht über dem Rückenmarksende mitten in die Seitenstränge die Oliva inferior, ein graues, vielfach gefältetes, ganglienzellenreiches Blatt sich einschiebt, wenn der Zentralkanal, immer weiter nach hinten rückend, zur Rautengrube sich erweitert.

An dem Übersichtsbild der ventralen Oblongataseite, das ich zunächst vorlege, erkennen Sie zunächst, daß in der Verlängerung der Vorderstränge des Rückenmarkes die dicken Stränge der Pyramiden auftreten. Ihre Fasern stammen aus den Vorder- und Seitensträngen des Markes, wo wir ihnen bereits als Tractus cortico-spinales begegnet sind. Die Vorderstrangbahn gelangt, wie Sie wissen, direkt in die gleichseitige Pyramide. Die Seitenstrangbahn aber kreuzt hinüber zur ander-

seitigen. Etwas von dieser Kreuzung sehen Sie schon an der Oberfläche, wenn Sie die vordere Rückenmarkspalte hirnwärts verfolgen.

Nun lege ich Fig. 101 einen Schnitt durch die Kreuzungsstelle:

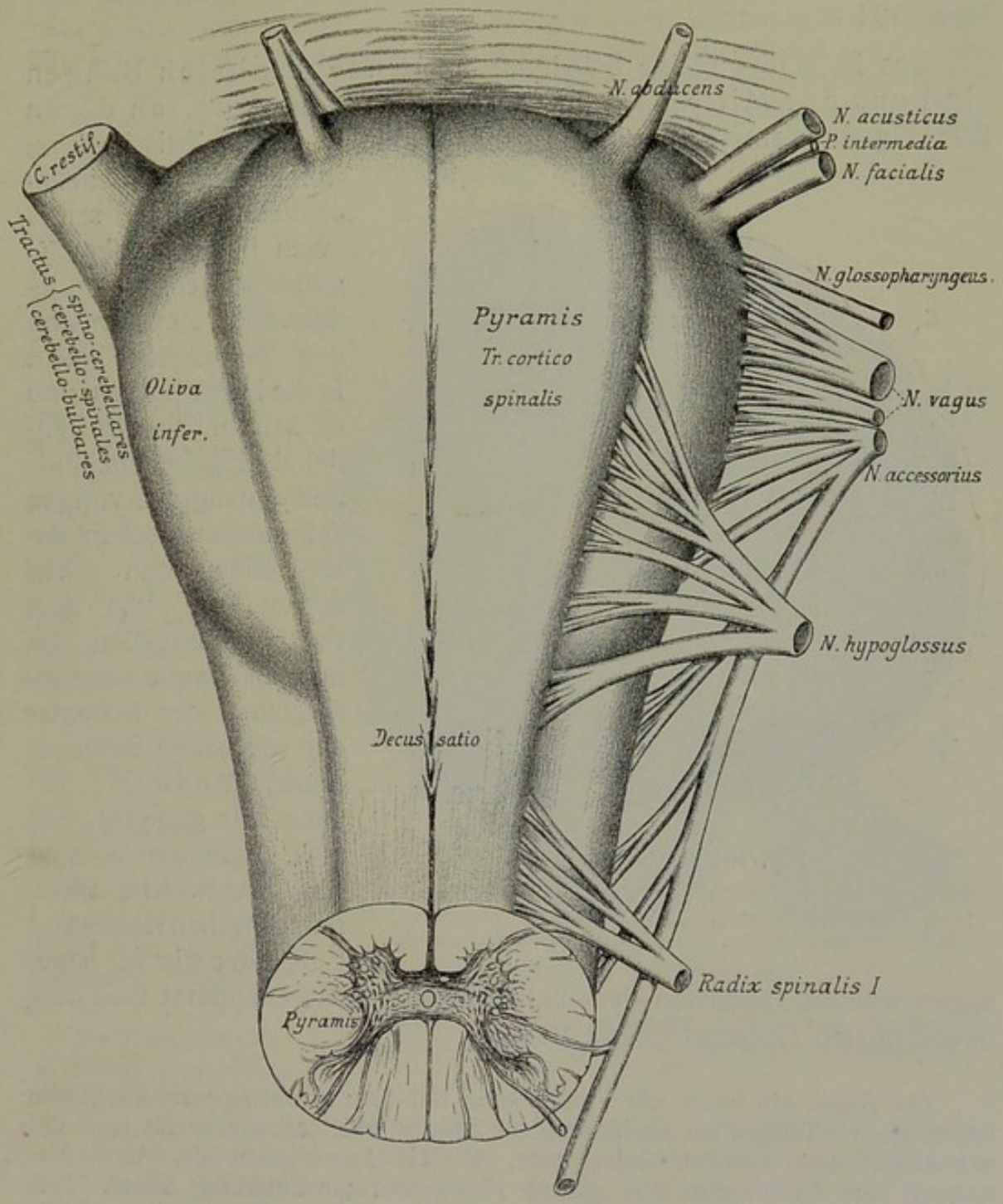


Fig. 100.

Die Medulla oblongata des Menschen.
Der Querschnitt unten geht durch das Ursprungsgebiet des ersten Cervikalnerven.

Wollen Sie den vergleichen mit dem Rückenmarkschnitt unten an Figur 100, dann sehen Sie, wie die aus dem Seitenstrangareal kommenden Fasern sich, die Vorderhörner abschneidend, zu den schon im Vorderstrang liegenden Tractus cortico-spinales hinüber begeben

und wie so der an der Basis der Fig. 100 deutliche Strang sich entwickelt. Wenn der Tractus cortico-spinalis den Seitenstrang verläßt, rückt natürlich das Hinterhorn mit seiner Substantia gelatinosa ventralwärts, in den leer werdenden Raum hinein, wie ein Blick auf Figur 102 klar macht.

Das ist eine wichtige Scheidung. Die neencephalen Bahnen sind aus der Mitte der palaeencephalen heraus, an deren Basis getreten. So bleibt es dann bis hinein in das Zwischenhirn, immer liegen die neencephalen Bahnen scharf vom Palaeencephalon getrennt, ventral von jenem. Sie treten etwas vor den Vierhügeln hinein in die Hemisphären, und es heißt ihr breites Bündel da Hirnschenkelfuß. Seit Anfang des vorigen Jahrhunderts schon unterscheidet man scharf diesen **Fuß** von dem darüber Liegenden, das man als **Haube** bezeichnet, und der Schöpfer der modernen Hirnanatomie, Meynert, hat auch klar gemacht, daß eine funktionelle und sehr wesentliche Differenz zwischen Haube und Fuß, oder wie wir heute sagen würden, zwischen dem palaeencephalen Eigenapparat und dem neencephalen Leitungsapparat besteht.

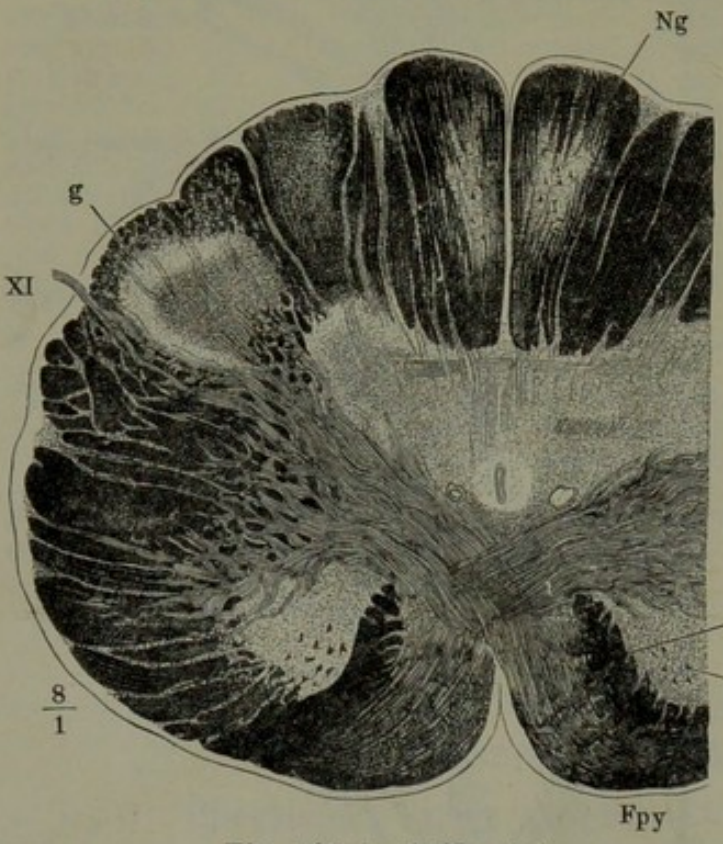


Fig. 101 (nach Henle).

Querschnitt des verlängerten Markes durch die Pyramidenkreuzung. *Fpy* Pyramidenstrang, *Cga* Vorderhorn, *Fa'* Vorderstrangrest, *Ng* Nucl. funic. gracilis, *g* Subst. gelatinosa, *XI* N. accessorius.

Ein Vogel, ein Fisch, ein Frosch kann mit dem Haubenapparat allein alle komplizierten Tätigkeiten ausführen; ein Säuger leidet schwer, wenn man ihn auf diesen allein anweist, indem man, wie Goltz es getan hat, durch Abtragung des Großhirnes den ganzen Fußapparat zur Entartung bringt. Der Mensch gar, bei dem die direkten Rindenfasern aus dem mächtigen Großhirnapparate sehr ausgebildet sind, kann sie kaum noch entbehren. Ein Mensch mit ausgedehnter Vernichtung der Fußbahnen, wie sie etwa nach großen Hirnherden auftritt, ist bekanntlich sehr hilflos, es fehlen ihm alle erlernten feineren Bewegungen, er kann nicht mehr sprechen, greifen, schreiben, er kann die Arme und Beine nur noch steif, ungeschickt bewegen. Schon bei dem Hunde ist ein solches Bild nicht mehr erzeugbar. Auch schwer am Großhirn verstümmelte Hunde, Tiere, denen die Fußbahn fast ganz fehlt, lernen allmählich den Verlust mit dem Haubenapparate ausgleichen.

Manchmal hat man Gelegenheit, menschliche Mißbildungen eine Zeitlang lebend zu beobachten, denen die ganze Fußbahn deshalb fehlt, weil sie kein Vorderhirn haben. Sternberg z. B., auch Flechsig, haben solche Beobachtungen angestellt. Die Sternbergsche Frucht besaß nur ein Rückenmark und eine Hinter- und Nachhirnhaube, die frontalsten noch erhaltenen Gebilde lagen dicht kaudal von den hinteren Vierhügeln. Sie schrie kräftig, saugte beim Einführen der Finger in den Mund, ja ließ dadurch ihr Schreien stillen. Die Lider konnten bis zu gewisser Höhe spontan geöffnet werden, sie schlossen sich auf Reize, auf Berühren oder Kitzeln der Nasenschleimhaut. Machte man dem Wesen „unangenehme Eindrücke", bewegte man seine Extremitäten, berührte man es mit der Nadel oder Eis, so verzog es die Miene, ja es kam gelegentlich zu röhrenartigem Vorstrecken der Lippen, Schnauzenbildung, wie es auch andere Säuglinge unter gleichen Umständen als Unlustausdruck von sich geben. Das Kind seufzte auch deutlich, wenn die Hand mit Eis berührt wurde. Zu den Rückenmarkreflexen muß wohl gerechnet werden, daß es den hingestreckten Finger umschloß.

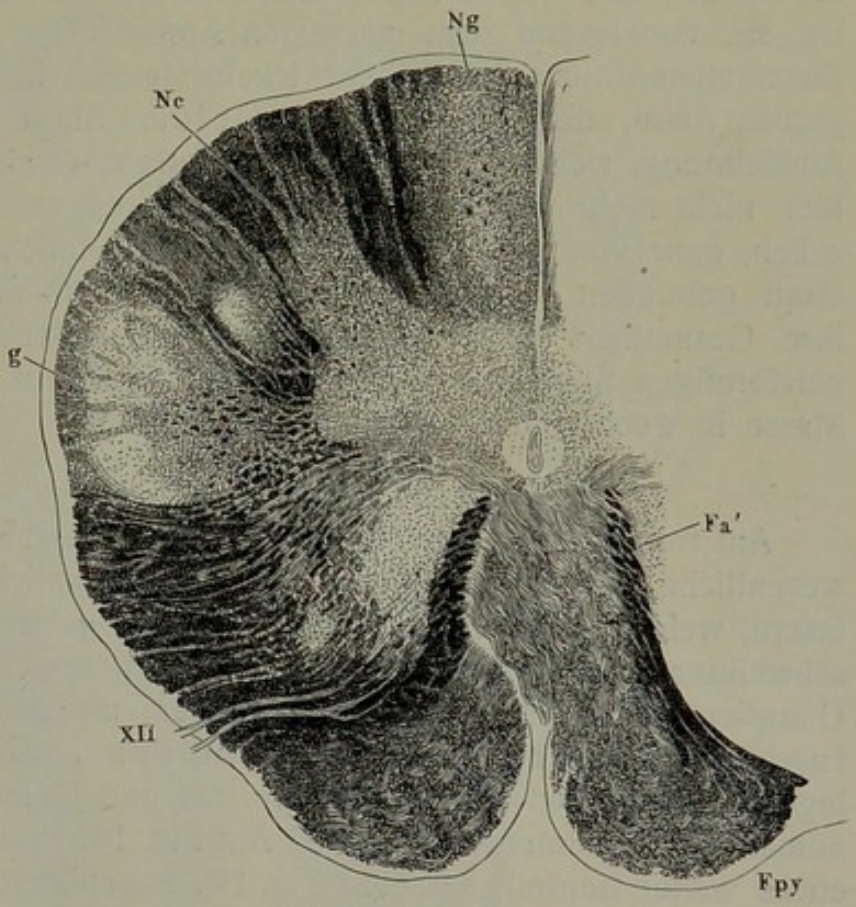


Fig. 102 (nach Henle).
Querschnitt des verlängerten Markes in der Gegend der kaudalsten Hypoglossuswurzeln. Die Pyramidenkreuzung fast vollendet. *Nc* Nucl. funiculi cuneati, *XII* Nervus hypoglossus. Alle anderen Bezeichnungen wie Fig. 101.

Man sieht, wieviel von dem, was man meist zu den wirklich höheren seelischen Tätigkeiten rechnet, schon im Mechanismus der Haube und des Rückenmarkes begründet ist.

Der Haubenapparat dorsal vom Fuße enthält also den vollständigen Mechanismus, welcher für die Verarbeitung ankommender Reize zu motorischen Äußerungen notwendig ist, alles auch, was den vitalen Funktionen, der Atmung, der Herzaktion usw. dient. Fehlen der Großhirnzüge zum Rückenmark, ja ihr Untergang macht nicht lahm, es wird nur die Möglichkeit zu komplizierteren Funktionen dadurch verloren. Die Haube der Oblongata enthält den ganzen Sprech- und Schreiapparat, sie ist es, welche den ersten Schrei des Kindes mechanisch ermöglicht, aber erst durch die im Fuße liegenden Tractus cortico-bulbares gelangen in sie Erregungen aus der Sprachregion der Rinde. Untergang dieser Fußbahn macht nicht stumm, aber er vernichtet beim Menschen die Fähigkeit zur Rede. Wenn sich zu der Haubenfaserung allmählich die Fußfaserung in der Tierreihe gesellt, dann wird es immer schwerer, ohne diese auszukommen, weil sie dann zeitlebens einen Teil der Gesamtleistung übernimmt.

In den Seitensträngen des Rückenmarkes haben Sie noch andere Bahnen als die Tractus cortico-spinales kennen gelernt. Diese alle, die Züge zum Thalamus und zum Mittelhirn, die Fasern zum Kleinhirne und aus demselben, werden von der großen Umwälzung, welche der Wegzug der Pyramidenbahn aus dem Seitenstrange bedingt, gar nicht beeinflußt, sie ziehen geradeaus weiter, immer an derselben Stelle bleibend, bis sie sich in ihren Endpunkten erschöpfen. Nur die Zahl der kurzen Bahnen nimmt erheblich zu. Jetzt handelt es sich nicht mehr allein um Verbindungen einzelner Rückenmarkgebiete, hier treten die Bahnen auf, welche das Rückenmark mit der Oblongata verknüpfen. Da sie vorwiegend dem mächtigen Apparate der Atmung und seiner Zusammenordnung dienen, entwickeln sie sich hier zu einem eigenen großen Areal, dem Assoziationsfelde. Sie erkennen das an der Ausdehnung, welche die Processus reticulares gewinnen. Sie enthalten hier nicht mehr wie unten nur Fasern; auch zahlreiche Assoziationszellen, ganz von der Art, wie sie im Rückenmark an das geschlossene Grau gebunden sind, treten in ihnen zerstreut auf. Man bezeichnet ihre Gesamtheit als Nucleus reticularis tegmenti, Kern der netzförmigen Substanz. Bis zum Mittelhirn hin werden Sie dieser Masse in wechselnder Ausdehnung begegnen.

Kerne der Hinterstränge.

Am frontalen Rückenmarkende treten auch auf der Dorsalseite sehr wesentliche Veränderungen auf. Hier enden nämlich diejenigen Wurzelfasern, welche wir als Hinterstränge kennen gelernt, in mächtigen Anschwellungen. Mitten in den Hintersträngen zeigen sich Kerne grauer, Ganglienzellen führender Massen. Der medialere heißt Nucleus funiculi gracilis, der laterale Nucleus funiculi cuneati. Sie lagern sich mitten in die Stränge ein und in ihnen erschöpfen sich allmählich die Hinterwurzelfasern. Auf Fig. 101 sind sie schon zu sehen, etwas weiter frontral, auf dem Fig. 102 abgebildeten Schnitte sind die Wurzelfasern des medialeren Hinterstranges fast alle schon in den großen Kernen verschwunden.

Die Hinterstrangkerne am kaudalen Oblongataende sind beim Menschen paarig, aber es läßt sich zeigen, daß bei den meisten Tieren mit besonders großer Schwanzmuskulatur, den Känguruhs z. B., ganz medial ein dritter Hinterstrangkern liegt, der wohl die aus dem Schwanz kommenden musculosensitiven Bahnen aufnimmt (Bischoff, Ziehen). Fig. 91.

Diese Kerne verschmelzen mit der grauen Substanz, welche dadurch ihre Form sehr wesentlich ändert. (In Fig. 108 sind die ersteren, auf Fig. 109 auch die des Keilstranges schon zu sehen.)

Diese Kerne der Hinterstränge treten schon kaudal von der Pyramidenkreuzung mitten im inneren, dann auch im äußeren Strange auf. Sie werden weiter frontalwärts, je mehr Fasern in ihnen enden, um so stärker und liegen schließlich als zwei dicke graue Massen, die

von allmählich abnehmenden Hinterwurzeln bedeckt sind, beiderseits dorsal lateral an der Oblongata. (Fig. 103.)

Aus den Hinterstrangkernen entwickelt sich eine neue Bahn, die in prachtvollen Bogenfasern die ganze Oblongata durchquert, in deren Mittellinie kreuzt und nun beiderseits von dieser als dicke hirnwärts ziehende Bahn zu sehen ist. Es ist ein Bündel zum Thalamus, der Tractus bulbo-thalamicus, den wir später genauer betrachten wollen. Fig. 103. Seine Querschnitte heißen von früher her Oliven-zwischenschicht, weil sie zwischen den Oliven liegen.

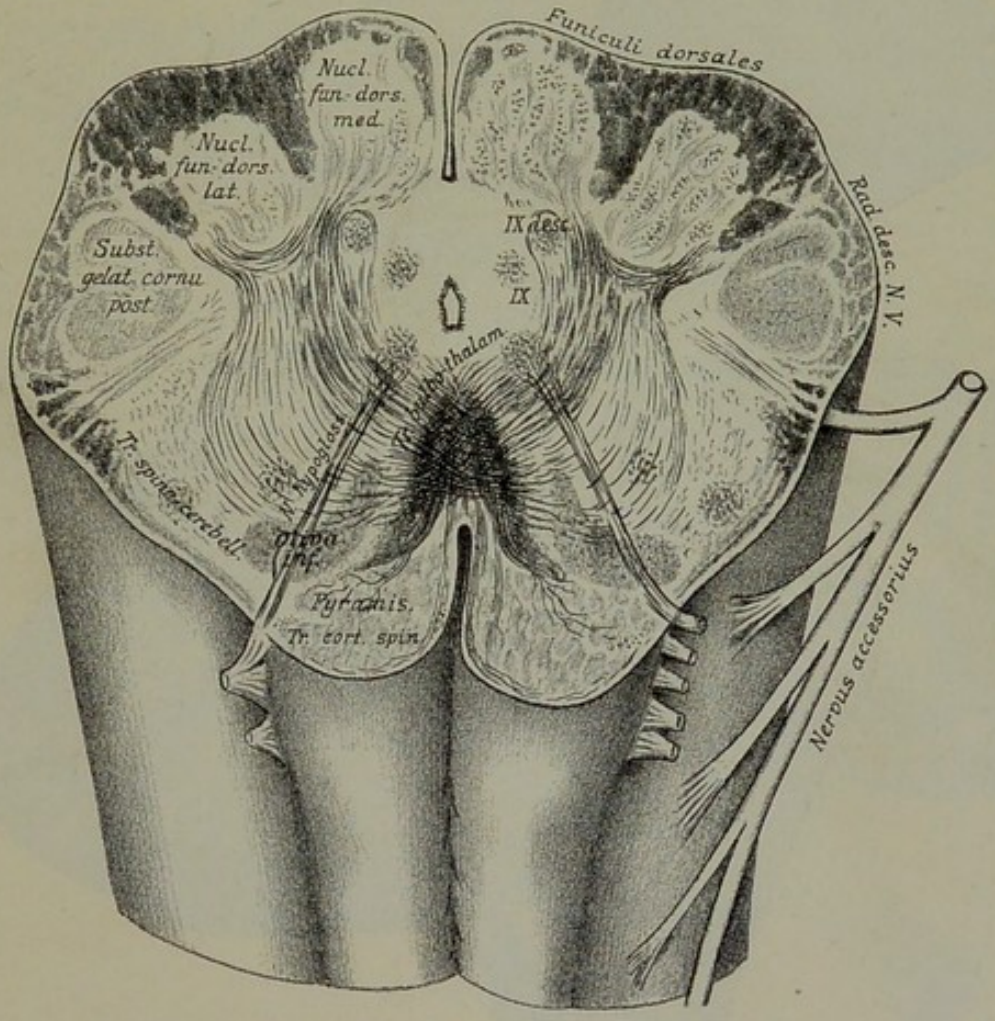


Fig. 103.

Schnitt durch die Oblongata einer Frucht aus dem 9. Monate. Die Kreuzung aus den Hinterstrangkernen markhaltig.

Die Kerne verschmelzen scheinbar mit der grauen Substanz in der Gegend der Dorsalkommissur. So entsteht da eine mächtige graue Masse, welche aus den Endkernen der sensiblen Fasern medial, den Hinterstrangkernen lateral gebildet ist. Ihr liegen dann ventral die motorischen Kernsäulen an — hier die Ursprungskerne des Accessorius und des motorischen Vagus. Das ist Fig. 102 u. 103 gut zu sehen.

Diese graue Zentralmasse ist weiter frontal nicht mehr von Hinterstrangfasern bedeckt, denn diese verschwinden ja in ihren Endkernen, das Rückenmarkgrau rückt deshalb, frei werdend, dorsal zur Oberfläche.

Nur ein dünnes, vielfach von Lymphspalten durchzogenes Bändchen, der Rest der Commissura posterior, trennt noch den Zentralkanal von dem Arachnoidalraume. Noch etwas weiter frontal verdünnt sich dieses zu einer

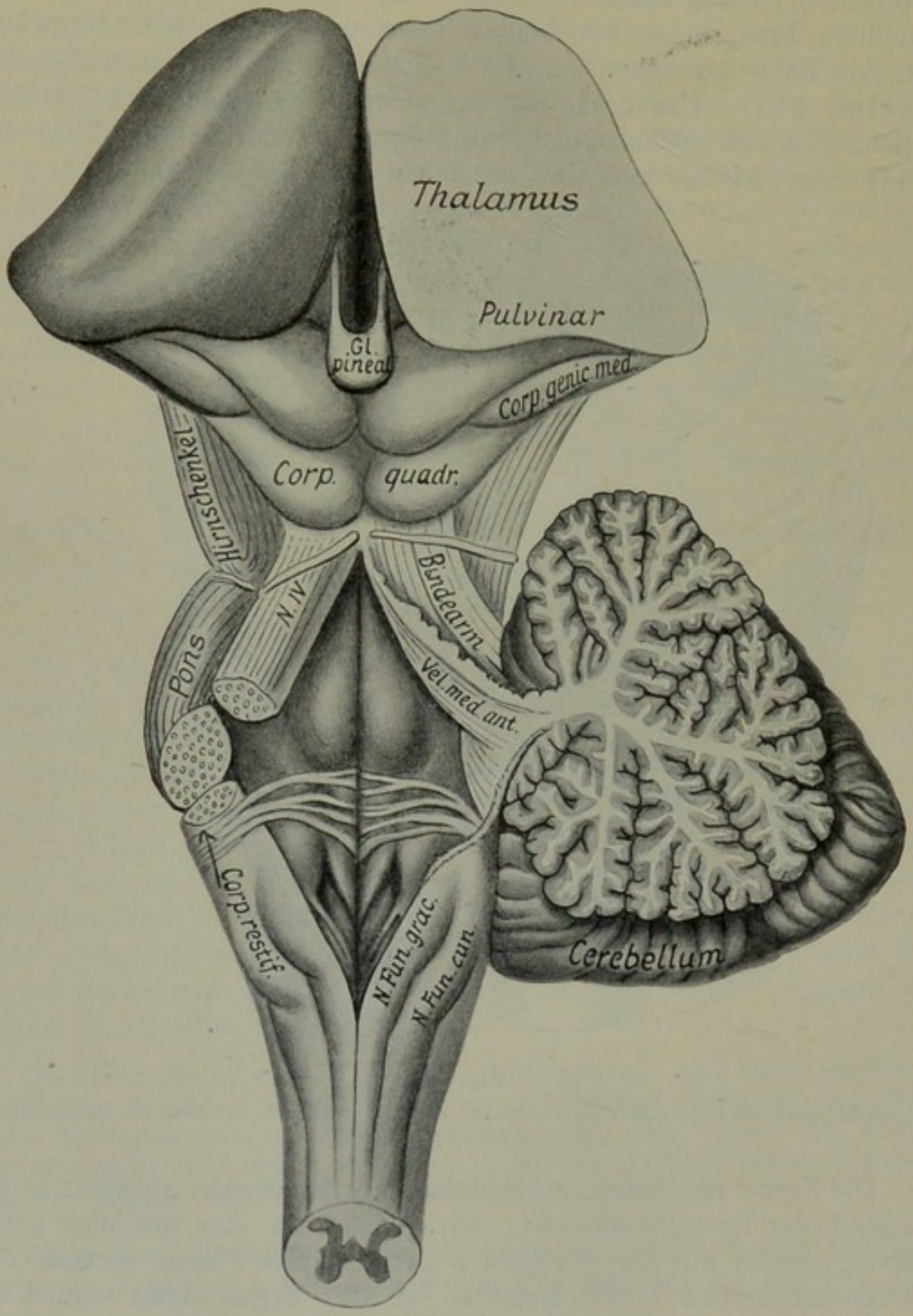


Fig. 104.

Das Hinter- und Nachhirn durch Wegnahme ihres Daches eröffnet. Velum med. ant. und Cerebellum noch sichtbar. Velum med. post. längs der gestrichelten Linie *a b* abgetrennt. Die Entstehung des Ventriculus quartus durch Seitwärtstreten der Dorsalstränge und Verbreiterung des Bodens des Zentralkanales. Das Sichtbarwerden der grauen Substanz.

nur aus Zylinderepithel und Bindegewebe bestehenden Membran, die den immer breiter werdenden Hohlraum des Zentralkanales überdeckt. Der Hohlraum heißt von nun an Ventriculus quartus, sein natürlich von der erwähnten grauen Masse gebildeter Boden heißt Rautengrube. Am Boden der Rautengrube liegen also die Nervenkerne, zu denen sich noch ein neuer motorischer Kern, derjenige des Hypoglossus, ganz medial gesellt. Beiderseits von der Kernregion inseriert die Deckmembran, das Velum medullare posterius, und lateral von ihr, aber natürlich extraventrikulär, finden Sie die Hinterstrangkerne. Eine

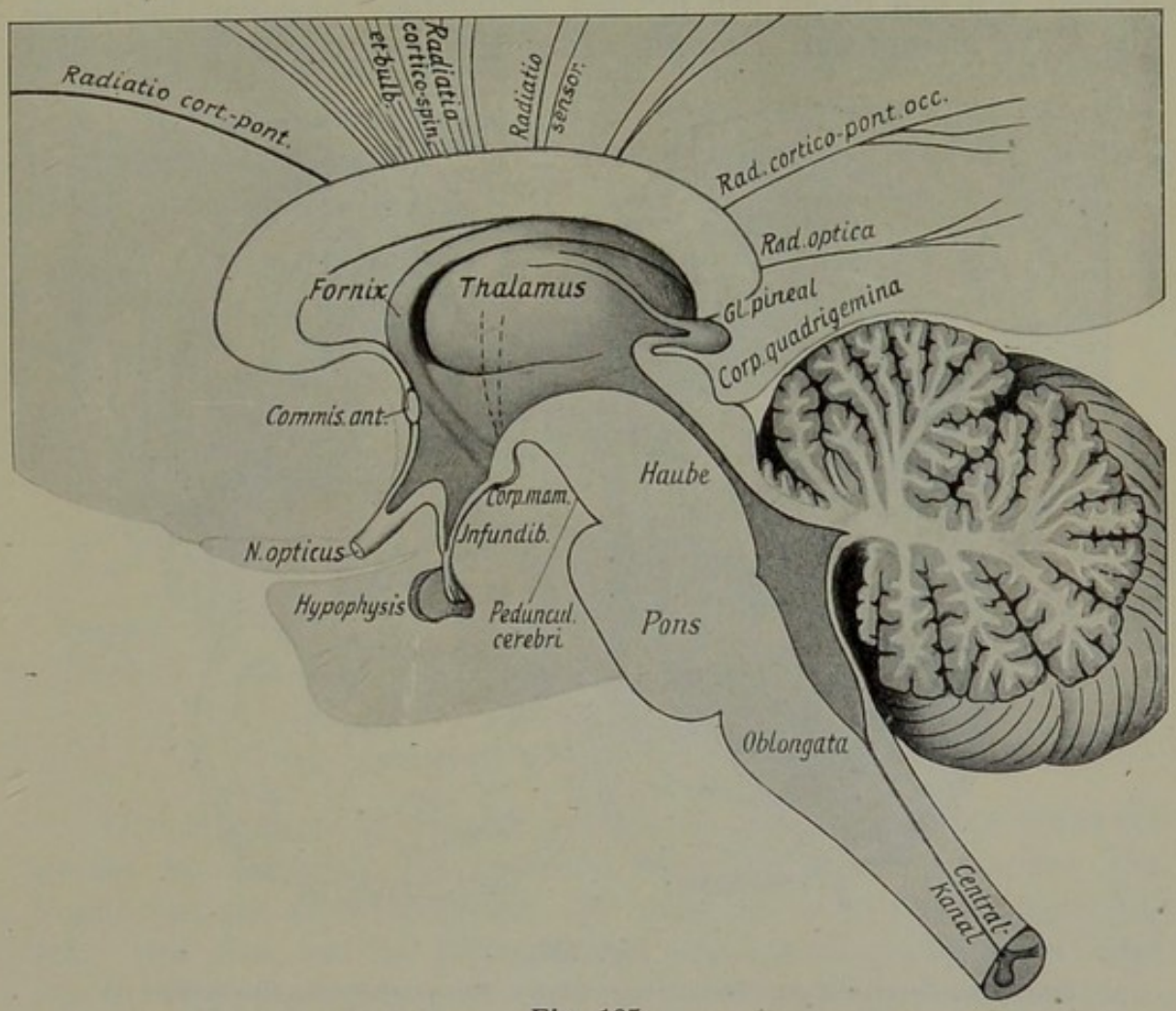


Fig. 105.

Die Decke der Rautengrube. Sagittalschnitt genau in der Mittellinie.

starke seitliche Ausbuchtung des Velum posterius, die nur aus einer Epithelmembran besteht, in welche Blutgefäßschlingen eintreten, wird als Tela chorioidea ventriculi quarti bezeichnet. Siehe Fig. 106. Sowohl im Velum selbst, als an der Ursprungsstelle des seitlichen Plexus findet man durchlöcherte Stellen (Key und Retzius). Die Gesamtheit dieser offenen Stellen im Medullarrohre heißt Foramen Magendii. Sie ist für die rasche Ausgleichung von Druckschwankungen der Zerebrospinalflüssigkeit von großer Wichtigkeit.

Auf der Fig. 104 ist das ganze Dach weggenommen, so daß

man von oben frei in den Ventriculus quartus blicken kann. Sein Boden wird hinten von den auseinander weichenden Hintersträngen, vorn von den Bindearmen, welche nach den Vierhügeln zu konvergieren, begrenzt. So erhält er die eigentümliche Gestalt, welche ihm den Namen Fovea rhomboidalis, Rautengrube, verschafft hat.

An dem Längsschnitt Fig. 105 sehen Sie die Zusammensetzung des Hinter-Nachhirndaches aus Velum medullare posterius, Cerebellum und Velum medullare anterius.

Auch im Eigenapparate treten nun große Lageverschiebungen ein. Dorsal von den Pyramiden tritt der vielgefaltete mächtige Hohlkörper der Oliva inferior auf. Er wird medial von der Olivenzwischenschicht

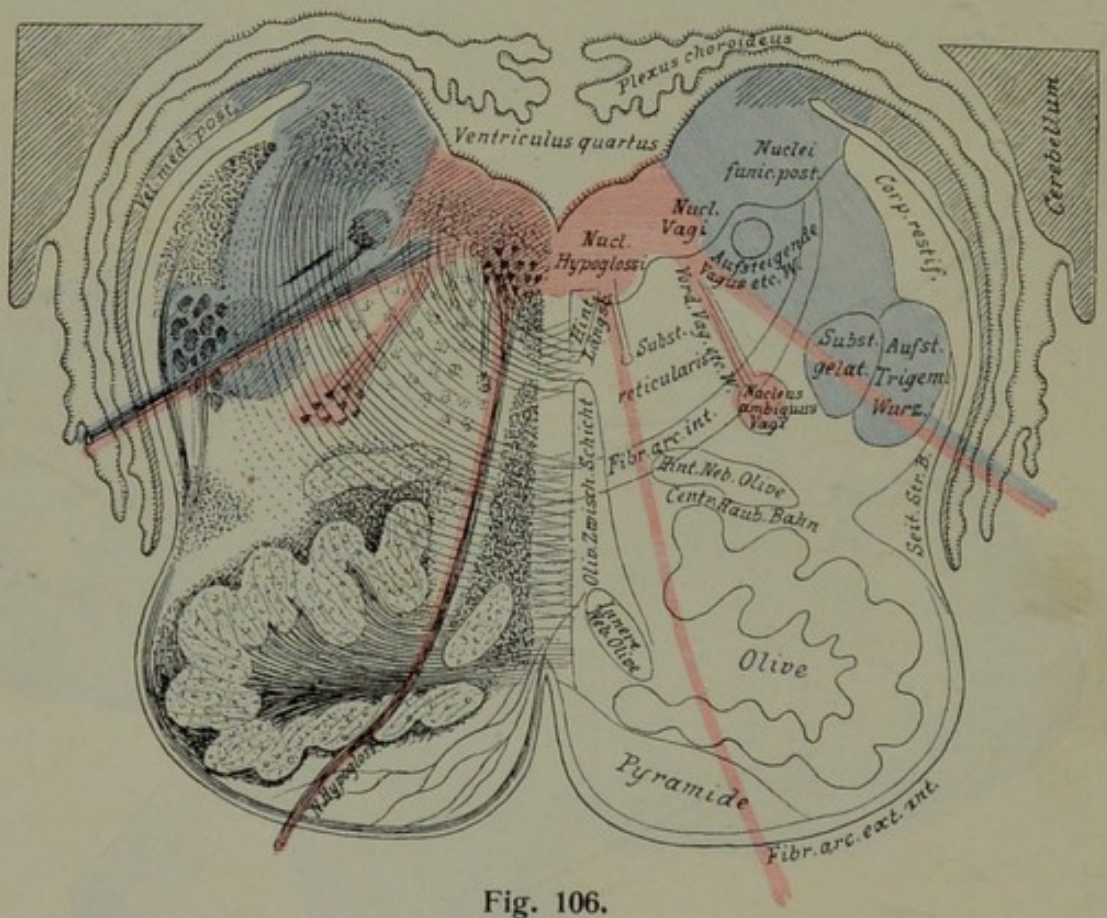


Fig. 106.

Schema der Anordnung des Oblongataquerschnittes. Pars sensoria blau, Pars motoria rot.

und lateral von den aus den Randpartien des Rückenmarksseitenstrangs hirn- und kleinhirnwärts ziehenden Fasern begrenzt. Dorsal hat er im wesentlichen das hier so sehr verbreitete Assoziationsfeld.

Die Erweiterung des Zentralkanals zur Rautengrube hat natürlich für keinen Rückenmarksteil stärkere Konsequenzen als für dessen Eigenapparat. Dieser wird nun weithin dorsal gedrängt und ist in seiner früher schmetterlingsflügelartigen Figur gar nicht mehr zu erkennen.

In der Figur 106 sind die Endstätten der sensiblen Nerven blau, die Ursprungsstätten der motorischen rot gefärbt. Da sehen Sie denn sofort, daß durch die Umlagerung der Bahnen und die Verbreiterung

des Zentralkanales eine Art Aufbiegen der Schmetterlingsfigur stattgefunden hat, derart, daß die nach hinten gestreckten Hörner nun lateral heruntergebogen sind. Noch liegen die Vorderhörner am alten Platze, nur eine Kerngruppe hat sich ventralwärts von ihnen getrennt. Diese entsendet die Fasern des Nervus accessorius, die Vorderhörner selbst senden den Nervus hypoglossus aus, dessen Wurzelfasern jetzt einen weiten Weg durch die ganze Oblongatadicke hindurch haben.

Wenn Sie in Figur 107 die Lage der Elemente in der Oblongata mit derjenigen im Rückenmarke vergleichen, so sehen Sie, daß die somatisch-motorischen Elemente nun ventromedial, die somatisch-sensiblen dorso-lateral geraten sind, und wir werden bald nachzuweisen haben, wie das Übrige dieser grauen Masse aus visceralen End- und Ursprungsgebieten besteht, die im wesentlichen dem Vagus und Glossopharyngeus angehören.

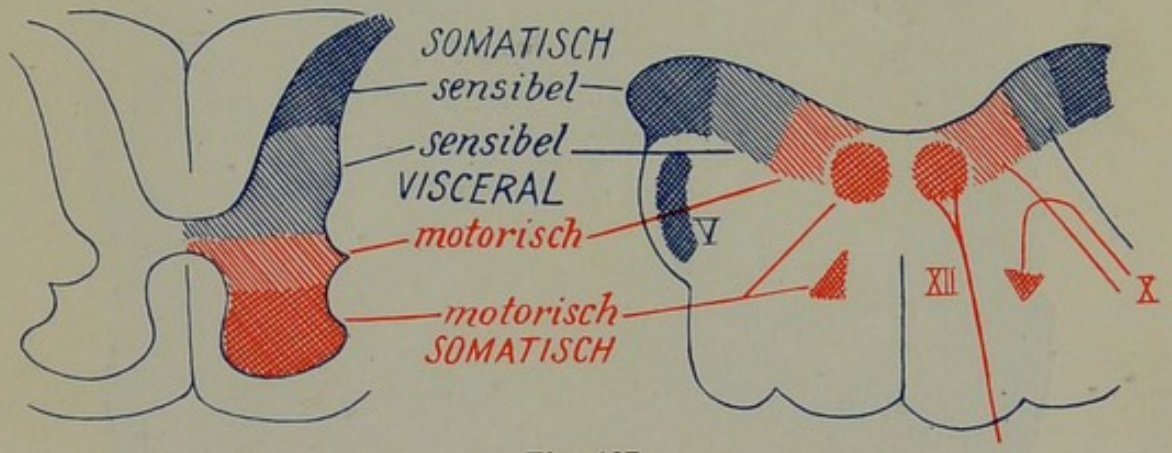


Fig. 107.

Lage der Kernsäulen im Rückenmarke und der Oblongata.

Die Hirnnerven ordnen sich ohne Zwang in diese von Gaskell gerade für sie völlig durchgeführte Einteilung. Aber nur einer, der Vagus, hat alle seine Elemente. Die anderen haben nur einzelne Anteile, sind also, wie der Hypoglossus, rein somatisch-motorisch oder wie die Hinterstrangkerne und die Acusticuskerne rein somatisch-sensibel. Der Trigeminus liegt ebenfalls im letzteren Areal. Man wird aber seine Schleimhautnerven kaum anders denn als viscerale Elemente ansprechen dürfen und so bleibt für diesen Nerven noch eine Unsicherheit.

Die Wurzelfasern des Trigeminus entspringen aus dem Ganglion Gasseri, dessen Zellen auch die Nervenfasern abgeben. Sie ziehen direkt nach ihrem Eintritt in die Brücke weiterhin bis in die Höhe des obersten Spinalnerven kaudalwärts, ihr Bündel, deren Querschnitt immer halbmondförmig ist, wird dabei allmählich immer dünner, weil die Fasern sich in einen langgestreckten Kern einsenken, der sie bis in das Cervicalmark begleitet. Er sitzt der Spitze des Hinterhornes auf

und unterscheidet sich im unteren Cervikalmark nicht ohne weiteres von der Substantia gelatinosa, in welche die sensiblen Cervikalwurzeln münden. Aus dieser absteigenden Trigeminuswurzel senken sich fortwährend feine Fäserchen in den Endkern. Wir werden das später noch ausführlich zu beschreiben haben.

Das Areal, dorsal von dem Halbmond der Trigeminuswurzel, wird von den Hinterstrangkernen eingenommen, und hier erscheint weiter vorn auch die Endstätte des Nervus acusticus. Es reichen aber absteigende Acusticusfasern, wenigstens beim Kaninchen bis in die Hinterstrang-

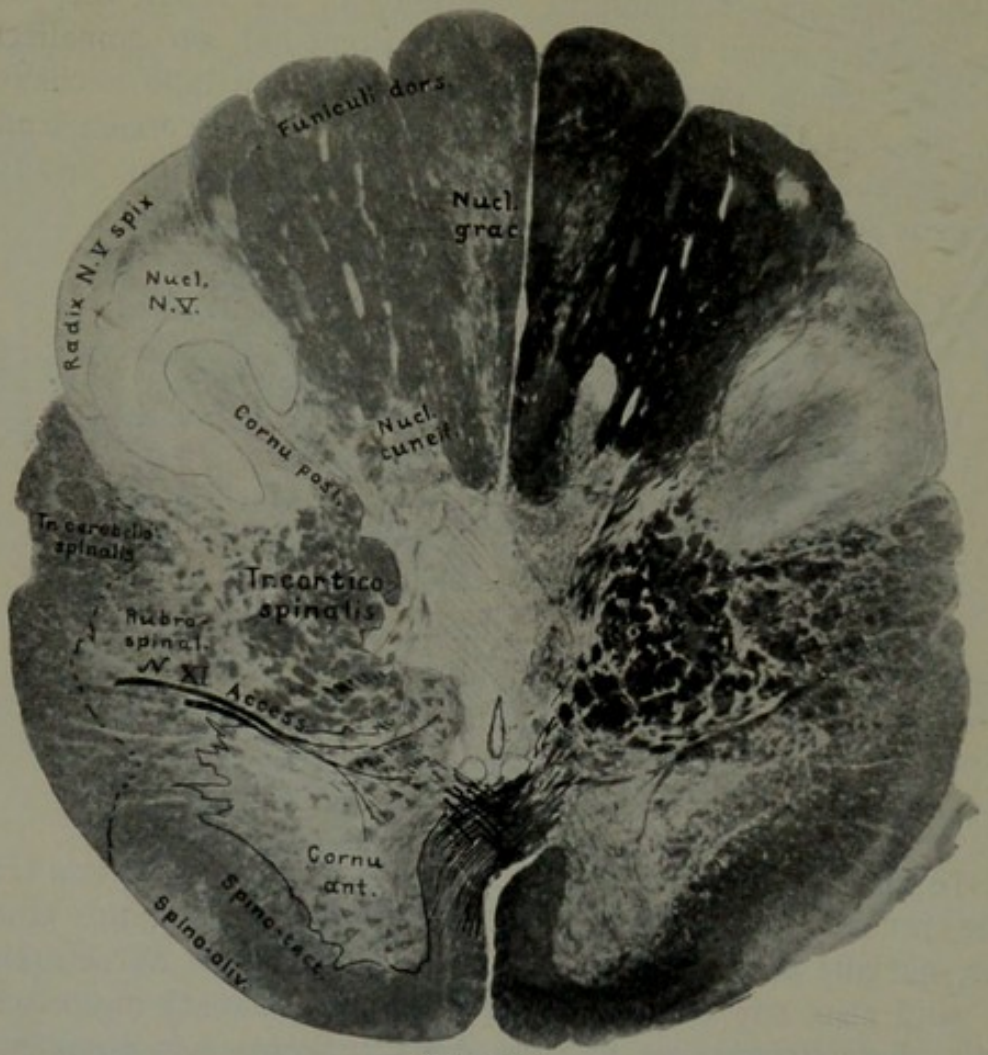


Fig. 108.

Querschnitt in der Höhe des 1 Cervikalnerven. Accessoriuswurzeln.

kerne hinein, ebenso beim Hunde. Für den Menschen stehen Beobachtungen noch aus.

Am oberen Ende des Rückenmarkes trennt sich die somatisch-motorische Säule in einen ventro-lateralen Abschnitt und in einen dorso-medialen. Aus dem letzteren kommt der Nucleus hypoglossus, der erstere ist der Kern des Nervus accessorius Willisi. Dieser Nerv kommt im wesentlichen aus Zellen, die schon im sechsten Cervikalnerven in der Höhe der Seitenhörner sichtbar sind, die hier oben an die Seitenwand des Vorderhornes rücken, also aus einer lateralen Kern-

gruppe des Rückenmarkes. Seine Wurzelfasern treten nicht in geradem Verlaufe aus, wie es nach der Abbildung Fig. 103 scheinen möchte, sondern ziehen aus den Zellen zuerst hirnwärts, um dann im Knie (Darkschewitsch) nach außen abzubiegen. Nur der horizontale Schenkel dieses Knies ist auf dem Schnitte der Fig. 108 und 109 getroffen worden.

Der Accessorius innerviert außer dem Sterno-cleido-mastoideus und einem Teil des Trapezius bekanntlich durch einen peripher mit dem Vagus verlaufenden Ast, den Ramus recurrens vagi, die Stimmuskeln. Es ist viel darüber ge-

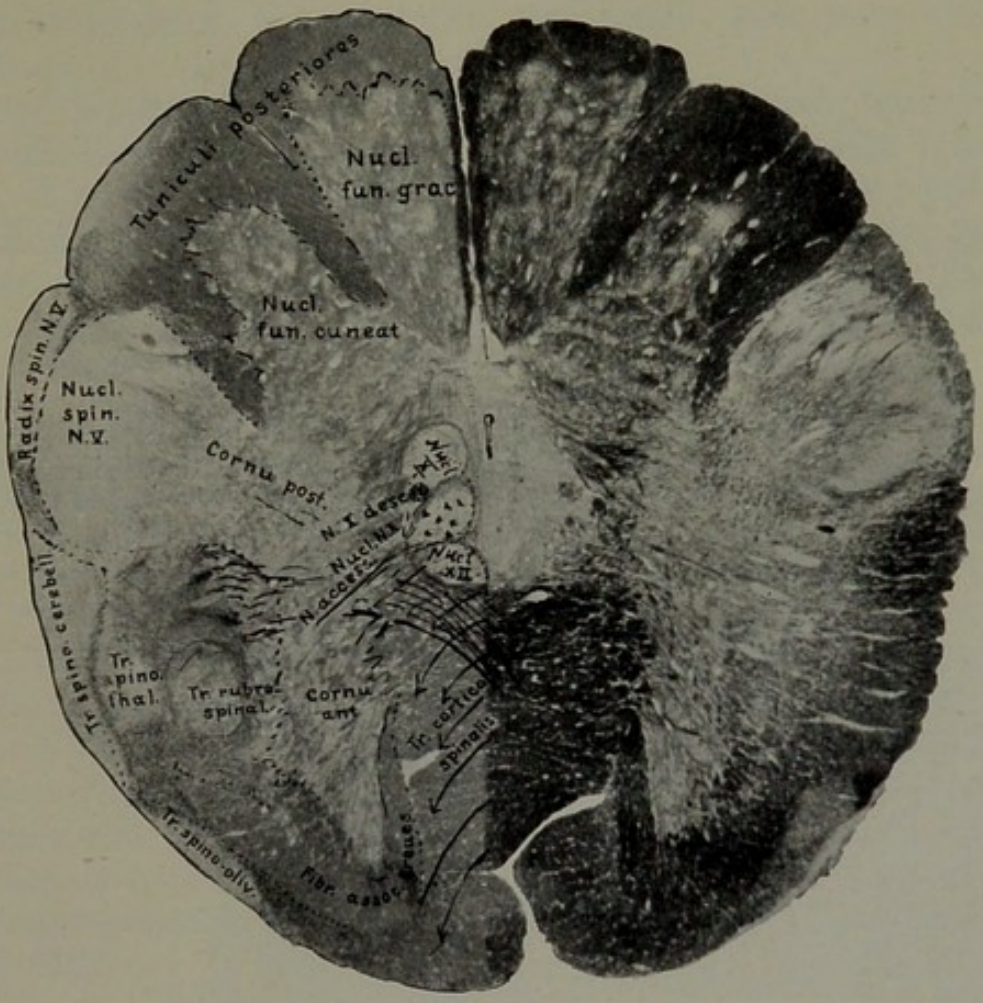


Fig. 109.

Die Lage der Hirnnervenkerne dicht hinter der Rautengrube.

stritten worden, ob die Kerne dieses letzteren Anteiles im Vagus- oder im Accessoriuskerngebiete liegen. Wir wollen diese Verhältnisse besprechen, wenn Ihnen später die verschiedenartigen in den Vagus eingehenden Faserqualitäten bekannt sein werden.

Kurz vor der Stelle, wo der Zentralkanal zur Rautengrube sich verbreitert, ist die graue Substanz bereits durch Pyramiden und Olivenzwischenschicht weithin dorsal gerückt. Die Accessoriuskerne sind von ihr abgetrennt, und nun liegen auf engem Raum die somatisch-motorische Säule (Hypoglossus) die viscero-motorische und viscero-sensible (Vagus) und die somatisch-sensiblen Säulen (Hinterstrangkerne und absteigende

Acusticuswurzel) um den noch geschlossenen Zentralkanal gedrängt, alle zu einer gemeinsamen Kernmasse vereinigt, welche noch bei vielen Tieren durch einen über den Zentralkanal hingehenden Vaguskernteil und kreuzende Wurzelfasern (Vagus?) verstärkt wird. Cajal hat den letzteren Abschnitt als den Nucleus commissuralis bezeichnet. Aus der Fig. 103 und Fig. 109 bekommt man leicht eine Anschauung.

Wenig weiter frontal entfaltet sich aber die ganze Masse in die



Fig. 110.

Frontalschnitt durch den Kern des Nervus hypoglossus. Nach Koch.

Breite, eben zum Boden der Rautengrube, und nun lassen sich die Kernsäulen der einzelnen Hirnnerven leicht verfolgen. Sie sind vergleichend anatomisch, färberisch und degenerativ ausgezeichnet gesichert, und es ist jetzt nicht mehr schwer, eine Materie einfach darzustellen, die, ehe sie geklärt war, eine ungeheure Literatur hat erwachsen lassen.

Nucleus nervi hypoglossi.

Der Hypoglossus ist aus einer Gruppe Spinalnerven zusammengesetzt, die entwicklungsgeschichtlich von dem kaudalen Schädelab-

schnitte umfaßt wurden. Es sind deshalb seine sensiblen Abschnitte, die nun keine Haut mehr zu versorgen haben, verschwunden. Nur selten, bei Menschen ganz besonders selten, findet man, Froriep, Beck, an ihm noch ein oder das andere kleine Dorsalganglion mit einigen Wurzelfäserchen. Gleiche Atrophie trifft übrigens oft auch den ersten Cervikalnerven.

Der Kern entspricht im wesentlichen der somatisch-motorischen Säule. Er ist beiderseits von der Mittellinie angeordnet und hat ventral von sich noch einige Kerngruppen, deren Beziehung zu den Fasern anatomisch wahrscheinlich, degenerativ aber noch nicht gesichert ist.

Der Hypoglossushauptkern besteht aus mehreren Gruppen von Ganglienzellen, die alle unter sich durch ein feines Netzwerk verbunden sind. Aus den großen multipolaren Zellen entwickeln sich feine Reiserchen, die, pinselartig zusammentretend, eine Anzahl von Nervenstämmchen konstituieren. Diese müssen, um die ventrale Oberfläche zu erreichen, die ganze Oblongatadicke durchbohren. Beiderseits von den Pyramiden treten sie zu den Wurzelfasern geeint aus.

Ein Netz, Fibr. propr. Fig. 110, welches den Hypoglossuskern in seinen einzelnen Teilen verbindet, ist von besonderem Interesse; es kommt in dieser Art nur noch an einem Kerne, dem Oculomotoriuskerne vor. Es gibt aber auch keine anderen Nerven, deren Fasern immer so gleichzeitig und übereinstimmend in Aktion treten, wie die Hypoglossusfasern beim Schluckakte, die Oculomotoriusfasern bei der Augenbewegung.

Ganz wie die Vorderhornzellen erhält auch der Hypoglossuskern eine Bahn aus der gekreuzten Hirnrinde, ein Ästchen des Tractus cortico-bulbaris. Dieses hat sich weit vorn, an der Brücke schon, von dem Tractus cortico-spinalis getrennt und seine Züge in langsam aufsteigendem Verlauf kaudalwärts gesendet. In dem Niveau, welches wir eben besprechen, treten sie aus der Mittellinie aus, um direkt in den benachbarten Kern hinein zu kreuzen (S. Fig. 110. Fibrae afferentes nuclei XII.)

Die Vaguskerne.

Die zahlreichen als Vagus zusammengefaßten Wurzeln, welche in langer Reihe hinter einander seitlich an der Oblongata sichtbar sind, enthalten Fasern der mannigfachsten Art. Der Nervenstamm tauscht ja schon bald Fasern mit benachbarten Nerven aus, und verläuft dann zu somatisch und visceral innervierten Gebilden mit motorischen und rezeptorischen Zügen.

Es hat einer sehr langen Arbeit bedurft, um zu ermitteln, in welche der verschiedenen Vagusäste diese verschieden entspringenden motorischen Vaguswurzeln eintreten. Aber durch die Arbeiten von Grabower, Bunzel-Federn, Kreidl, Kohnstamm, Gehuchten, Hudoverdnig, Jacobsohn, Kosaka und Yagita u. a. ist soweit Klarheit geschaffen, daß man heute die verschiedenen Wurzeln innerhalb der Vagus-Accessoriusgruppe eini-

germaßen funktionell und nach ihren wesentlich durch Degenerationen ermittelten Ursprungsverhältnissen kennt.

Man kennt jetzt besonders durch Degenerationsversuche mindestens drei Kerne, zu denen Vagusfasern in Beziehung stehen, einen aus der somatisch-motorischen Kernreihe, dann einen visceral-motorischen und einen visceral-sensiblen Kern. Die Ursprungsstätte der somatisch-sen-

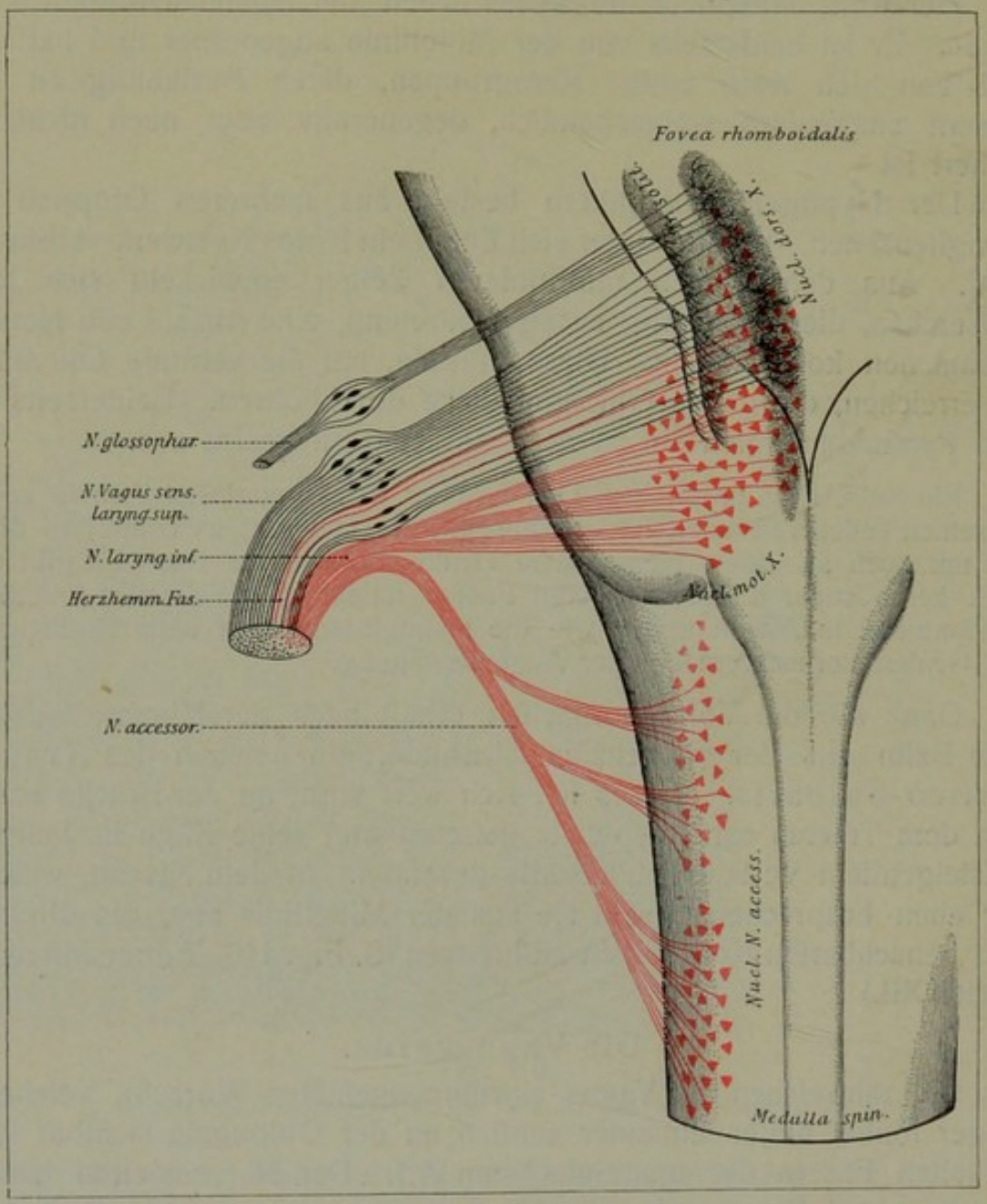


Fig. 111.

Der Ursprung des Nervus glossopharyngeus, Vagus und Accessorius beim Menschen. Halbschema.

siblen Fasern (Ramus auricularis) dürfte lateral von dem letzteren zu suchen sein.

a) Der somatisch-motorische Kern. Die Verlängerung des Accessoriuskernes hirnwärts heißt Nucleus ambiguus (Fig. 112, 106). Dieser Kern liegt ventral von dem Boden der Rautengrube mitten in deren Assoziationsfeld und entsendet seine Fasern zunächst dorsal-

wärts. Sie biegen aber dann lateral und erreichen mit Vagusästen gemischt die laterale Außenseite der Oblongata, die sie ganz wie der Accessorius zwischen den ventralen und den dorsalen Nervenwurzeln als Radix intermedia vagi verlassen. Aus dem spinalen Accessorius stammen nur die Fasern zur Halsmuskulatur. Aus der Wurzelgruppe, welche ihnen zunächst frontal anliegt, entsteht der Laryngeus inferior für die Innervation der Kehlkopfmuskulatur. Seine Fasern stammen

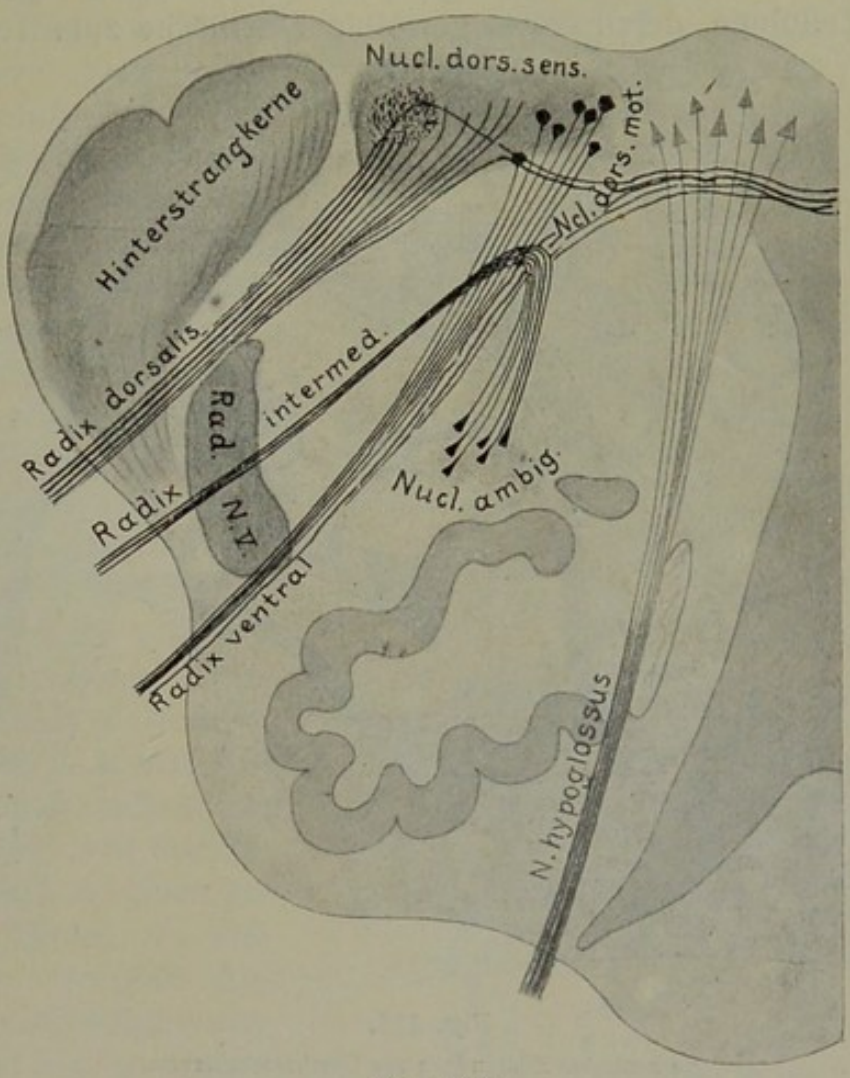


Fig. 112.

Schematische Darstellung der Vaguswurzeln z. T. nach Kohnstamm.

alle aus dem Nucleus ambiguus, den man kurz als Laryngeuskern bezeichnen darf.

b) Der viscero-motorische Vaguskern liegt direkt lateral vom Hypoglossuskern am Boden der Rautengrube. Die Zellen sind nicht so groß wie die des erwähnten Nachbarkernes. Ihre Axenzylinder ziehen wahrscheinlich mit solchen von der gekreuzten Seite gemischt lateral und ventral, also ganz wie Ventralwurzeln des Rückenmarkes, um unter dem Halbmonde der Trigeminuswurzel hinweg die Außenseite des Bulbus zu gewinnen.

Kreidls Versuche sprechen durchaus dafür, daß diese Fasern es sind, welche das Herz und die Atmung motorisch innervieren. Der Kern, welchen die Früheren nicht von dem folgenden Kerne zu scheiden wußten, wurde mit ihm zusammen als dorsaler Vaguskern bezeichnet. Er reicht vom ersten Cervikalnerven bis zum frontalen Olivenende, Jacobsohn. Seine lateralen Abschnitte sind in Teile des folgenden Kernes eingebettet.

c) Der viscero-sensorische Vaguskern ist eine dreikantige hell aussehende Zellplatte, deren etwas gewölbte Oberfläche zum Teil als Ala

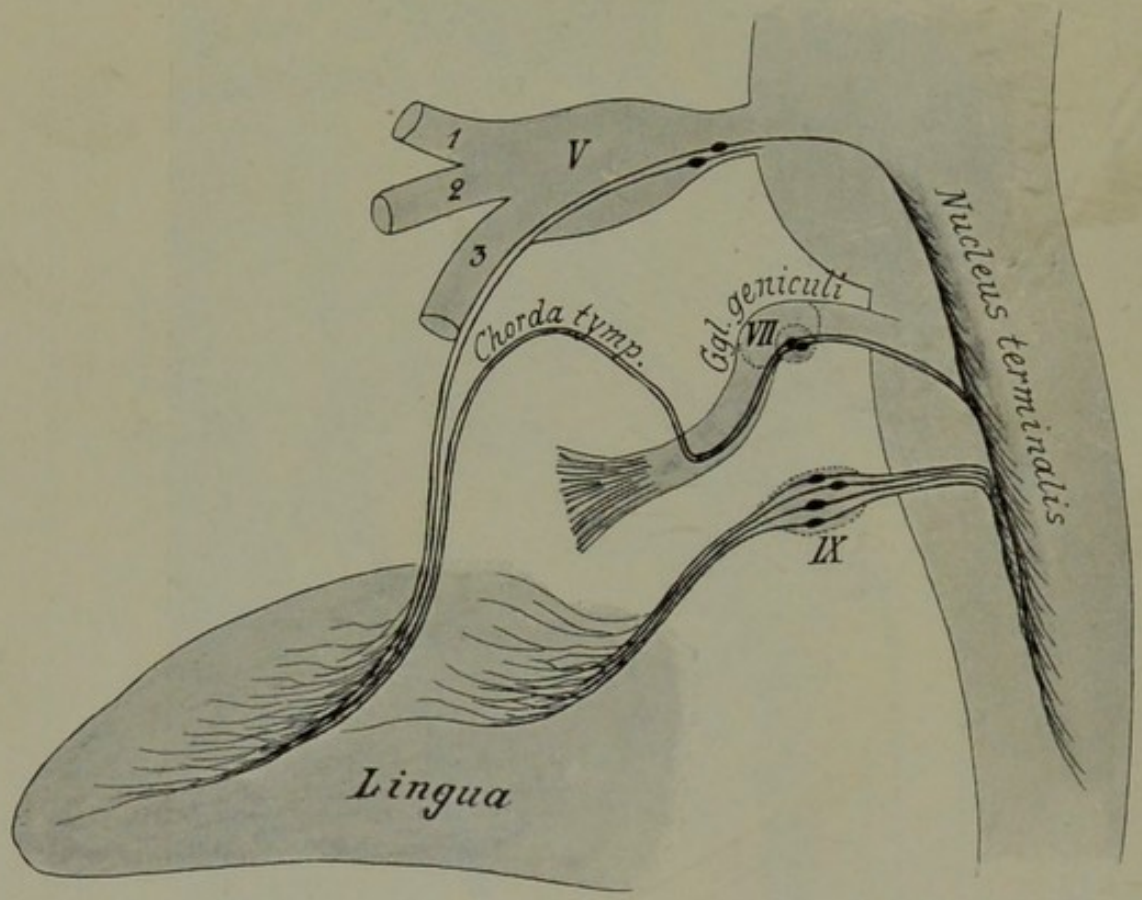


Fig. 113.

Die zentralen Endigungen der Geschmacksnerven.

cinerea an dem Rautengrubenboden zu sehen ist. Sie erstreckt sich weithin in das Rückenmark absteigend bis in jene S. 175 erwähnte gemeinsame Masse des dorsalen Graues dicht hinter der Verbreiterung des Aquaeductus. Die Wurzelfasern ziehen als die dorsalsten Vaguswurzeln aus dem Ganglion jugulare in den Kern oder auch an seiner Lateralseite hinab, so daß ein absteigendes Vaguswurzelbündel zustande kommt. Dieses heißt Fasciculus solitarius. Hier verlaufen aber auch andere viscero-sensible Bahnen caudal, Wurzelfasern des Glossopharyngeus, die man ohne Degeneration nicht von den absteigenden Vaguswurzeln trennen kann. Die graue Substanz medial von dem Fasciculus solitarius ist also nicht nur absteigender Vagus-

sondern auch Glossopharyngeusendkern. Man sieht auf ihrer ganzen Strecke fortwährend Wurzelfasern auf dem begleitenden markhaltige Fasern führenden gemischten Wurzelbündel in sie gelangen. Fig. 113.

Zentrale motorische Vagusbahnen sind bisher nicht bekannt geworden, aber sie existieren höchst wahrscheinlich, weil man in die Kerne immer zarte kreuzende Bahnen eintreten sieht, die nicht Wurzelfasern sind. Bekannt ist ja auch, daß von den mannigfachsten Stellen des Gehirnes aus Vagusstörungen erzeugt werden können. Auch geht aus den Versuchen von Pawloff hervor, daß die zu Magensaftfluß führende optische Erregung bei den Versuchstieren nicht mehr zustande kommt, wenn der Magenvagus getrennt ist. Daß es zentrale sensible Fasern gibt, ist (L. R. Müller) aber sehr unwahrscheinlich.

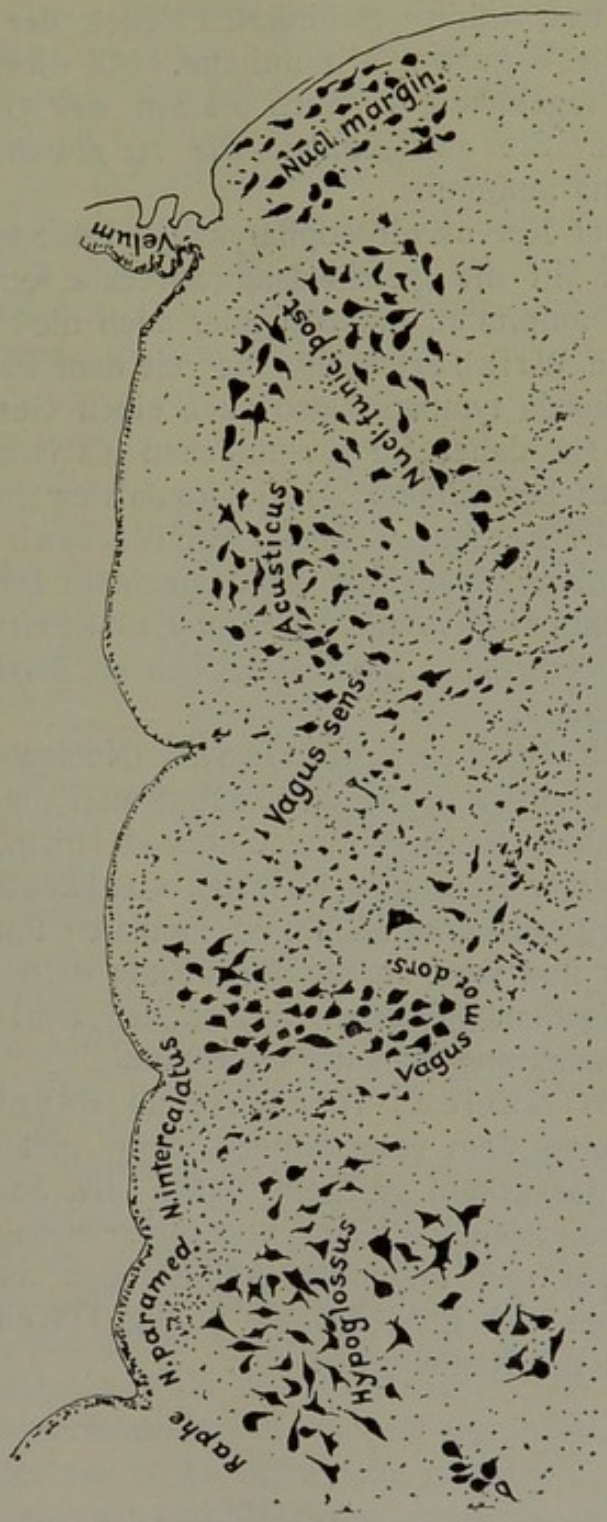


Fig. 114. Der Boden der Rautengrube. Die Kerngruppen auf dem Frontalschnitte.

So kann man den Vagus auffassen als einen gemischten Nerven, in welchem die visceralen Abschnitte reichhaltiger vertreten sind als in irgend einem anderen. Diese sind vorwiegend visceromotorischer Natur und im Wesen durchaus gleich dem sympathischen Systeme aufgebaut. Es handelt sich in den Vaguswurzeln um präganglionäre Fasern, die teils schon im Ganglion jugulare, teils in den Gangliengruppen der peripheren Organe enden. Dort entspringen erst die eigentlichen Innervationsbahnen für diese Organe, den Magen, die Lungen, das Herz usw. So ist auch Fig. 61 der Vagus dargestellt als Hauptteil des bulbären autonomen Systemes.

Eine gute Durcharbeitung der peripheren Vagusäste und Ganglien in diesem Sinne verdanken wir L. R. Müller.

Die Hauptmasse des Nervus glossopharyngeus tritt in den Fasciculus solitarius ein, ein kleinerer Teil endet in dem frontalen Ende des vorhin geschilderten Keiles, der im wesentlichen die viscerosensible Vaguswurzel aufnimmt. Mit diesem Nerven verlassen — aber nicht regelmäßig — auch Fasern das Gehirn, die dem Schluckakte dienen. Sie entstammen, wie zu erwarten, dem frontalen Ende des Nucleus ambiguus.

Der Nervus glossopharyngeus führt im wesentlichen Geschmacksfasern. In die gleiche langgestreckte Kernsäule, welche seine Hauptmasse aufnimmt, münden aber auch die Fasern aus der Portio intermedia Wrisbergi ein, die mit dem Facialis verlaufend bekanntlich die Chorda tympani, also auch einen Geschmacksnerven bildet. Man kann sie daher im wesentlichen als langgestreckten Geschmacksnervenkern bezeichnen. Ja am frontalsten Ende nimmt diese Säule, wenn sich die Ergebnisse eines von Wallenberg untersuchten Falles von Trigeminuserkrankung verallgemeinern lassen, auch Geschmacksfasern aus diesem Nerven auf. Der Endkern der Geschmacksnerven dürfte sich daher beim Menschen so darstellen, wie ich ihn in Fig. 113 kombiniere.

Nucleus paramedianus (Nucleus eminentiae teretis). In der grauen Substanz, die den Zentralkanal umgibt, taucht eben da, wo die Hypoglossuskerne auftreten (Jacobsohn), dicht neben der Mittellinie ein kleiner Kern aus kleinsten Ganglienzellen auf. Er begleitet die Hypoglossuskerne an ihrem medialen Rand, wird frontalwärts etwas größer und wird am frontalen Ende dieser Kerne zu einem länglichen, ganz median gelegenen Strang, der Eminentia teres der Autoren. Die Bedeutung ist ganz unbekannt.

Als Nucleus intercalatus (Muchin, Staderini) bezeichnet man eine dem vorerwähnten Kern gleichgebaute, aber lateral vom Hypoglossuskern gelegene Säule, die, Jacobsohn, frontal sich mit dem vorerwähnten Kerne vereinigt. Diese Gruppen allerkleinster Zellen sind auf den folgenden Abbildungen außer in Fig. 139 nicht aufgenommen. Ich gebe deshalb in Fig. 114 eine Abbildung der Zellen am Boden der Rautengrube.

Dreizehnte Vorlesung.

Das verlängerte Mark II.

Der Eigenapparat und die Leitungsbahnen.

Ventral von der Kernregion liegen weitere Teile des Eigenapparates der Oblongata.

Sein größter Kern ist die Oliva inferior. Ihre äußere Form siehe Fig. 100.

Die Olive, Nucleus olivaris inferior ist ein Hohlkörper von der Form eines Eies etwa, dessen Oberfläche außerordentlich stark gefaltet ist. Medialwärts hat sie einen langen, breiten Spalt — Hilus nuclei oliv. Dem vielgefalteten Querschnitt sind Sie bereits auf manchen Schnitten begegnet, die ich Ihnen vorgelegt habe. Die Olive hat frisch eine graue, durchsichtige Färbung, weil sie wesentlich aus dichter Gliamasse besteht, in die vielverästelte Ganglienzellen eingelagert sind. Diese Zellen senden einen langen Stammfortsatz aus (Vincenzi), und um sie herum verzweigen sich die Endpinsel verschiedener anderer Fasersysteme, besonders solcher aus dem Kleinhirne und aus dem Thalamus.

Lateral sowohl als dorsal von der Olive liegen die innere und hintere Nebenolive, Kerne, die ähnlich gebaut sind wie die Olive, und wie diese von den Fibrae arcuatae durchbrochen werden. Durch die innere treten namentlich die Fasern aus der einen zur anderen Olive.

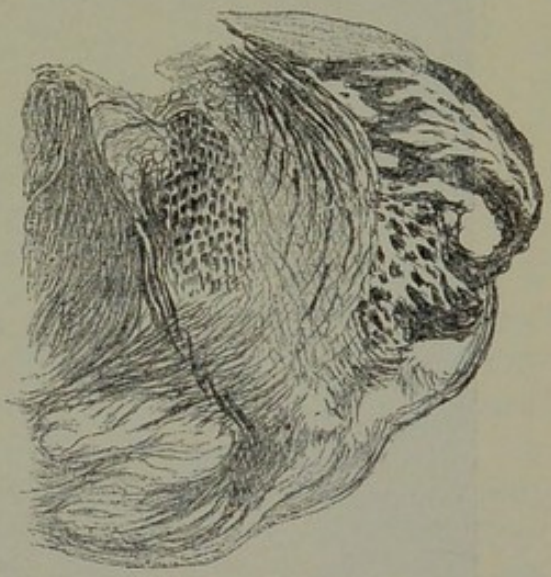


Fig. 115.

Schnitt durch die Oblongata des Delphins nach Hatscheck und Schlesinger.

Die Olive ist nur beim Menschen und den höheren Affen so mächtig ausgebildet, wie die Abbildungen zeigen. Bei den meisten anderen Säugern ist sie viel kleiner. Vergleichen Sie z. B. die kleine Olive der Fledermaus oder die Fig. 115 abgebildete des Delphins mit derjenigen des Menschen Fig. 106.

Die Karnivoren, auch die Ungulaten haben nur kleine, nicht einmal überall zusammenhängende gebogene Olivenblättchen, die nur Abschnitten der menschlichen Olive gleichen. Bei der Maus gleicht die ungefältelte Olivenplatte etwa nach Lage und Ausdehnung der medialen Nebenolive des Menschen. Nur etwas länger ist sie. Wir besitzen reiche hierher gehörige Daten von E. M. Williams. Die ganze Stellung der Nebenoliven ist noch unklar. Noch weiß man nicht, ob es sich um eigene Apparate oder um echte Oliventeile handelt.

Beim Braunwal liegen zunächst der Mittellinie, etwa da, wo man sonst die inneren Nebenoliven findet, zwei sehr mächtige Körper von annähernd keilförmiger Gestalt, die dorsal, frontal und kaudal in eine kleinere, etwas gewundene Platte ausgehen. Vielleicht sind das Nebenoliven, vielleicht aber auch die eigenartig gestalteten Oliven. Sie senden jedenfalls kräftige Züge in das Restiforme hinein. Etwa im

mittleren Drittel ihrer recht großen Länge legen sich ihnen lateral viel kürzere, im Bau der menschlichen Olive durchaus ähnliche, kleine gewundene Zellplatten an, vielleicht die wahren Oliven. Außerdem gibt es da noch dorsale und sehr kleine laterale Nebenoliven. Fig. 116.

Die Olivengröße ist in gewisser Beziehung abhängig von der des Cerebellums und wir wissen nicht nur, daß mächtige Bahnen aus dem Organe in das Kleinhirn hinein führen, sondern wir haben auch durch

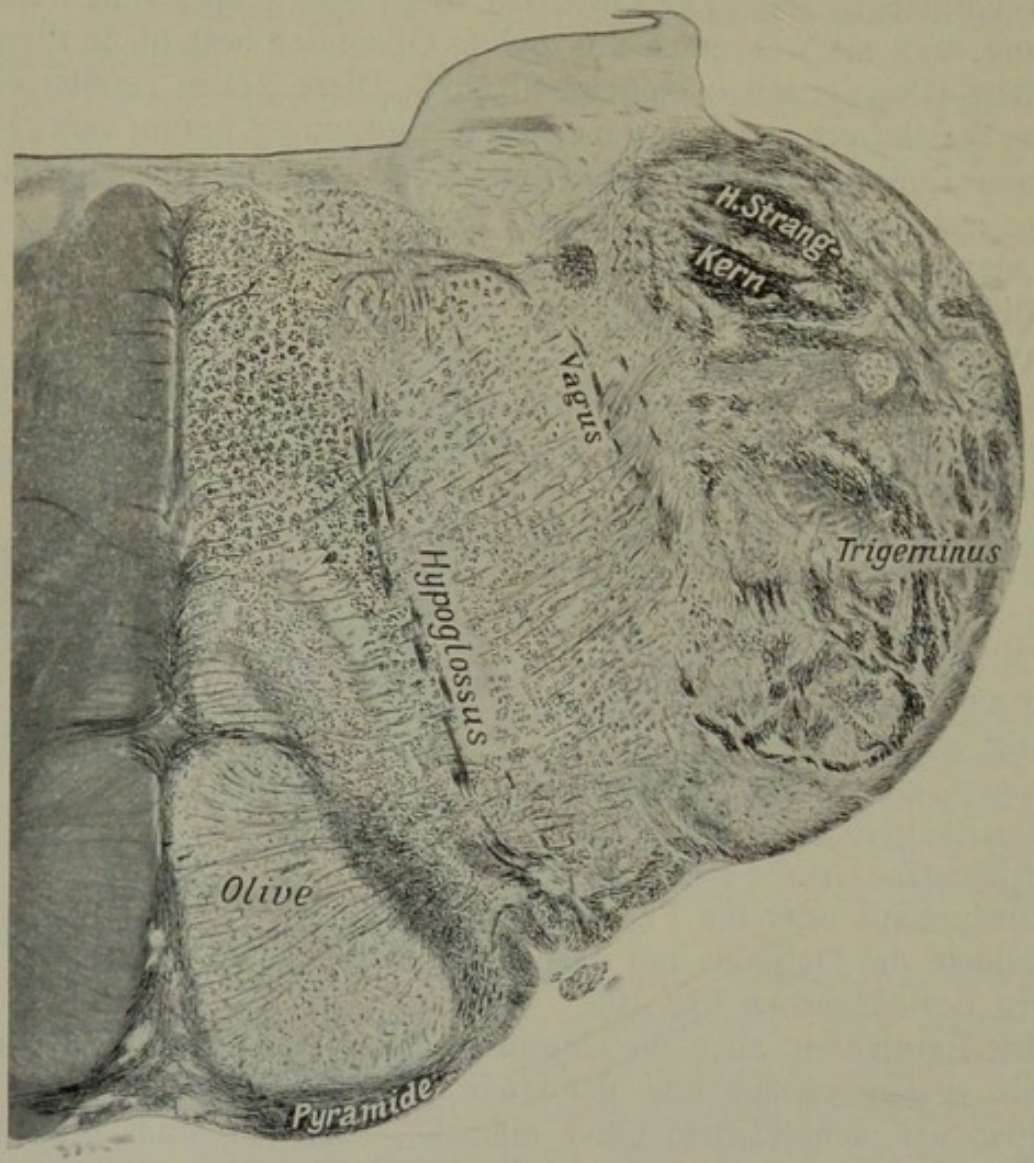


Fig. 116.

Frontalschnitt durch die Oblongata von Phocaena com. Braunwal.

Holmes erfahren, daß mit jedem Teile der Olivenplatte ein bestimmter der Cerebellarrinde in Verbindung steht. Fig. 117 gibt das Hauptergebnis der diesbezüglichen Untersuchungen wieder.

Die Olive ist ein Apparat, der weitgehende Assoziationen vermitteln kann.

Aus den Zellen der Olivenplatte stammt zunächst ein mächtiger Faserzug zum Kleinhirne, der Tractus olivo-cerebellaris. Wir werden ihn später näher betrachten.

Zum Rückenmarke zieht etwa bis zum 3. Cervikalnerv der schon erwähnte Bechterewsche Tractus olivo-spinalis. Die Benennung ist eine vorläufige, da noch unsicher ist, ob die Oliven wirklich die Ausgangsstation sind.

Aus den vorbeiziehenden Fasern der Tractus spino-cerebellares er-

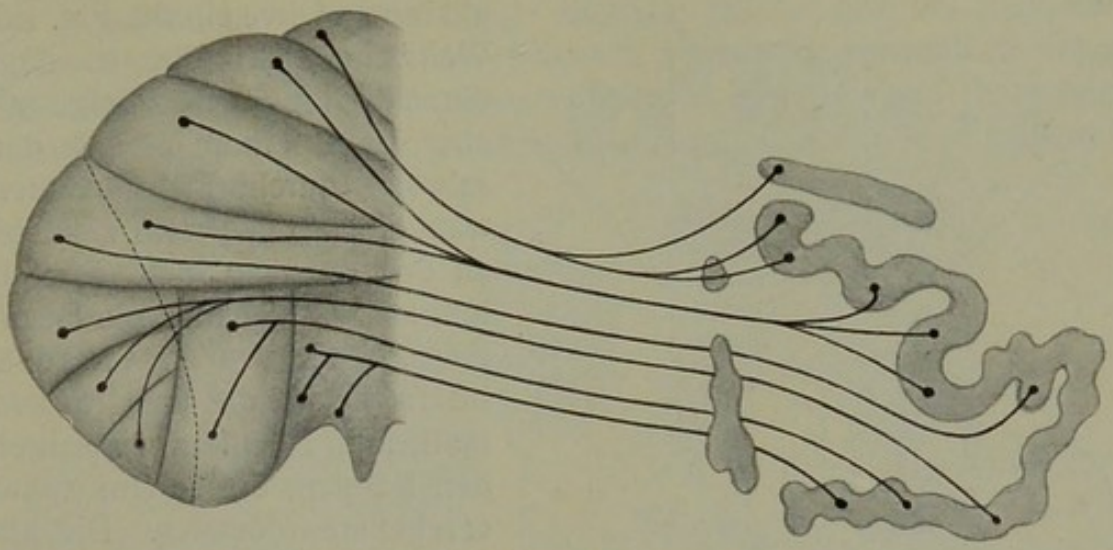


Fig. 117.

Topische Beziehungen zwischen Kleinhirn und Olive.

hält die Olive Kollateralen (S. Ramon y Cajal), ebenso treten solche, die sich wie alle vorgenannten zu prachtvollen Pinseln im Inneren der Olive aufzweigen, aus mehr medianen Gegenden des Assoziationsfeldes in die Olive. Fig. 120.

Auch aus dem Thalamus, die Ursprungsstelle ist noch unbekannt, oder aus der Gegend unter den vorderen Vierhügeln gelangt ein Faserzug hinab zur Olive. Er ist von Flechsig und Bechterew auf dem Wege der Markscheidenentwicklung gefunden worden. Dieser Tractus thalamo-olivaris, Bechterews zentrale Haubenbahn, liegt dorsal auf der Olive. Ständig dringen Fasern aus ihm in das Innere des Olivenkörpers und am kaudalen Olivenpole legt sich der Rest dieser Thalamusstrahlung wie eine Kappe lateral und kaudal um den Endkonus der Olive. Fig. 119.

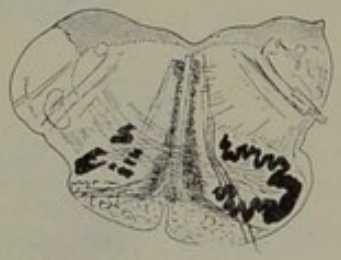


Fig. 118.

Schwund der Olive in einem Falle, wo seit der Geburt die ganze gekreuzte Kleinhirnhemisphäre fehlte.

Die Bahn ist wiederholt nach Thalamusherden absteigend bis in die Olive entartet gefunden worden. Ihre Züge tragen wohl zu dem außerordentlich feinen Plexus bei, der im Inneren des Hohlkörpers, innerhalb der Olivenwand, deren Zellen umgibt. Dieser Plexus, ebenso wie die reichverzweigten Zellen der Olive selbst, wird besser als durch eine Beschreibung klar, wenn Sie einen Blick auf Fig. 120 werfen, in der ich nach mehreren Zeichnungen von Ramon y Cajal die Olivenelemente zusammengestellt habe.

Aus den Zellen der Olive stammen (Vincenzi) Axenzylinder, die sich medialwärts wenden und alle in den Hohlraum des Olivenkörpers eintreten. Seit Stilling kennt man das mächtige Bündel, das sie nun bilden, und weiß, daß es die Mittellinie überschreitend in die gekreuzte Olive eintritt, Fig. 121. Wahrscheinlich gibt es dann deren Zellen auch Zweige ab, aber dann erhebt es sich dorsalwärts, durchbricht die Seitenwände der Olive und zieht bis an den dorsalen Rand der Oblongata. Dort treffen die Fasern dieses Tractus olivo-cerebellaris auf die vom Rückenmark zum Kleinhirn aufsteigenden Bahnen, die Tractus spinocerebellares dorsales. Die umgeben sie als dichte Masse und ziehen mit ihnen zum Kleinhirne. So entsteht der hintere Kleinhirnarm, das Corpus restiforme, im wesentlichen durch den Zusammenfluß der beiden erwähnten Faserarten. Wir werden später sehen, daß er auch aus den Hinterstrangkernen, welche ihm medial anliegen und auch aus anderen Gegenden noch einige Fasern erhält.

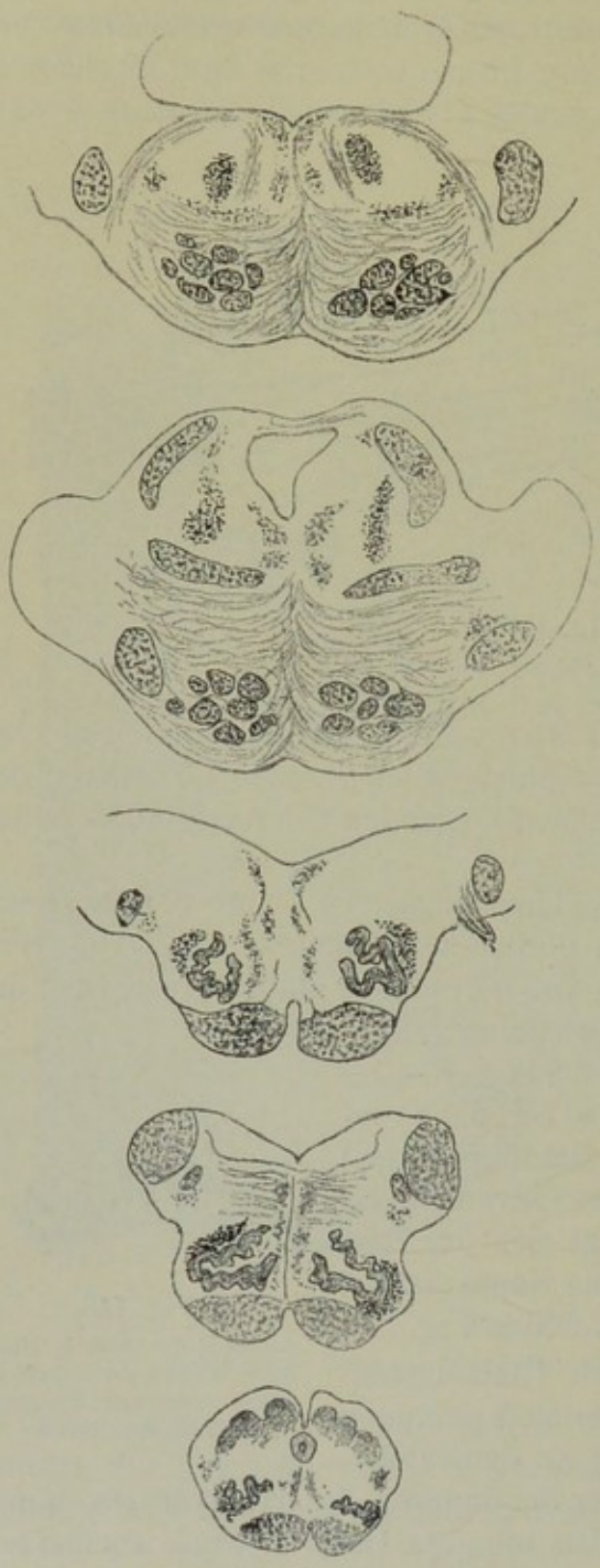


Fig. 119.

Doppelseitige Entartung des Tractus thalamo-olivaris. Der Zug ist durch einen Tumor kaudal von den Vierhügeln zur Entartung gekommen. Die anderen gleichzeitig degenerierten Bahnen nur zum Teil eingezeichnet. Nach J. Collier und F. Buzzard.

In der Oblongata haben die Bogenfasern aus der Olive zu dem Corpus restiforme ziemlich den gleichen Verlauf, wie die etwas medialer aus den Hinterstrangsträngen entspringenden Bahnen zu dem gekreuzten Areal des Tractus bulbothalamicus. Beide sind Fibrae arcuatae internae. Man kann sie auf entwicklungsgeschichtlichem Wege voneinander scheiden, weil die sekundären sensiblen Bahnen vor den Olivenbahnen markhaltig werden. Auch degenerativ gelingt gelegentlich die Scheidung. Wenn eine Kleinhirnhälfte zugrunde geht, entarten die Olivenkleinhirnfasern und mit ihnen die gekreuzten

Oliven bis zu gewissem Grade Fig. 118. Bei vielen niederen Säugern, bei der Fledermaus z. B., kreuzen die Olivenkleinhirnfasern nicht die Haube, sondern verlaufen als äußere Bogenfasern zu dem Kleinhirnarme.

Direkt ventral von den Oliven liegen ganz in der Peripherie der Oblongata die Nucleiarciformes oder praepyramidales (Fig. 137). Ihre Faserbeziehungen sind bisher unklar. Da sie nur bei besonders starker Entwicklung der Brücke, Mensch vorzüglich, ordentlich ausgebildet sind und da sie Bogenfasern (wohl in das Kleinhirn) entsenden, so besteht wohl die alte Arnoldsche Ansicht zu Recht, daß es kaudal

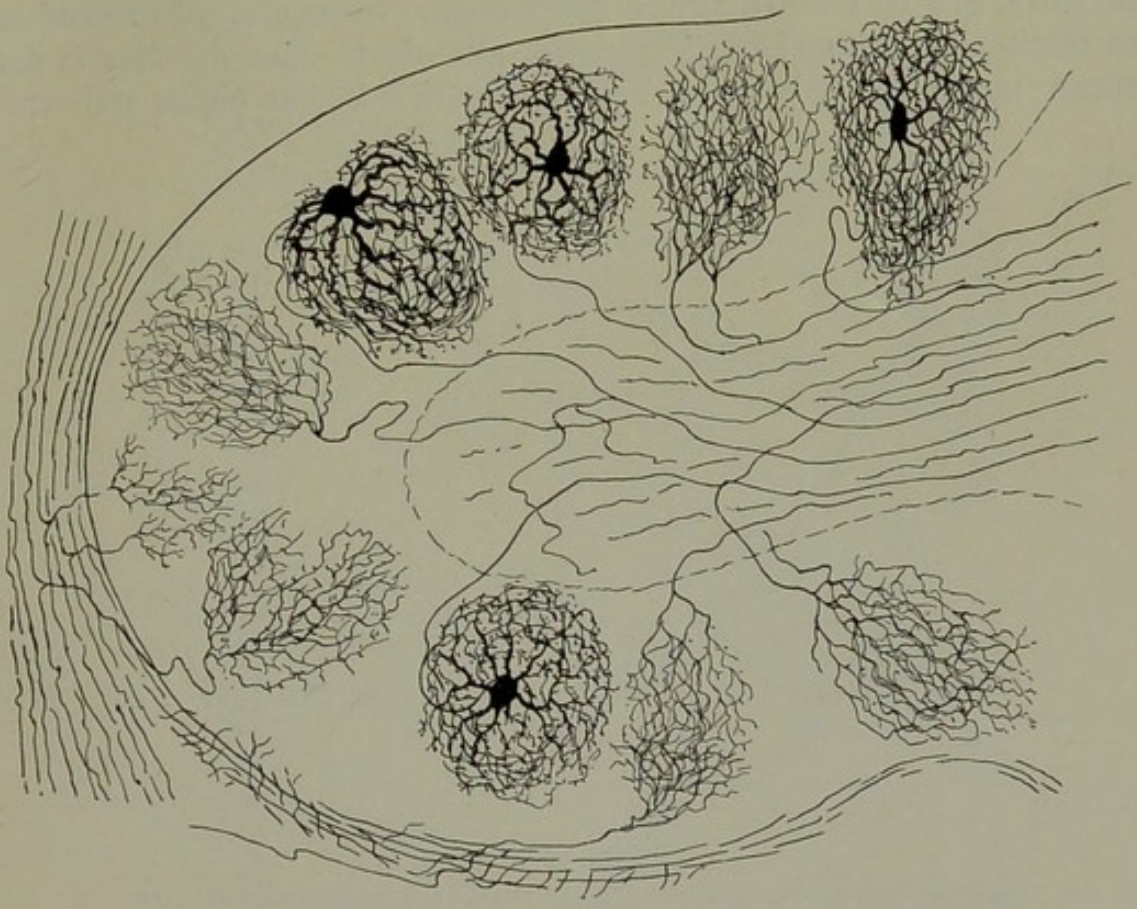


Fig. 120.

Übersicht über den Bau der Olivenwand. Kombiniert aus Zeichnungen S. Ramon y Cajals.

gerückte Brückenanteile sind. Sie fallen bei kongenitalem Kleinhirnmangel aus (Zingerle).

Wie Sie an Fig. 106 sehen, liegt die Olive mitten in dem Areal, welches im Rückenmark Seitenstrang hieß. Die langen Bahnen aus dem Rückenmarkseitenstrang werden durch den mächtigen Körper lateral gedrückt. Dort bilden sie, s. Fig. 138 links, ein dreieckiges Feld, welches im wesentlichen die Tractus spino-cerebellares ventrales, die Tractus spino-thalamici und spino-tectales enthält. Dieses aus so verschiedenen Bestandteilen gemischte Bündel heißt: Tractus antero-lateralis ascendens. Auf Fig. 134 u. 138 ist es als Seitenstrangbündel bezeichnet, auf den meisten anderen Abbildungen der Oblongata finden Sie es seiner mutmaßlichen Zusammensetzung nach angegeben.

Medial von diesem Felde und dorsal von der Olive hat der Querschnitt der Oblongata ein eigenartig netzförmiges Ansehen. Horizontal und dorsoventral gerichtete Fasern zerlegen ihn in eine Menge einzelner Felder und überall sind in die Maschen des Faserwerkes Zellen eingelagert, aus deren Axenzylindern und Dendriten eben das Faserwerk selbst zu gutem Teile gebildet wird. Das ganze Areal, das größte der Oblongata heißt:

Formatio reticularis. Die Zellen sind, wie später zu zeigen sein wird, assoziative und deshalb könnte man das Feld auch als Assoziationsfeld der Oblongata bezeichnen. Schneidet man irgendwo das Rückenmark im Halsteil oder die Oblongata oder die Haube der Brücke und Vierhügelgegend an, so entarten immer einige weit ent-

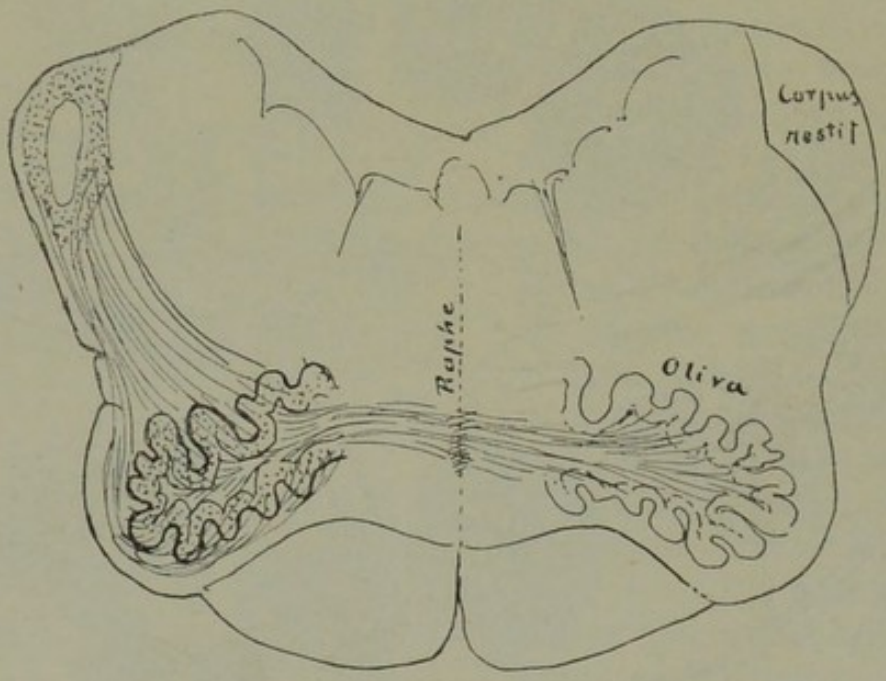


Fig. 121.

Der Kleinhirn-Olivenanteil des Corpus restiforme. Das weißgelassene Feld im linken Corpus restiforme gibt die Lage des Rückenmarkanteiles an.

fernte Reticulariszellen, weil sie in ihren Ausläufern zerstört sind (Kohnstamm).

Substantia reticularis gibt es bis hinauf in die Vierhügelgegend. Die Zellen sind von sehr verschiedener Größe, meist vielverzweigt, etwa vom Typus der Zellen in den motorischen Kernen, manche so groß, daß sie die des Hypoglossuskerns übertreffen. Sie sind von Vincenzi, Kölliker, Held und am genauesten von Cajal studiert worden. Diejenigen, welche der Mittellinie ganz nahe, z. T. in ihr selbst liegen, bezeichnet man in ihrer Gesamtheit als Nucleus raphes oblongatae vel pontis. Die lateraleren kann man als Nucleus reticularis zusammenfassen, doch bilden sie erst in der Brücke größere Anhäufungen, in der Oblongata sind sie überallhin zerstreut.

Die Zellen des Raphekerns senden nach Kohnstamm ihre Axen-

zylinder aus der Oblongata spinalwärts, aus der Brücke hirnwärts. Es sind meist sehr reich verästelte Zellen, deren medial gelegene Dendriten zu den zahlreichen Kreuzungen in der Mittellinie beitragen.

Die zerstreuten Zellen des Nucleus reticularis haben lange auf- und absteigende, z. T. auch die Mittellinie überschreitende Axenzylinder, welche der Substantia reticularis das eigenartige Bild der Quadrierung geben. Für die Endpunkte hat Kohnstamm degenerativ festgestellt, daß sie zum großen Teil kaudal von den Zellen, oft weit-

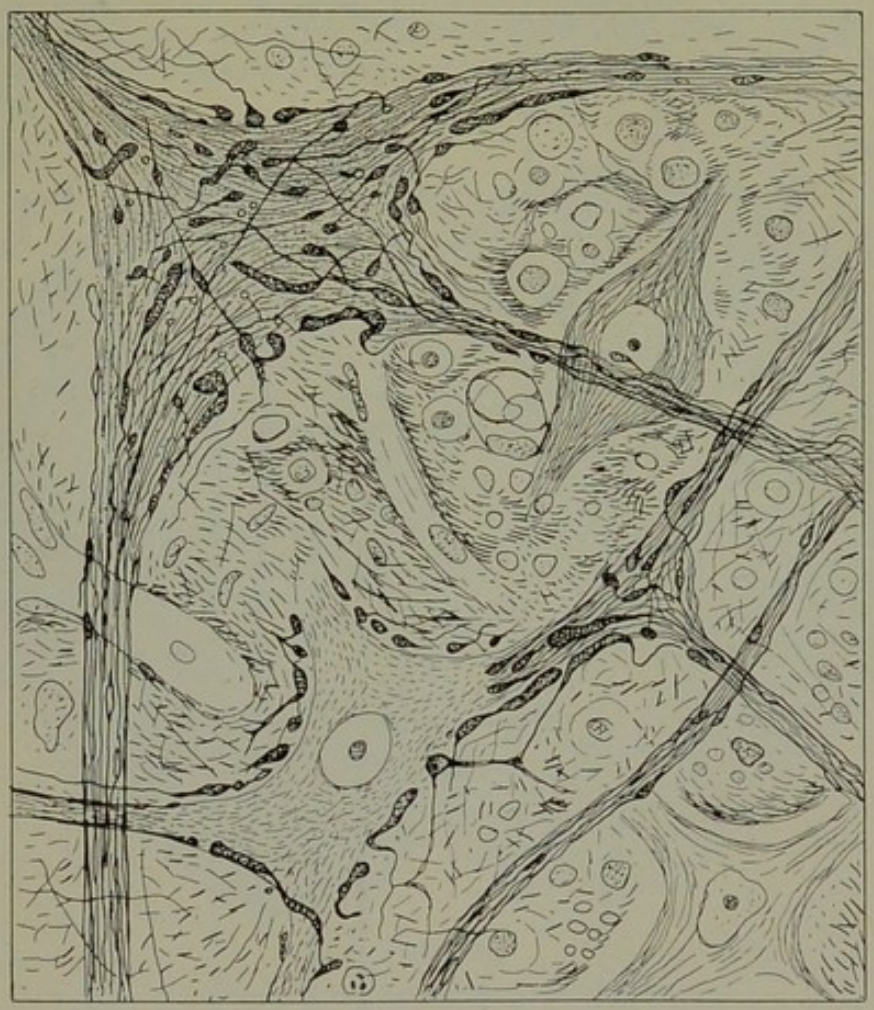


Fig. 122.

Pericellularer Plexus der Substantia reticularis in der Oblongata des Kaninchens nach S. Ramon y Cajal.

hin im Halsmark liegen, zum kleineren frontalwärts. An diesen Zellen verzweigen sich nun in außerordentlich reichem Maße (S. Ramon y Cajal) Kollateralen, welche wie mir scheint, alle oder fast alle aus den Kernen des Kleinhirnes stammen. Es sind also Tractus cerebello-tegmentales, wie sie bereits bei Besprechung der Vorderseitenstrangbahnen im Rückenmarke erwähnt wurden. Fig. 123 gibt ein Schema ihres Verhaltens.

Schließlich gehört dem Eigenapparat der Oblongata noch ein Kern an, der beim Menschen schlecht entwickelt, bei vielen Säugern aber

sehr groß ist. Es ist der etwa in der Gegend des Nucleus ambiguus liegende, mehr lateral von ihm entwickelte Kern des Seitenstranges. Nach Yagita, der ihn monographisch bearbeitet hat, degeneriert er, wenn das Corpus restiforme durchschnitten wird, total, sendet also seine Fasern in das Cerebellum. Schon im Niveau des kaudalen Oliven-

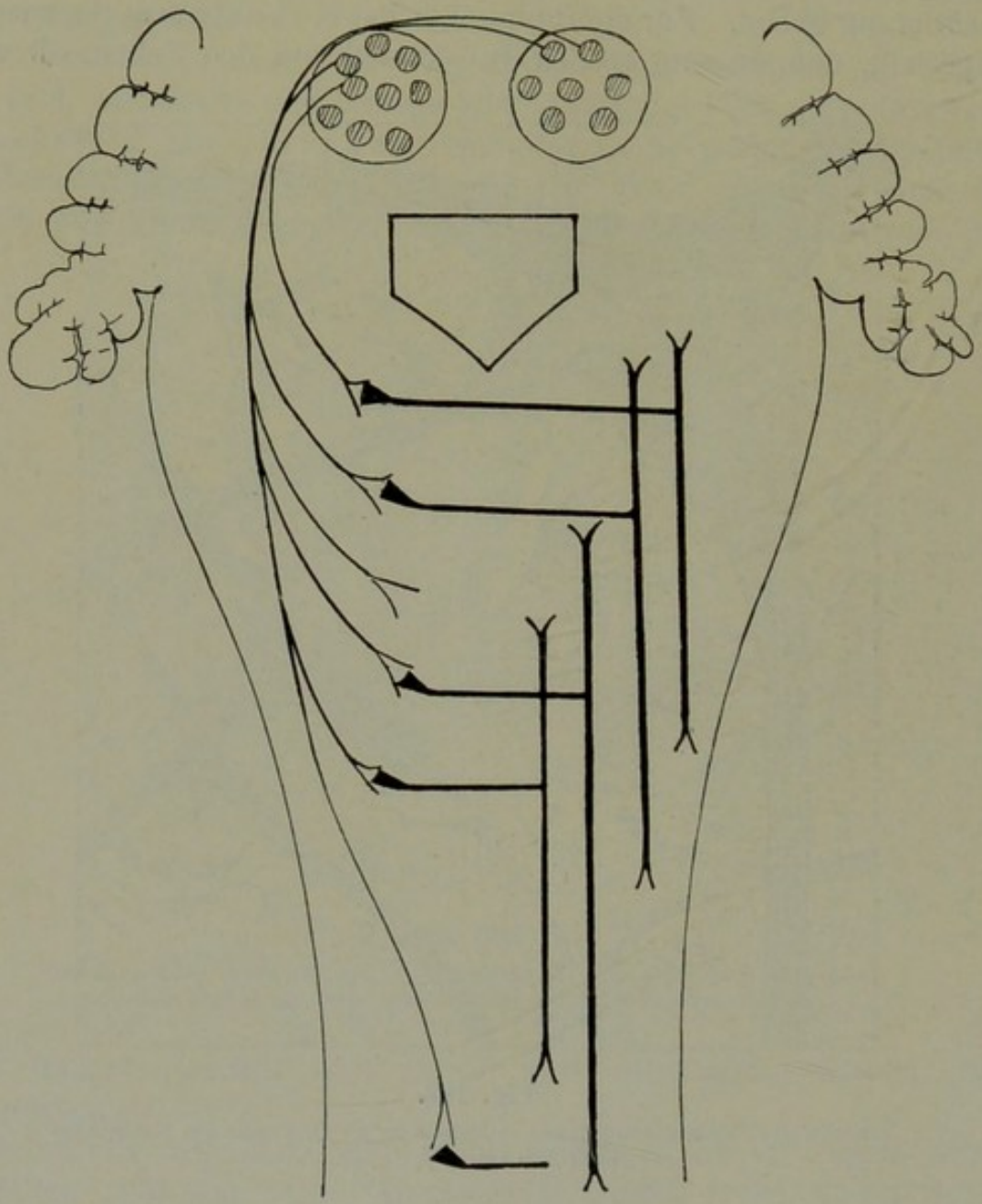


Fig. 123.

Schema der Substantia reticularis und ihrer Faserbeziehungen.

endes sichtbar und auf der Höhe des kaudalen Olivendrittels am besten ausgebildet, zerfällt er hier bei Hund und Kaninchen in fünf bis sechs ziemlich gut begrenzte Abteilungen. Er ist etwa so lang wie die Olive selbst. Beim Menschen sollen nach dem gleichen Autor die sonst nicht geteilten Kernmassen medial und lateral vom Nucleus ambiguus angeordnet sein.

Der Kern ist bei den Raubtieren, soweit ich sehe, besonders entwickelt. Ich bilde ihn Fig. 124 vom Seehunde ab.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß innerhalb der Formatio reticularis diejenigen Verbindungsfasern verlaufen, welche Facialis-, Vagus- und Phrenicuskern zu gemeinsamer Tätigkeit bei der Atmung assoziieren. Dafür sprechen die Versuche von Gad und Marinesco, Atembeeinflussung nur bei Reizung der Formatio reticularis lateral vom Hypoglossus, und die anatomischen Ergebnisse Kohnstamms, Degeneration der Reticulariszellen nach halbseitiger hoher Durchschneidung, welche die Atmung beeinflußt, ohne daß an den Vagus- usw. kernen Veränderungen auftreten. Sowohl der Vaguskern als die aus ihm ausstrahlenden motorischen Fasern, aber auch die sensiblen Vagusfasern

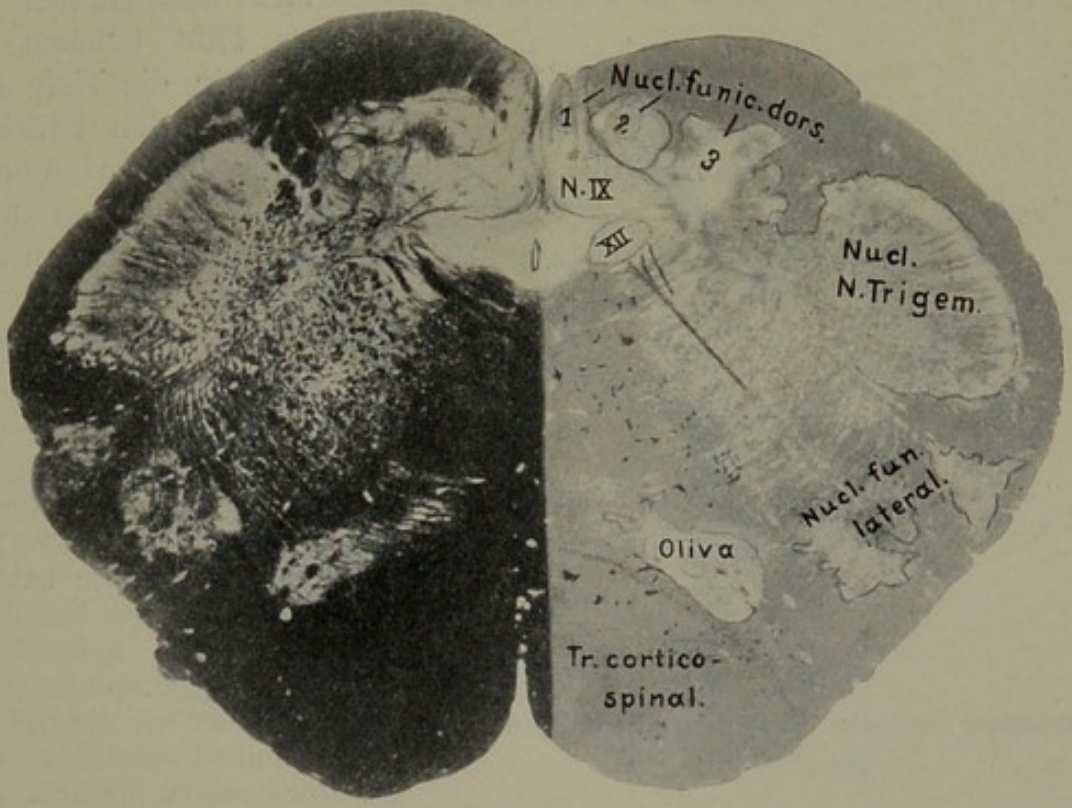


Fig. 124.

Oblongata des Seehundes, Phoca vitulina.

und speziell die Züge des Solitärbündels können durch die dicht benachbarten Ausläufer der Zellen aus dem Assoziationskern sehr wohl mit tiefer liegenden Zentren — Nuclei der Intercostales, Phrenicuskerne — in Beziehung gebracht werden. Kohnstamm, der gerade diese Gegend durchgearbeitet hat, macht darauf aufmerksam, daß zahlreiche Fasern aus der lateral am Assoziationsfeld vorbeiziehenden sensorischen Bahn — Tractus antero-lateralis ascendens — in das Assoziationsfeld eintreten, wie das bereits oben erwähnt wurde. Er hält es für sehr wahrscheinlich, daß diese, ebenso wie die gerade hier durchziehenden Fasern des Trigeminus, auf dem Wege durch das Assoziationsfeld die zahlreichen Reflexvorgänge vermitteln, welche von der Haut und der Nasenschleimhaut aus die Atmung beeinflussen. Ebenso sind dort Faseranordnungen gegeben, welche sehr wohl den Beziehungen zugrunde liegen können, welche zwischen Herzaktion und Atmung bestehen.

Der Eigenapparat ist fast überall umfaßt von dem Leitungsapparat. Ventral liegen die Pyramiden, medial die sekundären sensiblen Bahnen und lateral wesentlich die zum Cerebellum strebenden Systeme.

Tractus cortico-spinalis und bulbaris, die Pyramide.

Das mächtige Bündel der Pyramiden haben Sie bereits in der vorigen Vorlesung kennen gelernt. Auf allen Schnitten, die ich seitdem demonstrierte, waren die Querschnitte dieses immer ventral an der Oblongata entlang ziehenden Systemes sichtbar. Wie sie sich unter teilweiser Kreuzung aus dem Rückenmarke entwickeln, das haben Fig. 101 u. 102 gezeigt. Bis frontalwärts in die Brücke lassen sich diese Bündel verfolgen. Dort tauchen sie, Fig. 125, in die Tiefe und werden von den Brückenfasern in viele Einzelbündel gespalten. Erst am frontalen Brückenrand kommen sie wieder zum Vorschein, um dann in den Hirnschenkeln zur Rinde zu ziehen.

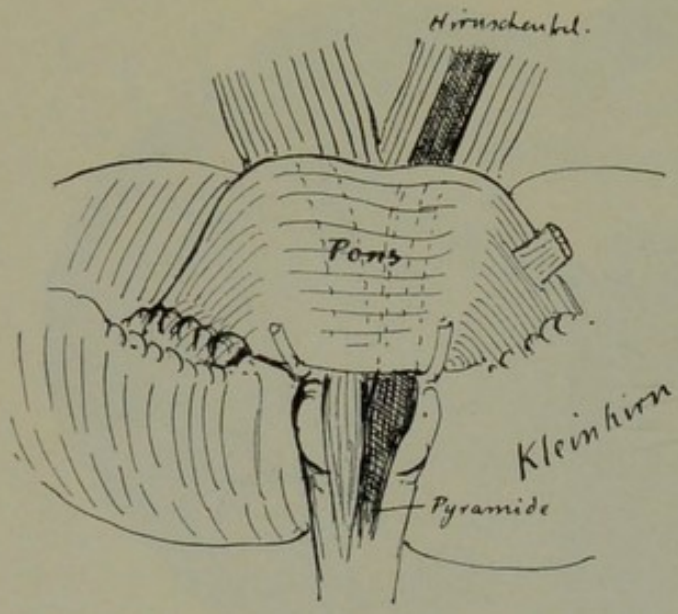


Fig. 125.
Entartung der linken Pyramide nach einem Herd im Großhirn.

Die Gelegenheit, den Verlauf des Pyramidenstranges zu verfolgen, wird sich Ihnen, meine Herren, nicht allzu selten bieten, wenn Sie bei der Autopsie von länger bestehenden zerebralen halbseitigen Lähmungen Querschnitte durch den Hirnschenkel, die Brücke, die Medulla oblongata und das Rückenmark machen. Die graue Pyramide auf der erkrankten Seite wird sich meist deutlich von der weiß gebliebenen der anderen Seite abheben; im Rückenmarke wird sich im hinteren Teile des gekreuzten Seitenstranges eine grau verfärbte Stelle finden.

Am frontalen Brückenende, ja schon innerhalb des Hirnschenkels, sondern sich von den Bahnen, welche für die motorischen Kerne des Rückenmarkes bestimmt sind, diejenigen ab, welche zu den Oblongatakernen ziehen, die Sprach- und Schluckbahn also.

Dieser Tractus cortico-bulbaris tritt, kaudalwärts ziehend, immer weiter dorsal und gibt mit einzelnen Bündeln in der Mittellinie kreuzend, dem Facialiskern, dem Hypoglossuskern und wahrscheinlich auch dem Accessoriuskern Züge ab.

Manchmal spalten sich von der Pyramidenbahn frontal mehr Fasern ab als in den Kernen des Markes benötigt sind. Der Überschuß erreicht, in kaudalen Oblongataebenen zur Basis herabbiegend, wieder den Hauptstrang vor oder innerhalb seiner Kreuzung. Diese Bündel, die nicht selten in den

dorsalen Seitenteilen der Oblongata, nahe den absteigenden sens. Wurzeln beobachtet werden, heißen Henle-Picksche Bündel. Fig. 126.

Bei der Fledermaus ist der Pyramidenanteil zum Rückenmarke ganz minimal, derjenige zu den Oblongatakernen aber mächtig. Den ersteren zeigt die Abbildung Fig. 127, wo die Kreuzung durch Fibrae arcif. noch scheinbar

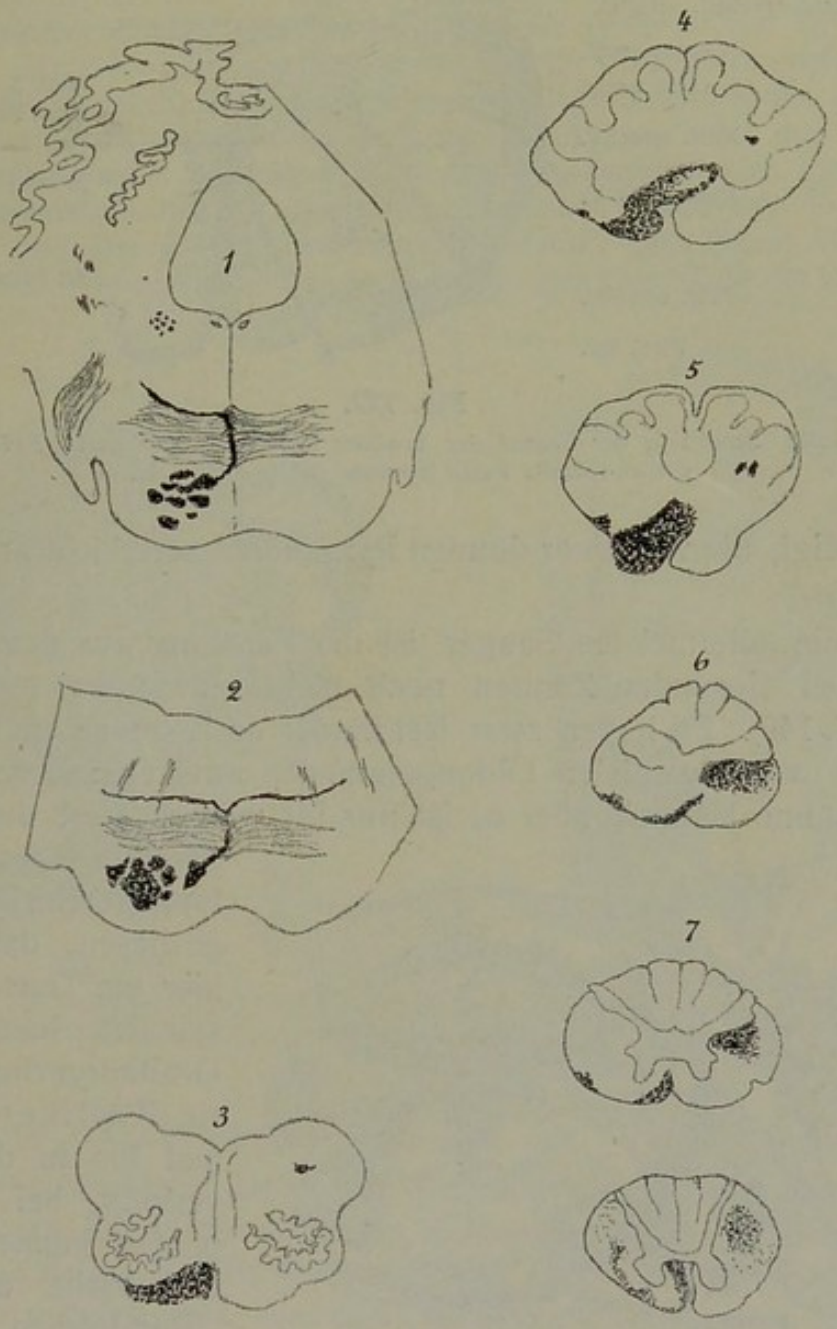


Fig. 176.

Der Gesamtverlauf des Tractus cortico-bulbaris et cortico-spinalis. Kombinierte Abbildung nach mehreren, von Stanley Barnes beschriebenen Degenerationspräparaten. 1. Aus dem Zuge sondern sich die Fasern zum Kaumuskelkerne ab. 2. Die Fasern zum Facialiskerne gehen von der Hauptmasse ab. 3. Von dem übrigbleibenden Reste hat sich ein Bündelchen — Henle-Picksches Bündel — rechts oben abgespalten. Dieses aber kehrt in 6. wieder zur Hauptmasse zurück. 4. und 5. Dicht vor der Kreuzung sondern sich ganz lateral die Fasern zum gleichseitigen Seitenstrange. 6. Kreuzung. Die erwähnten Seitenstrangfasern und ein Teil der Vorderstrangfasern bleiben gleichseitig, der Rest kreuzt. 7. Lage der Bündel im Halsmarke. 8. Schnitt in der Höhe des 4. Dorsalnerven.

vergrößert wird. Die Hauptmasse kreuzt schon frontal, in den kaudalen Ebenen des Facialiskernes, in welchen sie eintritt. Fig. 128.

Der Braunwal, Phocaena, hat wahrscheinlich wegen der Extremitätenatrophie nur ganz dünne Pyramiden. Zwar sieht man beiderseits von der Mittellinie an der Oblongatabasis zwei sehr dicke Stränge, die in der Tat bisher für die Pyramiden gegolten haben. Das sind aber, wie

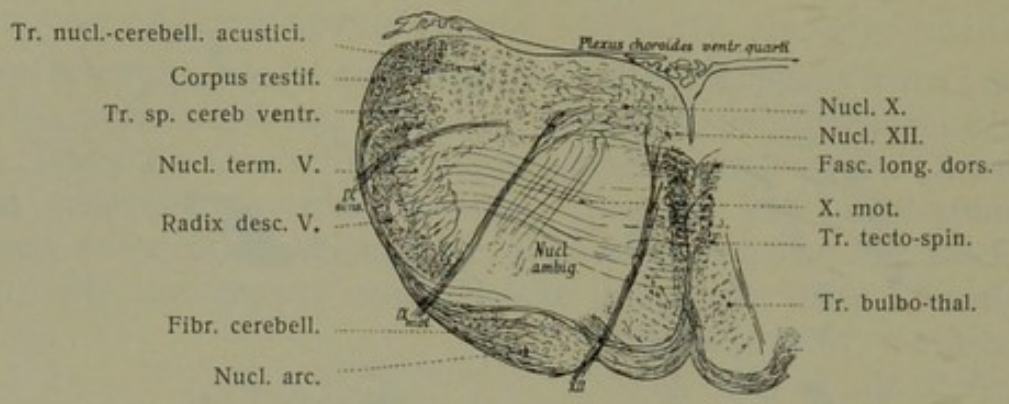


Fig. 127.

Vesperugo noctula. Schnitt in der Gegend der kaudalen Oblongata. Die letzten Enden des Tractus cortico-spinalis treten kreuzend in die Raphe ein.

Fig. 116 zeigt, die von einer dünnen Pyramidenfaserschicht überzogenen Oliven.

Für die allermeisten Säuger ist die Faserung aus dem Großhirn zu kaudaler liegenden Zentren noch nicht einwandfrei sichergestellt (s. auch S. 149). Es liegen zwar fast immer da, wo man die Pyramiden sucht, am ventromedialen Oblongatarande, zwei ebenso aussehende, oft sehr dünne Bündel, aber es ist nur für wenige Tiere durch Degeneration oder entwicklungsgeschichtlich nachgewiesen, daß es sich hier um Tractus cortico-spinales handelt. Bei Ornithorynchus können sie (Kölliker) nicht einmal bis in die Brücke verfolgt, bei den Delphinen können sie nur mit Mühe als dünne Bündelchen auf dem Schnitt erkannt werden. Ja, ein solcher Schnitt hat, wie Sie in Fig. 129 und 130 sehen, viele Ähnlichkeit mit dem durch die Oblongata einer menschlichen Frucht, bei der die Pyramiden wegen Mangels des Großhirnes nicht zur Entwickelung gekommen sind.

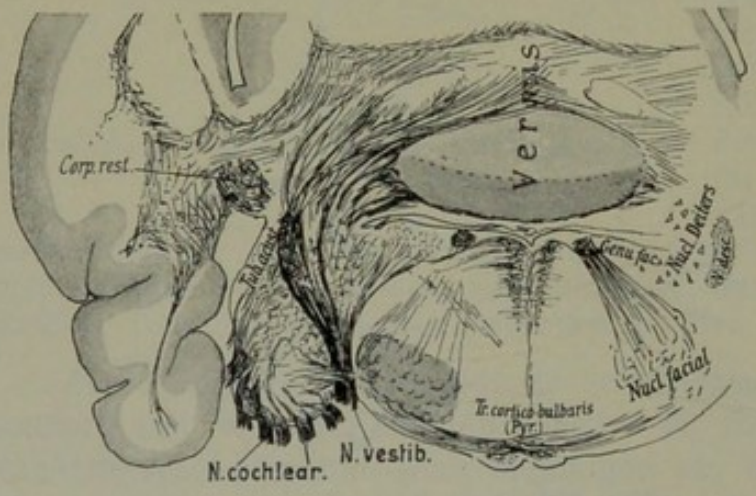


Fig. 128.

Dasselbe. Die Kreuzung der Tractus cortico-bulbares und ihr Eintritt in den Facialiskern.

Die sekundäre sensible Bahn.

Wir haben ihren Rückenmarkanteil in den Seitensträngen bereits

früher kennen gelernt. Dieser Tractus spino-thalamicus bleibt auch in der Oblongata in den Seitensträngen liegen, dicht an den Bündeln des Tractus spino-cerebellaris ventralis (Seitenstrangbahn der Fig. 134, s. auch Fig. 135.)

Die Bahn ist für ihre wichtige Funktion beim Menschen und bei einigen darauf untersuchten Säugern so schwach, daß sie vielleicht nur zum Teil eine direkte ist. Nach Kohnstamm verlaufen mit ihr vom Rückenmarke bis zum Thalamus eine ganze Kette übereinandergeschalteter Neurone, die immer von neuem in der Oblongata entspringen, wenn die Axenzylinder des kaudaleren sich erschöpft haben. So wäre ein Teil des Assoziationsfeldes eigentlich ein Centrum receptorium für aus kaudaleren Gegenden kommende Rezeptionen. Die Klinik und das Experiment sprechen dafür, daß dieses System die Temperatur-, Schmerz- und vielleicht für einen gewissen Teil die Berührungsreize leitet.

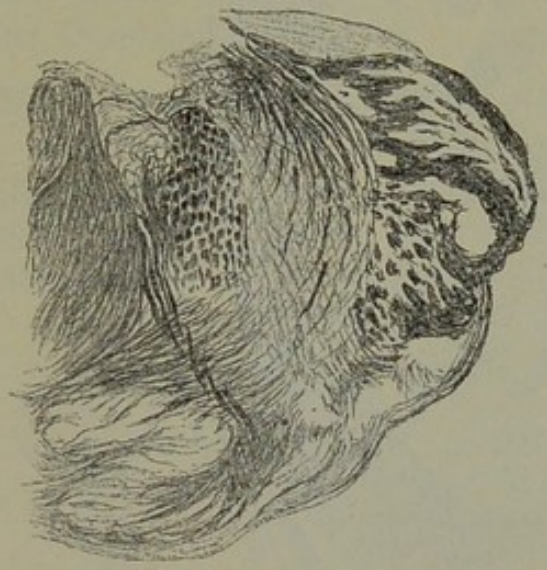


Fig. 129.
Oblongata von Delphinus delphis. Nach Hatschek und Schlesinger.

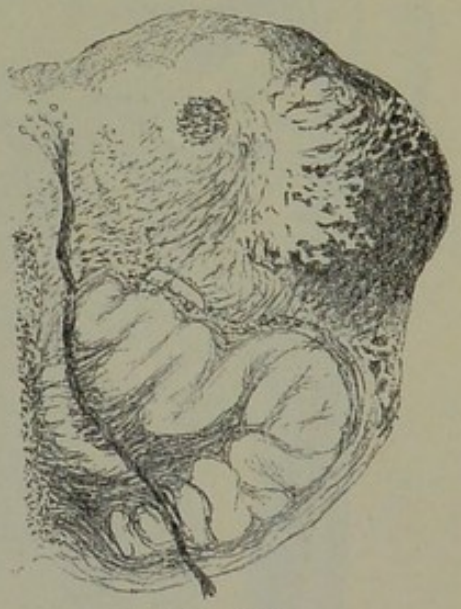


Fig. 130.
Oblongata einer menschlichen Frucht ohne Pyramiden, Cephalocoele u. a. Mißbildungen des Gehirnes.

Tractus bulbo-thalamicus.

Ein sehr mächtiger Anteil der Hinterwurzeln ist ungekreuzt in den Hintersträngen hinauf bis zu deren Kernen gezogen. Dort splittert er sich um die Zellen der Hinterstrangkerne auf. Die Untersuchung von Föten hat gezeigt, daß aus den Hinterstrangkernen eine neue Bahn entspringt (Edinger, Flechsig). Es sind reichliche Fasern, die ventral aus den Strangkernen austreten und in schön geschwungenem Bogen die ganze Oblongata durchmessen, deren Mittellinie kreuzen und sich dicht an der Raphe dann zu einem mächtigen Querschnittfelde, der Olivenzwischenschicht, ansammeln. An Gehirnen aus dem 7.—8. Schwangerschaftsmonate stören die sich kreuzenden markhaltigen Fasern der Pyramiden noch nicht die Klarheit des Bildes, dort treten die allein Markscheiden führenden Hinterstrangfasern deutlicher hervor. Zunächst sieht man wesentlich nur Fasern aus den Kernen der Bur-

dachschen Stränge austreten, im 9. Monate aber kann man etwas höher oben auch die Kreuzung der Fasern aus den Kernen der Gollschen Stränge erkennen. Das ist Fig. 103 besonders deutlich.

Das Areal der Olivenzwischenschicht kann bis in den Thalamus verfolgt werden. Werden durch irgend einen krankhaften Prozeß die Hinterstrangkerne zerstört oder die Bogenfasern aus ihnen unterbrochen, so entartet das ganze System frontalwärts durch die Olivenzwischenschicht und das Gebiet, welches in der Brücke Schleife heißt, in das Mittelhirn und von da bis in die ventralen Thala-

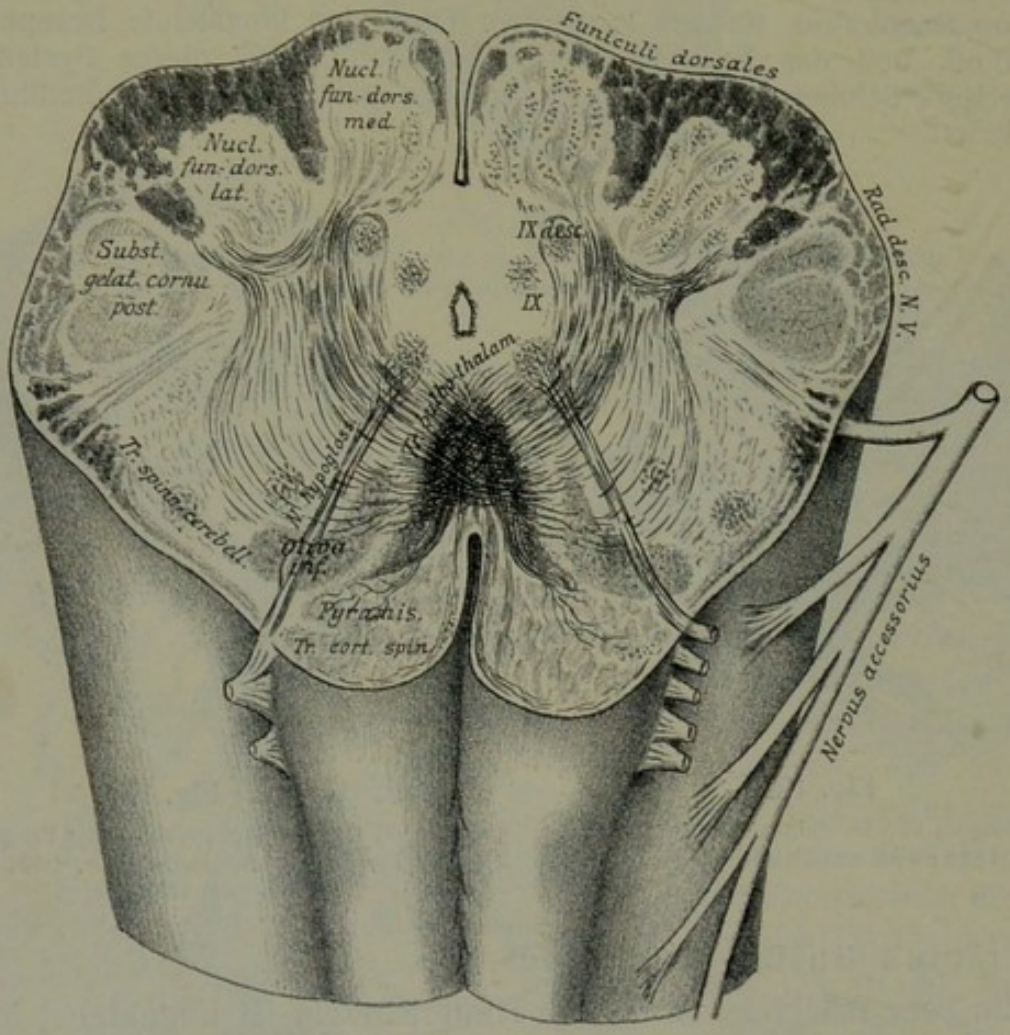


Fig. 103.

Schnitt durch die Oblongata einer Frucht aus dem 9. Monate. Die Kreuzung aus den Hinterstrangkernen markhaltig.

musschichten. Wir sind deshalb berechtigt, es statt wie bisher mit vielerlei Namen mit dem einzigen, Tractus bulbo-thalamicus, zu bezeichnen.

Nur in kaudaleren Abschnitten des Hirnstammes ist dieser Tractus bulbothalamicus durch ein Stück Assoziationsfeld von dem Tractus spino-thalamicus getrennt, weiter hirnwärts nähern sich beide, um dann gemeinsam in den Thalamus einzutreten.

Wenn alle Fasern aus den Hinterstrangkernen gekreuzt haben, dann liegt die gesamte sekundäre sensible Bahn,

alle Fasern aus den Endkernen der Gefühlsnerven, zu ihren Eintrittsstellen gekreuzt. Sie bleibt es bis hinauf in das Großhirn. Oblongataherde machen deshalb im Gegensatz zu Rückenmarkherden gelegentlich gekreuzte Hemianästhesie für alle Gefühlsqualitäten. Die kinästhetischen werden aber nur dann mit betroffen, wenn der Herd bis in das medial gelegene Areal des Tractus bulbothalamicus reicht.

In Fig. 132 lege ich Ihnen ein Schema des Verlaufes der sensorischen Fasern vor. Wollen Sie an diesem, vom Wurzeleintritte ausgehend, den Verlauf der einzelnen Züge verfolgen und schließlich konstatieren, wohin jeder einzelne Zug in der Oblongata gerät.

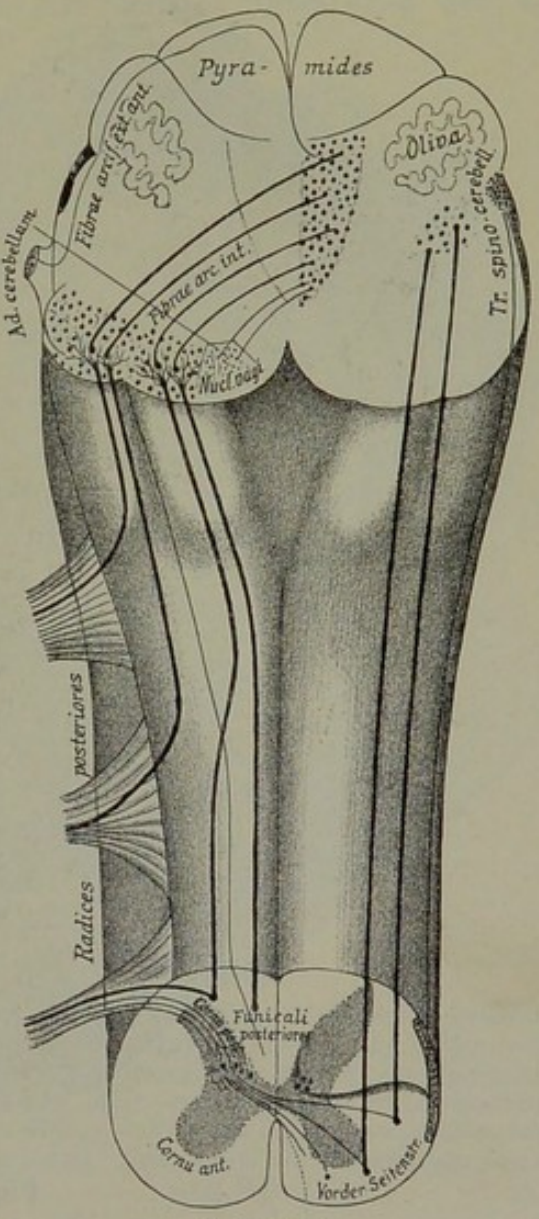


Fig. 132.

Schema des Verlaufes der sensiblen Bahn von den Wurzeln bis zur Oblongata.

Die Kleinhirnverbindungen.

An die dorsale Außenseite der Oblongata legen sich, jederseits zu einem dicken Bündel gesammelt, alle die Faserzüge welche, das Rükkenmark und die Oblongata selbst mit dem Kleinhirne verbinden. Bei frühen Embryonen sieht man gut, wie diese ganze Fasermasse vom Rückenmarke heraufwachsend sich der Außenfläche einfach anlegt. Man bezeichnet sie als Corpus restiforme.

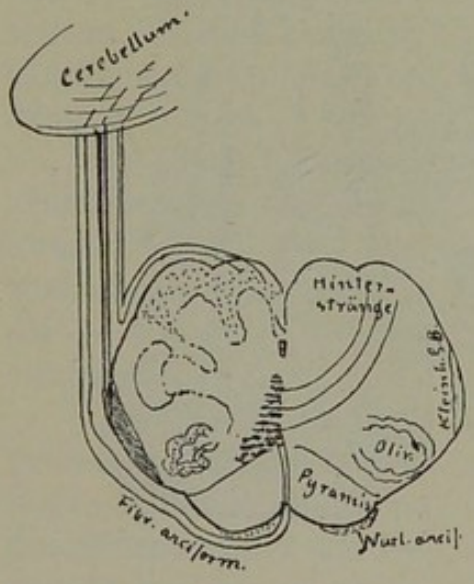


Fig. 133.

Ursprung des Rückenmarkteiles des Corpus restiforme. Die Fasern enden zumeist oder alle im Wurme.

Dieser „untere Kleinhirnarm“ enthält in seinem Inneren zunächst die Faserzüge aus den Seitensträngen des Rückenmarkes, die Tractus

spino-cerebellares dorsales et ventrales. Um diesen Kern sammeln sich die Faserzüge aus der Olive zum Kleinhirne, welche Fig. 121 abbildete, die Sie vergleichen wollen. Diese beiden Faserkategorien bilden die Hauptmasse des Corpus restiforme.

In dem Fig. 134 abgebildeten Entwicklungsstadium sind im Corpus restiforme nur die Rückenmarksfasern markhaltig. Sie können daher

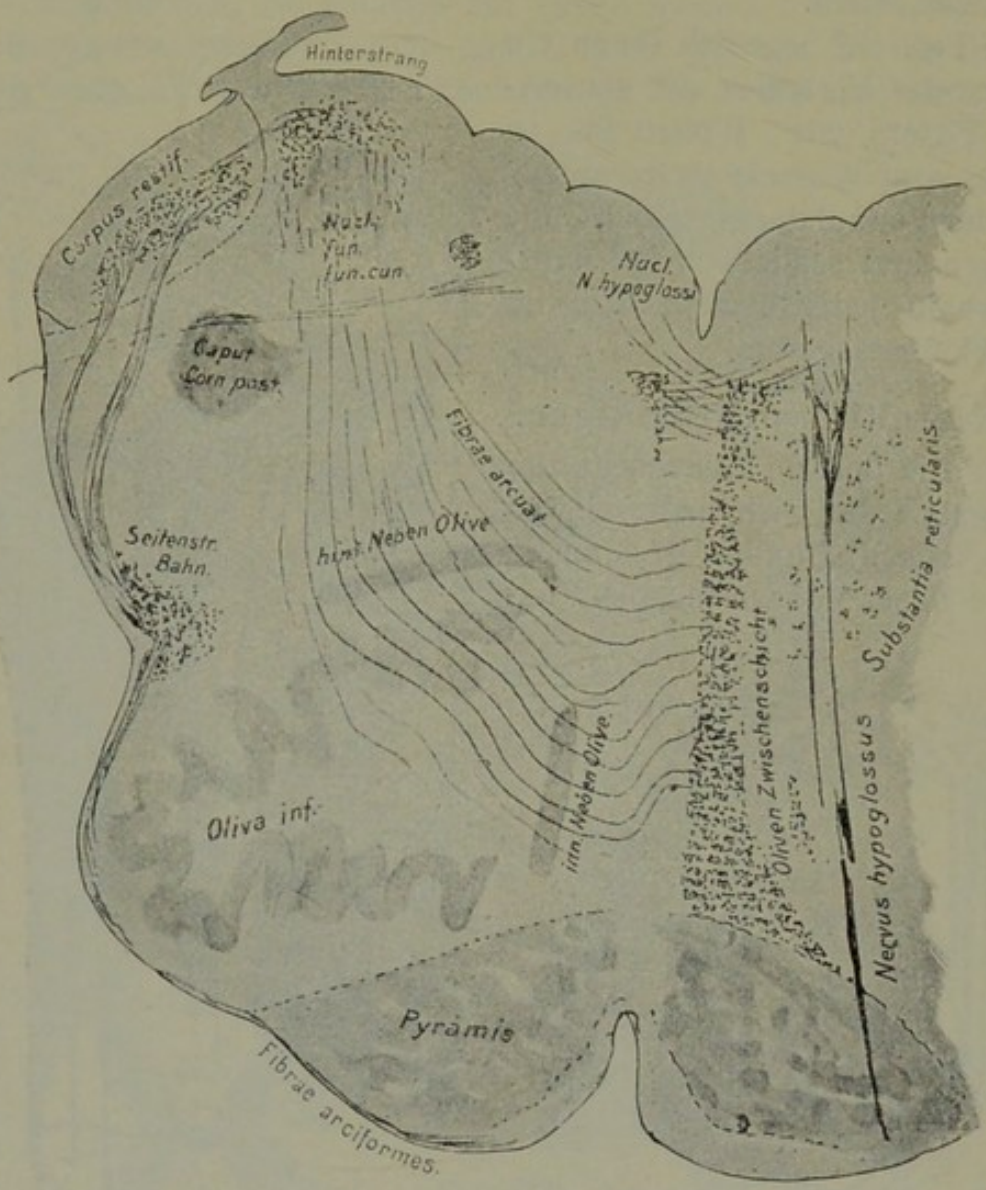


Fig. 134.

Schnitt durch die Oblongata einer Frucht aus der 26. Schwangerschaftswoche. Die markhaltigen Fasern durch Hämatoxylin gefärbt. Die linke Olivenzwischenschicht und der Tractus spinalis N. trigemini sind nicht eingezeichnet. Im Corpus restiforme ist nur der Rückenmarksteil markhaltig. Fibrae arciformes = Fibr. arc. ext. ant. Die Fibr. arc. ext. post. oben links außen zwischen Corpus restiforme und Hinterstrang. Das als „Seitenstrang" bezeichnete Bündel ist der Tractus ant. lat. asc., der an dieser Stelle bis in die vorderen Brückenebenen bleibt; der Tractus cerebello-spinalis dorsalis zieht hier gut sichtbar direkt in das Corpus restiforme.

an diesem Schnitt gut sehen, wie die spino-cerebellaren Bahnen in sein Zentrum eindringen.

Dann erhält das Restiforme aus den Hinterstrangkernen und den anliegenden Hintersträngen selbst Fasern. Diese verlaufen entweder,

wie das auf Fig. 134 und 135 gut zu sehen ist, direkt um die dorsale Peripherie der Oblongata als Fibrae arciformes externae posteriores oder sie treten in individuell sehr schwankender Menge ventral aus dem Hinterstrangkerne aus, durchmessen, Fig. 135, die anliegende Quintuswurzel oder ziehen auch medial von ihr dahin und senken sich dann in das Areal der Rückenmarkkleinhirnbahnen, mit denen sie dann dem Cerebellum sich zuwenden.

Einen weiteren Zuwachs erhält das Corpus restiforme aus der Ventralseite der Oblongata. Hier liegen ventral von den Pyramiden einige bei verschiedenen Individuen verschieden stark ausgebildete Zellgruppen, die Nuclei arciformes, die wahrscheinlich Fasern aus der Rinde des Großhirnes aufnehmen und wohl einen Teil der Fibrae arciformes anteriores um die Oblongata herum, s. Fig. 134, bis in das Restiforme senden. Sie sind kaudalste Brückenganglien ihren Verbindungen nach.

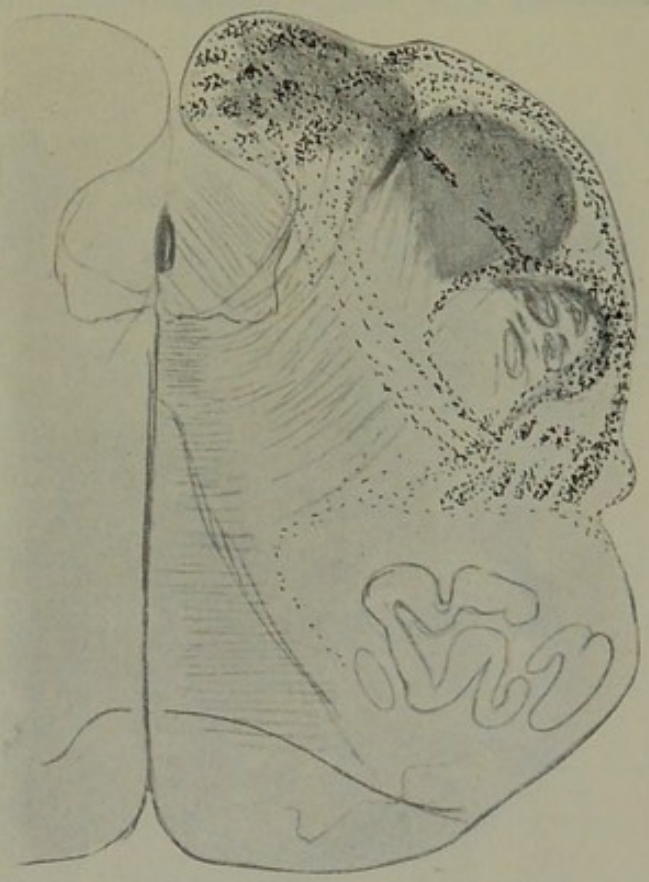


Fig. 135.

Oblongata eines Falles, in dem durch Carcinom im Brustmarke das Rückenmark total unterbrochen war. Alle zu den Kernen aufsteigenden Hinterstrangfasern und die spinocerebellaren Bahnen entartet. Außerdem die aus den Hinterstrangkernen ventral austretenden sich zu den Rückenmarkkleinhirnbahnen gesellenden Fasern. Nach einem mit Dr. Goldstein beobachteten Falle.

Schließlich kommen aber auch mit dem Restiforme Fasern aus dem Kleinhirne heraus, die in die Substantia reticularis einstrahlen.

Ein Teil verläuft mit den eben erwähnten Bogenfasern ventral, umgreift und durchflechtet auch die Pyramide, um sich in die gekreuzte Substantia reticularis einzusenken, wie das (Fig. 136) gut zu sehen ist. Ein anderer liegt am dorso medialen Rande des Restiforme; er ist schon dicht hinter den Vierhügeln vom Kleinhirne abgegangen, hierher herabgezogen und hat unterwegs viele Fasern in die Haube abgegeben, die kaudalsten gehen in dem Vagusbereiche ab und beim Kaninchen, wahrscheinlich aber auch beim Menschen, ziehen auch hier die Tractus cerebello-spinales zum oberen Halsmarke dahin. Von diesen beiden Systemen ist gerade beim Menschen das ventralere oft leicht zu sehen. Wenn durch eine Apoplexie die Pyramide degenerierend

ihr Mark verliert, dann sieht man, wie das auf Fig. 136 dargestellt ist, die Tractus cerebello-tegmentales bulbi sehr klar die Pyramide durchmessend in die Haube eintreten.

Die Bogenfasern und die Rückenmarkfasern treten mehr kaudal ein. Wenn etwas frontaler auch die Olivenfasern an die Lateralseite des Markes getreten sind, dann erst ist das Corpus restiforme voll konstituiert. Es ist die dichte Fasermasse oben außen. Fig. 138.

Mitten in die zum Kleinhirn aufwärts ziehenden Fasern des Corpus restiforme sind einige Kerngruppen, aus relativ großen polygonalen Zellen bestehend, eingelagert, die man als Nucleus corporis restiformis zusammenfassen könnte. Ihre Faserbeziehungen sind noch unbekannt. Bianchi.

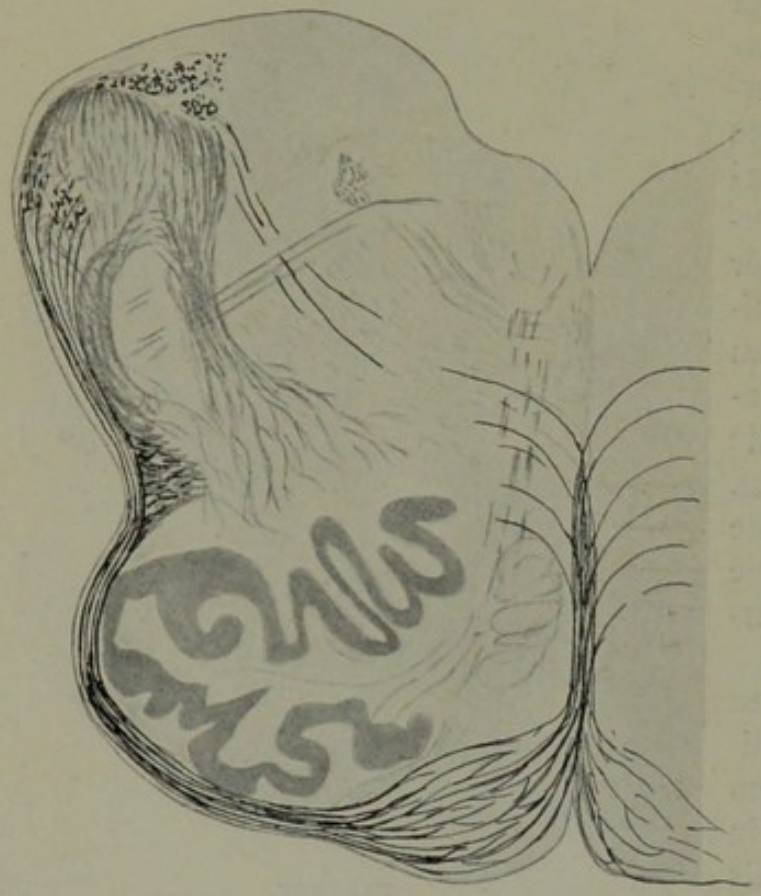


Fig. 136.

Die Tractus cerebello-tegmentales bulbi. Die dorsalen eingetragen nach Tierversuchen, die ventralen sind nach einem mit Pyramidenentartung hingezeichnet.

Auf Figur 138 sehen Sie medial von der Hauptmasse des Restiforme eine große Anzahl verschieden dicker, quer geschnittener Faserbündel. Die dorsalsten und dem Restiforme nächsten gehören den Tractus cere-bello-tegmentales an, die meisten anderen aber sind absteigende Wurzelfasern des Nervus acusticus. Deshalb hat man das viereckige Feld zwischen dem eben schon sichtbaren Vestibulariskerne und dem Restiforme auch Acusticusfeld genannt.

Nun sind Sie, glaube ich, genügend vorbereitet, um mit mir eine Reihe von Schnitten durch die Oblongata des erwachsenen Menschen zu studieren. Dabei wird sich Gelegenheit finden, einige wenige, bisher nicht erwähnte Gebilde und Faserungen zu besprechen.

Der erste Schnitt Fig. 137 liegt über dem Fig. 109 demonstrierten. Dorsal liegen die mächtigen Endkerne der Hinterstränge, noch bedeckt von einigen Hinterstrangfasern. Aus ihrer ventralen Seite entwickelt sich in Bogenfasern die sekundäre kreuzende Bahn zum gekreuzten Tractus bulbo-thalamicus. Diesen sehen Sie dicht neben der Mittellinie,

dorsal von den breiten Querschnitten der Pyramiden. Medial von den Hinterstrangkernen finden Sie den absteigenden Kern des Vago-Glossopharyngeus mit den ihm anliegenden Wurzelfasern. Er liegt etwa an der Stelle, wo im Rückenmarke die Basis des Hinterhornes lag. Das Hinterhorn selbst ist im wesentlichen als Endkern des Trigeminus mit außen anliegenden absteigenden Trigeminusfasern erhalten. Weiter liegt in der grauen Substanz, die hier noch den wenig erweiterten Zentralkanal enthält, der viscerale Kern des Vagus und da, wo das Vorderhorn inserierte, der Kern des Nervus hypoglossus. Die aus ihm

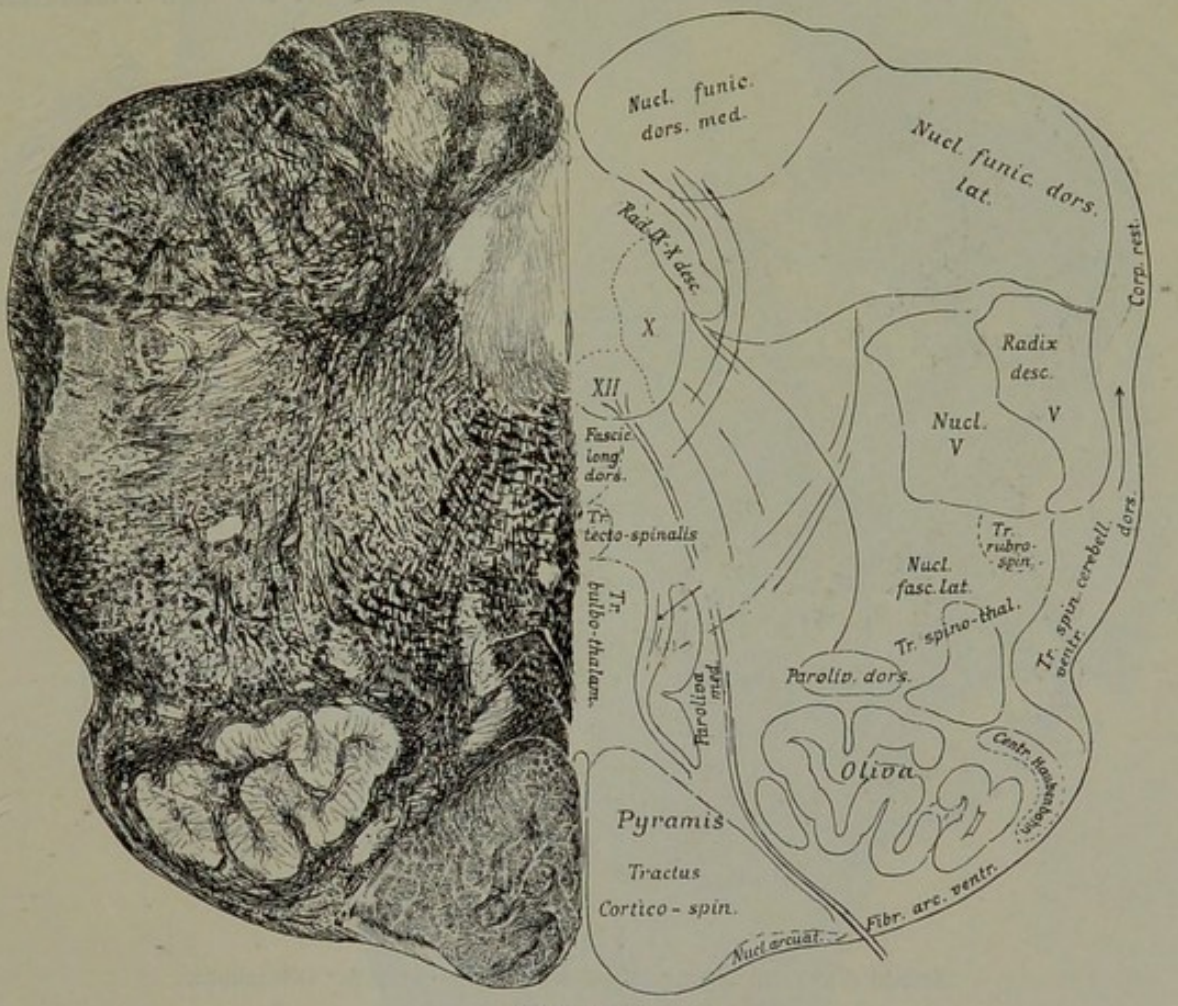


Fig. 137.

Die Oblongata dicht über der Pyramidenkreuzung.

stammenden Wurzelfasern durchqueren die ganze Oblongata ventralwärts. Dicht ventral von den Hypoglossuskernen liegt der aus den Endstätten des Akustikus stammende Fasciculus longitudinalis dorsalis, dessen Fasern bis weithin in den Vorderstrang des Rückenmarkes hinabziehen. Zwischen ihm und der breiten Schicht der Tractus bulbo-thalamici finden Sie Fasern aus dem Mittelhirndache zum Rückenmark, die Tractus tecto-bulbares mediales. Der laterale Rand wird von den Rückenmark-Kleinhirnbahnen eingenommen, von denen die dorsalere eben sich anschickt, ihre Züge dorsalwärts als Corpus

restiforme dem Kleinhirne zuzusenden. Noch liegen ihr medial, ganz wie im Seitenstrange des Rückenmarkes, die Verbindungen zwischen Rückenmark und Thalamus an, doch verbreiten sich die Tractus spinocerebellaris bereits zerstreut etwas weiter medial. In dieser Gegend liegt auch der aus dem Deitersschen Kerne, einem wohl dem Vestibularisapparat angehörigen Gebilde, stammende Zug zum Rückenmarke, der Tractus vestibulo-spinalis. Von der Olive ist die kaudale Spitze eben angeschnitten, so daß das gewölbte Blatt dieses Hohlkörpers sichtbar wird. Ebenso sehen Sie die sogenannten Nebenoliven. Die Faserung lateral und dorsal von der Olive ist für den Menschen

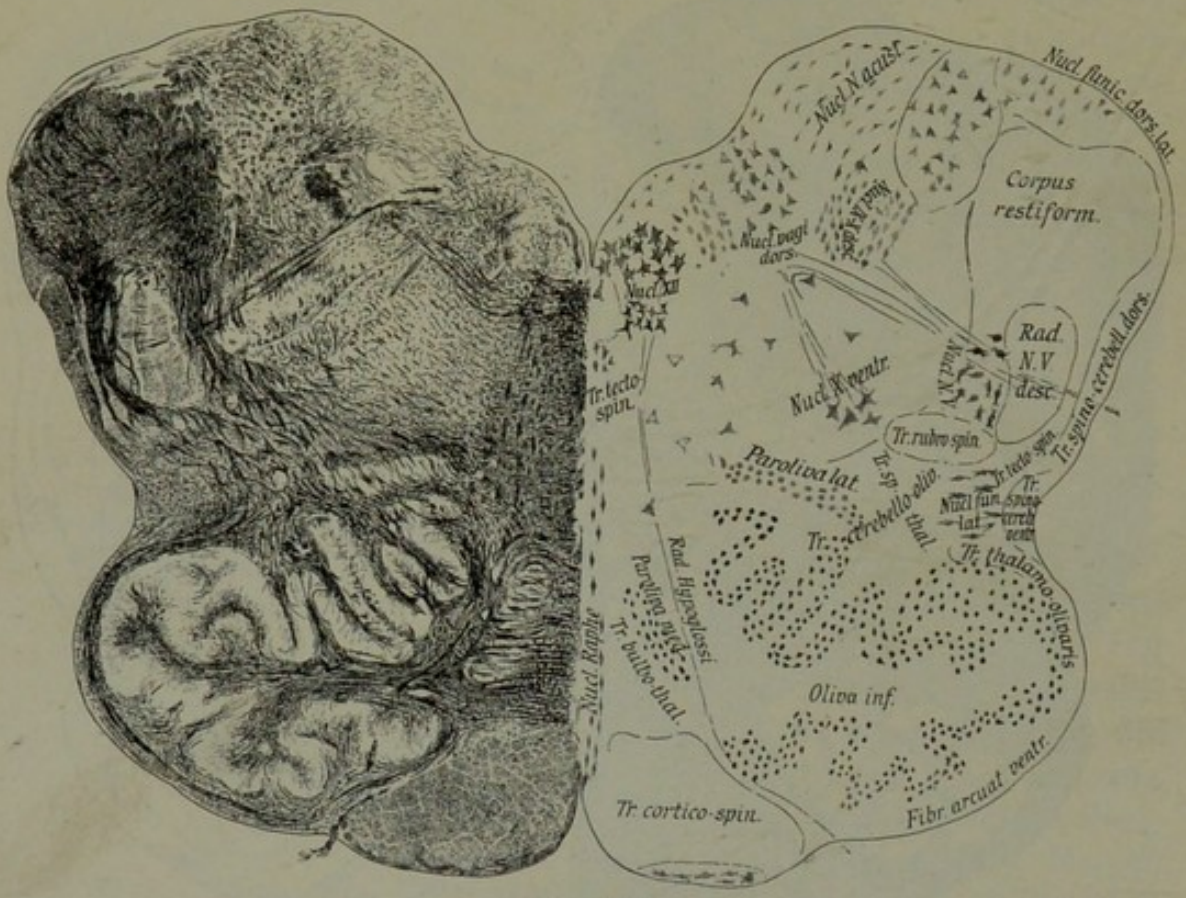


Fig. 138.

Schnitt durch die Oblongata auf der größten Breite der Olivenhöhe.

noch nicht genügend bekannt. Wir wissen nur, daß hier eine Bahn zum Vorderstrange des Rückenmarkes liegt, der Tr. olivo-spinalis, — und in dem Marke um die Oliven herum die zentrale Haubenbahn aus dem Thalamus endet. Mitten zwischen all diesen Bündeln sehen Sie die zahllosen Querschnitte der langen und kurzen Verbindungsfasern, welche das Assoziationsfeld bilden. Die Zellen liegen zerstreut. Medial von dem als Nucl. fasc. lat. bezeichneten Feldchen wären die Zellen des Nucleus ambiguus für den Laryngeus inferior vagi zu suchen. Zufällig liegen auf diesem Schnitt keine solchen.

Der nächste Schnitt Fig. 138 sieht wesentlich anders aus. Er ist aber leicht vom vorhergehenden abzuleiten.

Die Pyramiden, die Oliven mit ihren Nebenkernen, die Tractus bulbo-thalamici zwischen ihnen, die Hypoglossuswurzeln, das Assoziationsfeld der Oblongata, sie alle gleichen im wesentlichen dem vorhin demonstrierten. Verändert hat sich in dieser Höhe wesentlich das

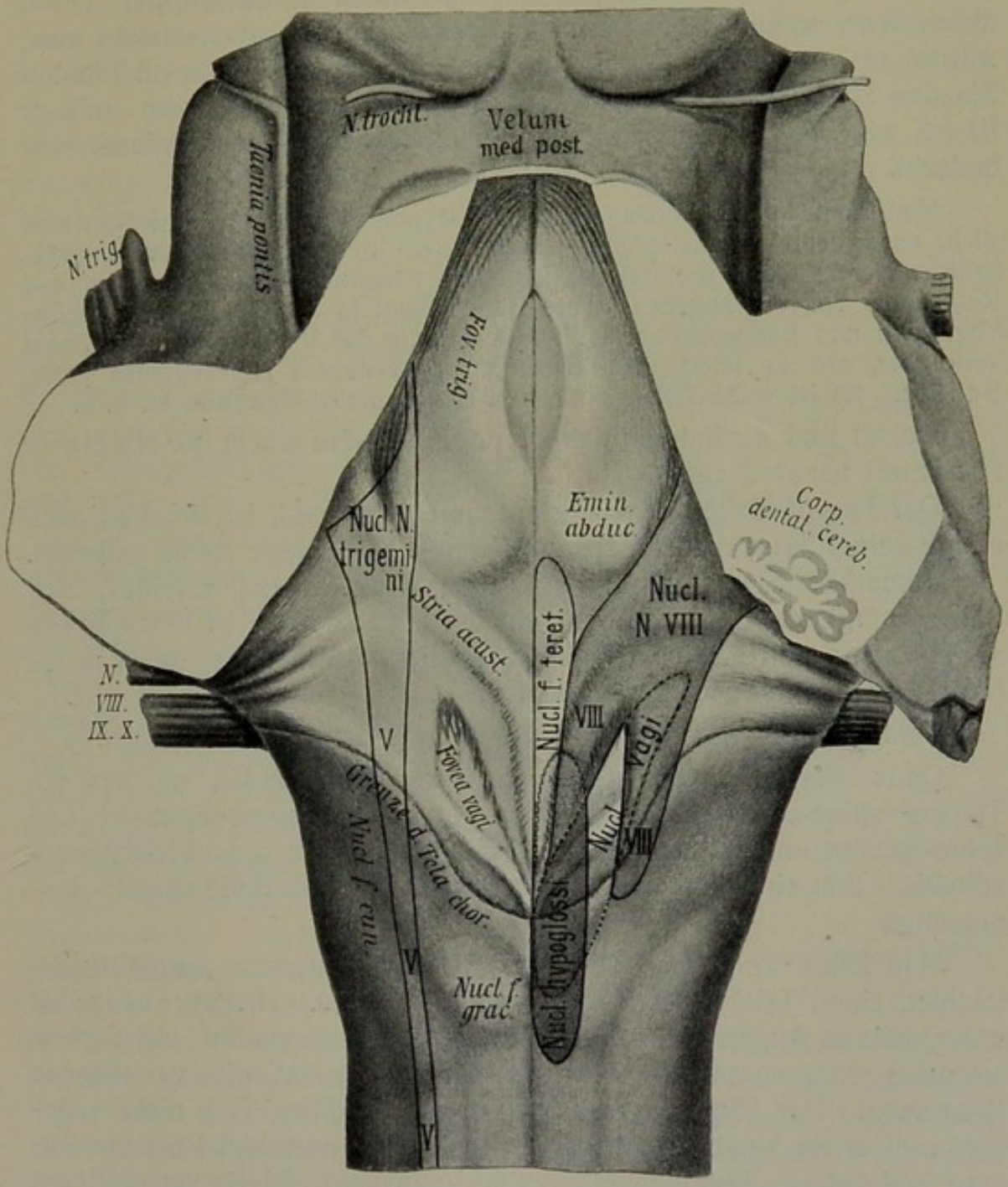


Fig. 139.

Der Boden der Rautengrube. Die Kernlängen an Schnitten kontrolliert, nach Streeter etwas modifiziert.

Kerngebiet der Hirnnerven, und neu aufgetreten sind die mächtigen Kleinhirn-Olivenfasern, so daß jetzt der untere Kleinhirnstiel, das Corpus restiforme, voll konstituiert ist. Es ist die dichte Fasermasse oben außen. Ihr liegt medial die absteigende Akustikuswurzel an.

Der große dreieckige Kern medial von dem Corpus restiforme gehört schon dem Vestibularis an, den wir in der nächsten Vorlesung näher kennen lernen werden. Wieder etwas weiter medial liegt, zum Teil in die Tiefe bereits versenkt, der viscero-motorische Vaguskern und der Kern der absteigenden viscero-sensiblen Vagusgruppe, deren dickes Wurzelbündel sofort auffällt. Auf diesem Schnitte versteht man, warum es früher Tractus solitarius genannt wurde. Ganz medial finden Sie den Hypglossuskern wieder, dem ventral sein Nebenkern anliegt. Er ist, wie Sie sich erinnern, von einem Netz feiner Assoziationsfasern bedeckt.

Man kann in der Verlängerung des Hypoglossusnetzes hirnwärts, also dicht unter dem Ventrikelepithel, jederseits ein geflechtartiges Bündel markhaltiger Nervenfasern nachweisen, aus dem Fäserchen ventralwärts (zu den Kernen der Nerven) abgehen. Dies Bündel liegt in der Oblongata zwischen Vaguskern und Eminentia teres. Es ist bis in die Vierhügelgegend hinauf verfolgbar, wo es unter die Faserzüge des zentralen Höhlengraues gerät, Schütz. Es ist wahrscheinlich ein Teil des centralen Sympathicus, s. u.

Dorsal und medial von dem Hypoglossuskern taucht der Nucleus funiculi teretis auf.

Der Laryngeuskern, der Nucleus ambiguus vagi, ist sichtbar, auch einige seiner Wurzelfasern, deren Verlauf das Schema rechts andeutet.

Bemerken Sie noch einige Zellen des Assoziationsfeldes, den Seitenstrangkern dorsal von der rechten Olive, die Nuclei und Fibrae arciformes und schließlich die Zellen in der Mittellinie, die man als Nucleus der Raphe zusammenfaßt.

Ventral vom Trigeminuskern liegt der Tractus rubro-spinalis.

Ganz lateral liegt das gemischte Seitenstrangbündel, welches die Tractus spino-cerebellares ventrales, die Tractus spino-thalamici und spino-tectales enthält. Dorsal von ihm liegt der Tractus rubro-thalamo-spinalis. Ihm sind hier die Fasern des Tractus vestibulo-spinalis beigemengt.

Man kann, wenn man den Boden der Rautengrube sorgfältig betrachtet, einen Teil dieser Kerne ganz gut sehen. Dr. Streeter hat unter meinen Augen einen Vergleich der Bodenformation mit Serienschnitten vorgenommen. Dieser Arbeit entstammt die vorstehende Zeichnung. Der Hypoglossuskern ist zum größten Teil nicht sichtbar, weil er im kaudalen Abschnitt noch von dorsalem Rückenmarkgrau bedeckt ist. Das gleiche gilt vom Vaguskern. Dieser verschwindet aber auch frontal unter dem Grau des Vestibulariskernes. Was von ihm sichtbar ist, bildet ein rautenförmiges graues Feld, die Ala cinerea oder Fovea vagi.

Vierzehnte Vorlesung.

Der Ursprung des Akustikus und das dorsale Längsbündel.

M. H.! Wenn Sie einen Blick auf die nachstehende Figur werfen, dann erkennen Sie, daß am frontalen Ende der Oblongata, da, wo die Pyramiden von mächtigen zum Kleinhirn ziehenden Fasern überdeckt werden, ganz besonders komplizierte Verhältnisse vorliegen müssen. Vier starke Nerven gehen jederseits ab, das Kleinhirn tritt mit seiner Faserung auf, die Oliven enden. Lassen Sie uns einen Schnitt dicht kaudal von der Brücke anlegen und zusehen, wie sich hier die Lageverhältnisse gestalten. Ich wähle, weil die Verhältnisse einfacher sind, eine Oblongata vom Neugeborenen (Fig. 141).

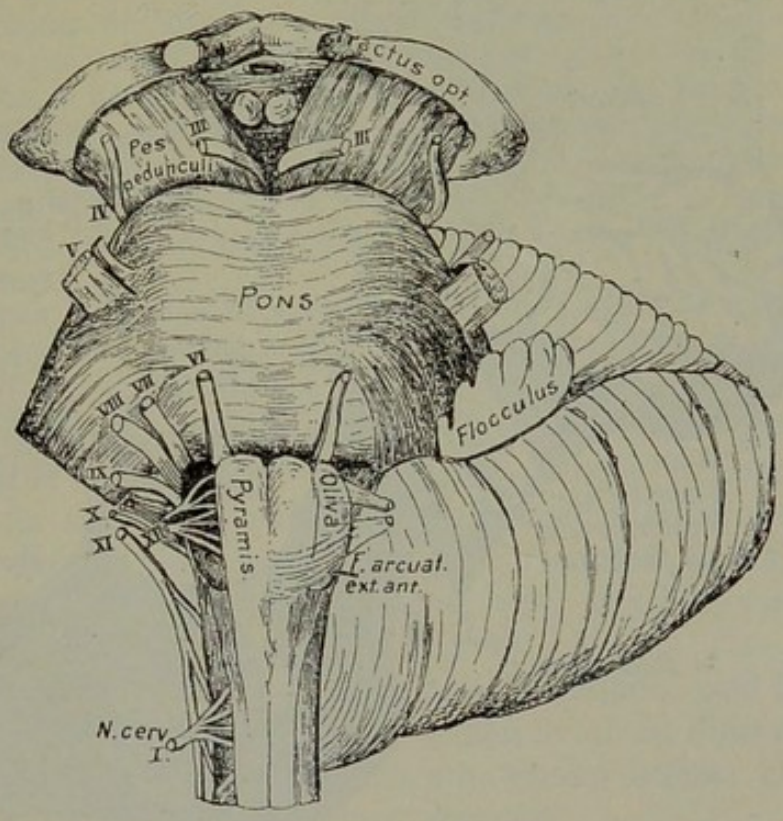


Fig. 140.
Ventrale Ansicht der Oblongata, des Pons, des Cerebellums und der Hirnschenkel.

Die marklosen Pyramiden ventral, die bereits markhaltige Schicht der Tractus bulbo-spinales kennen Sie bereits, auch die dorsalen Längsbündel und das hier gut sichtbare Feld des Tractus tecto-spinalis, ebenso die Quintuswurzel sind Ihnen bekannt. Im sensiblen Felde ist der Endkern des Vestibularis und die ventral und lateral von ihm liegende absteigende Akustikuswurzel mit dem Tractus nucleo-cerebellaris schon auf dem letzten Schnitte sichtbar gewesen. Vagus- und Hypoglossuskern sind verschwunden, der Vestibulariskern und medial von ihm der Nucleus funiculi teretis nehmen ihren Raum nun ein. Da, wo kaudal der Laryngeuskern, Nucleus ambiguus vagi, gelegen hat, ist eine stärkere Zellgruppe aufgetreten. Die ihr dorsalwärts entströmenden Fasern gehören dem Nervus facialis an. Alle sind nahe dem Rautengrubenboden abgeschnitten, weil sie hier horizontal abbiegen, um weiter vorn scharf ventral zu der Wurzel zu ziehen, die Sie dicht vor der Brücke austreten sehen. Lateral von der Vestibulariswurzel erkennen Sie das Corpus restiforme. Seine Olivenbahnen sind

noch marklos und nur im Zentrum sehen Sie als markhaltige Bahn den Tractus spino-cerebellaris dorsalis zum Kleinhirne ziehen. Der analoge ventrale Zug bleibt, wo er weiter hinten schon war, lateral von der Olive liegen. Zwischen dem Kleinhirn und dem Corpus restiforme ist eine ganz neue Bildung aufgetreten. Ein mächtiger Kern nimmt hier Wurzelfasern auf. Es ist der Nucleus nervi cochlearis. Cochlearisfasern enden auch in der grauen Masse, die sich von ihm aus dorsalwärts erstreckt, dem Tuberculum acusticum, das, wie Sie sehen, zwischen Kleinhirn und Hörnervenwurzel einen wahren Höcker bildet.

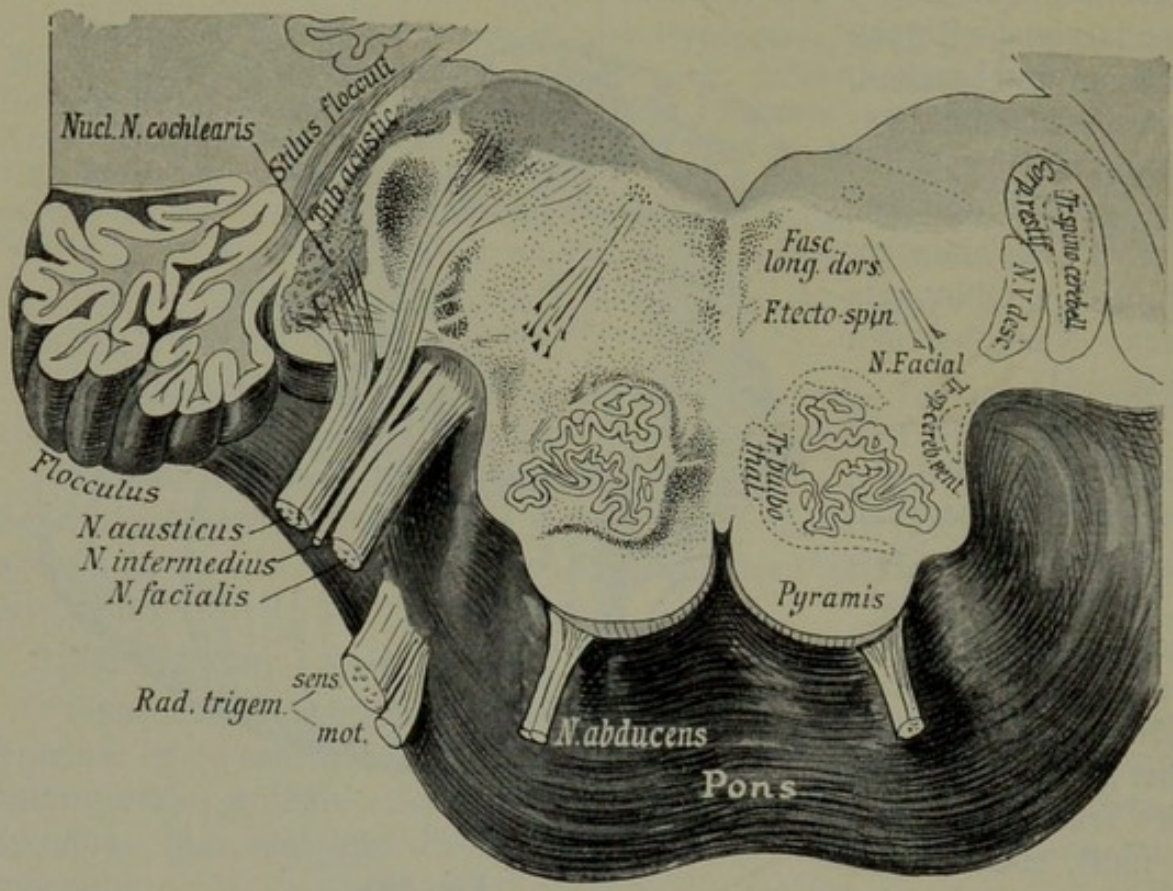


Fig. 141.

Schnitt durch die Oblongata, dicht kaudal von der Brücke. Kerne und Wurzeln des Facialis und des Acusticus.

Der Einfachheit halber ist der Teil des Kleinhirnes, welcher hier bereits die Rautengrube bedeckt, abgeschnitten.

Der Hörnerv ist bei verschiedenen Säugern ganz verschieden stark entwickelt. Bei den Wassersäugetieren erreicht er seine größte Mächtigkeit. So ist er z. B. bei dem Delphine stärker als irgend ein Hirnnerv, den Sehnerven und den Trigeminus eingeschlossen.

Die Endigung des Nervus acusticus im Gehirn.

Der achte Hirnnerv besteht aus zwei Nerven, für die bekanntlich verschiedene Funktion nachgewiesen ist. Es ist deshalb der Vorschlag gemacht worden, die beiden Bündel — Nervus cochleae und Nervus

vestibuli — ganz zu trennen und den ersteren allein als Hörnerven, den anderen als Tonusnerven (Ewald) zu bezeichnen.

Gegen solche scharfe Trennung hat sich neuerdings mit großer Energie Winkler gewandt. Daß beide Nerven verschieden entspringen, gibt er zu, aber vielfach, so beim Kaninchen, tauschten sie vor dem Eintritt in die Oblongata schon Fasern aus; und innerhalb des Zentralorganes geht zwar der eine wesentlich zu diesen, der andere zu jenen Endstätten, aber es gibt nach ihm keine Endstätte, die nicht auch Fasern aus dem andersartigen Nerven erhielte. Winkler basiert wesentlich auf Degenerationsbildern, wo in der Tat scharfe Unterscheidung meist sehr schwer ist, weil die Operation kaum je nur einen Nervenanteil allein trifft und auch durch das dabei vorgenommene Meißeln am Schädel in vielerlei Fasern traumatische Degeneration eintritt. Reine Versuche, bei denen entweder nur das Hörvermögen oder nur die Statik bei Tieren durch Ohrverletzungen zerstört wurde, gibt es noch nicht, dagegen kennen wir beim Menschen ja Krankheitsfälle genug, wo nur die eine Funktion bei Intaktheit der anderen leidet. Die Tanzmäuse mit atrophischem peripheren Ganglienapparat sind astatisch und taub, und bei den durch Vergiftung mit Arsacetin künstlich hergestellteu Tanzmäusen Ehrlichs hat Röthig zwar intakten peripheren Apparat, aber Zellerkrankung in den zentralen Kernen nachgewiesen.

Eigene Untersuchungen und die Kenntnis der in der Literatur niedergelegten Erfahrungen lassen mich zu der im folgenden gegebenen Darstellung neigen:

Der Nervus cochleae entspringt aus den Zellen des Ganglion spirale der Schnecke. Diese Zellen senden peripher einen feinen Ast aus, der sich rasch zwischen den Hörzellen aufzweigt, während zentralwärts, analog der hinteren Wurzel aus den Spinalganglien zum Rückenmark, die Hörnervenwurzel, eben der Nervus cochleae, abgeht.

Seine Fasern treten alle in den großzelligen Cochleariskern und in dessen dorsale Verlängerung ein, wo sie um die Zellen in feinen Pinseln aufsplittern. — Den Cochleariskern bezeichnen alle älteren Bücher als Nucleus acusti ventralis, auch als Nucl. anterior.

R. y Cajal hat gefunden, daß beim Eintritt in das Kerngebiet jede Wurzel sich in zwei Äste teilt, etwas so Regelmäßiges, daß ihm eine physiologische Bedeutung zukommen muß.

Der große Zellen enthaltende Kern ist bei allen Säugern von einem zweiten an der lateralen und dorsalen Seite bedeckt. Dieser zweite Kern ist von einer Molekularschicht überzogen, die durchaus an die gleiche der Kleinhirnrinde erinnert, und muß, weil er bei den anderen Vertebraten in der Tat ein Ausläufer der Kleinhirnrinde ist, als umgewandelte Cerebellarrinde — Cerebellarleiste der Fische — angesehen werden. Er heißt Tuberculum acusticum. Seine Größe wechselt. Immer bedeckt er, s. Fig. 142, ventral den ventralen Akustikuskern, mit dem er enge verwachsen ist, und dorsaler das Corpus restiforme. Auf der Höhe des Rautengrubenbodens angelangt, zieht er noch etwas medialwärts und endet dann an dem später zu beschreibenden Nucleus dorsalis acustici. Das Tuberculum acusticum ist beim Menschen nur

gering entwickelt, bei einigen Tieren aber, so namentlich bei den Nagern und einigen Raubtieren ein mächtiges Gebilde, wie aus einem Vergleich der Fig. 141 mit der Fig. 142 sofort erhellt.

Die Wurzeln zu dem Tuberculum acusticum müssen, wie Fig. 141 zeigt, das Corpus restiforme dorsal umfassen. In der Tat erkennt man schon auf einem nicht vergrößerten Schnitte, daß dieses von einer

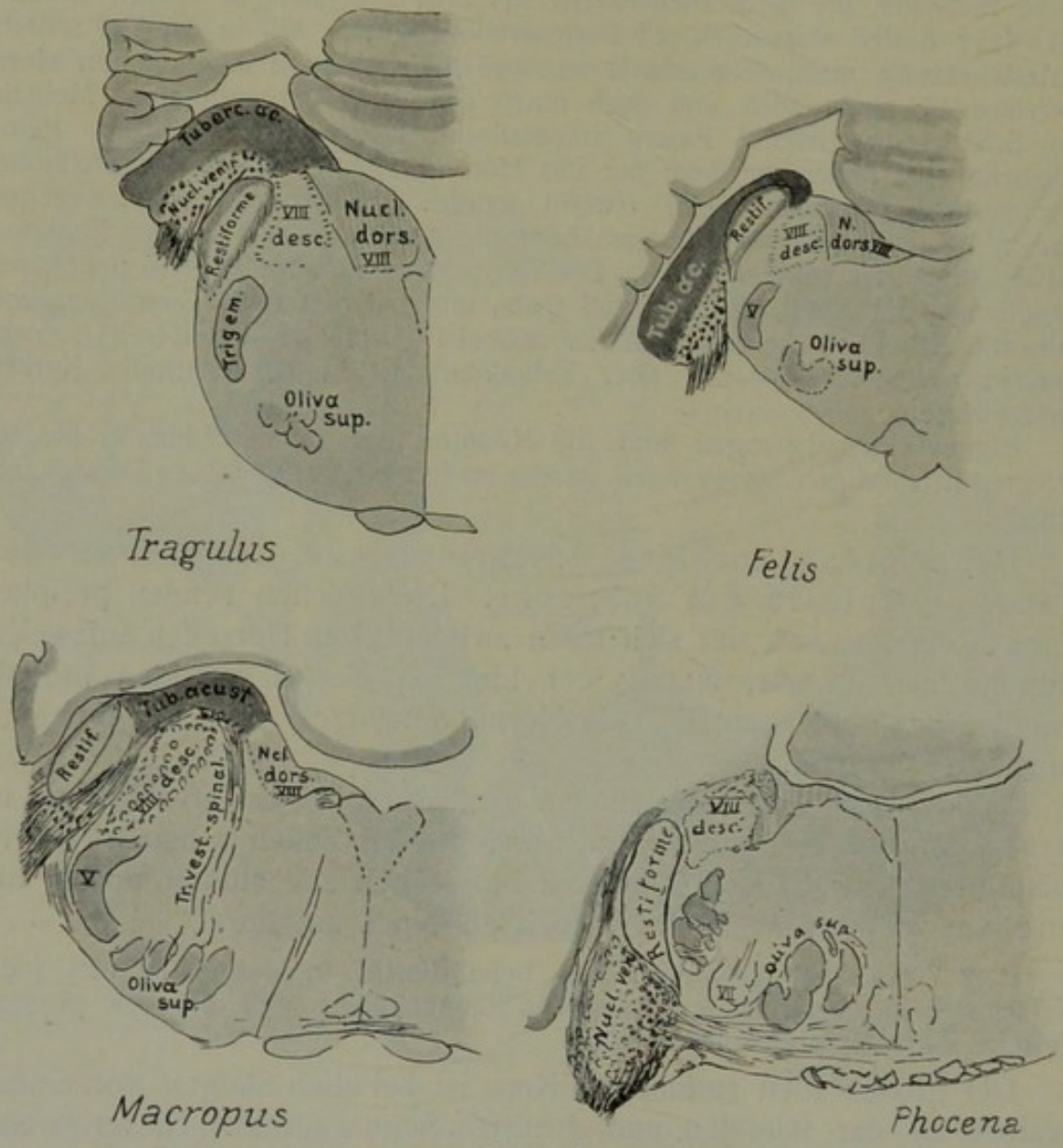


Fig. 142.

Größe und Lage des Tuberculum acusticum und des ventralen Acusticuskernes bei verschiedenen Säugern.

mächtigen weißen Fasermasse überzogen ist. Diese setzt sich zusammen aus den Wurzelfasern und aus den später zu besprechenden Striae acusticae, Fasern, die der zentralen Fortsetzung der Acusticusleitung angehören.

Ein kleiner Teil der Cochleariswurzeln zieht mit den nachher zu beschreibenden Vestibularisfasern rückwärts bis in die Gegend der Hinterstrangkerne.

Die primäre Hörnervenbahn geht also von dem Ganglion spirale cochleae bis in die beiden Kerne des Tuberculum acusticum.

Hier entspringen zwei verschieden verlaufende Hörbahnen.

1. Die Zellen des Nucleus ventralis senden ihre Axenzylinder medialwärts, wo man sie als starken Zug geschlossen aus dem Kerne austreten sieht. Dieser Zug heißt Corpus trapezoideum. Er liegt direkt dorsal von der Brückenfaserung und wird bei den Tieren, weil ihre

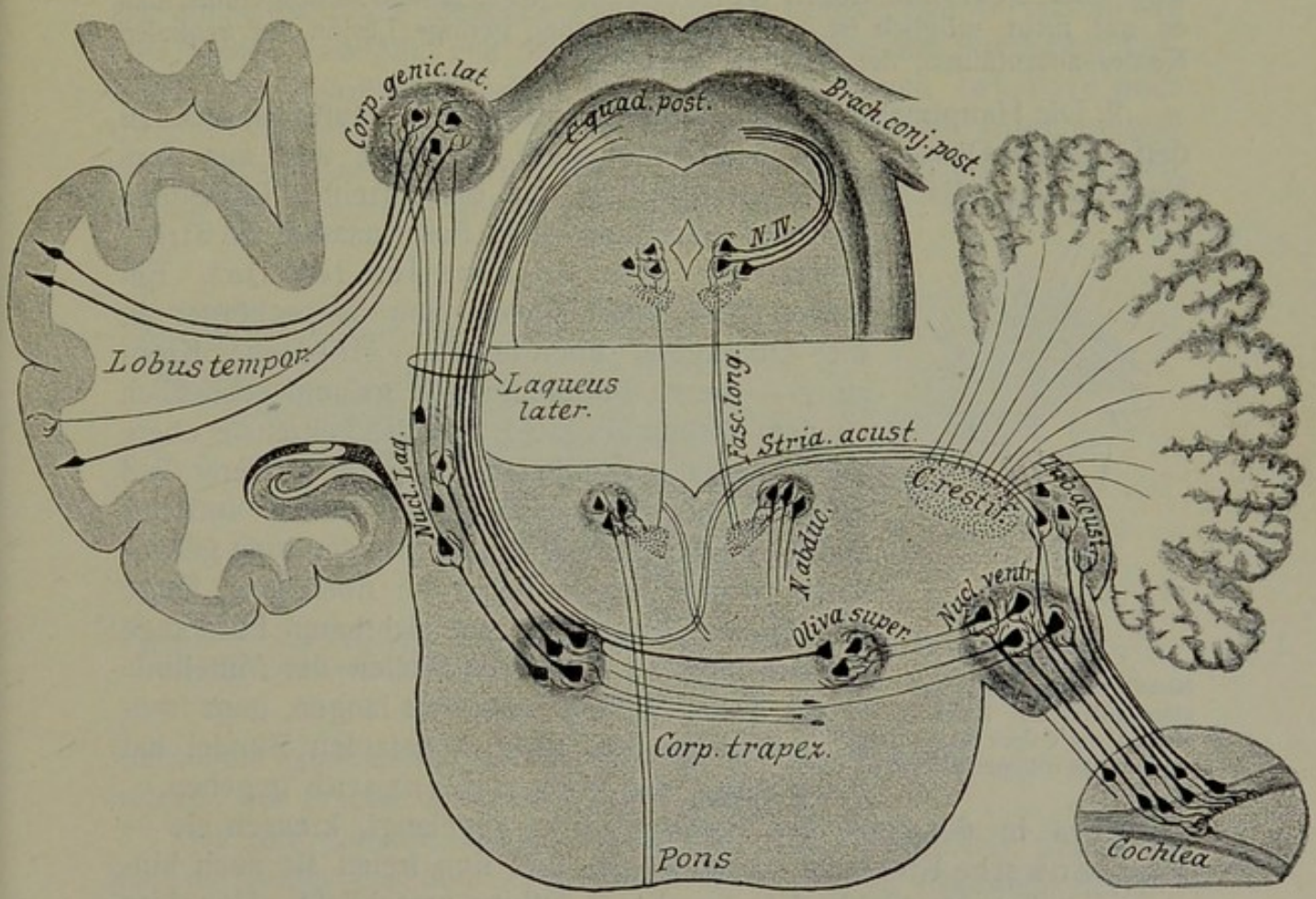


Fig. 143.

Schema des Cochlearisverlaufes. Möglichst vereinfacht, nur das Wichtigste aufgenommen. Bei doppelläufigen Bahnen z. B. nur eine Faserkategorie angegeben.

Brücke kürzer ist als die des Menschen ist, frei an der Hirnbasis sichtbar. Siehe Fig. 144. Die ganze, nicht unbeträchtliche Fasermasse zieht zu einer kleinen Gruppe von Ganglien, dem Nucleus olivaris superior, und zwar sowohl auf der gleichen Seite, als auch nach Überschreiten der Mittellinie zu demjenigen der gekreuzten Seite. (Fig. 143.) Hier scheint ein zweites Neuron der Hörnervenbahn zu enden. Vielleicht ziehen auch einzelne gekreuzerte Fäserchen noch etwas mehr frontal zu dem Nucleus laquearis (s. u.). An dem Schnitt (Fig. 145)

ist nach einer Ausräumung des inneren Ohres die Wurzel und ein Teil der sekundären Faserung entartet.

Dafür, daß der Cochlearis im ventralen Kerne endet und daß da der Trapezkörper neu entspringt, sprechen die Bilder, welche die Markscheidenmethode — Bechterew, Edinger, Freud u. a. — ergibt, ebenso die Bilder, welche man mit der Golgi- und den anderen Silbermethoden erhält, durchaus Cajal, Held u. a. Aber die Degenerationsmethoden lassen Zweifel aufkommen. Denn immer, wenn man den Nerven zerstört, entarten — Tricomo-Allegri, Winkler u. a. — eine ganze Anzahl in den Trapezkörper einstrahlender Fasern zu beiden Oliven, also sekundäre Bahnen, Fig. 146. Das wird aber gewiß mit Recht, Gehuchten, Levi, darauf zurückgeführt, daß es gar nicht möglich ist, die Operation ohne geringe Läsion des ventralen Kernes auszuführen, der Nerv ist gar zu kurz.

2. Die Hauptmasse der sekundären Gehörbahn verläuft aber nicht zu den oberen Oliven. Aus dem Tuberculum acusticum und aus dem Nucleus ventralis entspringen mächtige für die einzelnen Individuen sehr wechselnd entwickelte Fasermassen, die Striae acusticae, Tractus acustico-tectales. Ein kleiner Teil zieht dorsal vom Trapezkörper in die Oblongata, überquert — Heldsche Kreuzung — deren Mittellinie und gelangt schließlich zu dem dicken Markfeld, das die gekreuzte obere Olive dorsal umhüllt. Ein anderer größerer Teil umgreift das Corpus restiforme außen und tritt medial in das Ependym, das hier den breit gewordenen Boden der Rautengrube überzieht. Diese mit bloßem Auge sehr gut sichtbaren Faserzüge senken sich an mehreren Stellen der Mittellinie in die Tiefe. Einem besonders langen, ganz frontal auftauchenden, nicht konstanten Bündel hat Bergmann den Namen Klangstab gegeben.

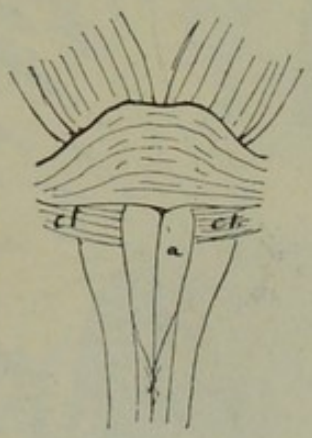


Fig. 144.
Medulla oblongata und Pons eines Affen, zur Demonstration des Corpus trapezoideum *ct. a* Pyramiden.

Etwa in der Mitte der Oblongatadicke angelangt, kreuzen sie — Monakowsche Kreuzung — die Raphe, und nun treten sie auch hinüber zu dem Markfeld, das die oberen Oliven umschließt. Von hier ziehen sie vereint mit den aus der tieferen Kreuzung stammenden Fasern lateral am Hirnstamme hinauf zu den hinteren Vierhügeln und zu dem Corpus geniculatum mediale. Fig. 142, 143.

Die Striae acusticae sind wohl die eigentliche zentrale Hörleitung Winkler. Nicht nur war eine Katze, die bei normalem Octavus eine Agenesie der Striae hatte, total taub, es fand sich auch in einem von Brouwer sehr sorgfältig untersuchten Falle von Taubstummheit gerade das dorsale Mark der oberen Oliven, welches im wesentlichen aus den Striae gebildet wird, hochgradig atrophisch.

Die hirnwärts ziehenden Fasern der Striae acusticae gesellen sich an den oberen Oliven zu gleich gerichteten Bündeln und werden auch mit ihnen gewöhnlich zusammengefaßt als Laqueus lateralis.

Die oberen Oliven stehen frontalwärts durch eine sehr starke Faserung in Verbindung mit den hinteren Vierhügeln. Diese Bahn ist wahrscheinlich nur zum Teile eine durchgehende, direkte. Viele Fasern scheinen zunächst nur bis in Kerne zu gelangen, die am seitlichen Umfange der Brückenhaube liegen und als Nuclei laqueares bezeichnet werden. Aus diesen Kernen entspringen dann neue Bahnen, die zum Vierhügel hinauf ziehen. Der Name Nuclei laqueares, man kann eine mehr frontale und dorsale von einer kaudal-ventralen Gruppe unterscheiden, stammt daher, daß die ganze sie bedeckende und in Beziehung zu ihnen stehende Faserung die frontale Brücke lateral wie eine Schleife umfaßt, ehe sie sich unter den hinteren Vierhügel einsenkt. Die Lehrbücher haben von jeher den Namen laterale oder untere Schleife für die aus mehreren Komponenten zusammengesetzte Fasermasse gebraucht. Außer diesen hirnwärts ziehenden Bahnen enthält die laterale Schleife aber sicher auch solche, welche aus den

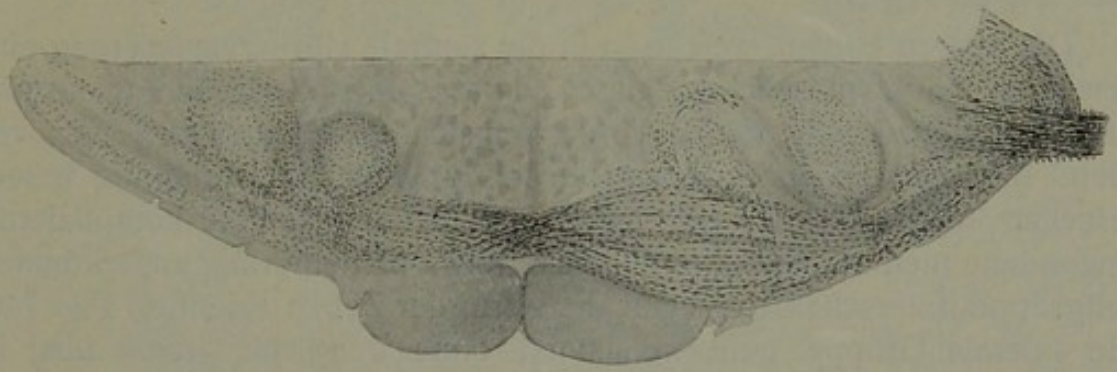


Fig. 145.

Schnitt durch den Trapezkörper bei einem Hunde, dessen inneres Ohr völlig ausgeräumt war. Entartung im Cochlearis, im Nucleus ventralis und in dem Trapezkörper selbst bis in beide Olivae superiores.

Vierhügeln stammend kaudalwärts bis in die Stätten entarten, aus welchen die Tractus acustico-tectales stammen.

Daß die laterale Schleife durchaus dem Cochlearis angehört, geht am besten aus den Verhältnissen am Braunwal, Phocaena hervor. Hier besteht eine enorme Hypertrophie der Cochleariskerne. Zwei mächtigen Tumoren gleich ragen sie an der Unterseite der Oblongata beiderseits hervor, die vestibularen Apparate sind sehr viel kleiner, sicher nicht größer als etwa bei den Hunden. Aus den Kernen kommt ein schön entwickelter Trapezkörper, der zu den enorm entwickelten oberen Oliven zieht. Diese sind so lang, daß sie vom kaudalen Ende des Trapezkörpers bis zu den Vierhügeln reichen. Auf diesem ganzen Wege sind sie von einer ungeheuren Fasermasse umgeben, die sich oben in die hinteren Hügel und das Geniculatum mediale einsenkt, also Tractus octavo-tectalis ist. Das ganze Bild der Brückenhaube wird von dieser Formation beherrscht.

Monakow sah die Striae atrophieren, als er hoch oben an den Vierhügeln die gekreuzte laterale Schleife zerstörte. Bumm und Baginski sahen sie

nach Zerstörung der Schnecke aufsteigend ebendahin entarten, also vierhügelwärts. Die laterale Schleife muß also Bahnen von zweierlei Verlaufsrichtung enthalten, die in beiden Richtungen zur Degeneration zu bringen sind.

Sie erkennen als das wichtigste an diesen etwas komplizierten Verhältnissen, daß der Nervus cochlearis, nachdem er einmal im Cochleariskerne und im Tuberculum acusticum geendet hat, seine weiteren Bahnen wesentlich zu den hinteren Hügeln sendet. Sie verlaufen auf dem Wege der lateralen Schleifenfaserung. Doch geht nur ein Teil direkt via Striae in die Schleife, ein zweiter, recht beträchtlicher, endet zunächst in den oberen Oliven, die er durch das Corpus trapezoideum erreicht, und erst von da entspringt die Schleifenbahn, die sich dann mit derjenigen aus den Striae acustica vereint, um im Kern der lateralen Schleife und im hinteren Vierhügel und Geniculatum laterale zu endigen.

Die oberen Oliven, welche so in die zentrale Hörnervenfaserung eingeschaltet sind, müssen wichtige Zentren darstellen. Ihre Konstanz durch die ganze Säugerreihe, ihre oft mächtige Entwicklung und vor allem die zahlreichen Fasern, welche zu ihnen in Beziehung treten, sprechen dafür. Man kann an ihnen fast immer eine komplizierter gewundene mediale von einer einfacher etwa plattenförmig angeordneten Zellgruppe unterscheiden. Über die Form der Zellen orientiert Fig. 146. Die laterale Gruppe geht manchmal ohne deutliche Grenze über in die massenhaft eintretenden Fasern. Die Variationen, welche die Form bei verschiedenen Säugern bietet, hat F. Hofmann studiert. Faserbeziehungen bestehen außer denen zum Cochleariskerne vielleicht noch zum Kleinhirne, die aber noch wenig studiert sind. Sie gehören, weil sie in der medialen Abteilung des Corpus restiforme verlaufen, wahrscheinlich dem System des Nucleus motorius tegmenti an. Dann entspringt aus den oberen Oliven ein schon sehr früh markhaltig werdender Faserzug, der zunächst innerhalb des Abducenskernes verloren geht. Das als Stilus olivae sup. bezeichnete Bündel degeneriert nicht, wenn der primäre oder sekundäre akustische Apparat entartet, gehört also diesem nicht an. Daß er auch dem Abducensapparat nicht angehört, dafür spricht sein Vorhandensein bei der Blindmaus — Frankl Hochwarth —, wo die Abducenskerne fehlen. Es kann sein, daß die Fasern medialwärts tretend das dorsale Längsbündel verstärken.

Zwischen den dicken Fasern des Trapezkörpers liegen überall große Ganglienzellen, die man in ihrer Gesamtheit als Nucleus corporis trapezoides bezeichnet. Nahe der Mittellinie sind sie besonders dicht angehäuft. Um diese Zellen verzweigen sich in außerordentlich charakteristischer Form zahllose Axenzylinder. In Geflechten und in plattenförmigen Verbreiterungen legen sie sich dicht an sie an, so daß es aussieht, als läge jede Zelle in einem breiten vieldurchbrochenen

Becher. Über diese „Heldschen Becher", über ihre Beziehungen zum intra- und perizellulären Netze ist deshalb viel gearbeitet worden, weil es scheint, als wäre an dieser Stelle des Nervensystems eine besonders gute Gelegenheit, einmal das Wesen von Zell- und Axenzylinderzusammenhang, die Beziehungen der Neurone zueinander zu erkennen. Siehe oben Seite 41 und Fig. 147.

Daß Fasern hier enden, ist sicher, aber ganz unbekannt ist, woher sie kommen. Nach einer ansprechenden Vermutung von S. Ramon y Cajal handelt es sich um Fasern aus dem Assoziationsfelde, welche eine indirekte Verbindung kaudal- und frontalwärts herzustellen geeignet sind. Dann hätten wir in den komplizierten Anordnungen hier am kaudalen Brückenrande einen

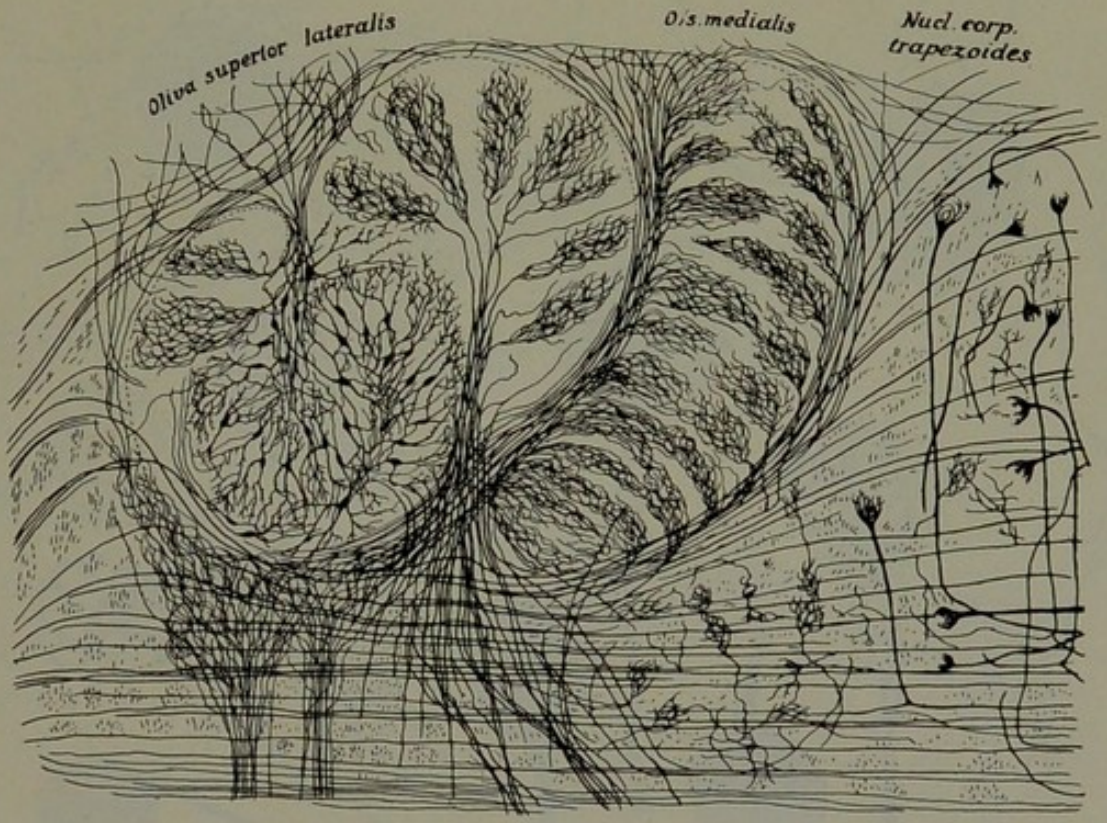


Fig. 146.

Silberpräparat von der oberen Olive. Aus zwei Zeichnungen von S. Ramon y Cajal kombiniert. Katze.

Apparat, der die allermannigfachsten Faserbeziehungen hätte, zum Hörnerven, zum Vierhügeldache, zur Oblongata und zum Rückenmarke.

Lateral vom Tuberculum acusticum findet man, schon an der dorsalen Peripherie der Hinterstrangkerne in der kaudalen Oblongata sichtbar, einen kleinzelligen Kern, den Jacobson Nucleus marginalis corporis restiformis genannt hat Fig. 114. Er steht an der Ventralseite des Tuberculum in Verbindung mit einem gleichartig gebauten von Essik zuerst gesehenen Nucleus bulbo-pontinus. Die Lage ist auf Fig. 208 bei N. angedeutet.

Dieser Kern ist immer als auffallend hyaline Masse medial vom ventralen Akustikuskern sichtbar und geht erst in der Brücke verloren.

Beim Braunwal wo er sehr ausgebildet ist, sehe ich eine ganz gleichartige Masse an ziemlich gleicher Stelle gelegen, die ich hinauf bis in den Hirnschenkelfuß verfolgen kann.

Weniger gut als der Nervus cochlearis ist der andere Zweig des Nervus octavus, der Nervus vestibularis bekannt.

Er stammt aus Ganglienzellen, welche im Labyrinth und auch noch innerhalb des Nervenverlaufes liegen. Diese senden einen Zweig hinein zum Epithel der Sinnesapparate in den Ampullen, wo er sich

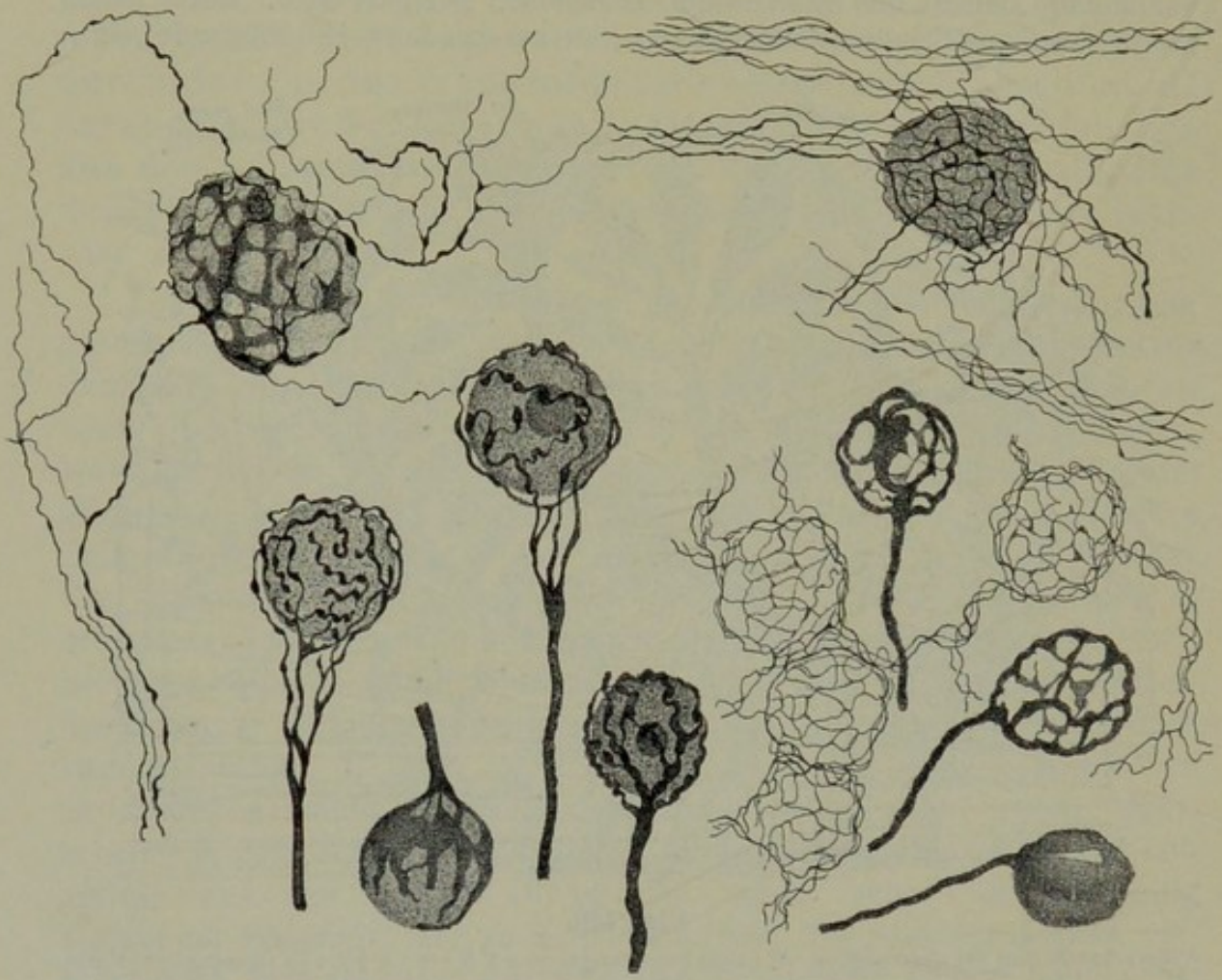


Fig. 147.

Nach Verati. Körbe verschiedener Art um die Zellen des Trapetzkörpers.

außerordentlich fein um die Epithelzellenbasis herum aufzweigt, und einen zweiten hinaus in den Nerven.

Von den beiden zum Akustikus zusammentretenden Bündeln ist der Vestibularis das frontalere. Er tritt, medial vom Corpus restiforme und der aufsteigenden Quintuswurzel, durch die Oblongata dorsalwärts, dem Bodengrau zu. Ein Teil seiner Fasern endet da in dem dorsalen Kerne mit Endaufzweigungen. Diese Fasern aber senden, ganz wie die in die Hinterstränge eintretenden Wurzeln der sensiblen Nerven, ehe sie im Grau sich aufsplittern, Teiläste (S. R. y

Cajal) in kaudaler Richtung, absteigende Akustikuswurzeln (Roller).

Der Nucleus dorsalis — Nucleus N. vestibularis — ist ein langgestreckter Körper von etwa prismatischem Querschnitte. Von der Kernmasse kann ein dünnes Stück langhin rückwärts bis an die Hinterstrangkerne verfolgt werden. Dieser absteigende vestibuläre Kern nimmt die absteigenden Wurzelfasern auf.

Ein lateraler liegender Teil der Wurzelfasern endet in einem zweiten Kerne, der im Winkel der lateralen Wand des vierten Ventrikels liegt

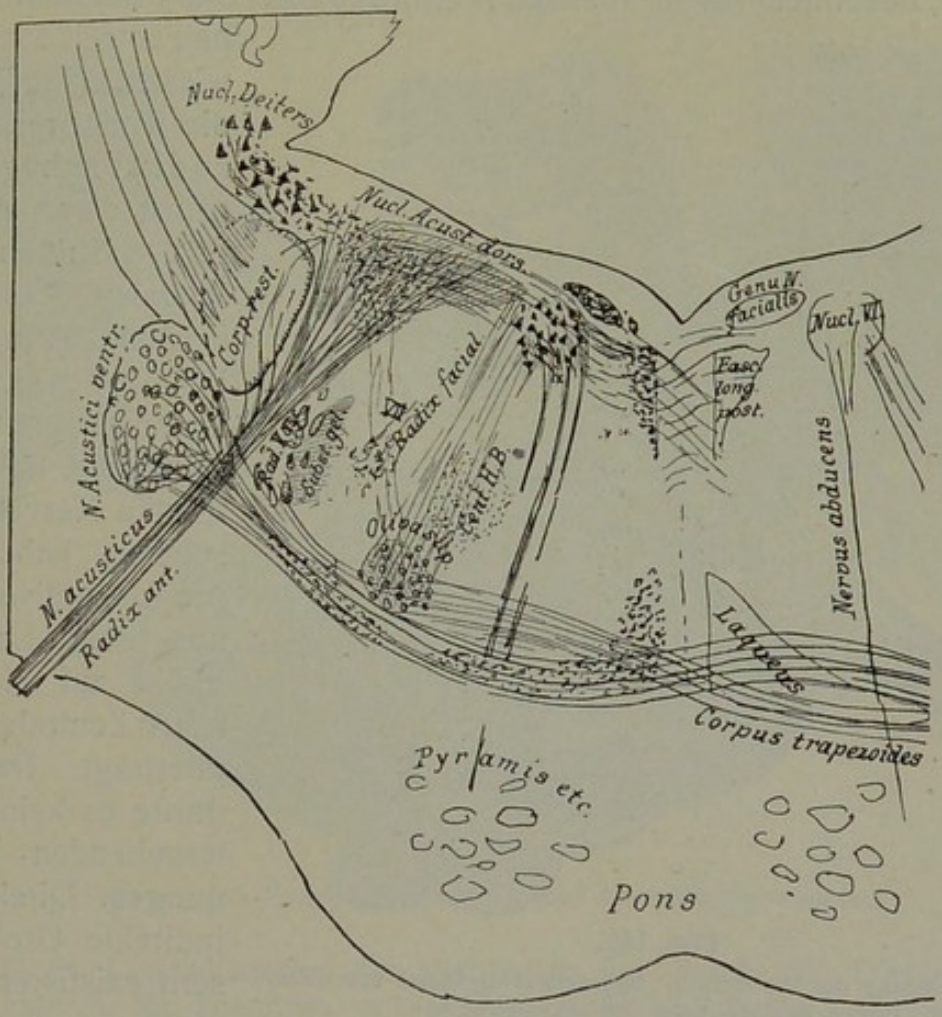


Fig. 148.

Schnitt in der Gegend des Abducensursprunges. Endigung des N. vestibularis.

und weithin in das Cerebellum hineinragt. Dieser von Bechterew entdeckte Kern wird zweckmäßig als Nucleus angularis bezeichnet.

Schließlich gelangen eine ganze Menge Vestibularisfasern direkt in das Kleinhirn um wohl in dessen Rinde zu enden.

Alle diese Endfasern sieht man an dem Fig. 149 abgebildeten Präparate entartet.

Die Gegend, wo der Vestibularis in seine Endkerne und das Cerebellum eintritt, ist recht kompliziert aufgebaut weil an gleicher Stelle auch die Fasermasse des Corpus restiforme sich in das Klein-

hirn wendet. Sie ist in Fig. 208 ausführlich dargestellt. Wie man an Fig. 148 sieht, liegt sie direkt lateral von den Vestibularisfasern. Diese letzteren, soweit sie auch kleinhirnwärts gehen, ziehen zusammen mit solchen, die an dieser Stelle aus dem Kleinhirne herabtreten, wurden früher als „innere Abteilung des Kleinhirnstieles“ bezeichnet. Die Komplikation dieser Gegend lateral von den Ihnen bisher wohlbekannten Teilen der Oblongata wird eben durch das Auftreten des Kleinhirnes und dann noch dadurch vermehrt, daß in die Akustikusfaserung selbst ein neuer Kern, der Deiterssche eingelagert ist, der viele eigene Verbindungen, besonders solche aus dem Kleinhirne hat. Der Vestibularis selbst hat, soweit wir bisher wissen, keine Bahnen, die weiter reichen als zu den Vierhügeln und selbst diese, die man in den Striae und der lateralen Schleife zu suchen hätte, sind keineswegs sicher. Es ist sogar ganz wahrscheinlich, daß wir in diesem Nerven einen solchen haben, der propriozeptive Reflexe aus dem Labyrinth direkt auf die statischen Zentralapparate überträgt. Dazu bedürfte es keiner weitergehenden Verbindungen. Direkte oder indirekte Großhirnfasern existieren sicher nicht.

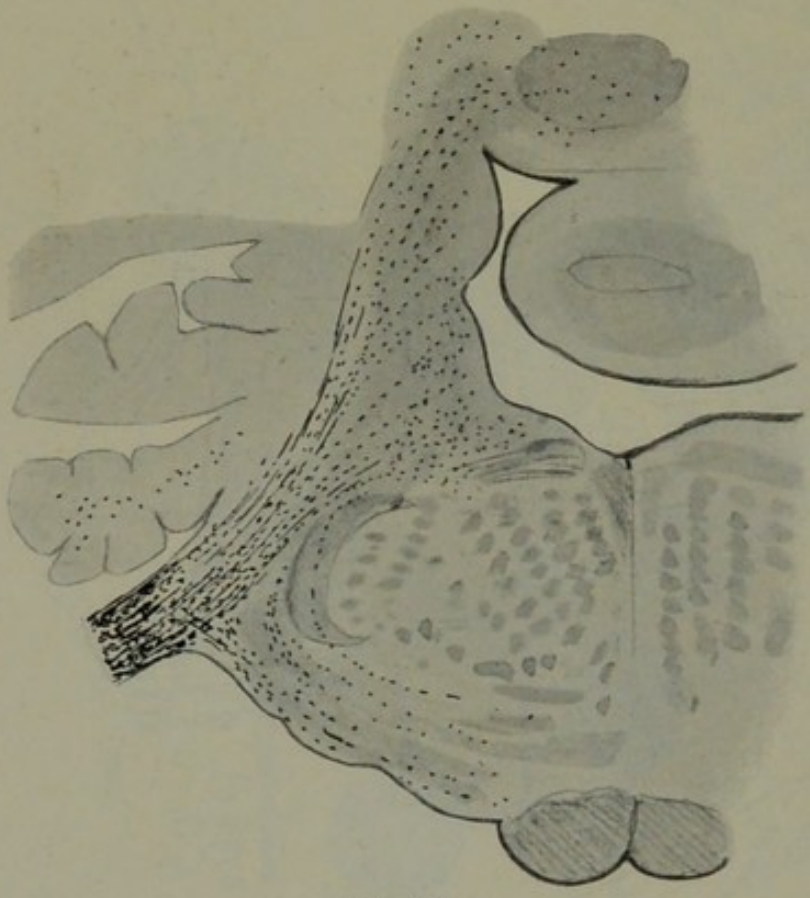


Fig. 149.

Die Endfaserung des Vestibularis. Degenerationspräparat von einem Hunde, dem das Labyrinth ausgeräumt war.

Aber der mächtige Nerv für den Tonus der Muskulatur und für die Aufrechterhaltung unseres Gleichgewichtes hat ausgedehnte Beziehungen zu einem anderen Fasersysteme, das dicht an seiner Eintrittsstelle entspringt, zu dem

System des Deitersschen Kernes. Fig. 150—153.

Der Deiterssche Kern besteht aus einer Reihe von Zellgruppen, die alle in die einstrahlenden Fasern des Vestibularis eingelagert sind. Eine besonders großzellige Gruppe ist Fig. 151 sichtbar, sie ist die zuerst von Deiters beschriebene, und eine andere erfüllt — Kohnstamm — den ganzen Nucleus angularis. Alle diese Zellen stehen durch ihre Aus-

läufer und wohl auch durch Wurzelkollateralen in außerordentlich engen Beziehungen zu den Vestibulariswurzeln. Die großzellige Hauptgruppe liegt lateral von dem dorsalen Vestibulariskerne und erstreckt sich ein Stück kleinhirnwärts in der Seitenwand des Ventrikels. Sie ist beim Menschen relativ klein, verglichen mit der Entwicklung, die sie bei einigen anderen Säugern erfährt. So sehe ich sie bei dem Seehunde ganz enorm entwickelt.

Der Deiterssche Kern wurde, weil er von den Vestibularisfasern erreicht wird, früher immer für einen Hörnervenkern gehalten. Vielleicht gehört er in der Tat teilweise zu den Kernen des achten Nerven, aber sicher tritt die

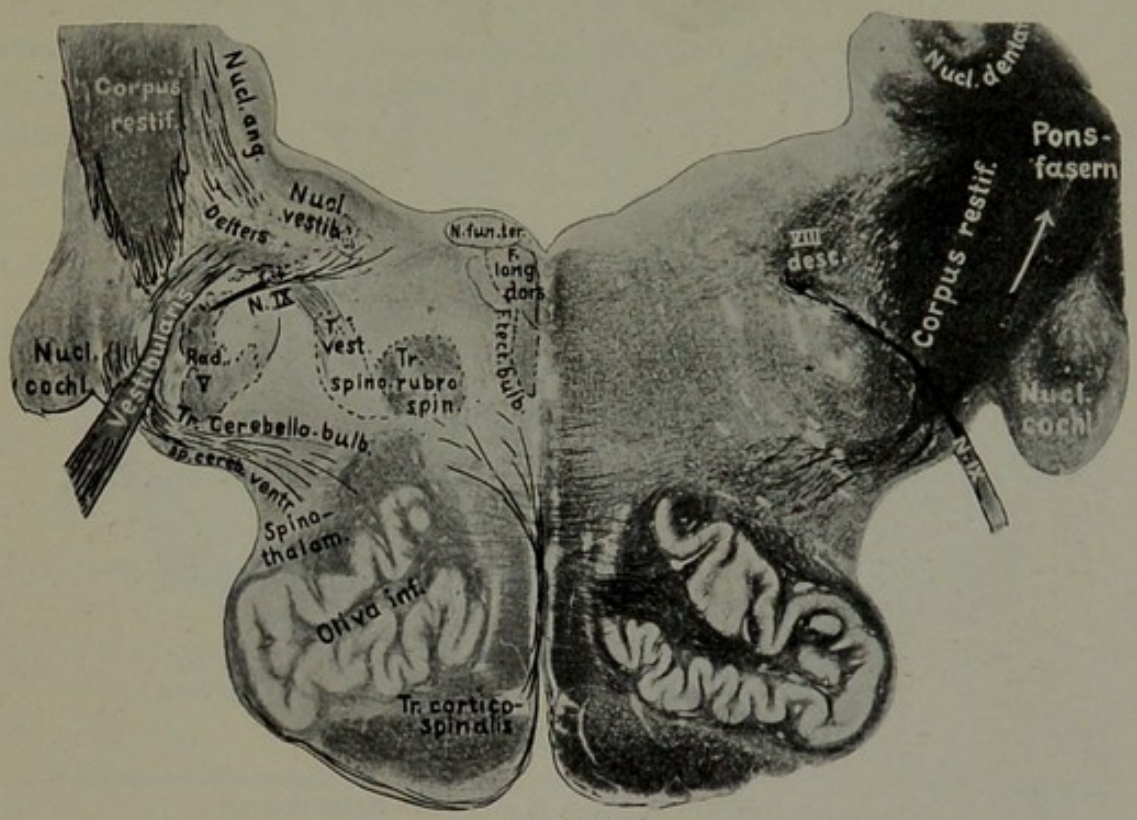


Fig. 150.
Oblongata des Neugeborenen in der Gegend der Vestibulariswurzeln.

Mehrzahl der Cerebellarfasern des Vestibularis nur durch den Deitersschen Kern hindurch, ihn allerdings mit aufgezweigten Kollateralen durchspinnend.

Die großen multipolaren Ganglienzellen des Deitersschen Kernes werden von Fasern erreicht, die aus den Dachkernen des Kleinhirnes stammen. Diese bilden innerhalb der medialen Abteilung des Restiforme kräftige Züge. Aus den kaudaler liegenden Zellen des Deitersschen Kernes entspringt der

Tractus vestibulo-spinalis.

Seine Fasern treten zunächst etwas medial und basalwärts in die Substantia reticularis ein, wenden sich aber bald kaudal, um im Rückenmarke zu enden, wo wir ihnen bereits begegnet sind. Dieses Bündel ist bei verschiedenen Tieren sehr verschieden stark entwickelt. So finde ich es ganz besonders kräftig bei den Fledermäusen und bei der

Robbe, beim Menschen ist es nur unbedeutend. Die Endpunkte sind nicht bekannt. Fig. 152.

Dorsales Längsbündel. Fasciculus longitudinalis dorsalis.

Aus den frontaleren Abschnitten des Deitersschen Kernes stammt wesentlich, wie zuerst S. Ramon y Cajal gezeigt hat, ein anderes Fasersystem. Es sind dicke markhaltige Fasern, welche direkt in die

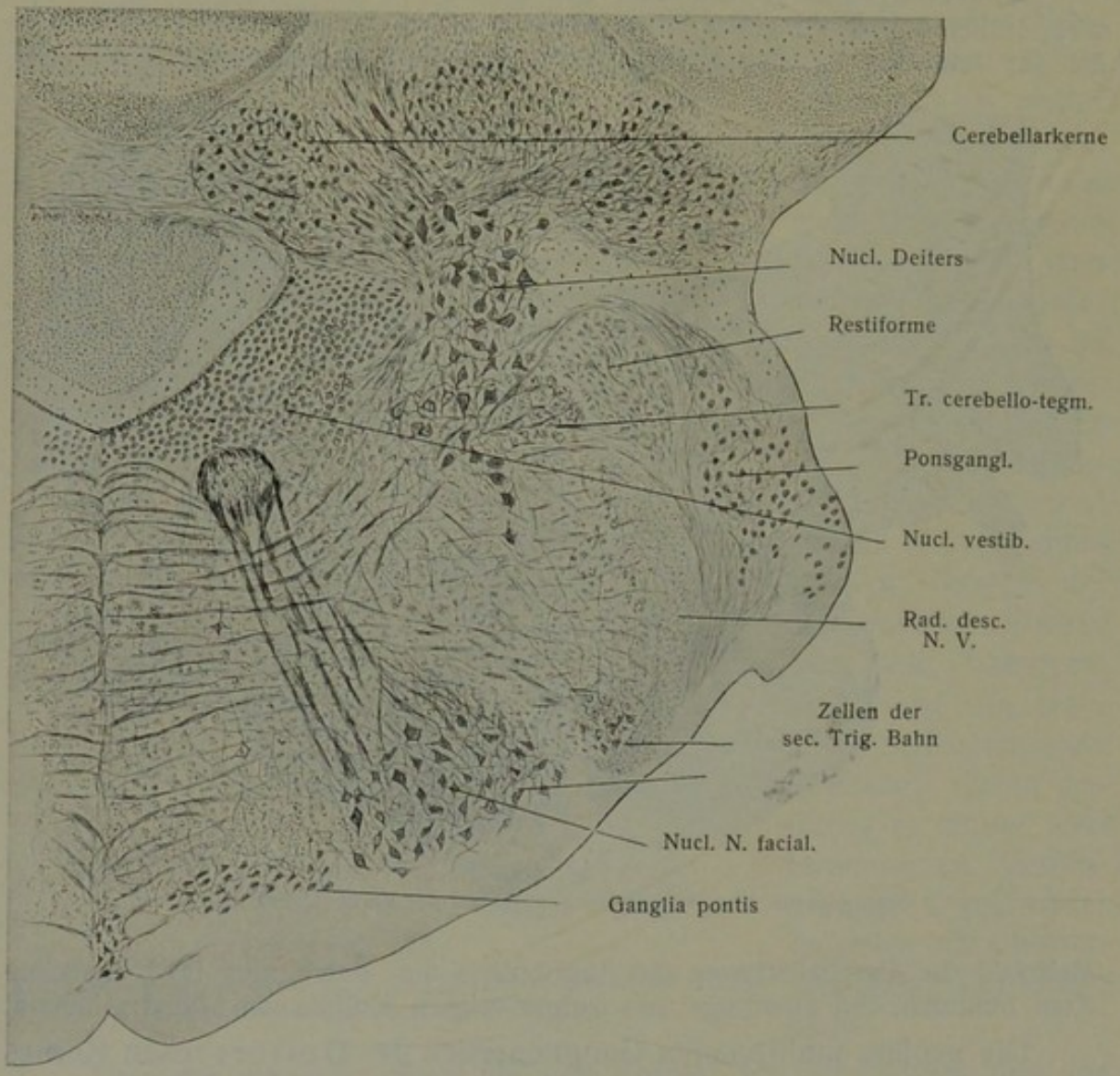


Fig. 151.

Die Zellen und Fasern des Deitersschen Kernes und seiner Nachbargebilde. Silberpräparat von der Ratte.

transversale Richtung einbiegen, die Mittellinie erreichen und zu gutem Teile überschreiten. Dann teilen sie sich in einen längeren aufsteigenden und einen wahrscheinlich kürzeren absteigenden Ast. Beide verlaufen neben der Mittellinie, nahe dem Boden der Rautengrube und es endet der hirnwärts ziehende Ast in den Kernen des Abducens, Trochlearis und Oculomotorius, an deren Ursprungszellen sich seine Fasern anlegen, während die Endstätten des absteigenden Astes in

Zellgruppen des Cervikalmarkes liegen. Alle diese Fasern bilden die Hauptmasse des dorsalen Längsbündels. Dieses Bündel existiert bei allen Vertebraten und dient offenbar der Optostatik, der Verbindung der Augeneinstellung mit der Körperhaltung.

In innigstem Kontakt mit den Rezeptionsbahnen aus dem statischen Apparat des Labyrinthes liegend, vermag es einerseits auf die Kerne der Augenmuskelnerven, andrerseits auf die Wirbelsäulenmuskulatur, welche, von Cervikalmarke innerviert, die Kopfhaltung erzeugt, einzuwirken. Der Gedanke, daß das System des Deitersschen Kernes die Regulierung der Kopfbewegungen und der entsprechenden Augenstellungen bewirkt, eine Regulierung, die, wie Experiment und Klinik zeigen, auf Rezeptionen aus dem Labyrinth angewiesen ist, liegt deshalb sehr nahe. Außerdem aber muß das System irgendwie den Muskeltonus beeinflussen, der ja auch unter dem Einflusse des Labyrinthes steht. Denn die enorme Starre aller gleichseitigen Muskeln,

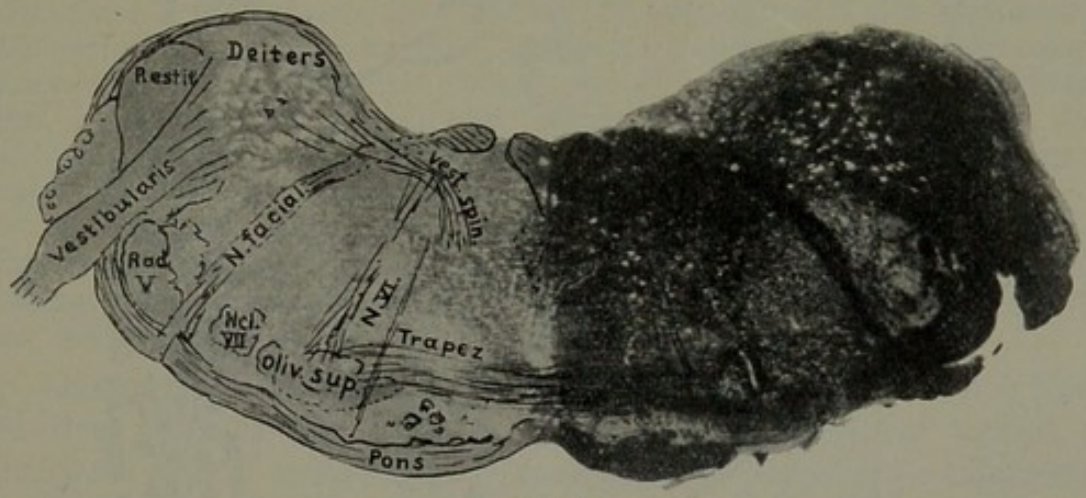


Fig. 152.

Oblongata des Riesenkänguruh, Halmaturus giganteus. Unter dem Deiterskern taucht der kräftige Tractus vestibulo-spinalis auf, der sich hier kaudalwärts wendet.

die man — Sherrington — durch Unterbrechung gewisser aus dem Zwischenhirn kleinhirnwärts ziehender Bahnen erzeugen kann, eine Starre, die wieder — Horsley — von den Kleinhirnkernen abhängt, verschwindet sofort, wenn man — H. Thiele — den Deitersschen Kern zerstört. Für diese prinzipiell wichtige und mannigfache Bedeutung des im Deitersschen Kerne gegebenen assoziierenden und erregenden Apparates spricht es auch in hohem Maße, daß vom Petromyzon bis zum Menschen kein Wesen existiert, bei dem er fehlte. Bei den Fischen, die eine enorme Rumpfmuskulatur zu bewegen haben, ist der Apparat enorm entwickelt. Ebenso bei den Vögeln, deren Kopfhaltung im Vergleich zur Körperlage ja besonders wichtig ist. Weiteres s. in der Darstellung des Mittelhirnes.

In diesen Fasern vermutete man seit Foville 1858 die anatomische Unterlage für die kombinierte Seitwärtsrichtung der Augen. Nachdem Untersuchungen von Laborde auch anatomisch die Fovillesche

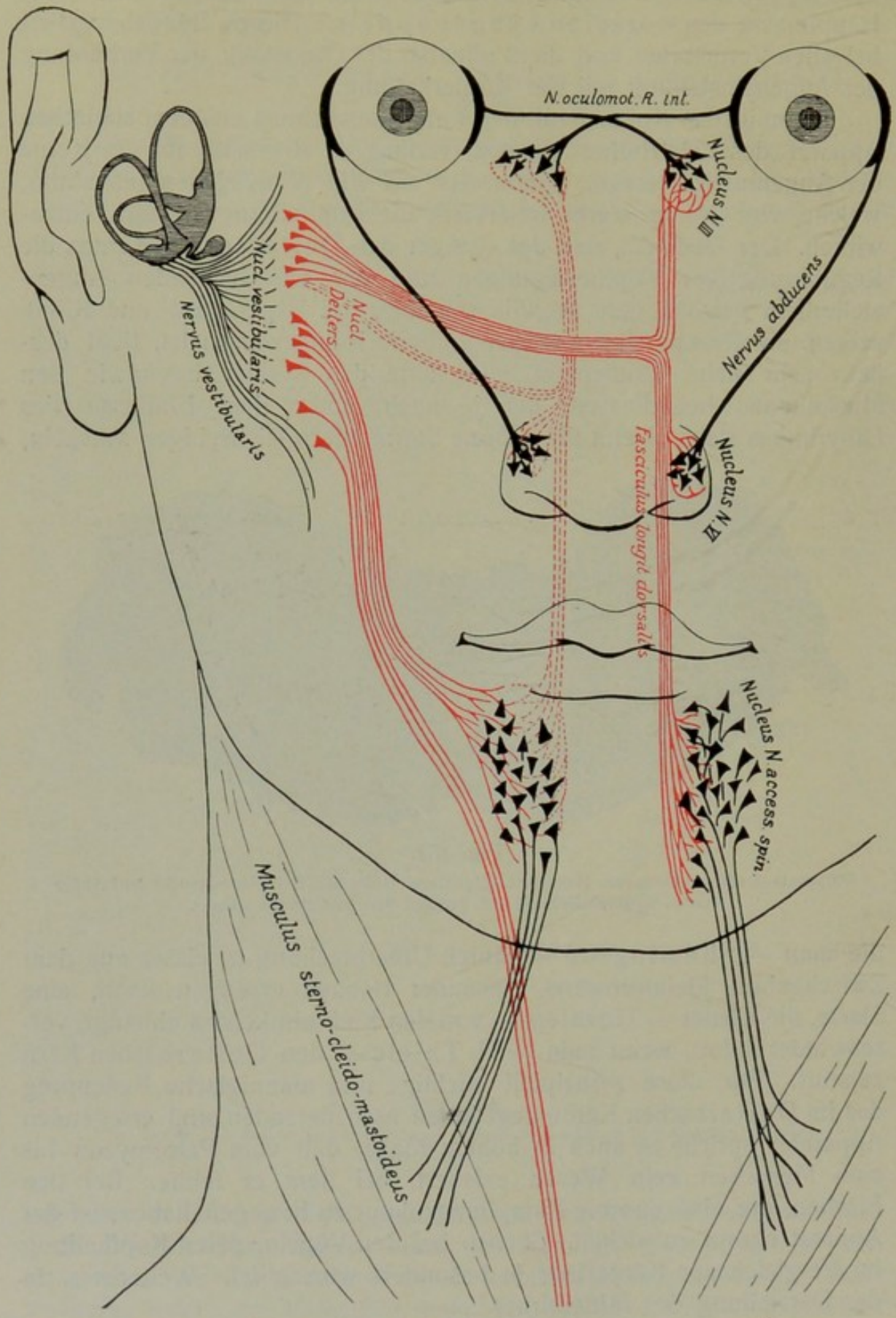


Fig. 153.

Schema der aus dem Deiterskern entspringenden Fasern. Der Kern ist in die Vestibularisendkerne eingelagert und sendet die meisten seiner Axenglieder in das dorsale Längsbündel.

Vermutung zu stützen gesucht, hat Hunnius durch Zusammenstellung aller experimentellen und pathologischen Beobachtungen in der Tat den Beweis erbracht, daß Unterbrechungen des dorsalen Längsbündels zu Verlust des Vermögens führen, die Augen kombiniert nach der einen Seite zu drehen. In einem von Bruce beobachteten besonders reinen Fall von ausschließlicher Vernichtung der kombinierten Seitwärtsbewegung bei erhaltener Bewegungsfähigkeit der Gesamtmuskulatur wurde nur ein kleiner Tumor gefunden, der fast nur die dorsalen Längsbündel zerstört hatte. Beide Bündel waren von der Höhe der Abducenskerne bis in die Okulomotoriuskerne hinein stark entartet.

Erst Spitzer hat dann den spinalwärts ziehenden Abschnitt des Bündels gemeinsam mit dem zu den Augenmuskelkernen diskutierend den Nachweis erbracht, daß hier die Bahn für die kombinierte Seitwärtswendung des Kopfes und der Augen vorliegt. In dem vom Vestibularis erregten Reflexbogen, der der Raumorientierung dient, bildet das dorsale Längsbündel ein Stück des motorischen Schenkels.

Wenn man das Vorliegende kritisch zusammenstellt, kommt man zu dem Schlusse, daß die kombinierte Seitwärtsbewegung der Augen bewirkt wird durch den Abducens, das dorsale Längsbündel und den gleichseitigen Okulomotoriuskern, aus welchem gekreuzte Fasern für den anderseitigen Rectus internus entspringen. Druck, Reizung des dorsalen Längsbündels führt zu zwangsweiser seitlicher Ablenkung der Augen in der Weise, daß „der Patient seine kranke Seite ansieht". Wir besitzen bereits eine große Casuistik.

Da aber nach Reizen, die den Deiterskern allein trafen, meist nur Nystagmus gesehen wurde, ist es möglich, daß für die kombinierte Kopf-Blickrichtung noch andere Anteile des dorsalen Längsbündels, vielleicht solche aus dem Abducenskerne nötig sind.

Das dorsale Längsbündel ist übrigens nicht allein von den Fasern aus dem Deiterskerne gebildet. Diesen liegen vielmehr lateral und auch wohl ventral andere an, die zumeist aus Teilästen der Commissura posterior, zum Teile auch aus einem Kerne des Mittelhirnes stammen. Diese Anteile entarten bei Durchschneidung des Gesammtbündels — Karplus und Spitzer — in den Vordersträngen durch die ganze Rückenmarklänge.

Die für unsere Auffassung des Akustikus so wichtige Endverzweigung im Ohre, die Beziehungen der dort liegenden Ganglienzellen sind von Retzius und Gehuchten studiert worden.

Die Trennung des Gesamtnerven in einen Cochlearis und einen Vestibularis stammt von Flechsig und Bechterew. Dieser, Freud und ich haben dann auf Grund der Markscheidenentwicklung die allgemeinen Endigungsverhältnisse festgestellt, aber erst die verfeinerte Methodik Helds, Cajals und Köllikers und ganz besonders die Degenerationsversuche von Forel, Onufrowics, Baginski und Monakow haben dann das nur aus anatomischen Bildern Erschlossene gesichert. Seit Anwendung der Marchimethode, die überaus fein reagiert, sind aber an den älteren Darstellungen vielfach Zweifel entstanden — Gehuchten, Tricomo — Allegri, Winkler u. a. — deren im Texte ja gedacht ist. Die obige Darstellung scheint mir heute die zutreffendste.

In den Schnittebenen, welche den ventralen Akustikus enthielten, ist auch

Der motorische Kern des Nervus facialis bereits sichtbar (Fig. 151). Er besteht aus einer langen Reihe von zu Gruppen angeordneten Zellen, die etwa im Niveau des Frontalendes der Oliva inf. beginnen und bis etwa in die Höhe der oberen Olive oder wenig weiter reichen. Aus derselben entströmen fortwährend Fasern dorsalwärts. Sie sammeln sich allmählich zu einem kräftigen Bündel, das unter dem Boden des Ventrikels angelangt, plötzlich eine scharfe Wendung in frontaler Richtung macht, um dann ebenso scharf abbiegend sich ventralwärts nach der Außenseite der Oblongata zu wenden. Die Facialiswurzel macht also ein doppeltes Knie. Siehe Fig. 151, 154, 155. In dieses Knie ist der Kern des Abducens eingelagert.

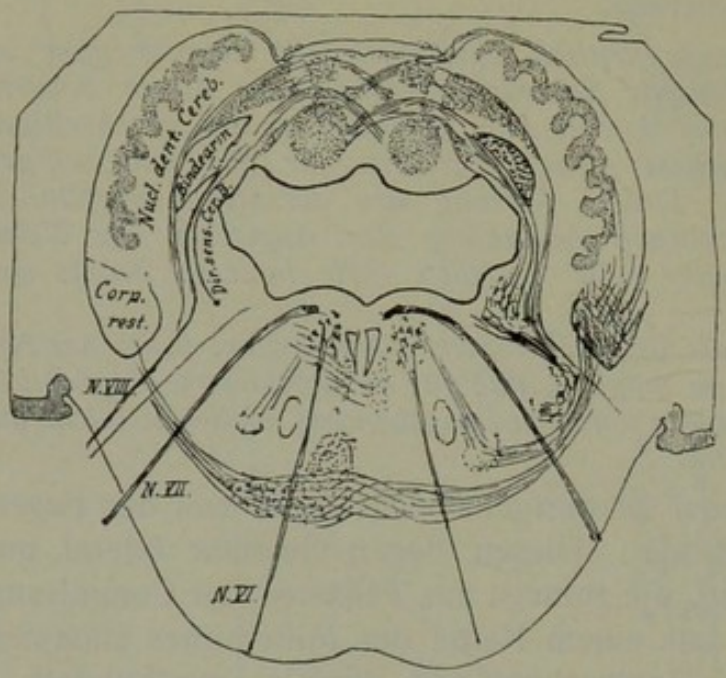


Fig. 154.
Situation. Schnitt durch die Austrittsstelle des Nervus facialis und des N. abducens.

Beide sind somatisch-motorische Kerne und beim Embryo liegen auch beide weit ventral in der gleichen Kernsäule. Ariens Kappers hat interessante durch die Tierreihe hindurch geführte Untersuchungen veröffentlicht, die dieses Wandern des Abducenskernes dorsal-, des Facialiskernes ventralwärts behandeln. Er kommt zu dem Schlusse, daß diese Kerne von den meistgebrauchten Verbindungen, der Pyramide und dem Quintuskern im ersten Falle, dem dorsalen Längsbündel und Mittelhirnapparat im anderen angezogen würden, ja daß die Lage der Kerne in der Oblongata aller Tiere im wesentlichen von den Faserverbindungen bestimmt werde.

Der Facialiskern ist in dieser Schnitthöhe der einzige motorische Kern. Bei manchen Tieren (Maulwurf, Ratte, Fledermaus u. a.) ist er so groß, daß er mit dem absteigenden Trigeminuskern das ganze Querschnittbild beherrscht. (Motorisch-sensible Gesichtsinnervation.)

In den Facialiskern tritt immer ein Faserzug aus der gekreuzten Hirnrinde, der bis etwa auf die frontalste Kernhöhe mit dem Tractus cortico-spinalis verläuft und sich dann in der Raphe kreuzend zu dem Kern begibt. Bei Pteropus und Vesperugo ist er die Hauptmasse der ganzen absteigenden Rindenbahn. Wenn die für den Facialis bestimmten Bahnen abgegangen sind, bleibt für das Rückenmark kaum noch etwas übrig. S. Fig. 127.

Dem Stamme der Facialiswurzel schließen sich Fäserchen aus der steigenden Trigeminuswurzel an. Der Facialiskern innerviert den ganzen Facialis, auch den Ast für den Orbicularis oculi. Die zu ihm tretende Rindenbahn ist einheitlich, aber innerhalb des Cortex selbst muß irgendwie eine Trennung derart stattfinden, daß die Stirnäste aus einem dorsaler gelegenen Rindengebiete stammen als die Äste für die unteren Zweige. Bekanntlich bleibt bei den vom Großhirn ausgehenden Hemiplegien meist der Stirnfacialis von Lähmung fast frei.

Mitten zwischen Facialis und Akustikuswurzel tritt (Fig. 100)

Die Portio intermedia Wrisbergi

an die Hirnoberfläche. Dieser wesentlich zur Chorda tympani gelangende Faserzug besteht aus einem sensiblen Anteil, dessen Ursprung im großen Geschmackskerne S. 181 geschildert wurde, und aus einem solchen, der, aus großen Zellen entspringend, wahrscheinlich identisch mit demjenigen ist, dessen Reizung innerhalb der Chorda die Speicheldrüsensekretion auslöst. Kohnstamm hat den Ursprung dieser Fasern entdeckt, als er nach Durchschneidung der Chorda große Zellen entarten sah, die gleichseitig und gekreuzt in geringer Menge dorsal von den Facialiskernen liegen. Der Nucleus salivatorius zerfällt in diese frontale Gruppe und in eine kaudale, die zum Teil ihre Axenzylinder via Glossopharyngeus hinaussendet.

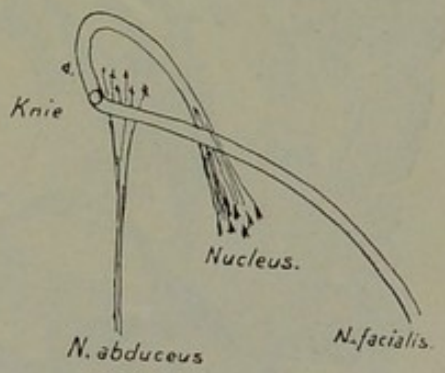


Fig. 155.
Schema des zentralen Verlaufes des N. facialis und des N. abducens.

Die Reflexbahn der Speichelabsonderung wäre in den zahlreichen feinen Fäserchen zu suchen, welche sich zwischen diesen Kernen und der ganz benachbart liegenden Säule des Geschmackskernes hinziehen. Der Geschmackskern steht wahrscheinlich, wie der ganz analog gebaute lange Trigeminuskern mit dem Thalamus durch kreuzende Bahnen in Verbindung, die dorsal und lateral von der zentralen Quintusbahn liegen. Innerhalb des Thalamus münden dann zweifellos Großhirnbahnen, die jene Faserung mit dem ganzen mächtigen Komplexe der Rinde in Beziehung bringen können. So kann man sich die Unterlage für die direkte und die psychische Auslösung der Speichelsekretion bereits anatomisch vorstellen.

Die Wurzeln des Abducens

gelangen in mehreren Bündelchen gestreckten Verlaufes, welche die Haube und die Brücke durchsetzen, an der Brückenbasis nach außen. Der im Facialisknie gelegene rundliche Kern (Fig. 148, 154, 156) erhält Fasern aus dem dorsalen Längsbündel.

Eine weitere Verbindung hat der Abducenskern mit der oberen Olive (Fig. 148). Sie ist bereits S. 212 besprochen worden. Endet sie wirklich, wie es nach den Markscheidenfärbungen den Anschein hat,

in dem Kern selbst, dann wäre dieser parallel der Facialiswurzel einherziehende Zug eine Verbindung zwischen dem Hörnerven und den Augenbewegungsnerven, also ein zweifellos für unsere Raumorientierung wichtiger Apparat.

Wenn einmal der Akustikus, der Facialis und der Abducens die Haube verlassen haben, wird das Bild, welches ihr Querschnitt bietet, natürlich wesentlich einfacher. Wir untersuchen jetzt das Eintrittsgebiet des Nervus trigeminus.

Der Hauptteil des Nervus trigeminus,
der sensible, entstammt zweifellos den Zellen des Ganglion Gasseri,

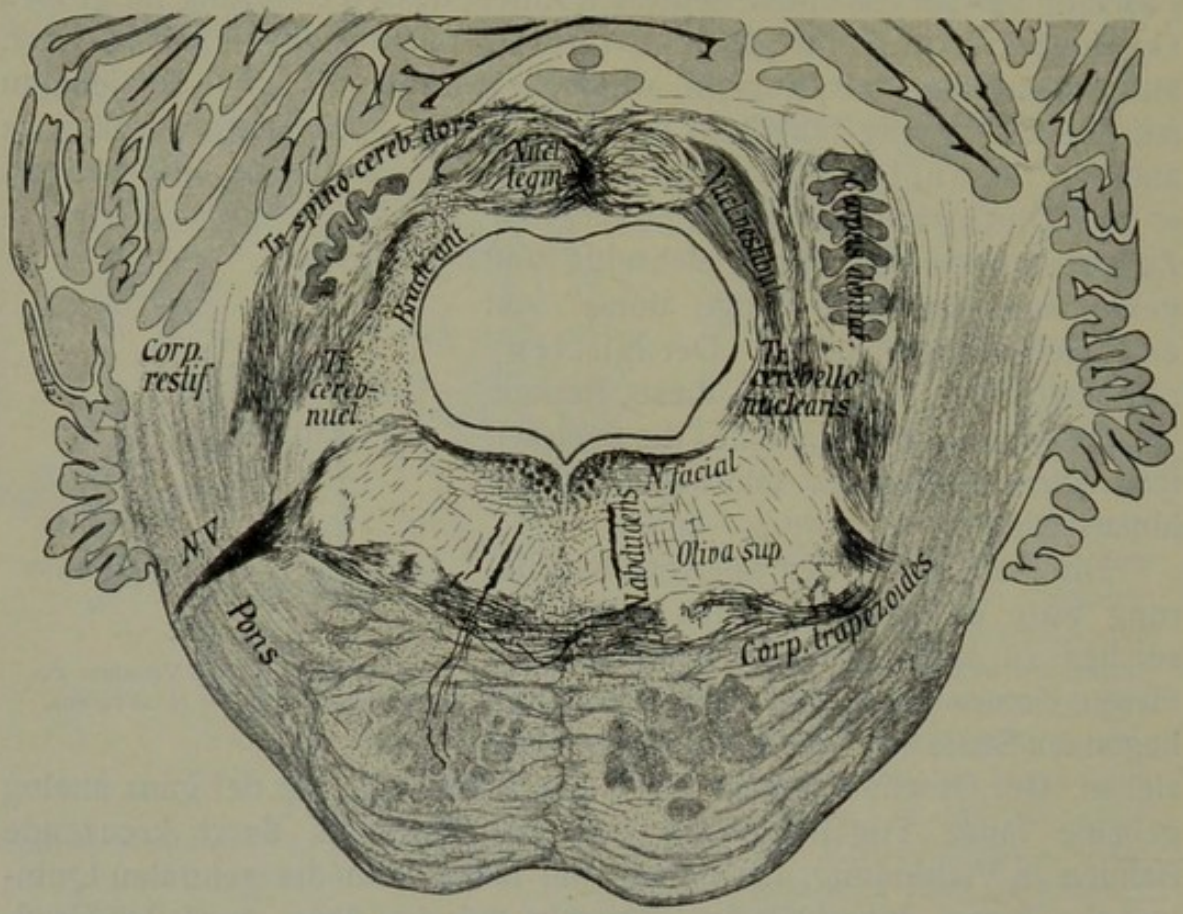


Fig. 156.

Neugeborener. Die Trigeminuswurzel tritt in die Brücke und wendet sich als halbmondförmiges Bündel kaudal.

deren peripher gerichteter Fortsatz ganz wie bei den Spinalganglienzellen zum Nerven wird, während ein zentral verlaufender als dicke „Wurzel" in die Brückenfaserung eintritt. Diese durchbohrt er und senkt sich in den dort liegenden Endkern (sensibler Trigeminuskern) ein.

Da, wo die Fasern eintreten, teilt sich ihre Mehrzahl in einen feinen aufsteigenden und in einen absteigenden Ast. Der cerebralwärtsziehende endet bald in demjenigen Teile des Kernes, der frontal von der Eintrittsstelle liegt, aufgesplittert in kleinen Pinselchen; der spinalwärts ziehende endet auch unter Abgabe massenhafter Kollateralen

allmählich; aber der Kern, in dem das geschieht, die kaudale Fortsetzung des schon genannten Endkerns, ist ungemein lang und reicht als Nucleus bulbo-spinalis N. trigemini hinab bis in das Halsmark. Auf diesem ganzen Wege wird er von der natürlich immer dünner werdenden Hauptmasse der Trigeminusfasern begleitet. Ihr langes, im Querschnitt halbmondförmiges Bündel ist uns auf allen Schnitten vom Halsmarke an schon begegnet. Es liegt dieser Tractus bulbo-spinalis Nervi trigemini der langen glasig aussehenden Säule des Endkernes überall dicht an, bis hinab in das Hinterhorn des Halsmarkes, wo er dann sich endlich erschöpft.

Es ist der klinischen Forschung — Wallenberg, Marburg — gelungen, in ihm funktionell verschiedene Bündel entsprechend den verschiedenen Funktionen der einzelnen Trigeminusäste nachzuweisen.

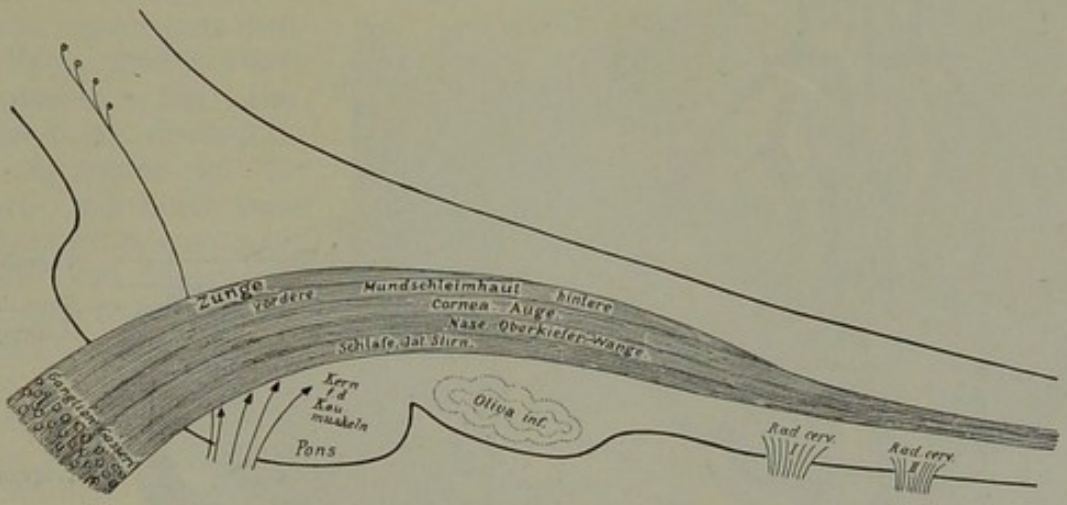


Fig. 157.

Idealer Sagittalschnitt durch die Trigeminuswurzeln. Lage und Funktion der einzelnen Bündel eingezeichnet.

Das Hauptergebnis dieser Arbeiten soll Fig. 157 zusammenfassend darstellen.

Die Quintussäule berührt sich an ihrem dorsalen Ende fast mit den Kernen und Fasern des Burdachschen Stranges. Hier liegen wahrscheinlich die Grenzgebiete für die Innervation aus dem Trigeminus und ersten Cervikalnerven.

Medial von der Trigeminuswurzel liegen, namentlich an deren vertralem Ende, und von der Wurzel durch die Kernsubstanz getrennt, auf die ganze Länge der Wurzel feine Faserbündel, welche hirnwärts degenerieren. Diese von Marburg Fibrae concomitantes N. V. genannten Fasern, sind vielleicht Assoziationsbündel zwischen den einzelnen Höhen.

Auf dem Querschnitte der menschlichen Oblongata spielt, wie alle bisher gezeigten Bilder erkennen ließen, die Quintuswurzel keine allzu große Rolle. Anders ist es bei vielen Tieren. Viele haben gerade die Schnauzengegend ganz besonders fein mit Endapparaten zu innervieren

oder bedürfen des Trigeminus sonst besonders. Dann findet man seitlich an der Oblongata weithin hervorstehende Tubercula Trigemini, wie etwa bei dem Fig. 158 abgebildeten Ornithorhynchus, dem Schnabeltiere. Aber auch bei den Maulwürfen, den Igeln, auch bei unserer Maus ist der Trigeminus ganz enorm ausgebildet. Ebenso ist er bei Sphalax typhlops, der Blindmaus nach Frankl Hochwarth samt dem Cochlearis sehr entwickelt. Das Tier, das blind ist, muß andere Sinnesapparate um so mehr brauchen.

In der Fortsetzung des Facialiskernes, doch etwas dorsaler, tritt der motorische Trigeminuskern auf. Aus ihm kommt, wieder in leichtem Knie, die motorische Wurzel, die Portio minor, welche

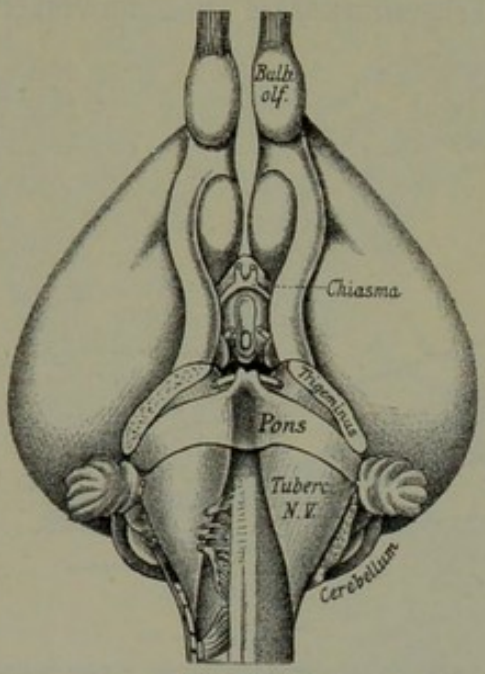


Fig. 158.

Das Gehirn von Ornithorhynchus paradoxus. Ventralfläche. Nach Kölliker und Elliott Smith.

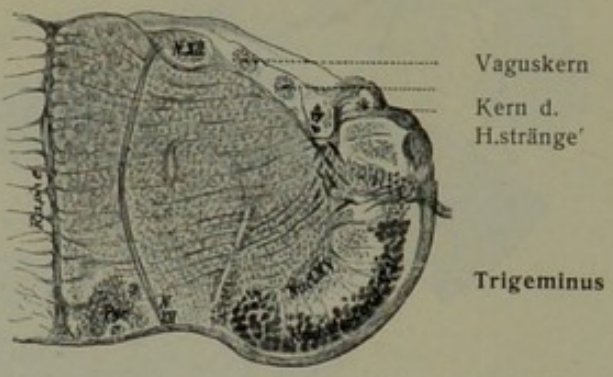


Fig. 159.

Schnitt durch die Oblongata des gleichen Gehirnes. Nach Kölliker.

die Kaumuskeln versorgt. Wahrscheinlich gelangen mit ihr auch Fasern heraus, welche aus dem gekreuzten motorischen Kerne stammen und durch die Raphe herübergelangen. Auch dieser Kern ist bei dem Menschen klein im Vergleich zu der Entwicklung, die er bei einigen Tieren, besonders bei Raubtieren erfährt. Dort erscheint er eine lange Strecke hindurch in der Brückenhaube auf allen Schnitten als hervorstechendste Organisation.

Schließlich gibt es im Trigeminus Fasern, die aus dem Mittelhirndache entspringen. Der Ursprung dieser Radix mesencephalica liegt in blasigen Zellen, die zwar Spuren von Dendriten manchmal zeigen, Golgi, im wesentlichen aber nur einen sehr dicken Axenzylinderfortsatz längs der Seitenwand des Aquäduktes kaudalwärts senden, bis in den oralen Abschnitt des vierten Ventrikels.

Meynert, dem wir nach Stilling die beste Kunde über die Trigeminuswurzeln verdanken, hielt die von ihm entdeckte mesencephale Wurzel für eine sensible. Später sind die meisten Anatomen der Lehre Forels gefolgt, welcher hier einen motorischen Anteil sah. Aber Forel selbst hatte schon die Ähnlichkeit der Zellen mit Spinalganglien hervorgehoben, und neuerdings hat namentlich Suzo-Kure wieder sehr intensiv auf diese Ähnlichkeit hingewiesen. Johnston meint, daß der mesencephale Kern ein in die Tiefe versenktes spinalganglienartiges Gebilde und deshalb die Wurzel eine sensible sei. Mit der Johnstonschen Auffassung ließe sich sehr wohl ein merkwürdiger Befund vereinen, den Ramon y Cajal erhoben hat. Nach diesem sendet die Mittelhirnwurzel in den großen motorischen Hauptkern eine ungeheuere Menge der allerfeinsten Kollateralen. Jede der Zellen ist von einem ganz dichten Netze solcher Fäden umsponnen. Der Entdecker dieses merkwürdigen Apparates ist der Ansicht, daß durch diese Kollateralen es ermöglicht werde, daß ein relativ schwacher Reiz, von dem frontalen Kern ausgesandt, sich im Hauptkerne zu einer mächtig wirksamen Erregung umsetze. Es würden die großen motorischen Zellen gewissermaßen geladen und könnten sich zeitlich einheitlich entladen, so die Kraft und das Zusammenspiel des Kauaktes erzeugend.

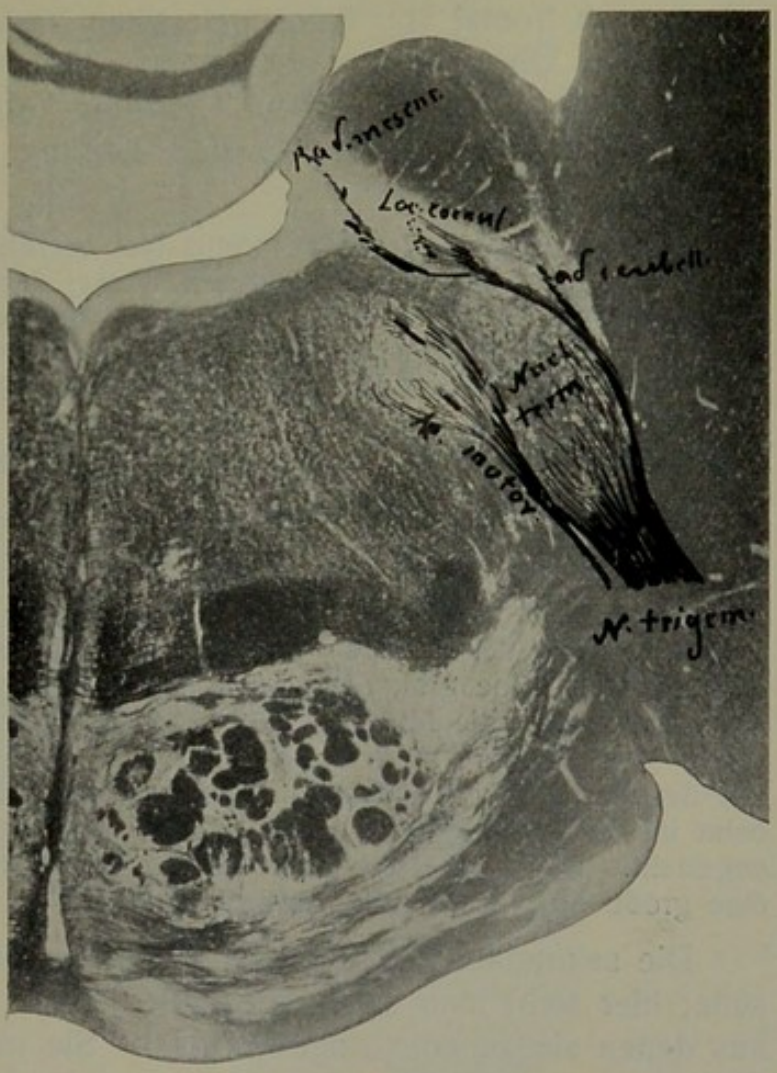


Fig. 160.

Schnitt durch die Brücke einer Robbe, Phoca vitulina. Alle Trigeminuswurzeln sichtbar.

Degenerativ May u. Horsley verhält sich die Wurzel wie eine sensible. Sie entartet bei Unterbrechung im Gehirn nur spurweise und es zeigen ihre Zellen Entartungsbilder, wenn die sensible Wurzel peripher durchschnitten wird. E. Willems sah die Zellen degenerieren als er die Kaumuskeln ausriß. Er hält sie deshalb für die Ausgangspunkte der muskulo-sensiblen Innervation, deren der Kiefer ja besonders bedarf. Vielleicht spricht in diesem Sinne, daß sie bei den Vögeln (Schnabel) besonders gut entwickelt sind.

Die mesencephale Quintuswurzel enthält nach May und Horsley auch aus dem Ganglion Gasseri hirnwärts ziehende dünne Fäserchen.

Dieser vom Mittelhirn auch bis in das Austrittsniveau des Trigeminus reichende Faserzug ist am lateralen Rande des frontalen Rautengruben-

abschnittes immer sehr gut zu sehen (Fig. 160). Er hat neben sich aus dem Kleinhirn austretende Faserzüge des cerebellotegmentalen Systemes, deren Anordnung bei verschiedenen Tieren recht wechselt. Da, wo das Bündel den Ventrikelboden selbst erreicht, liegt ihm ein neuer Kern von noch unbekannter Bedeutung an, der Nucleus loci coerulei.

Die relativ großen, dunkel pigmentierten Zellen färben den ganzen lateralen Ventrikelboden und einen kleinen Teil der Seitenwand dunkel.

Kohnstamm und Quensel, welche die Zellen des Locus coeruleus nach frontal von ihnen gelegenen Verletzungen entarten sahen, sind zu der Überzeugung gekommen, daß der Locus coeruleus, den sie nicht für einen End- oder Ursprungskern direkter Quintusfasern halten, irgendwie in die sensible Leitung des Trigeminus eingeschaltet sei.

Zellen vom Charakter des Nucleus loci coerulei mit reichlichem Pigmente liegen übrigens nicht nur im seitlichen Winkel der Brückenhaube, sondern sie erstrecken sich weithin in diese medialwärts, und ebenso gibt es dorsalwärts bis unter das Kleinhirn und in dieses sich verbreitende analoge Zellen. Jacobsohn faßt alle zusammen als Nucleus pigmentosus pontis und teilt diesen dann in drei Teile, den Nucleus loci coerulei, den Nucleus pigmentosus tegmenti pontis und den Nucl. pigm. cerebellaris.

Aus dem langen Endkerne des sensiblen Trigeminusteiles entspringt die sekundäre Trigeminusbahn. Fig. 178.

Schon vor Jahren ist mir auf Grund von vergleichend anatomischen Untersuchungen der Nachweis gelungen, daß es eine gekreuzte Bahn aus dem Trigeminusendkerne gibt, die hirnwärts zieht. Diese aus dem Endkerne überall austretenden und die Mittellinie überschreitenden Züge sind seitdem oft gesehen worden, aber es ist erst Wallenberg ihre Durchschneidung und damit der Nachweis des Ortes gelungen, wo das zentrale Stück der Trigeminusbahn im Gehirne liegt und wo es endet. W.s Versuche sind an Kaninchen angestellt. Beim Menschen findet man an gleicher Stelle wie beim Kaninchen eine große Anzahl von Faserquerschnitten.

Die sekundäre Trigeminusbahn verläßt den Kern an seiner Medialseite; hier sieht man an vielen Stellen, siehe Fig. 151, größere Zellen, aus denen sie zu entspringen scheint. Sie tritt dann über die Mittellinie, kreuzt in der kaudalen Oblongata die Hypoglossuswurzel, dicht ventral von ihrem Kern, und legt sich dort dorsal an. Da, wo in der Brücke der Facialis austritt, findet man das Bündel an der medialen Grenze des absteigenden Facialisschenkels. Und ganz in der Brücke liegt es fast vereint mit den spino- und bulbo-thalamischen Fasern, etwa am ventralen Ende der austretenden Bindearme. Das Bündel endet im Thalamus, aber wahrscheinlich nicht mit allen Fasern, es scheint sogar stark individuell zu schwanken. Wallenberg, der es speziell studiert hat, glaubt, daß es, wie übrigens auch der Tractus spino-thalamicus bald mehr oder weniger durch ein in der Substantia reticularis beginnendes neues Neuron zum Thalamus ersetzt und ergänzt werde.

S. Ramon y Cajal hat die gleiche Bahn unabhängig von Wallenberg, wenigstens in ihren Ursprungsgebieten, entdeckt und uns eine sehr genaue Beschreibung des Baues jenes Endkernes gegeben, aus dem sie entspringt. Dieser enthät eine große Menge recht ansehnlicher multipolarer Zellen. Um dieselben splittert peripher die Trigeminuswurzel auf, und aus den Zellen entspringen die Axenzylinder der zentralen Bahn. Die Mehrzahl begibt sich, ganz wie das oben angegeben wurde, hinüber auf die andere Seite und zieht da als dorsalste Lage der Substantia reticularis hirnwärts, eine Minderzahl aber soll nach R. y Cajal auf der gleichen Seite bleiben. Sowohl die gekreuzte

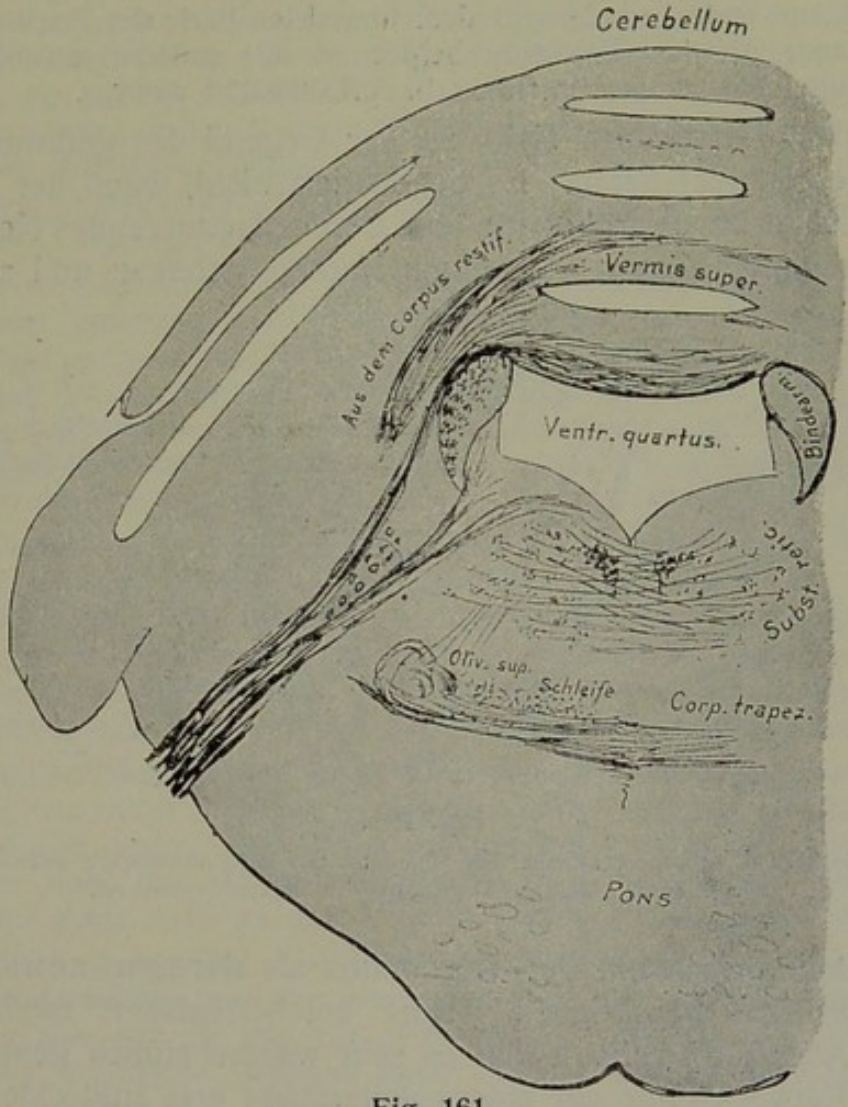


Fig. 161.

Austritt des Vestibularis. Frontalschnitt durch Cerebellum und Pons einer Frucht von 26 Wochen. Alle markhaltigen Fasern durch Hämatoxylin gefärbt.

als die weit schwächere gleichseitige sekundäre Trigeminusbahn wurde durch Tigrolysenbefunde von Kohnstamm und Quensel bestätigt.

Aus dieser zentralen Trigeminusbahn gehen zahlreiche Kollateralen in den Facialiskern, so den sensomotorischen Reflexbogen für das Antlitz herstellend. Durchschneidungen des Trigeminus sind manchmal wegen der dann wegfallenden sensiblen Kontrolle von nicht unbeträchtlichen Bewegungsstörungen im Gesichte begleitet.

Aus dem frontalen Ende des Kernes in der Brücke löst sich eine zweite sekundäre Bahn ab. Sie ist von Spitzer entdeckt und schließt

sich dicht dorsal an den Tractus bulbo-thalamicus an, das mediale Schleifenfeld verstärkend.

Auch diese Bahn gelangt schließlich in den ventralen Thalamus. Aber noch unter den vorderen Vierhügeln ist sie von der sekundären Bahn aus der aufsteigenden Säule getrennt. Vielleicht leitet der eine Faserzug die taktilen, der andere kinaesthetische Rezeptionen (Kohnstamm).

Daß ein Teil des mit dem Trigeminus eintretenden Lingualis nicht im Trigeminuskerne endet, sondern in dem frontalsten Ende des Tractus solitarius, sich also zum gleichen Endkerne begibt wie die anderen sensiblen Nerven aus der Zunge, das ist bereits früher S. 181 erwähnt worden.

Aus dem Cerebellum zieht zu der Gegend des Quintusaustrittes ein kräftiges Bündel herab. Es degeneriert nicht, wenn der Nerv zerstört ist. Ich habe es früher für eine Cerebellarwurzel des Nerven oder einen cerebellaren Zuzug zu seinen Kernen gehalten und zusammen

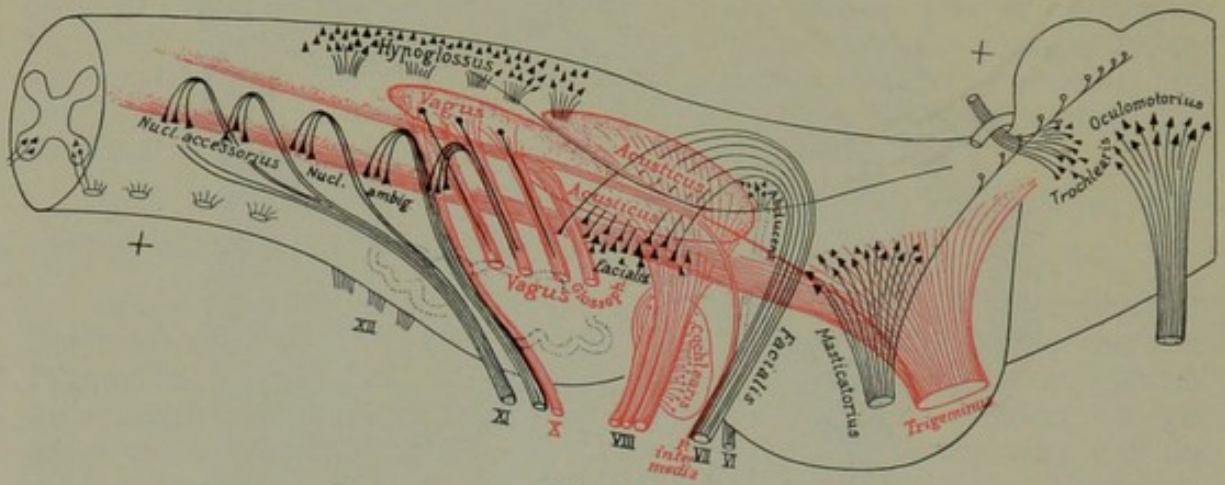


Fig. 162.

Die Lage der Hirnnervenkerne. Die Oblongata und Pons durchsichtig gedacht. Die Ursprungskerne (mot.) schwarz, die Endkerne (sens.) rot.

mit den Kleinhirnwurzeln des Trigeminus als direkte sensorische Kleinhirnbahn beschrieben. Eine solche existiert zweifellos bei Fischen. Aber Gehuchten hat es sehr wahrscheinlich gemacht, daß hier eine Verwechslung mit einem neuerdings erst entdeckten Bündel vorliegt, das aus den Kleinhirnkernen in dieser Gegend in die Haube eintritt, dem Tractus fastigio-bulbaris s. u.

Nachdem nunmehr die Hirnnervenursprünge geschildert sind, dürfte ein Überblick über dieselben willkommen sein. Deshalb versucht Fig. 162 die Lage der Ursprungs- und Endkernsäulen schematisch wiederzugeben.

Die ***Symptome,*** *welche bei Erkrankungen des Pons und der Oblongata auftreten, sind in ihrer Gruppierung ein guter Prüfstein auf die Richtigkeit der Ihnen vorgelegten anatomischen Verhältnisse.*

Auf kleinem Raum sind dort die wichtigsten Bahnen für die Bewegungen der Körpermuskulatur, für die Empfindung, die Sprechmuskulatur, den Schluck-

akt usw. vereint. Ein Herd braucht da nicht groß zu sein, um gar mancherlei Symptome hervorzurufen.

Für die Diagnostik ist durch das Lageverhältnis der einzelnen Teile ein trefflicher Anhaltspunkt gegeben.

Die Kerne der Hirnnerven und deren Wurzelfasern liegen alle dorsal in der Haube. Ventral von ihnen liegt die sensorische Bahn für die gekreuzte Körperhälfte und wieder ventral von dieser die motorische Bahn aus dem Großhirn, ebenfalls für die gekreuzte Körperhälfte. Ganz lateral liegen die Kleinhirnbahnen.

Erkrankungsherde in der Haube werden also, wenn sie klein sind, nur Hirnnervensymptome machen, reichen sie weiter ventral, so werden zu den Hirnnerven gekreuzte Gefühlsstörungen auftreten und erreichen sie die Pyramydenbahn, so wird neben der Gefühlsstörung in der Seite, welche den gelähmten Hirnnerven gegenüberliegt, auch schwere Bewegungsbeeinträchtigung eintreten.

Da eine Unterbrechung der langen Bahnen die gleichen Symptome machen wird, einerlei ob sie schon im Vorderhirne oder Mittelhirne oder erst im Nachhirne erfolgt, nämlich Anästhesie, resp. Lähmung auf der gekreuzten Seite, so ist es wichtig, zu merken, daß man nur dann eine Störung der Gefühls- oder Bewegungsbahn in Pons-Oblongata vermuten darf, wenn gleichzeitig Symptome vorliegen, welche anzeigen, daß ein einzelner oder mehrere Hirnnervenkerne befallen sind.

Die Atrophie der Muskulatur, welche bei Affektionen der Kerne selbst auftritt, wird genau studiert werden müssen, wenn es gilt, den Ort und die Ausdehnung einer solchen Affektion festzustellen. Fig. 162, welche die Lage der Nervenkerne auf den Längsschnitt einer Oblongata projiziert darstellt, wird Ihnen diese Aufgabe wohl etwas leichter machen, als die früher demonstrierten Bilder von Querschnitten der Nervenursprünge es vermögen.

Die motorischen Bahnen für die Extremitäten liegen vorn ventral in den Pyramiden, sie treten erst sehr viel weiter hinten, gerade vor dem Rückenmarke auf die andere Seite. Die motorischen Fasern für die Hirnnerven aber liegen nahe der Medianlinie, steigen in der Raphe der Haube dorsal und kreuzen ganz nahe an den Nervenkernen selbst zu diesen hinüber.

Ein Erkrankungsherd der Brücke wird deshalb in den meisten Fällen zwar die Extremitäten auf der gekreuzten Seite, den Facialis, Abducens oder Trigeminus aber auf der gleichen Seite treffen. Das Schema Fig. 163 versucht dieses wichtigste Symptom vieler Pons- und Medullaaffektionen, die gekreuzte Lähmung, Ihrem Gedächtnis fester einzuprägen als es das geschriebene Wort vermag. Es stellt die Bahn der motorischen Innervationen für den Antlitznerven und für die Extremitätennerven dar. Sie sehen an der Zeichnung, daß ein Herd bei A im Großhirn oder in den Hirnschenkeln rechts den linken Facialis und die linksseitigen Extremitäten lähmen wird, daß aber eine Erkrankung bei B im Bereich der Brücke rechts, die Extremitäten wohl links, den Facialis aber rechts treffen kann, daß ein solcher Herd die Mittellinie überschreitend eventuell beide Faciales und die Extremitäten einer Seite außer Gebrauch zu setzen vermag. Sie sehen auch an dem Schema, daß Krankheitsherde in der Brücke (bei C) so sitzen können, daß sie halbseitige, nicht alternierende Hemiplegie erzeugen, daß sie also dieselben Symptome machen, wie wenn sie im Großhirne säßen. Alternierende Lähmungen können, wenn sie nicht durch verschiedene Herde erzeugt werden, überhaupt nur durch Ponsaffektionen oder durch solche Geschwülste u. dgl. hervorgerufen

werden, die ventral vom Pons sitzend, die Hirnnerven im peripheren Verlauf und die Pyramidenbahnen zerstören. Da außer dem Facialis noch der Abducenskern und der Quintuskern in der Brücke liegen, so können natürlich

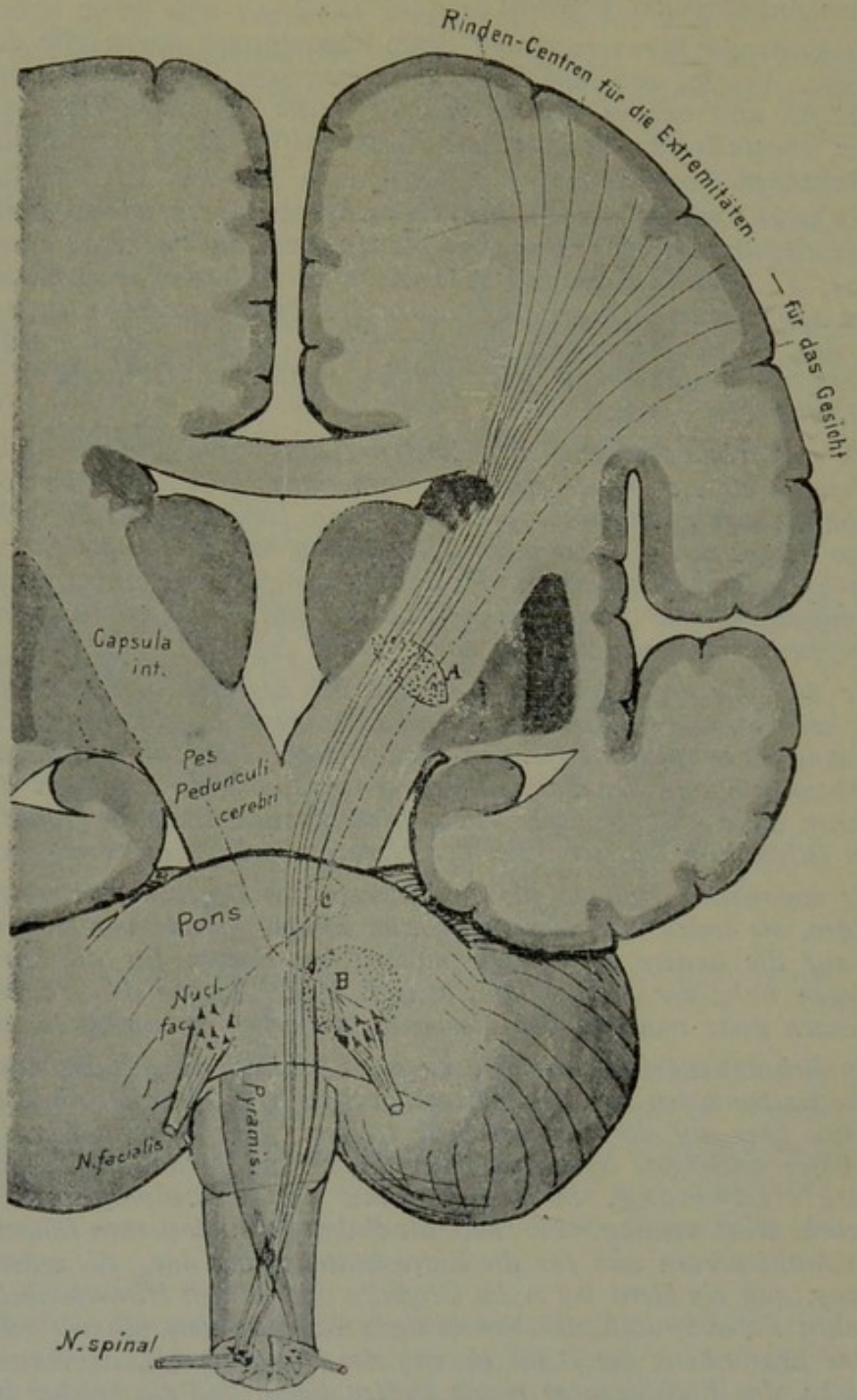


Fig. 163.

Schema der motorischen Innervationsbahn für den Facialis und die Extremitätennerven. Frontalschnitt durch Großhirn, Hirnschenkel, Brücke, verlängertes Mark und Rückenmark.

auch diese an den mannigfachen Modifikationen sich beteiligen, die bei Brückenerkrankungen im Bilde der wechselständigen Lähmung eintreten können. Wie sich der Akustikus verhält, ist noch unsicher.

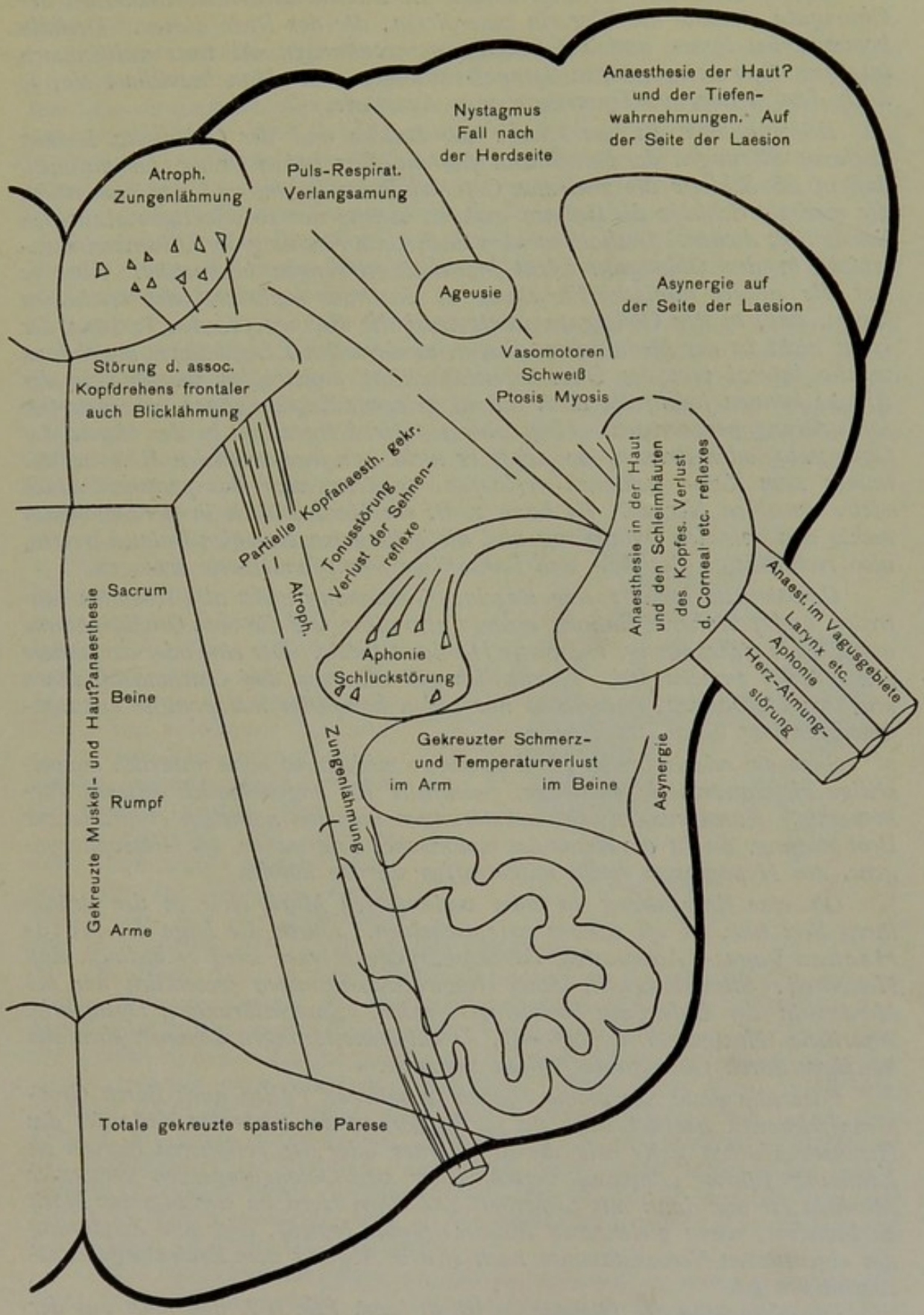


Fig. 164.

Diagnostische Hilfsfigur bei Oblongataerkrankungen.
Die Symptome bei Ausfall einzelner Stellen. (Manches unsicher.)

Durch die Brücke verlaufen auch die Fasern zu den Nervenkernen der Oblongata, welche die Wurzeln innervieren, die der Rede dienen. Deshalb kommen bei Pons- und bei Oblongataerkrankungen oft trotz vollkommen intaktem Sprachvermögen Sprechstörungen vor. Man bezeichnet sie, je nach dem Grade, als Dysarthrie oder Anarthrie.

Erkrankungen in der Haube der Brücke und der Oblongata können auch zu Störungen der Sensibilität führen. Wir haben Grund, anzunehmen, daß in der Schleife die zentralen Gefühlsbahnen liegen, und daß namentlich die mediale Schleife die Bahnen enthält, welche der so wichtigen statischen Sensibilität dienen. Deshalb werden nach Unterbrechung der Olivenzwischenschicht in der Oblongata leicht Muskelsinnstörungen beobachtet. Aber es hat die neuere klinische Forschung es durchaus wahrscheinlich erscheinen lassen, daß, in der Oblongata wenigstens, die Bahnen für den Tastsinn der Haut nicht in der Medianebene liegen, sondern den Längsbahnen angehören, welche lateral von der Olivenzwischenschicht angetroffen werden. In der Brücke können jedenfalls auch lateral gelegene Erkrankungen gekreuzte Gefühlsstörung hervorrufen. Liegt aber ein Herd irgendwo in der Haube der Oblongata oder Brücke, so trifft er nicht nur jene zentralen Bahnen, die immer zum Kerne gekreuzt verlaufen, sondern auch das periphere Stück vieler sensiblen Nerven. Es kann z. B. ein Herd seitlich in der Oblongata rechts den spinalen Quintuszug und die gekreuzten sensiblen Bahnen treffen, also rechtsseitige Gesichts- und linksseitige Rumpfanästhesie erzeugen.

Gewöhnlich zerstört eine einzelne Erkrankung nicht alle sensiblen zentralen und peripheren Bahnen, erzeugt also nicht, wie die vom Großhirnmarke ausgehende Erkrankung, komplette Hemianästhesie. Der eine oder der andere Nerv bleibt zumeist frei. Namentlich gilt dies von den Geschmacksbahnen und den Hörbahnen, von denen nur selten komplette intrapontine Leitungsunterbrechung bekannt wurde.

Sitzt ein relativ breiter Herd irgendwo median, so kann natürlich doppelseitige Hemianästhesie entstehen, jedenfalls ein ungewöhnlich seltenes Vorkommnis. Kaustörungen, Schluckstörungen kommen natürlich ebenfalls zur Beobachtung, da ja die Kerne des motorischen Trigeminus, des Glossopharyngeus, des Hypoglossus leicht mitgetroffen werden können.

Ob eine Erkrankung in dem verlängerten Mark oder in der Brücke ihren Sitz hat, ist oft schwer zu entscheiden. Durch die Lage des motorischen Vagus-, Accessorius, Glossopharyngeuskernes wird es bedingt, daß Heiserkeit, Stimmlosigkeit, dann Respirationsstörungen wesentlich nur bei Herden in der Oblongata beobachtet werden. Sprechstörungen, Dysarthrie, Anarthrie (Nucleus N. hypoglossi), Zirkulationsstörungen kommen ebenfalls häufiger durch Oblongataaffektion zustande.

Fast alle diese Symptome können in seltenen Fällen auch durch Großhirnaffektionen bedingt sein, da ja Zerstörung des zentralen Verlaufes der Hirnnervenfasern ganz wie die des Kernes oder der peripheren Nerven zu Lähmung führt. Lähmung verschiedener von Oblongatanerven versorgter Muskeln ist nur dann mit Sicherheit auf einen Herd im verlängerten Mark zu beziehen, wenn gleichzeitig Muskelatrophie besteht, und eine Zerstörung des eigentlichen Nervenstammes nach seinem Abgang vom Zentralorgan auszuschließen ist.

Die Kernsäule der Hirnnerven ist so lang, Fig. 162, daß man aus der Erkrankung des einen oder anderen Nerven leicht schließen kann, in welcher Gegend der Oblongata ein Herd sitzt. Seine Ausdehnung von unten nach oben läßt sich aus der Beteiligung der gekreuzten Gefühls- und motorischen Bahn erschließen. Ob er nur eine oder beide Hälften der Oblongata oder Brücke

trifft, das erhellt natürlich aus der Einseitigkeit oder Doppelseitigkeit der Symptome.

Medial von den Quintuswurzeln liegen an deren dorsalem Ende, also ziemlich ventral von dem Vaguskern, Längsbündel, bei deren Unterbrechung, wie eine Zusammenstellung von Marburg gut ergibt, sympathische Augenlähmung auftritt. Die Bahnen müssen — Experimente von Karplus und Economo — frontal vom Quintus gekreuzt haben. In der retikulären Substanz müssen an verschiedenen Stellen, so ventral und medial von der Quintuswurzel, ganz nahe dem Tractus spino-thalamicus, Fasern verlaufen, die aus dem gekreuzten Hypothalamus stammend, zu den Seitensträngen des Rückenmarkes ziehen, und bei der Unterbrechung Vasomotorenstörungen und Störungen der Schweißsekretion machen.

Ein Blick auf Fig. 164 lehrt Sie, wie groß ein Herd ist, der etwa den rechten Hypoglossus, Accessorius und die motorische Innervation der linken Körperhälfte befallen hat. Leicht können Sie sich an der Hand dieser Figur konstruieren, welche Beschaffenheit er haben muß, wenn beide Hypoglossi allein betroffen sind — Bulbärparalyse. Dann kann nur die Kernregion selbst in Betracht kommen. Ein Erkrankungsherd in der ganzen linken Seitenhälfte wird Accessorius, Atmung und die sensible Gesichtsinnervation — Trigeminuskern! — links, dazu die Muskel- und Hautsensibilltät rechts — Seitenstrangbündel, Tractus bulbo-thalamicus! — stören. Ziehen Sie auf Pauspapier, das Sie über Fig. 164 legen, sich beliebig große Kreise und bestimmen Sie, welche Erscheinungen auftreten müssen, wenn innerhalb derselben das Gewebe zerstört wird.

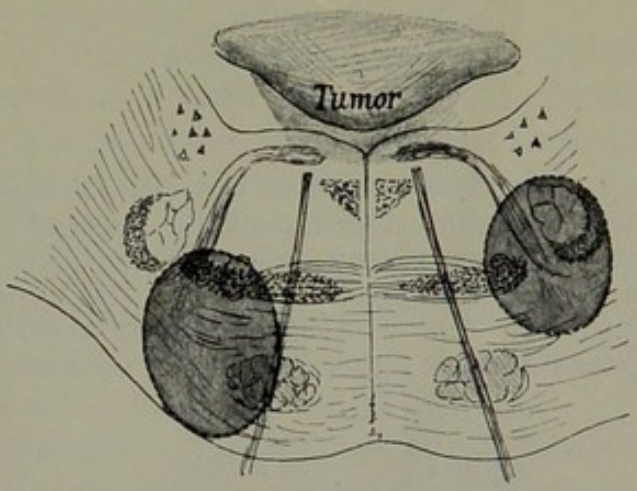


Fig. 165.

In Fig. 165—167 lege ich dann noch einige weitere Bilder vor, die als Beispiele dienen sollen, wie sich die Symptome einer Erkrankung bestimmter Gebiete gestalten.

Der Herd links in Fig. 167 wird linksseitige Gesichtslähmung, linksseitige Abducenslähmung und rechtsseitige Gefühlsstörung am Körper machen. Der Tumor mitten in der Rautengrube kann durch Affektion des einen oder der beiden dorsalen Längsbündel die Fähigkeit zur Seitwärtsbewegung der Augen einseitig oder beiderseitig vernichten. Läßt er die Kerne selbst frei, so kann dabei die Bewegung des Abducens selbst intakt bleiben. Außerdem wird er sich durch einseitige oder doppelseitige Facialisschwäche — Affektion des Facialisknies — verraten. Der Herd rechts wird außer einer rechtsseitigen Facialislähmung Gefühlsverlust im Gesichte rechts und am Körper links erzeugen, weil er die sekundäre sensible Körperbahn und die primäre Trigeminusbahn zerstört.

Trifft ein Erkrankungsherd die Brücke, so wird er, wie der in Fig. 167 links, gekreuzte motorische und sensible Lähmung erzeugen, mit oder ohne Beteiligung des gleichseitigen Trigeminus (s. Fig. 166).

Natürlich kann er auch, wie der Fig. 166 dorsaler liegende, andere Symptomkombinationen — Störung der kombinierten Augenbewegung und der gekreuzten Sensibilitöt — erzeugen.

Ein Blick auf unsere Abbildungen wird in vielen Fällen die Diagnose leicht ermöglichen.

Der Symptomenkomplex, welcher durch den Fig. 167 eingeschriebenen Herd erzeugt wird, wird nicht wesentlich verschieden von dem weiter kaudal gelegenen Fig. 166 demonstrierten sein, aber es werden vielleicht noch Gleichgewichtsstörungen — Bindearme — da sein, und es wird die Abwesenheit jeder sensiblen Störung im Gesicht schon auf frontalere Ebenen hinweisen. Der Trigeminus hat ja das Gehirn bereits verlassen.

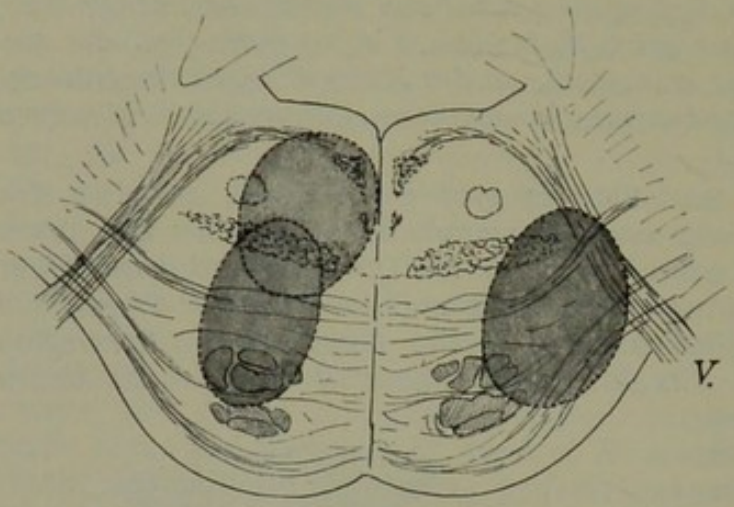


Fig. 166.

Das Charakteristische, welches aus allen diesen Beispielen erhellt, ist die Affektion des Kopfbezirkes auf der Seite der Erkrankung, des Rumpfes und der Extremitäten auf der zu ihr gekreuzten Seite, die alternierende motorische und sensorische Lähmung.

Dies relativ einfache Verhältnis erleidet aber eine Einschränkung. Durch die Oblongata ziehen auch die kortikalen Bahnen zu den gekreuzten Hirnnerven. Sie können ebenfalls getroffen sein und es kann dann, durch einen linksseitigen Brückenherd etwa, auch Lähmung des rechten Facialis entstehen. Die Sprach- und Schluckstörungen durch größere Herde kommen gewöhnlich so zustande; isolierte Nervenerkrankungen aber sind auf diesem Wege zum Glück für den Diagnostiker eine allergrößte Ausnahme.

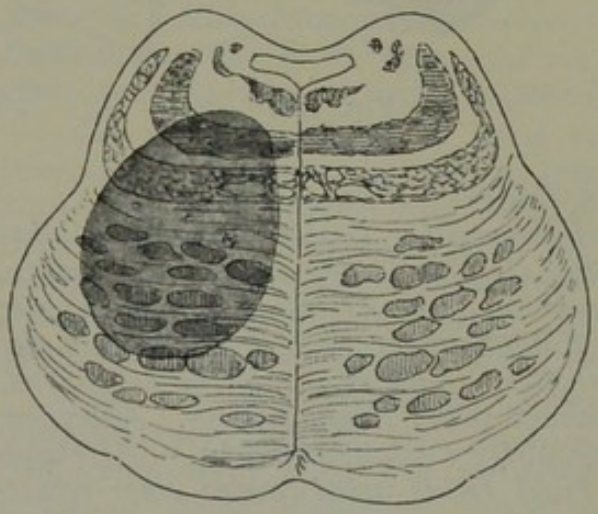


Fig. 167.

Begegnet Ihnen einmal ein Fall, der durch die Kombination seiner Symptome, Beteiligung ausgebreiteter Leitungszüge und nur einzelner Hirnnerven, wechselständige Gefühls- oder motorische Ausfallerscheinungen, den Gedanken aufdrängt, daß in der Oblongata oder Brücke die Unterbrechungsstelle liegen müsse, so wird es immer am einfachsten sein, wenn Sie an einer der früher gegebenen Abbildungen studieren, ob sie eine Stelle enthält, durch deren Zerstörung alle Unterbrechungen entstanden sein könnten. So wird es in vielen Fällen gelingen, ziemlich genau Ausdehnung und Lage des Herdes zu ermitteln. Versäumen Sie aber nie, gleichzeitig Fig. 45 die Abbildung der basalen Ansicht des Gehirnes zu studieren, weil auch durch Erkrankungen an der Hirnbasis sowohl Druck auf längere Bahnen als Zerstörung einzelner Nervenäste bedingt werden kann. Namentlich die schwartenbildende Meningitis kann zu Symptomenkomplexen führen, die von zentralen schwer unterscheidbar sind.

Fünfzehnte Vorlesung.

Die Brückengegend.

Die in der letzten Vorlesung geschilderten Kerne liegen zumeist nicht nur in der Oblongata, sondern ganz oder zum Teil in der Brücke.

In dieser Höhe wird der neencephale Teil des Querschnittbildes, der weiter rückwärts nur aus den Pyramiden bestand, mit einem Male viel größer. Neben den Pyramiden langen hier die Bahnen aus dem Großhirn an, welche dieses mit den Hemisphären des Cerebellums verknüpfen.

Die Brücke entsteht dadurch, daß sich lateral und dorsal von den Pyramiden mächtige Ganglien anlegen, die Brückenganglien, und daß zu diesen von vorn her, aus dem Großhirn, Züge treten, während sie selbst lateralwärts ihre Axenzylinder in das Cerebellum hinein senden. Diese Axensylinder heißen in ihrer Gesamtheit Brachia pontis — mittlerer Kleinhirnarm.

Durch diesen Apparat wird die Pyramidenfaserung von der Oblongataformation ventralwärts abgerückt, sie kommt innerhalb eines eigenen mächtigen Feldes zusammen mit den Brückenbahnen aus dem Großhirn zu liegen und bleibt auch von nun an bis zur Hirnrinde mit ihnen zusammen. Ein Schnitt durch die Brücke zerfällt in einen dorsalen rein palaeencephalen Abschnitt, der im wesentlichen die Bestandteile enthält, welche wir von der Oblongata her kennen — Haubenteil — und einen ventralen neencephalen, welcher, außer den Pyramiden, den gesammten Brückenapparat enthält — Fußteil der Brücke.

1. Die Faserzüge aus dem Großhirne — Tractus cortico-pontini — verlassen dieses durch den Hirnschenkelfuß in einem lateralen aus dem Schläfen- und zu geringerem Teil aus dem Occipitallappen entspringenden und einem medialen wesentlich aus dem Stirnlappen stammenden mächtigen Bündel. Zwischen beiden liegt die Pyramide, der Tractus cortico-spinalis. Da, wo die Brückenganglien auftreten, spalten sich die Tractus cortico-pontini in viele Äste zu diesen Ganglien, die Pyramidenbahn läuft, im wesentlichen geschlossen, weiter kaudal.

2. Die Brückenganglien sind graue, von einem Netze feiner Fasern erfüllte Massen, in die man einerseits die Fasern aus den Brückenarmen, andrerseits die aus dem Gehirn stammenden Bahnen verfolgt.

Die Gesamtfasern aus den Ganglien bilden eine einheitliche Masse, eben die Brückenarme.

Die Brückenganglienzellen liegen in dichten, nur durch die zu- und abtretenden Fasern getrennten Gruppen über die ganze Breite der Brücke verteilt. Dorsal da, wo der Fußteil der Brücke an den Haubenteil grenzt, ragen sie weithin in diesen hinein. Ein medialer Fortsatz beiderseits der Raphe kann gut von einem lateralen geschieden werden. S. Fig. 170.

Es ist durch Untersuchungen von S. R. y Cajal sicher geworden, daß um die großen Zellen der Brückenganglien die mächtigen cortico-pontinen Züge aufsplittern und daß aus den Axenzylindern jener Zellen die Arme zum Kleinhirn werden. Er und Held haben dann noch gezeigt, daß auch aus den die Brücke nur durchziehenden Pyramiden noch zahlreiche Kollateralen zu den Brückenganglien treten, ja, daß auch aus den dorsal von der Brücke liegenden sekundären sensiblen Bahnen Kollateralen hierher herabtreten. Innerhalb des Brückengraues ist also ein mächtiger Assoziationsapparat für Fasern der allerverschiedensten Herkunft gelegen.

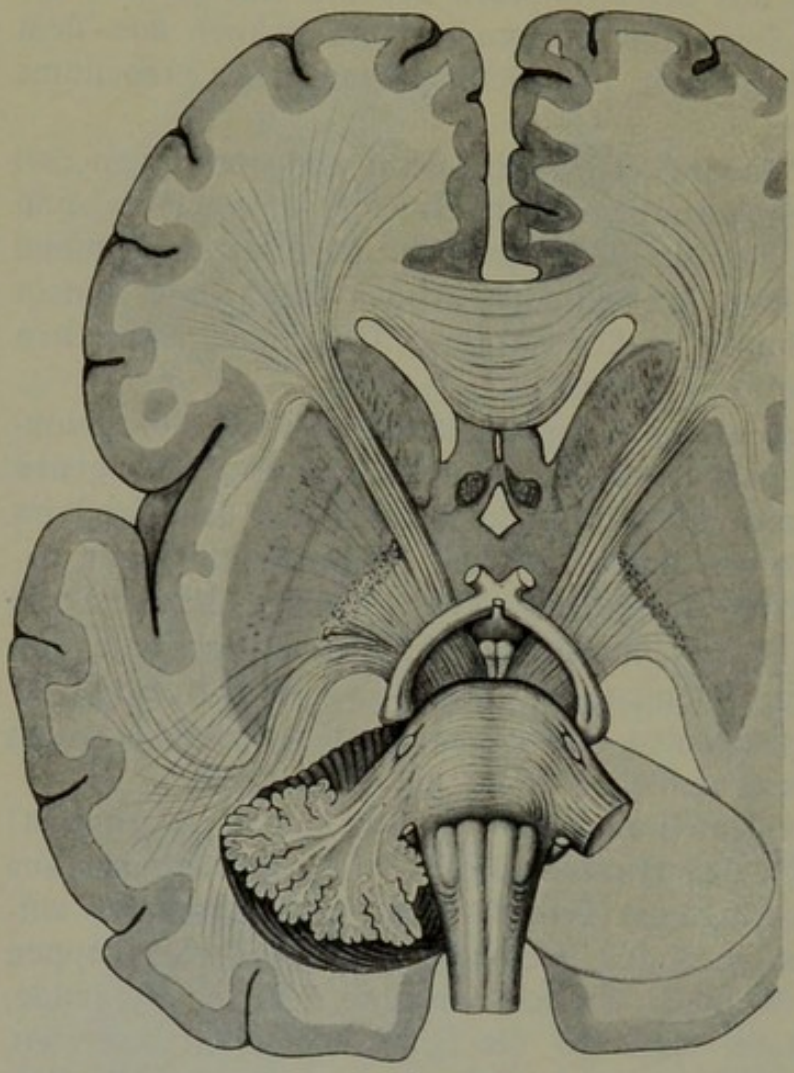


Fig. 168.

Die Bahnen aus der Großhirnrinde zur Brücke und der Brückenarm zum Kleinhirn. Abfaserungspräparat. Halbschema.

Da die Degenerationsversuche zeigen, daß nicht nur nach Großhirnherden, sondern auch bei Kleinhirnentfernung ein Teil der Brückenfasern zugrunde geht, müssen wir annehmen, daß, wie in vielen anderen Bündeln, so auch in den Brückenarmen Fasern doppelter Verlaufsrichtung, solche aus Zellen des Kleinhirnes zu den Brückenganglien und solche aus den Zellen jener Ganglien hinaus zum Kleinhirne vorhanden sind.

Den Brückenganglien liegen, wie wir gleich nachher sehen werden, die sekundären und tertiären sensiblen Leitungen dicht auf. Nach S. Ramon y Cajal treten aus diesen zahlreiche Fasern in die Brückenkerne hinein. Es ist namentlich der Fall für die medianst liegenden Gangliengruppen, welche in die Brückenhaube hinaufragen.

3. Aus den Brückenganglien kommen die Brachia pontis. Sie stammen in den ventraleren Gebieten — Stratum superficiale — zumeist aus Brückenganglien der gleichen, in den dorsaleren — Stratum profundum et complexum — aus solchen der gekreuzten Seite (Mingazzini). Alle ziehen lateralwärts dem Cerebellum zu.

Aus den Querfasern der Brücke sieht man nahe der Mittellinie

sich Bündel loslösen, die in senkrechtem Zuge innerhalb der Raphe dorsalwärts ziehen — Fibrae rectae pontis — sie enden wohl zum Teil in denjenigen Brückenganglien, die in die Haube hineinragen, denn da sieht man sie nach Kreuzung in der Raphe sich ausbreiten. Aber diesen Fibrae rectae ist ein anderes System beigemischt, das ganz andrer Herkunft ist. Es sind Fasern aus den Kleinhirnkernen, die via Brückenarme hierher ziehen und in den Nuclei reticulares tegmenti pontis gekreuzt enden. Lewandowski u. a. Diese Fasern

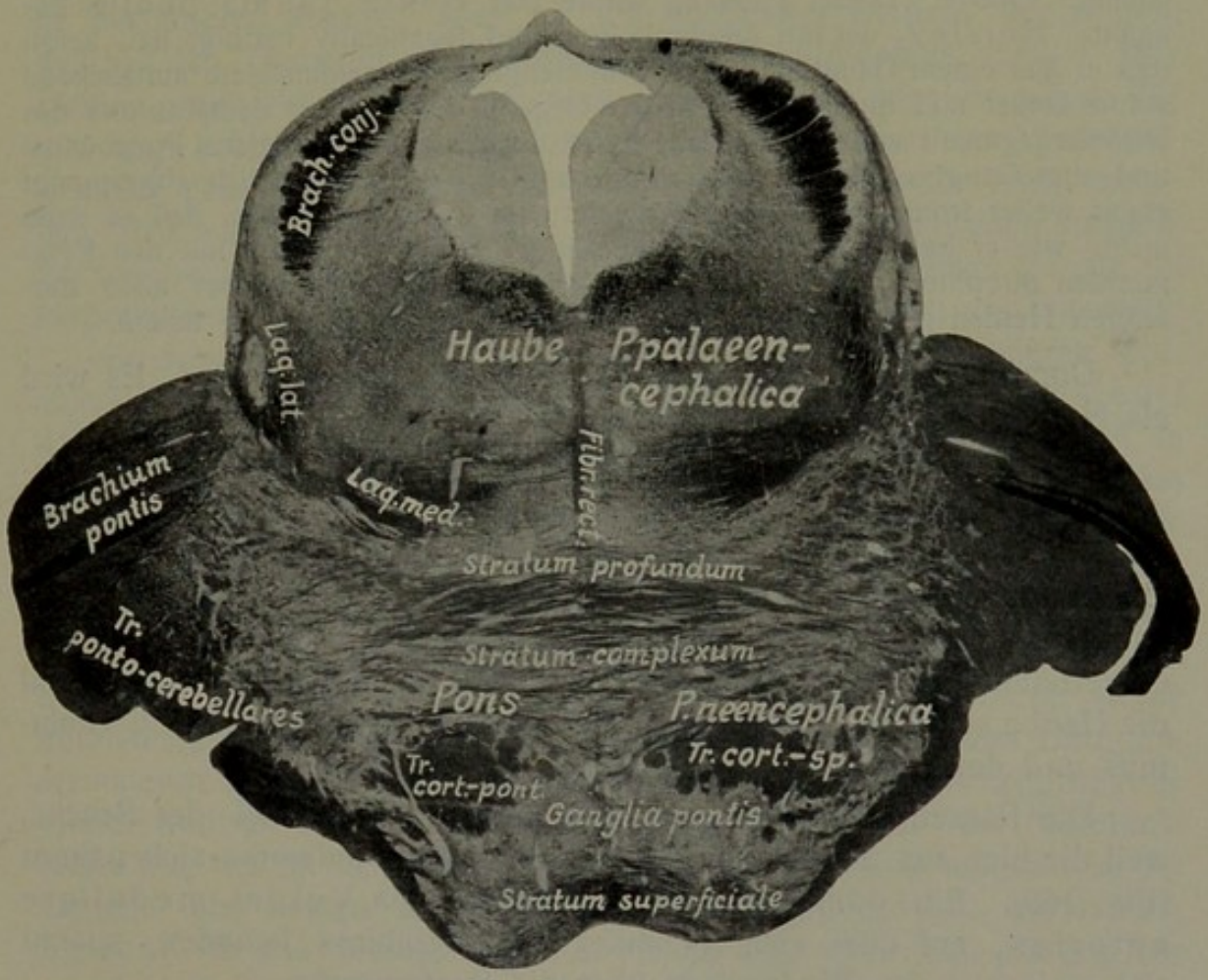


Fig. 169.

Schnitt durch die frontale Ponsgegend.

sind am Schema Fig. 204 gut zu sehen. Außerdem Fig. 179. Sie bekommen ihr Mark sehr viel früher als die Brückenarme. Bechterew.

Die Brücke vermittelt durch ihre Ganglien den Übergang von Großhirnbahnen in das Kleinhirn. Sie ist deshalb bei allen Tieren mit gering entwickeltem Rindensystem sehr klein, ja sie ist in ihrer frontokaudalen Ausdehnung geradezu abhängig von der Entwickelung des Großhirnmantels. Deshalb findet man z. B. bei allen Insektivoren, bei den Nagern, den Beutlern und den Monotremen immer eine ganz kurze Brücke, siehe z. B. Fig. 158. Die größte Brücke haben die Primaten. Doch bestehen noch zwischen Mensch und Anthropoiden Unterschiede zu ungunsten der letzteren. Bei den übrigen Affen ist

die Brücke wesentlich kürzer als bei den Menschen; sie bedeckt — s. Fig. 144 — nicht einmal das Corpus trapezoideum der Haube. Nur die Wale haben noch eine Brücke, die sich an Ausbildung mit der der Anthropoiden messen kann.

Frontal von der Brücke, aber dieser dicht anliegend sieht man — nicht regelmäßig — bei Mensch und Säugern ein Bündel aus der Mittellinie auftauchen, das die Brücke am Vorderrand isoliert begleitet und dann unter dem Kleinhirn verschwindet, Fig. 218. Auf diesem Zuge kreuzt es natürlich die laterale Schleife. Dieser Faserzug wurde von Henle Taenia pontis genannt. Horsley, der ihn durchschnitten und degenerativ verfolgt hat, zeigt, daß er aus einem Ganglion hinter dem Ganglion interpedunculare auftauchend sofort kreuzt und im Kleinhirn in der Gegend des Nucleus dentatus und des Nucleus tegmenti endet. Vielleicht ist er doch nur ein frontalstes Ponsbündel und jenes Ganglion ein frontalstes Ponsganglion, das gelegentlich abgesprengt etwas weiter frontal liegt. Der Einwand von Oekonomakis, daß es dann nicht, wie er beobachtet hat, bei einseitiger Großhirnatrophie mit den Pyramiden atrophieren könne, widerlegt sich dadurch, daß wir bei alten derartigen Herden gar nicht selten auch Atrophie der Brückenarme finden.

Dorsal von der Brücke zieht das Palaeencephalon weiter. Es wird als Haube der Brücke bezeichnet.

Die Haube der Brückengegend hat im wesentlichen die gleiche Zusammensetzung wie die der Oblongata. Aber sie liegt nicht mehr frei da, sondern ist von allen Seiten von den Kleinhirnarmen umschlossen. Ganz wie weiter kaudal die Corpora restiformia den lateralen Rand einnahmen, so grenzen jetzt, nachdem die Restiformia in das Cerebellum eingetreten sind, die Brückenarme ventral und die Bindearme dorsal die Haube seitlich ab, Faserzüge, welche das Kleinhirn mit dem Thalamus und dem Großhirne verbinden.

Die Rautengrube verengert sich im mittleren Drittel der Brücke, weil die hier aus dem Kleinhirn herabtretenden Bindearme sich nähern (Fig. 169). Ein dünnes Blatt des Daches, das Velum medullare anterius, auf dem sich Ausläufer des Kleinhirns befinden, spannt sich zwischen den Bindearmen über die Rautengrube.

Die Hirnnervenkerne am Boden des Ventrikels sind nun verschwunden. Nur das frontale Ende der Trigeminuskernsäule ist lateral, wo die ganze Säule lag, noch zu sehen.

Dagegen entwickeln sich nun andere Teile des Eigenapparates die in der Haube der Oblongata zwar vorhanden aber noch unbedeutend waren, viel mächtiger: das Bodengrau des vierten Ventrikels, das sich um den Aquaeductus Sylvii herum fortsetzt, die Substantia grisea centralis, dann der Apparat der Substantia reticularis und es treten auch einige neue Kerne auf.

Das zentrale Höhlengrau, welches den vierten Ventrikel umgibt, wird, wenn die großen Vestibulariskerne frontal aufgehört haben, wesentlich dicker und namentlich in der Brückenhaube schwillt es mehrfach zu Wülsten an, die auf dem Querschnitte, Hirnnervenkernen

gleichend, verschiedene Namen empfangen haben. Ihre Bedeutung ist völlig unbekannt. Das gilt auch für die Züge feiner markhaltiger besonders in sagittaler Richtung verlaufender Fasern, die dieses Grau einschließt. Der größte, ein Bündel, das aus der kaudalen Brücke bis weithin unter die Vierhügel verfolgt werden kann, ist von Schütz als Längsbündel des zentralen Höhlengraues bezeichnet worden.

Dieses ganze System dünner markhaltiger Fasern scheint aus kleinen Ganglienzellen zu stammen, die überall im zentralen Grau liegen, in besonderen Mengen aber in den frontalsten Partien, denjenigen, welche den Thalamus und speziell den Hypothalamus medial auskleiden, entwickelt sind. Von dort strahlen, wie besonders Fig. 247 gut zeigt, mächtige Faserzüge überall ein in das Grau der Vierhügelgegend, ebenso wie in das der Brückenhaube. Es wäre leicht möglich, daß wir in diesem diffusen System einen sympathischen Apparat vor uns hätten. Versuche von Kreidl und Karplus ließen gerade im Hypothalamus ein sympathisches weithin wirkendes Zentrum erkennen.

Im frontalsten Abschnitte der Brückenhaube liegen in deren dorsalem Abschnitte zwei Ganglien, die man als Ganglion tegmenti dorsale und ventrale bezeichnet. Das erstere ist immer leicht zu sehen, weil es den Ventrikelboden, wie Fig. 171 zeigt, vortreibt, das andere ist Fig. 171 nicht speziell bezeichnet, aber als helle Stelle ventrolateral vom dorsalen Längsbündel sehr gut sichtbar. Dieser letztere Kern schwankt sehr in seiner Entwicklung und soll gelegentlich beim Menschen vermißt werden. Auch den ersteren finde ich bei den Nagern größer als bei den anderen Säugern. In beide Kerne geraten Fasern aus dem Corpus mamillare. Der aus diesem Ganglion stammende Tr. mamillo-tegmenalis zieht durch die ganze Mittelhirnhaube immer ventral von dem dorsalen Längsbündel nahe der Mittellinie rückwärts, um an deren Ende fächerförmig auseinander fahrend in der Gegend der beiden Ganglien zu enden. Gudden, Kölliker, Spitzer. In das dorsale Ganglion ziehen aber auch viele Fasern, die aus dem Ganglion interpedunculare stammen, einem zwischen beiden Hirnschenkeln am frontalen Brückenrande gelegenen, von den Fischen bis zum Menschen konstanten Ganglion. Es scheint deshalb, daß diese zwei bisher etwas vernachlässigten Ganglien der dorsalen Brückenhaube für das Arbeiten des palaeencephalen Apparates eine gewisse Wichtigkeit haben.

Nucleus motorius tegmenti-Zellen von dem Charakter der Substantia reticularis, also größere multipolare Zellen, die ihren Axenzylinder direkt oder nach Kreuzung in der Raphe in einen auf- und einen absteigenden Ast teilen und die von zahlreichen aus dem Cerebellum stammenden Fäserchen umgeben sind, liegen ziemlich diffus zerstreut überall in der Brückenhaube. Man scheidet aber gewöhnlich einen Nucleus reticularis medialis ab von einem lateralen. Ob dieser mediale, der kleinere Zellen hat, aber zu diesem Systeme

überhaupt gehört, ist mindestens zweifelhaft, zumal seine Elemente nach Laesion der Brückenarme ganz wie die Ponsganglien entarten. Kohnstamm und Quensel. Die von Bechterew gewählte Bezeichnung Nucleus reticularis tegmenti hat deshalb vielleicht dem Namen Processus tegmentalis pontis (Jacobsohn) Platz zu machen. Der laterale Nucleus reticularis enthält mindestens in den kaudaleren Abschnitten die ganz andersartigen, aber nur degenerativ abscheidbaren, motorisch visceralen Zellen für die Speichelabsonderung — Kohnstamm.

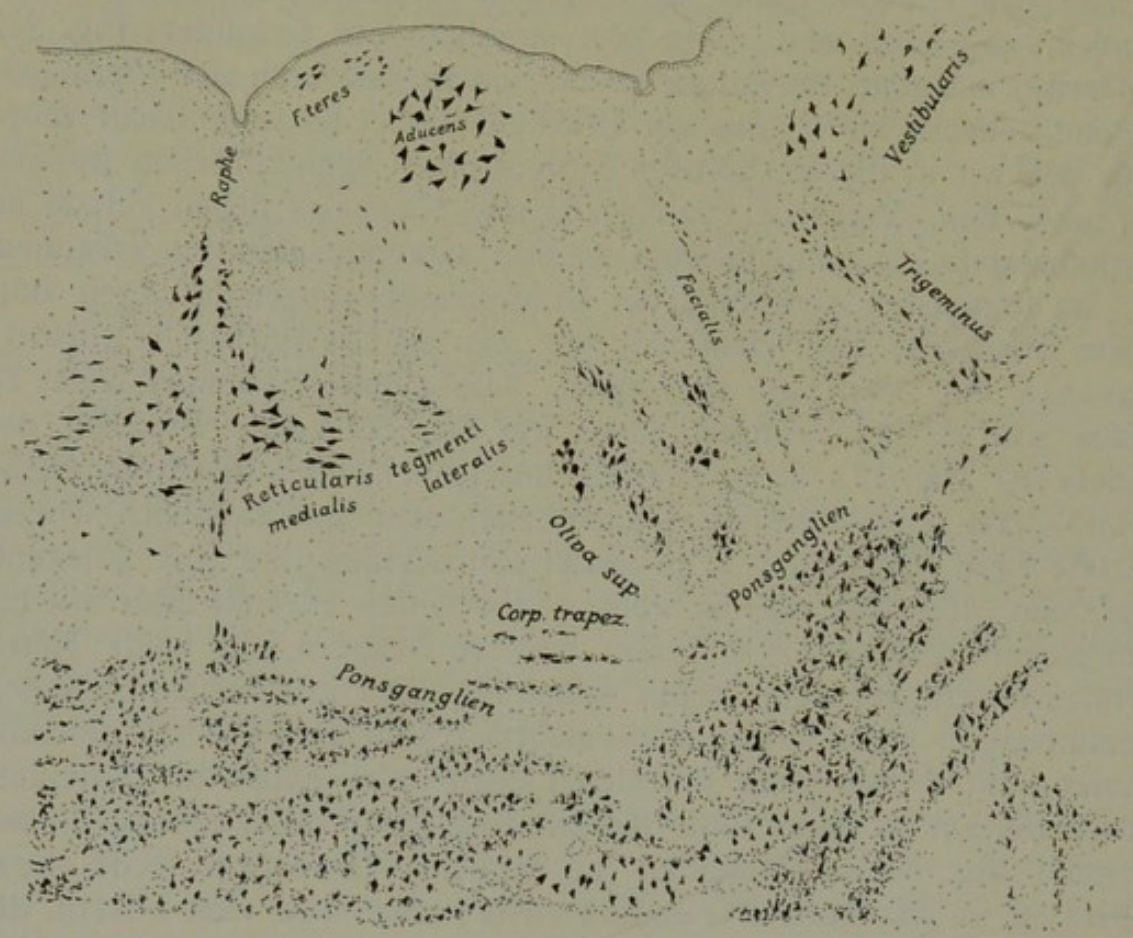


Fig. 170.

Die Zellgruppen in der Haube der kaudalen Brückengegend. Der Schnitt entspricht etwa dem Fig. 156 abgebildeten anders gefärbten.

Die Zellen, welche dicht an und in der Raphe liegen sind als Nucleus Raphes bezeichnet worden.

Ich habe absichtlich alle diese Namen angeführt, da sie in der Brückenliteratur eine große Rolle spielen, möchte aber zum Schlusse betonen, daß es sich höchst wahrscheinlich um Teile eines einheitlichen Systemes handelt, das ich als Nucleus motorius tegmenti bezeichnet habe, des Systemes, dem wir von der Oblongata bis in den ventralen Thalamus begegnen immer an gleicher Stelle und von gleichem Bau. Allemal entsenden große multipolare Zellen Axenzylinder, die sich in auf- und absteigende Äste von relativ kurzem Verlaufe teilen und

allemal enden an diesen Zellen Fasern, die höchst wahrscheinlich aus den Kleinhirnkernen stammen. Figur 123 u. 204 geben Schemata.

Bahnen der Brückenhaube.

Die Brückenhaube ist nur in relativ geringem Maße End- oder Ausgangsstation von Fasern — es handelt sich im wesentlichen um die Kleinhirnzüge zu dem retikulären Apparate und um Verbindungen, die aus dem Hypothalamus hierher ziehen — in viel weitgehenderem Maße ist sie Durchgangsstätte für aus anderen Teilen des Palaeencephalon stammende Bahnen.

Für die Darstellung all dieser Bahnen ist es am besten eine Gruppeneinteilung vorzunehmen.

1. Mediale Gruppe: Der Fasciculus longitudinalis dorsalis enthält mediale Fasern aus dem Hypothalamus, weiter lateral die Fasern aus dem oberen Deiterskerne zu den Augenmuskelkernen im Mittelhirn und am weitesten lateral die Fasern der Commissura posterior, welche im Mittelhirne kreuzend beide Haubenhälften verbinden.

Ventral von diesem zusammengesetzten Faserzuge liegen an unbekannten Stätten des Bulbus oblongatae und des Rückenmarkvorderstranges endende Tractus tecto-bulbares aus dem gekreuzten Mittelhirndache.

2. Laterale Gruppe: Wahrscheinlich aus dem Locus coeruleus und sicher aus der ihm lateral anliegenden Mittelhirnwurzel des Trigeminus gelangen in diesen Nerven Wurzelfasern.

Das mächtige Bündel des Brachium conjunctivum begrenzt im wesentlichen den Schnitt nach außen. Es stammt, wie Sie wissen, aus dem Nucleus dentatus cerebelli.

Mit ihm gelangen Fasern heraus, die aus dem gekreuzten Nucleus fastigii stammen und sich dorsal, den Bindearm umschlingend, kaudalwärts wenden. Dieser Tractus fastigio-bulbaris ein Teil des Tractus cerebello-tegmentalis, ist in Fig. 171 u. 179 an der eben angegebenen Stelle im Querschnitte zu sehen. Außerdem aber sieht man auch wie er seine Fasern zwischen Locus coeruleus und Bindearm ventralwärts sendet, wo sie teils weiterziehen, teils lateral von der Stelle, wo in der Fig. 171 Tr. Thal.-Ol. steht, in die Haube einstrahlen.

3. Zentrale Gruppe: Mitten in der Substantia reticularis liegt der Tractus thalamo-olivaris, der eben deshalb auch zentrale Haubenbahn genannt wurde. Dorsal von ihm liegt die dorsale zentrale Trigeminusbahn und ventrolateral die ventrale zentrale Trigeminusbahn. Beide sind auf der Abbildung als Verdichtungen der Faserung sichtbar, aber nicht signiert, weil sie zur Zeit der Herstellung der Zeichnung noch unbekannt waren; sie können jetzt für deren Exaktheit Zeugnis ablegen.

Ziemlich genau lateral liegt der beim Menschen nur mäßig entwickelte Tractus rubro-spinalis, der aus dem roten Kerne der Haube stammend bis weithin in das Rückenmark hinunter reicht. Dort haben Sie ihn bereits kennen gelernt. Figur 119 stellt die Lage dieses Bündels auf verschiedenen Querschnittebenen dar.

Überaus kompliziert gebaut ist die
Ventrale Gruppe. Sie liegt dicht den Brückenfasern auf und stellt sich hier dar als eine Schicht quer und schräg durchschnittener Fasern.

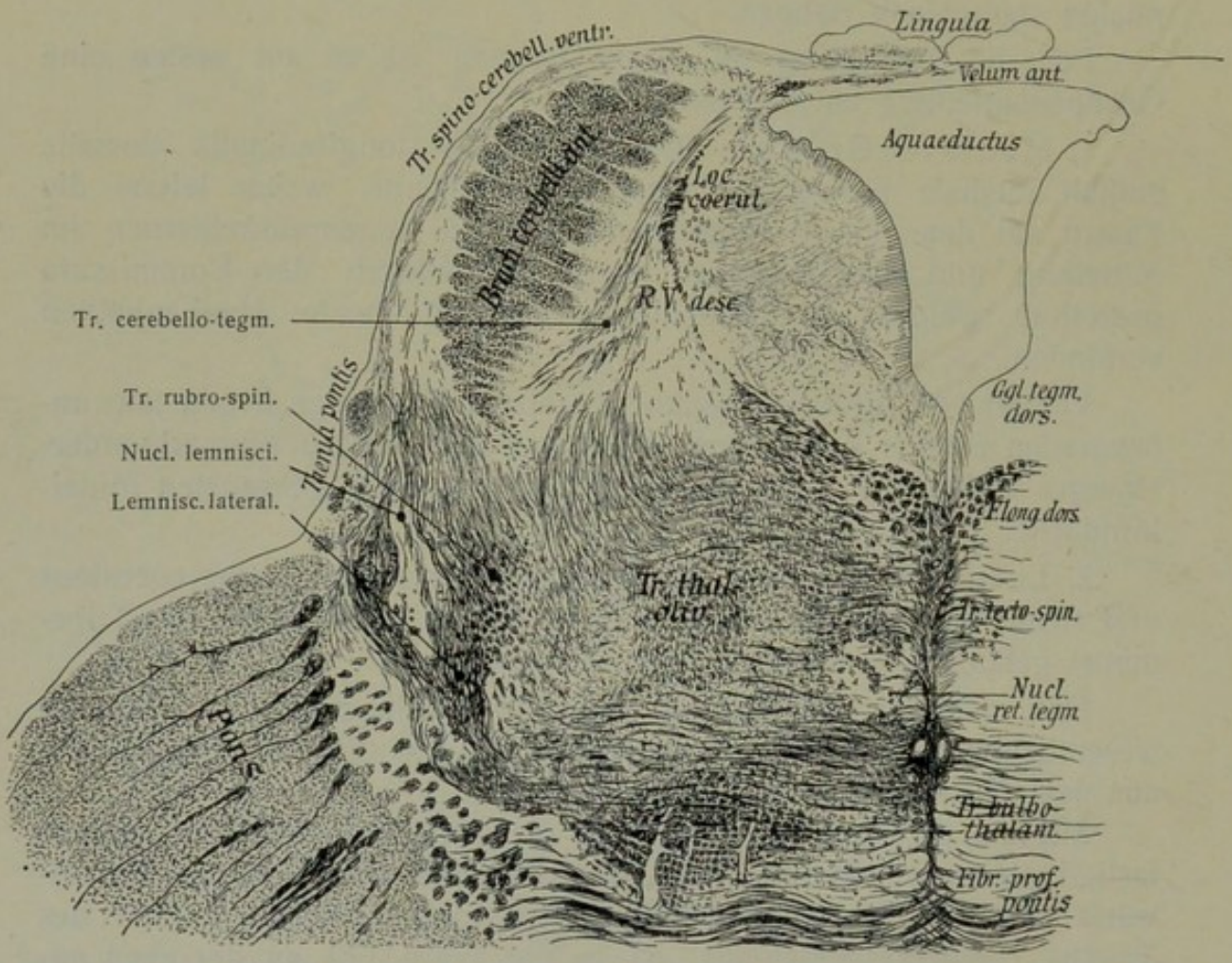


Fig. 171.

Schnitt durch die Haube der mittleren Brückengegend.

Sie heißt seit alters
Schleifenschicht der Haube.

In ihr vereinen sich viele der mannigfachen Züge, welche aus dem Rückenmarke und der Oblongata hirnwärts streben oder aus dem Thalamus und dem Mittelhirn rückwärts ziehen.

Es hat eine ungeheure Arbeit gekostet, die einzelnen Teile, aus denen die Schleifenschicht besteht, voneinander zu sondern und ihrem Wesen nach zu erkennen. Namentlich ist über absteigende und aufsteigende Entartungen eine ganze Literatur erwachsen.

Die Schleifenschicht enthält medial die motorischen Fasern aus der Rinde zu den Kernen der motorischen Hirnnerven und lateral sämtliche sekundären sensiblen Bahnen, außer der einen sekundären Trigeminusbahn, die dorsaler verläuft.

Daß die Schleifenschicht in ihrer Hauptmasse die sekundäre sensible Faserung enthält, das hat zu derselben Zeit Monakow experimentell für die Säuger bewiesen, wo ich ihr Vorkommen bei den

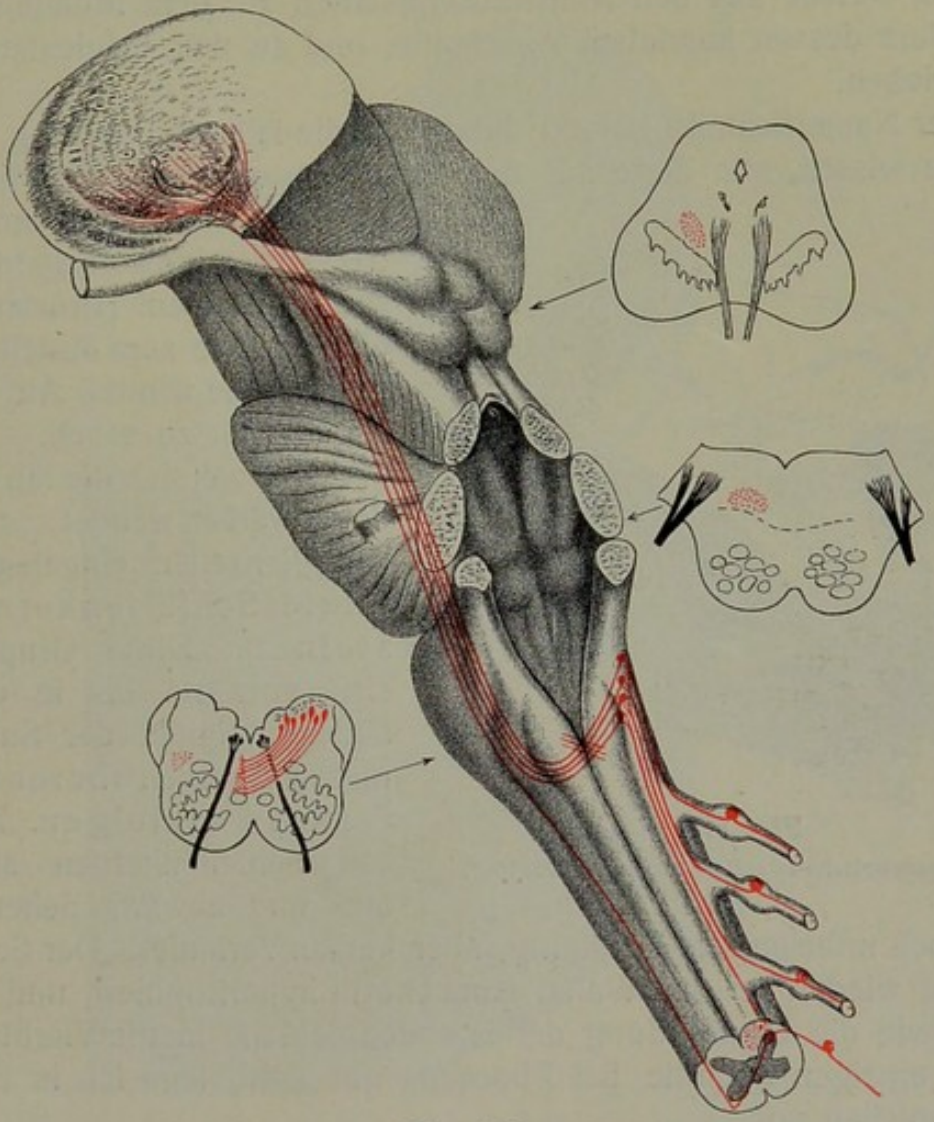


Fig. 172.

Der Gesamtverlauf der medialen Schleife.

niederen Vertebraten erkennend, auf vergleichend anatomischem Wege zu der gleichen Anschauung gekommen bin.

Die sensiblen Bahnen in der Schleife sind in der Weise geordnet, daß ganz medial die Fasern aus den inneren Hinterstrangkernen, also die sekundär sensiblen Bahnen aus der Unterextremität verlaufen, daß sich weiter lateral die Züge aus den Burdachschen Kernen, also aus den Endkernen der sensiblen Arm- usw. Wurzeln anschließen, daß dann weiter lateral und dorsal die aus dem Vorder- und Seitenstrang

aufsteigenden, wahrscheinlich der Temperatur-, Tast- und Schmerzempfindung dienenden spinalen Bahnen liegen.

Dieser bereits früher als Tractus spino-bulbo-thalamicus erwähnte Complex wird seit Alters als obere, auch als mediale, gelegentlich auch als Thalamusschleife bezeichnet.

Unter lateraler oder Vierhügelschleife wird die Fasermasse verstanden, welche der erwähnten dicht lateral anliegt. Sie ist anderer Herkunft und umfaßt im wesentlichen die Tractus bulbo-tectales, die Bahnen, welche aus den Akustikusendstätten zu dem Mittelhirndache, besonders dessen kaudalem Abschnitte, und zu dem Geniculatum mediale ziehen.

Der Name Schleife kommt daher, daß die laterale Faserung, welche, wie Sie wissen, alle Züge aus dem Akustikusapparate zum Mittelhirndach enthält, sich, wenn einmal der Trigeminus ausgetreten ist, seitlich an dem Hirnstamm wie eine Schleife zum Mittelhirndach in die Höhe windet. Auf Fig. 218 ist das gut zu sehen.

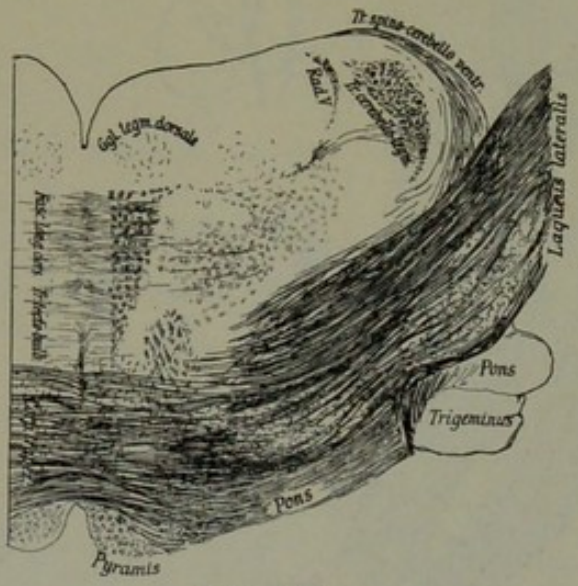


Fig. 173.
Die hypertropische laterale Schleife bei Dasypus.

Da, wo sich die lat. Schleife dorsalwärts wendet, sind ihr Ganglienzellen eingelagert (lateraler Schleifenkern, Obersteiner). Diese Gruppe läßt sich vorwärts bis in den am äußeren Rande der Substantia nigra gelegenen oberen Schleifenkern verfolgen. Aus diesen Schleifenkernen stammen auf- und abwärts ziehende Fasern noch unbekannter Endigung, aber kurzen Verlaufes. Der Schleifenkern ist wieder bei den Walen ganz enorm hypertrophiert, und da man ihn, sowie die Einmündung der lateralen Schleife in die Vierhügel auf einem einzigen Schnitte bei Phocaena gut sieht, lege ich in Fig. 174 einen solchen vor.

Bei den Tieren mit besonders stark ausgebildetem akustischen Apparate, beim Maulwurf, der Fledermaus, der Maus, den Walen, ist die laterale Schleife sehr viel mächtiger als die mediale Schleife. Ein ungeheures Bündel, bedeckt sie die Außenseite des Gehirnstammes an dieser Stelle. Fig. 173.

Wenn nun auch die meisten Fasern dieser lateralen Schleifenschicht im wesentlichen so direkt in die Vierhügel eintreten, wie es auf Fig. 221 zu sehen ist, so gilt das doch nicht für alle. Ziemlich weit frontal in der Brückenhaube sendet eine der Schleife eingelagerte Zellgruppe eine ganze Anzahl Fasern medialwärts. Sie haben dabei die schon

medialer getretenen Bindearme zu kreuzen und treten dann unter dem Aquäduktboden hinweg auf die andere Seite, um sich dann erst in den hinteren Vierhügel zu begeben. Diese Entdeckung von Karplus und Spitzer kann ich durch Vorlage eines Präparates bestätigen, an dem jene Fasern nach Anschneiden der Schleifenschicht rechts zum linken Vierhügel hinüber degeneriert sind. Fig. 175.

Die medialsten Fasern der Vierhügelschleife verlaufen eine Strecke hin über das Velum medullare, ehe sie den Vierhügel erreichen (Valeton).

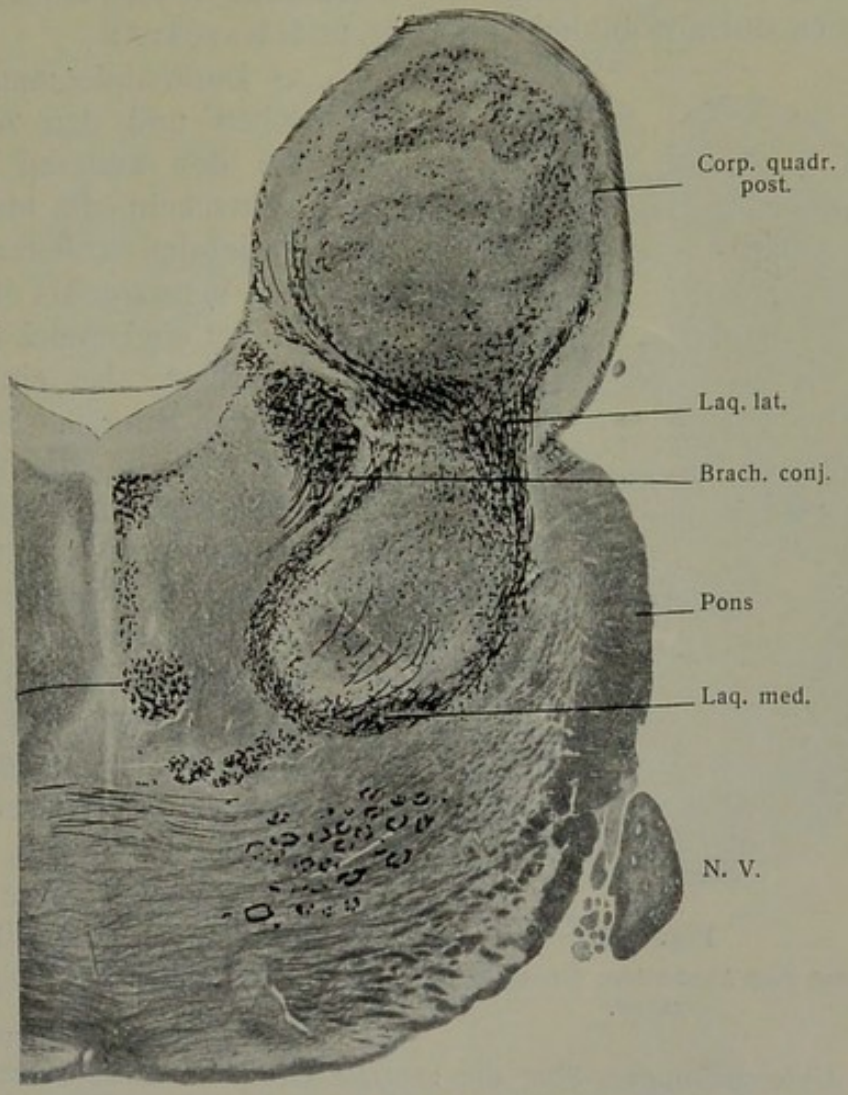


Fig. 174.

Eintritt der lat. Schleife in den hinteren Vierhügel. Wal.

Mit der lateralen Schleife verlaufen nicht nur die Bahnen zu, sondern auch einige Bahnen aus den Vierhügeln. Degenerativ ist bisher innerhalb der großen und so mannigfach zusammengesetzten Fasermasse im wesentlichen nur der Tractus tecto-spinalis ermittelt, dem die Fasern, die als Tractus spino-tectales zu bezeichnen wären, innig anliegen. Während die Hauptmasse der lateralen Schleife im kaudalen Vierhügel endet, stehen diese beiden Bahnen wesentlich in Beziehung zu den vorderen Hügeln.

Im Niveau der Schleifenschicht liegen nahe der Mittellinie der Brücke noch mehrere Bündel, welche nicht sekundär sensible Bahnen führen:

Ganz medial findet man nach Wallenberg ein Bündelchen beim Kaninchen, das aus dem medialen Abschnitt des gekreuzten Gollschen Kernes stammend hirnwärts zieht, um im Corpus mamillare zu enden, der Tractus bulbo-mamillaris. Ihm nahe liegt ein Faserzug, der, wenn unterbrochen, bis frontal in die Chiasmagegend entartet, wo seine Fasern eine Kreuzung, die Decussatio (hypothalamica anterior) supraoptica dorsalis bilden (Spitzer und Karplus).

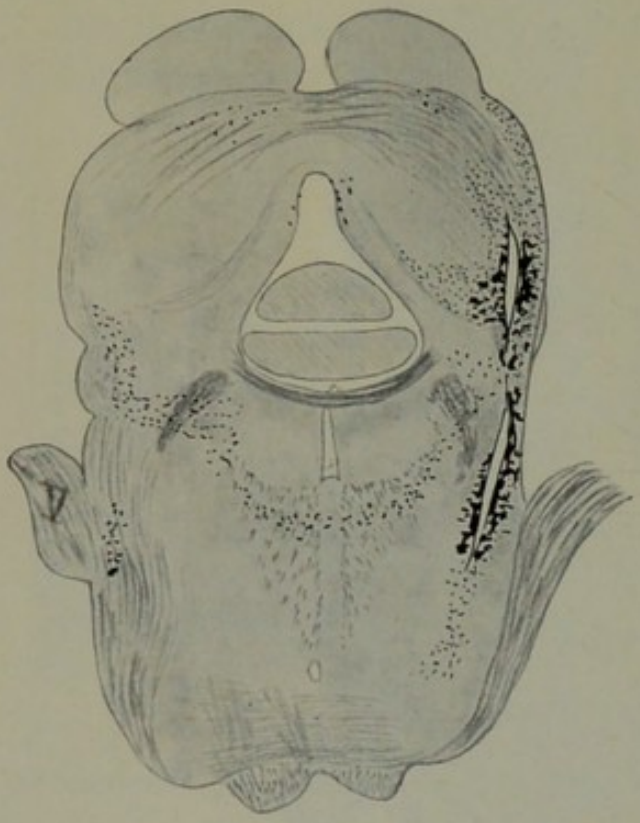


Fig. 175.

Degenerationen nach Anschneiden der rechten Schleifenschicht.

Dann findet man beim Menschen und den Affen sicher, bei den anderen Tieren sehr wahrscheinlich am medialen Ende der Schleifenschicht, etwas ventraler als diese liegend, immer ein Bündel aus der Fußfaserung, also ein echt motorisches Bündel. Spitzka zuerst hat es aus vergleichend anatomischen Gründen sehr wahrscheinlich gemacht, daß dieses Bündelchen die zentralen Bahnen für die motorischen Hirnnerven enthält. In der Tat kann man sich überzeugen, daß aus ihm fortwährend Fasern in die Raphe aufsteigen, und sieht am dorsalen Ende der Raphe Fasern über die Mittellinie hinweg nach den Kernen treten.

Hoche, welchem man die genauesten Untersuchungen über die zentrale Bahn der motorischen Hirnnerven verdankt, sah nach Erweichungsherden in der ventralen Gegend der Zentralwindungen degenerierte Fasern aus der betreffenden Pyramide in alle motorischen Hirnnervenkerne durch die Raphe aufsteigen. Sie versorgten jedesmal die Kerne beider Seiten. Es scheint nach den Untersuchungen von Sand, daß die gleichseitig bleibenden Bündel dieses Tractus cortico-bulbaris medialis sich vom lateralen Rande, die kreuzenden vom medialen Rande der benachbarten Pyramide ablösen. Manchmal, Reicher, ziehen die erstgenannten vor der Auflösung als geschlossenes Bündel erst ein großes Stück dorsal von der Schleife kaudalwärts. Hier kommen offenbar die allergrößten Variationen im Verlaufe vor.

Nach den später mehrfach bestätigten Untersuchungen Hoches kommen aber auch aus einem viel weiter lateral, zwischen Brücke und Schleifenschicht liegenden Bündelkomplex, der auch aus dem Vorderhirne stammt, Tractus

cortico-bulbaris laterales (Laterale pontine Bündel) s. Fig. 214 u. 212, ebenfalls Fasern, die in den Hirnnervenkernen enden. Diese Bündel sind aber nicht immer vorhanden und nach Dejerine sind sie nur ein andersartiger Verlauf der medialen Rinden-Bulbärfaserung. Sie liegen manchmal der Schleife so eng an, daß sie nicht zu trennen sind. S. S. 290.

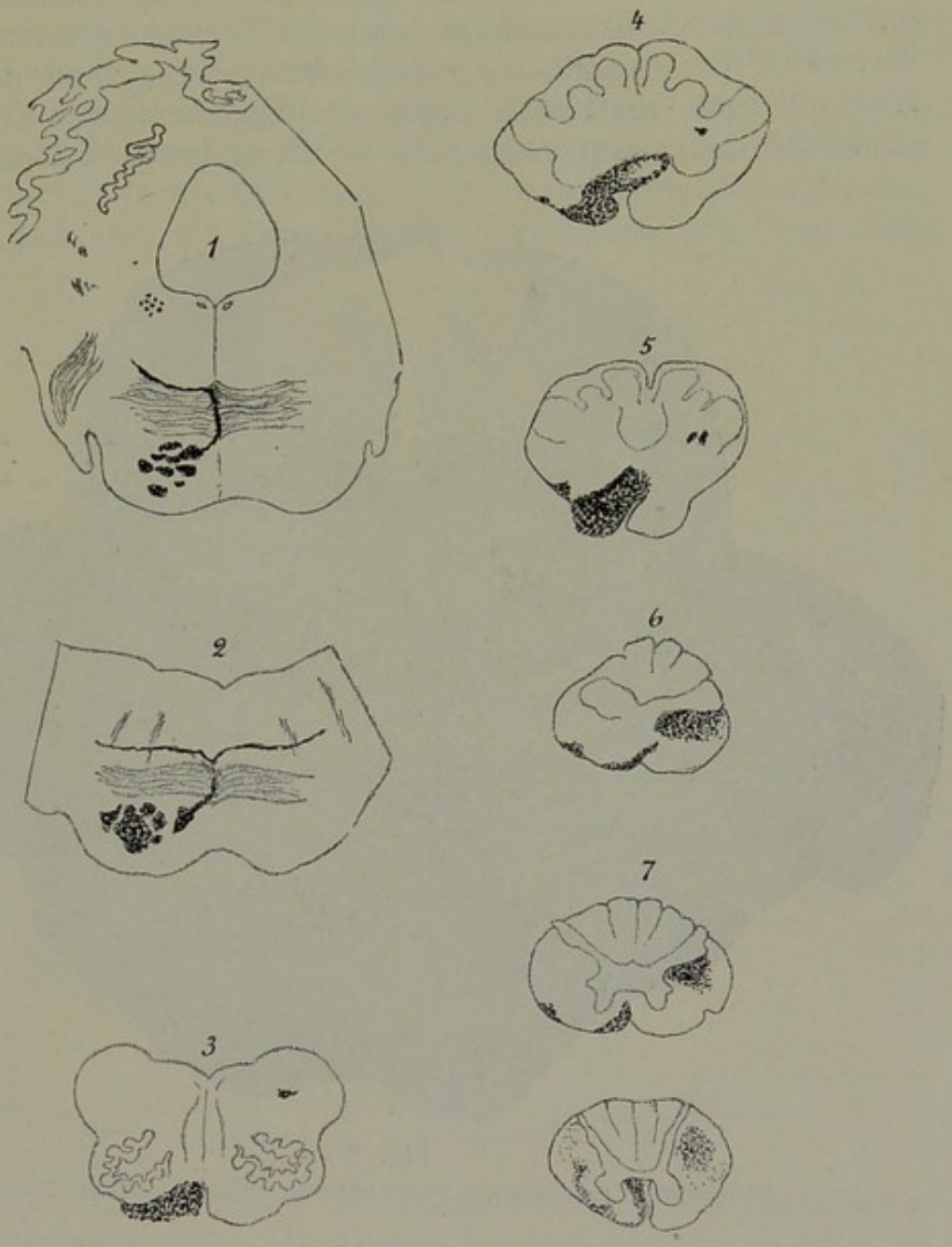


Fig. 176.

Die motorischen Fasern zu den Hirnnervenkernen. Absteigende Degeneration aller cortico-bulbären und cortico-spinalen Bahnen. Nach Barnes.

Kleinhirnanteil der Brückenhaube.

Aus dem Kleinhirne treten, wie schon Fig. 43 zeigte, am frontalen Rande die mächtigen vorderen Kleinhirnarme, die Bindearme ab. Sie liegen natürlich zunächst dorsal und etwas lateral von der Brückenhaube, aber sie senken sich auf dem schräg nach der Mittelhirnbasis gerichteten Zuge, den sie nehmen, sofort medial von der Schleife in

die Haube ein und bilden dann in deren frontalem Abschnitte dicht medial von der lateralen Schleife jederseits ein mächtiges Querschnittfeld. Schon etwa in der Höhe, wo der Trigeminus abgegangen ist, lösen sich am medialen Rande der Bindearme deren ventralste Fäserchen ab und kreuzen nach der anderen Seite hinüber. So entsteht dicht über der Schleifenschicht hier eine deutliche Querfaserung, die Wernekink'sche Kommissur der älteren Autoren. Sie ist nur der kaudalste Abschnitt einer frontalwärts immer mächtiger werdenden Kreuzung, die schließlich unter den Vierhügeln die Fasermassen beider Bindearme

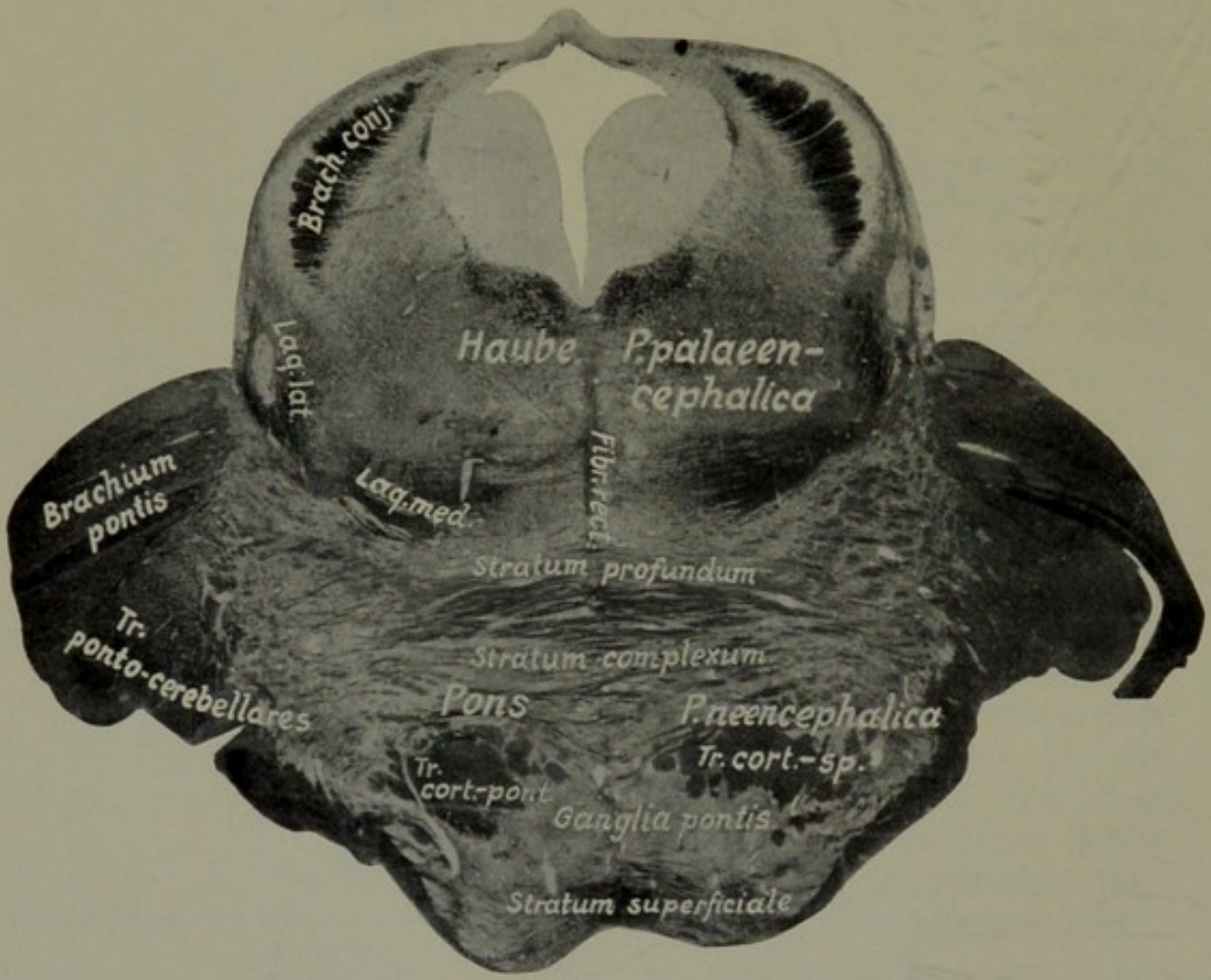


Fig. 177.

Die Hauptteile eines Schnittes in der Höhe des Bindearmaustrittes. Mensch.

total gekreuzt sein läßt. Auf Fig. 178 u. 179 ist ein Zwischenstadium noch wohl sichtbar.

Dabei spalten sich von den Fasern Teiläste, S. Ramon y Cajal, ab, die ungekreuzt eine Strecke weit kaudalwärts ziehen und dann in der Substantia reticularis verschwinden.

Und noch ein anderes Bündel verläßt den Bindearm, um in der Region der Nuclei motorii tegmenti gleich dem genannten zu verschwinden. Es sind kräftige Fasern, die aus dem Nucleus fastigii cerebelli kommend, den Bindearm dorsal umschlingen — Hakenbündel

Tr. fastigio-bulbaris heißen sie deshalb — und sofort lateral von der mesencephalen Quintuswurzel, s. Fig. 171, in die Haube eintauchen. Sie gelangen, immer Fasern in diese abgebend, bis in die Niveauhöhe der kaudalen Enden der Cochleariskerne und sind schon anläßlich der Beschreibung des Restiforme erwähnt worden. Dieses Bündel gehört dem cerebello-tegmentalen Apparate an und wird zweckmäßig als dessen Pars fastigio-bulbaris bezeichnet. S. Fig. 180.

Die dorsale Rückenmarkkleinhirnbahn ist längst mit dem Restiforme in das Kleinhirn eingetreten, aber die ventrale ist genau an der Stelle, wo wir ihr in der Oblongata begegneten, liegen bleibend weiter frontal gezogen und nun bedecken ihre Fasern, die sich jetzt auch

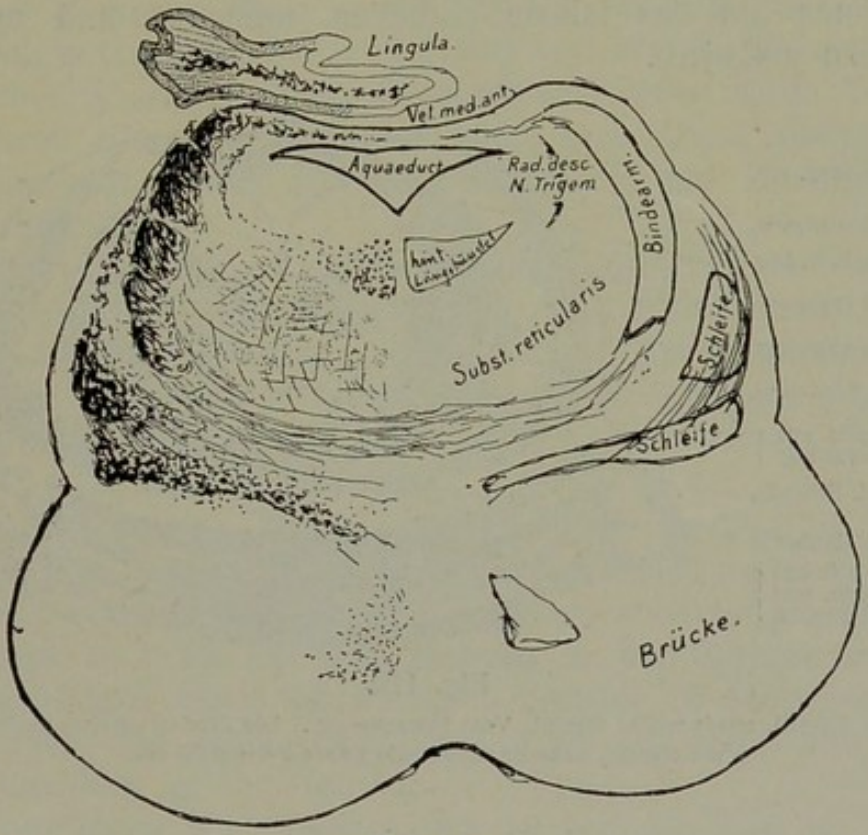


Fig. 178.

Schnitt durch die obere Brückengegend von einem Fötus aus dem neunten Schwangerschaftsmonate. Wernekinksche Kommissur.

kleinhirnwärts wenden, ventral die laterale Schleife, weiter dorsal natürlich die Bindearme. Fig. 171. Diese

Tractus spino-cerebellares ventrales

überziehen als feine Schicht den Bindearm, steigen an ihm dorsalwärts, bis sie die beide Arme vereinende Platte erreichen. In dieser wenden sie sich kaudal dem Kleinhirn zu. Ihre abgeschnittenen Bündel sind (Fig. 180) in dem mit Lingula — so heißt die Kleinhirnplatte auf dem Velum posticum — bezeichneten Abschnitt zu sehen. L. Auerbach hat zuerst gezeigt, daß diese Bahn vom Rückenmarke aus bis hierher degeneriert, wenn das Mark durchtrennt wird. Seitdem ist das oft bestätigt worden. Für den Gesamtverlauf vergleichen Sie Fig. 87. Der

Faserzug endet wahrscheinlich in der Rinde des Kleinhirnwurmes gekreuzt und gleichseitig.

Die Oblongata durchzieht er nicht einfach. Er gibt vielmehr auf seinem Wege lateral von den Oliven mehrfach reiche Kollateralen ab, die als Flechtwerk nicht nur in die Olive selbst eindringen, sondern auch in die Seitenstrangkerne und die Formatio reticularis eindringen. Hoche, dann Thiele und Horsley.

Dieser Tractus spino-cerebellaris ventralis muß überhaupt eine wichtige Längsassoziationsbahn sein, denn er gibt schon im oberen Halsmark Kollateralen in die Seitenstränge ab, welche dort die Pyramidenbahnen auf das feinste einhüllen, umfassen und umspinnen. (S. Ramon y Cajal).

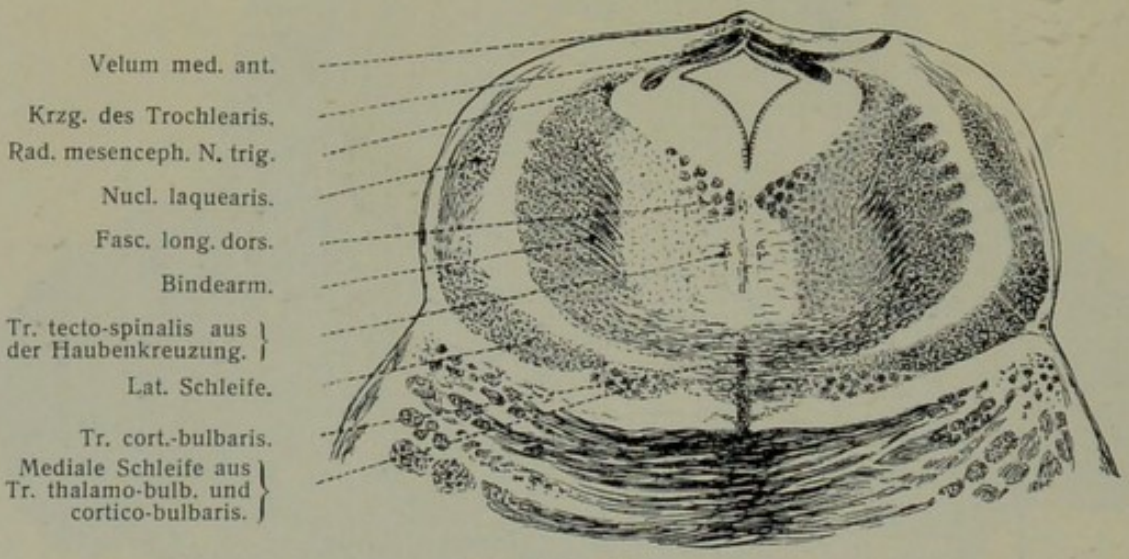


Fig. 179.

Der gleiche Schnitt, etwas weiter frontal. Vom Erwachsenen. Die Bindearme sind medialer gerückt, die laterale Schleife nimmt die ganze Peripherie ein.

Praepontine Commissur.

Lateral von den Bindearmen gelangt ein bei den Nagern sehr kräftiges, bei anderen Säugern bisher noch nicht abgeschiedenes Faserbündel aus dem Kleinhirne heraus, das sich, die laterale Schleifenschicht schräg, ventral- und kaudalwärts durchsetzend an deren ventrale Seite legt. Hier kreuzen seine Fasern so dicht über und frontal von den Brückenfasern, daß man sie wohl meist für die frontalst kreuzenden Brückenfasern gehalten hat. Von diesen unterscheiden sie sich sehr wohl durch das Kaliber und den direkt kreuzenden Verlauf. Das Bündel, das ich namentlich bei der Maus gut studiert habe, soll nach den Versuchen von Wallenberg eine Kommissur der Kleinhirnflocken sein. Fig. 180 links außen.

Die Brückenhaube wird außer von den bisher erwähnten Faserzügen noch von solchen erreicht, die den subthalamischen und den

cerebellaren Ganglien entspringen. Aus dem unter den Vierhügeln und dem kaudalen Thalamus liegenden Nucleus ruber treten gekreuzte und ungekreuzte Bündel in die Formatio reticularis, ferner gelangt von ebendaher ein bei kleinen Säugern relativ mächtiger, beim Menschen nur unbedeutender Faserzug, der Tractus rubro-spinalis, in die Gegend, welche von der lateralen Schleife halbmondförmig umschlossen wird, und schließlich sollen — alle diese Angaben stammen von Monakow — Fasern aus diesem roten Kerne in die Schleifenkerne selbst eindringen. Jedenfalls ist der rote Kern auf das mannigfachste mit der Haube der Brücke verbunden.

Bei Amphibien, Reptilien und Vögeln liegt zwischen Schleifenschicht und Bindearm, dicht kaudal von den hinteren Vierhügeln, ein sehr mächtiges Ganglion, das Ganglion isthmi, das im vergleichend-anatomischen Abschnitt nähere Beschreibung finden wird. Es hat bei diesen Tieren mannigfache Faserbeziehungen. Unter anderen endet hier ein mediales Bündel aus dem Sehnerven und entspringen hier Fasern zur Retina.

Ein ganz ebenso gelagertes Ganglion, dessen Faserbeziehungen aber noch nicht ermittelt sind, habe ich beim Hund, Kaninchen, Affe, Katze und Mensch gefunden. Auch Kölliker hat es gesehen, ebenso Bechterew, der ihm den Namen Corpus parabigeminum gegeben hat. Höchstwahrscheinlich handelt es sich hier um das rudimentäre Ganglion isthmi. Fig. 214.

Es ist zweckmäßig, an dieser Stelle wo die meisten der bisher beschriebenen Eigenapparate des palaeencephalen Abschnittes von Rückenmark und Oblongata verschwunden sind, wo aber die aus ihnen kommenden oder zu ihnen tretenden Bahnen in der Brückenhaube dicht versammelt liegen, einen Schnitt durch dieselbe zu studieren, der das meiste enthält, was heute sicher bekannt ist. Ich lege eine entsprechende Abbildung in Fig. 180 vor.

Die Abbildung wird lateral umgrenzt von den hier zu den Vierhügeln aufsteigenden Zügen der lateralen Schleife, deren Hauptmasse sekundäre und tertiäre Hörbahn ist. Auch die Tractus spino-tectales und tecto-spinales sind ihrem Areal zuzurechnen. Die, wie man sieht, gar mannigfach zusammengesetzte Fasermasse am ventralen Haubenrande ist die mediale Schleife, der ventral und auch medial Tractus cortico-bulbares anliegen. Dorsal lassen sich einige Fasern als aus dem Trigeminusende zum Thalamus ziehende abscheiden. Ganz medial ziehen Fibrae rectae aus der cerebello-pontinen Faserung zu den Nuclei reticulares der Haube. Die Medialseite zeigt außer dem Tractus tecto-bulbaris cruc. noch das dorsale Längsbündel, in dem diesmal die einzelnen Teile je nach ihrer Herkunft abgeschieden sind. Lateral von ihm begegnet man dem Trigeminusapparate und auch der dorsalen quinto-thalamischen Bahn, und wieder lateral von dieser einem noch nicht ganz sicher als zentrale Geschmacksbahn von Wallenberg

angesprochenen Faserzuge. Die ganze dorso-laterale Partie wird von dem aus dem Dentatum cerebelli zum roten Kerne und dem Thalamus ziehenden Brachium conjunctivum eingenommen, aus dem sich hier das Hakenbündel zur kaudalen Haube ablöst. Es gehört, wie wohl auch die über der medialen Schleife angedeuteten gekreuzten Binde-

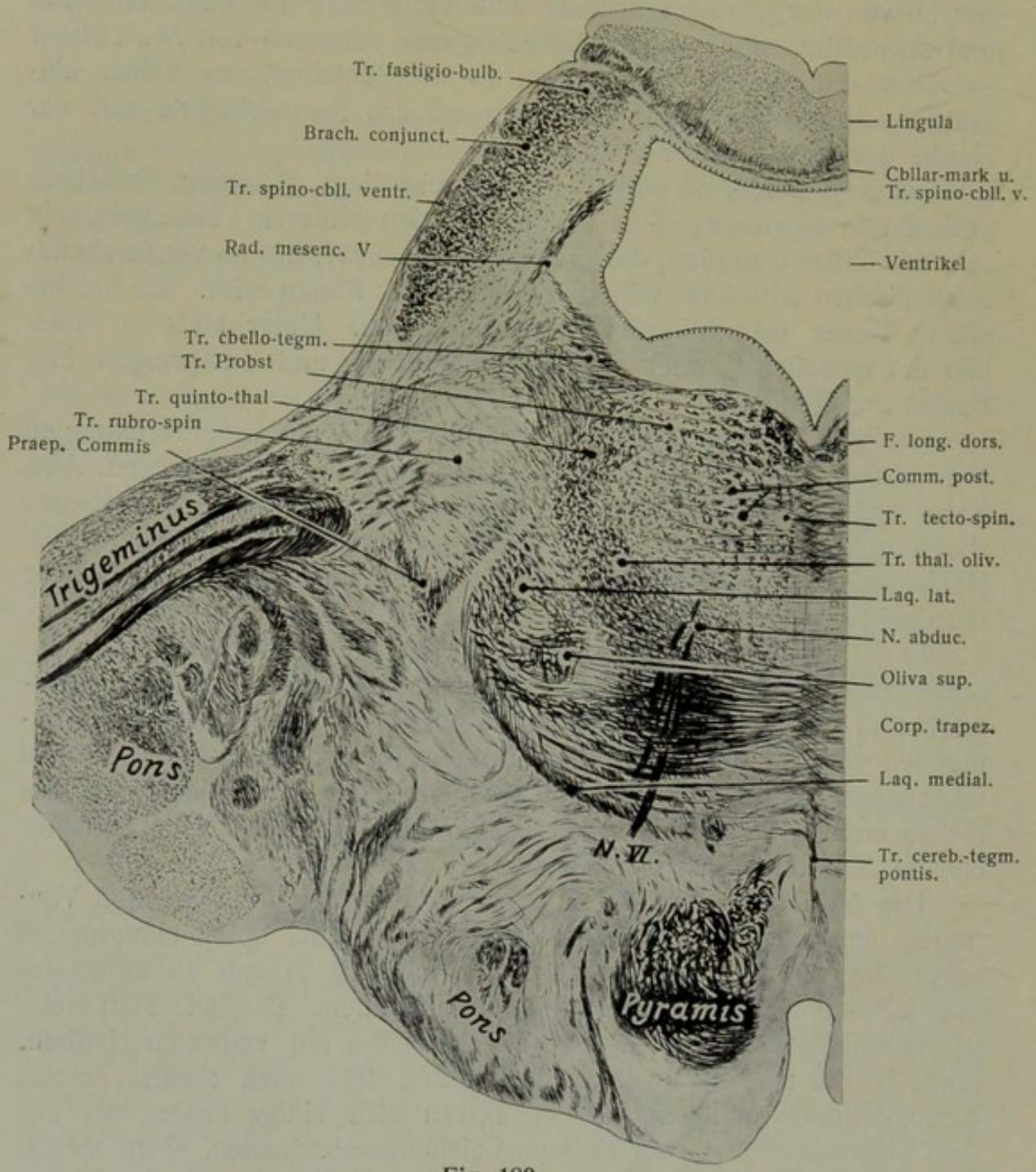


Fig. 180.
Pons. Neugeborener.

armbestandteile, wohl dem System der Tractus cerebello-tegmentales an. Über die Außenfläche des Bindearmes ziehen die ventralen Kleinhirnseitenstrangbahnen hinweg, über die gerade dorsal vom Aquädukte sichtbare Valvula in das Kleinhirn hinein. Das „zentrale Haubenfeld", das alle die genannten Systeme umschließen, enthält außer den diffusen

Kernen der retikulären Substanz noch als geschlossene Faserzüge den Tractus thalamo-olivaris und den Tractus rubro-spinalis, außerdem die hier wegen ihrer Zerstreutheit nicht eingezeichneten verschiedenen Haubenbahnen aus dem roten Kern und aus und zu den Kernen der retikulären Substanz. Dann Bahnen aus der Nähe des Nucleus mesencephalicus N. V.

Diese ganze Gegend ist noch nicht genügend geklärt und meine Darstellung wird vielfach der Zusätze, wohl auch da und dort der Änderung bedürfen.

Von jetzt an ändert sich das Querschnittsbild der Haube bis in die Vierhügelgegend nicht mehr wesentlich. Die Bindearme der Haube verlieren sich frontaler im roten Kerne des Mittelhirnes. An die Stelle des Velum medullare anticum treten im Dache die Vierhügel.

Es hieße die ganze Geschichte unserer Kenntnisse vom Gehirne wiederholen, wenn ich die Namen aller nennen wollte, welchen wir unsere Kenntnis vom Aufbau der Oblongata und der Brücke verdanken. Für die Faserung und einiges andere ist das Wichtigste schon im Texte gesagt. Einige ältere Daten werden Sie noch interessieren:

Die Pyramidenkreuzung wurde bereits 1710 von François Petit entdeckt. Die Oliven sind zuerst von Vieussens beschrieben worden. Makroskopisch wahrnehmbare Veränderungen beim Übergange vom Rückenmarke zur Oblongata, namentlich die Oberflächengestaltung, kennt man durch Santorini, Reil, Burdach und Rolando. Die Nuclei arciformes und die sie bedeckenden Fibrae arciformes anteriores hat Arnold zuerst genau geschildert, der sie als „Vorbrücke" auffaßte. Die Striae acusticae sind von Picolhomini entdeckt worden. Über ihre Beziehungen zum Hörnerven bestand schon in der vormikroskopischen Zeit ein lebhafter Streit. Eigentliche Aufklärung über den Bau des verlängerten Markes brachten aber erst die Untersuchungen von Stilling, Kölliker, Meynert, Schröder van der Kolk und Deiters. In neuerer Zeit ist namentlich den Nervenkernen dort eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt worden (Gudden, Roller, Freud, Duval, Koch, Darkschewitsch, v. Kölliker, S. R. y Cajal, Bechterew, v. Gehuchten, Marinesco und andere, die zum Teil im Texte erwähnt sind). Die eingehendsten Angaben stammen überall von S. Ramon y Cajal.

Sechzehnte Vorlesung.

Das Kleinhirn I. Morphologie und Rinde.

Dorsal von der mächtigen Oblongatafaserung liegt, mit ihr immer durch einige Züge verbunden, das Kleinhirn. Es geht kaudal in den Plexus chorioideus ventriculi quarti und frontal in eine dünne Platte, das Velum anticum über, welche hinüber zum Dache des Mesencephalon führt. Fig. 105 ist das am klarsten zu sehen.

Die aus dem Rückenmark und der Oblongata kommende Faserung, der hintere Kleinhirnarm, Corpus restiforme, verbindet es mit jenen; aus dem Großhirn wird der mittlere Kleinhirnarm Brachium pontis zu ihm geschickt. Das Kleinhirn sendet selbst Züge nach allen Teilen des Palaeencephalon, von denen die mächtigsten an seinem vorderen Rand als vordere Kleinhirnarme oder Bindearme vierhügelwärts treten.

Die Arme treten ein in den Markkern der Hemisphären, welcher sich in das Mark der einzelnen Lappen und von da wieder in das der Läppchen als Markstrahl fortsetzt. Diese Läppchen sind von grauer Rinde überzogen, welche sich überall über sie hin faltet und so eine Ausdehnung gewinnt, die unverhältnismäßig größer ist, als die äußere Form und Größe des Kleinhirns erwarten ließen.

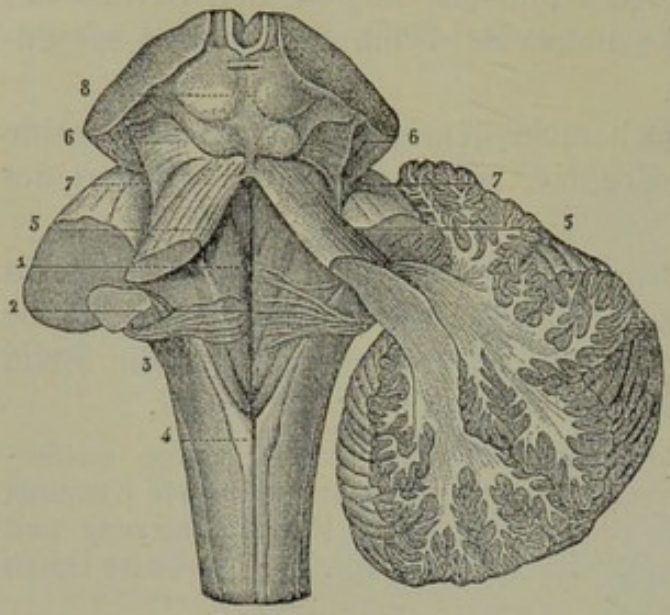


Fig. 181.

Die aus dem Mittelhirne, der Brücke und dem Rückenmarke zum Kleinhirne tretenden 3 Arme, nach Hirschfeld und Leveillé (Sappey). Man sieht unter den Vierhügeln 8, die oberen Arme, die Bindearme 5, hervortreten, von der ventralen Seite kommen die mittleren Schenkel oder Brückenarme 7, und vom Rückenmarke her steigt das C. restiforme 3, als unterer Arm empor. Er kreuzt sich bei seinem Eintritte mit dem Bindearme. Zu bemerken sind noch auf dem Bilde die Rautengrube 1, die Striae acusticae 2, und die Clavae der Funiculi graciles 4. Bei 6 ist die Schleife zu suchen.

An keinem Hirnteil kann man so deutlich das Verhältnis der Größe zur Funktion sehen wie an diesem. Das Kleinhirn ist bei den auf dem Bauch dahin kriechenden Schlangen und Eidechsen nur eine dünne Platte, aber bei den schwimmenden Echsen und den Wasserschildkröten krümmt es sich so, daß ein Sack über dem Ventrikel entsteht und bei den Vögeln und den Säugetieren macht die Platte so zahlreiche Krümmungen, daß ein Körper von gewelltem Aussehen entsteht, in dessen Innerem der ursprüngliche Ventrikel bald durch zunehmende Markfasermassen verengt und verdrängt wird. Fig. 182.

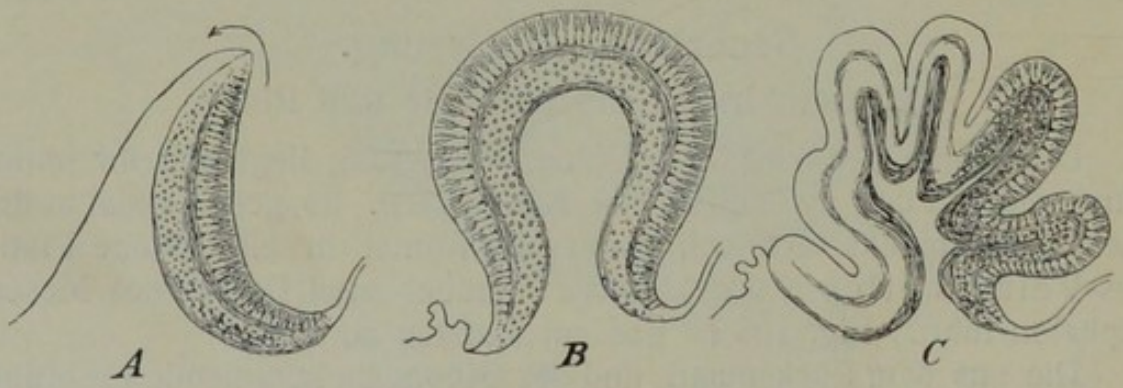


Fig. 182.

Etwas schematisierte Sagittalschnitte durch *A* Eidechsengehirn, *B* Typus von Chelone und Alligator, sowie Crocodilus, *C* Typus der Vögel und Säuger. Zur Demonstration der Vergrößerung des Kleinhirnes mittelst Umbeugen der Cerebellarplatte in der Richtung des Pfeiles über *A*. Das frontale Ende liegt rechts.

Beim Menschen ist diese Massenentwickelung sehr weit gegangen, Haupt-, Neben- und Unterlappen lassen sich da unterscheiden. Die

bisherige Nomenklatur der Kleinhirnlappen ist sicher nicht ausreichend, wenn man die Augen weiter richtet als nur auf den Menschen.

Auf der nachstehenden Abbildung, welche das Kleinhirn von oben gesehen zeigt, wollen Sie beachten:

1. Die Lage zu den Vierhügeln, unter denen die Bindearme zum Kleinhirne hervorkommen.
2. Die allgemeine Gestaltung, wobei in der Mitte der Wurm, beiderseits die Hemisphären zu merken sind. Wurm und Hemisphären zerfallen in einzelne größere Lappen. Die des Wurmes sind wie die Radspeichen eines Dampfschiffes um den Markkern des Wurmes gestellt. (Auf dem gerade durch den Wurm fallenden Schnitte Fig. 185 wird das klar.)

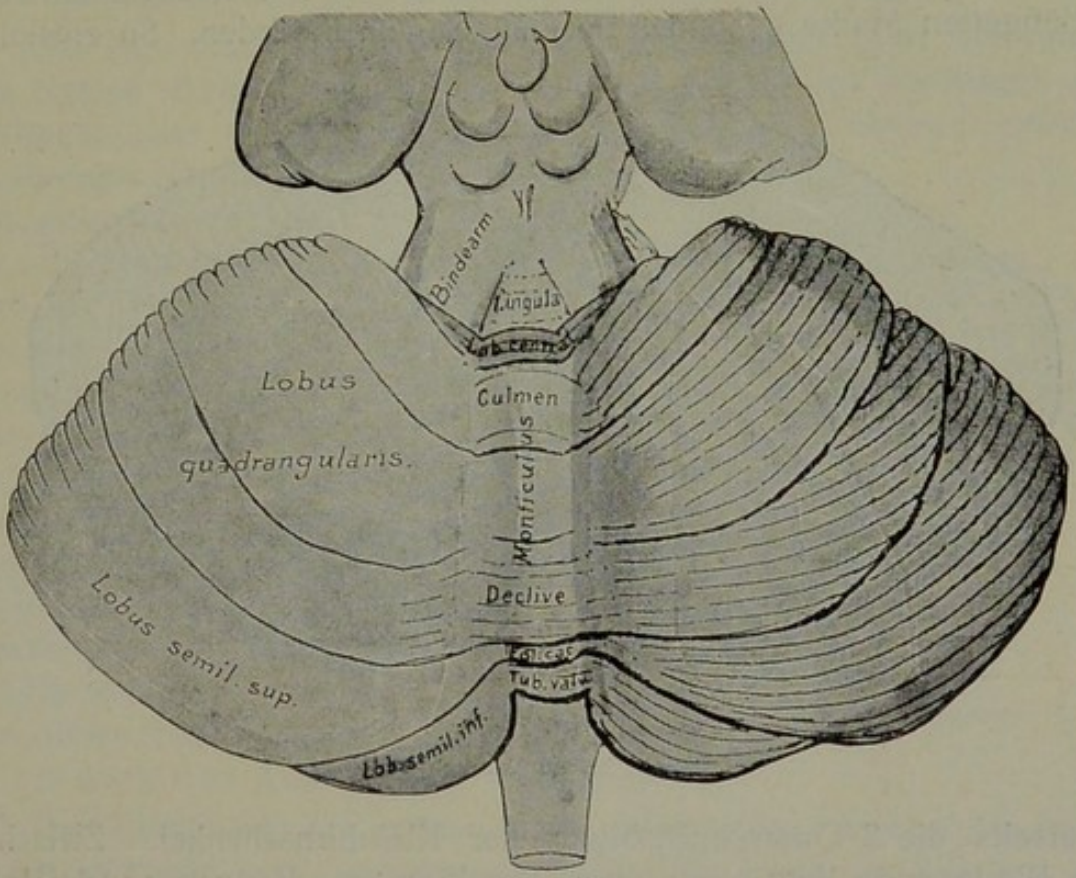


Fig. 183.
Das Cerebellum. Dorsale Seite.

Der Wurm hängt rechts und links mit dem Marklager der Kleinhirnhemisphären zusammen, das an seiner Oberfläche durch tiefere Furchen in Lappen und durch flachere in Leisten geteilt ist.

Der dorsale Teil des Wurmes heißt Oberwurm. Er zerfällt in:

1. Lingula (Züngelchen), ganz vorn zwischen den Bindearmen.
2. Lobulus centralis (Zentrallappen), geht beiderseits in Alae lob. centr. über.
3. Monticulus (Berg), an dem man den vorderen Teil als Culmen, den hinteren als Declive unterscheidet.
4. Folium vermis (Fol. cacum. der Fig. 183), am hinteren Ende des Oberwurmes.
5. Tuber vermis (Tuber valv. d. Abbildung).

Der dorsale Teil der Hemisphären läßt unterscheiden:

1. Vorderer Oberlappen, auch Lobulus quadrangularis genannt; beiderseits vom Monticulus.
2. Hinterer Oberlappen, Lobus semilunaris superior. Die beiden hinteren Oberlappen hängen durch das Folium vermis unter sich zusammen.

Die Lappenbildung an der Unterfläche des Kleinhirns zeigt die Zeichnung der Fig. 184.

Sie bietet ein etwas kompliziertes Bild. Um nämlich das betreffende Präparat herzustellen, muß das Kleinhirn erst von seinen Verbindungen mit dem Mittelhirne, den Bindearmen also, dann von der Brücke und von dem Corpus restiforme, der Gesamtheit der zum Rückenmarke und verlängerten Marke gehenden Faserzüge, gelöst werden. So entstehen

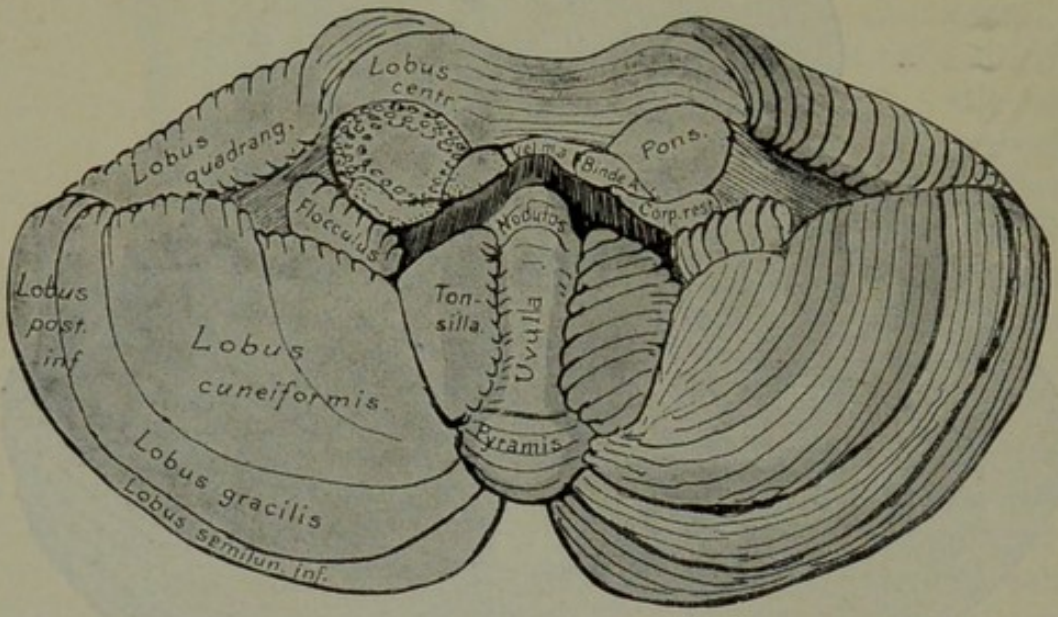


Fig. 184.

Das Cerebellum. Ventrale Seite.

jederseits die 3 Querschnittsbilder der Kleinhirnschenkel. Zwischen den Bindearmen liegt eine dünne Membran, das Velum medullare anterius, auch ein Teil des Hinterhirndaches. Es ist durchtrennt auf dem Querschnitte sichtbar.

Die Lappen an der Unterseite des Wurmes (Unterwurm), heißen:

1. Nodulus (Knötchen).
2. Uvula (Zäpfchen).
3. Pyramis (Pyramide).
4. Tuber vermis (Klappenwulst), ganz hinten, zum Teile noch auf der Dorsalseite gelegen.

In den Hemisphären liegt:

1. Beiderseits vom Nodulus die Flocke, Flocculus, an dem dünnen Pedunculus flocculi befestigt.
2. An der Uvula die Tonsilla, Mandel.

3. Außen von ihr der Lobus cuneiformis oder Lobus biventer.
4. Hinter ihm der hintere Unterlappen, Lobus posterior inferior, an dem man die vordere Hälfte als Lobus semilunaris inf. bezeichnet.

In den Hemisphären ist der Markkern ziemlich mächtig. Im Wurme ist er nur klein. Der beistehende mediane Sagittalschnitt durch das Kleinhirn geht gerade durch den Wurm. Er zeigt, wie sich dessen Mark vorn in eine dünne, nach den Vierhügeln zu ziehende Membran, das Velum medullare anticum, fortsetzt. Diese dünne, zwischen den Bindearmen ausgespannte Membran bildet das Übergangsstück vom Dache des Mittelhirnes zum Dache des Hinterhirnes. Auf ihr liegt das vorderste Läppchen des Oberwurmes, die Lingula.

Das eigentümliche Längsschnittbild des Wurmes führt seit alters den Namen Arbor vitae. Das zentrale Stück, das Marklager des Wurmes, heißt Corpus trapezoides. Lingula, Lobulus centralis, Uvula und Nodulus münden getrennt in dasselbe ein. Eine Anzahl der Lappen des Monticulus vereinen sich vor der Einmündung zum vertikalen Ast des Arbor vitae; der hintere Teil des Monticulus, das Folium cacuminis und das Tuber valvulae, also die Lappen, welche um die hintere Kante des Kleinhirnes herum liegen, treten zum horizontalen Aste des Arbor vitae zusammen.

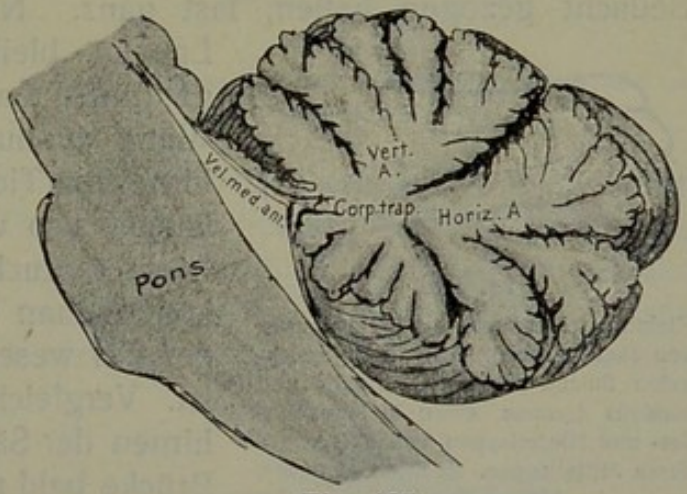


Fig. 185.
Sagittalschnitt durch die Mitte des Wurmes.

Die Einteilung des menschlichen Kleinhirnes, welche ich Ihnen hier vorgetragen habe, stammt von Reil. So lange es nur auf das ärztliche praktische Bedürfnis ankommt, ist sie ziemlich genügend. Aber seit man das Kleinhirn der anderen Säuger kennen gelernt hat, weiß man, daß eine andere Einteilung vorzunehmen ist, eine solche, welche das überall Vorhandene, das Prinzipielle, zum Ausdruck kommen läßt. Die ausgezeichneten Arbeiten von Bolk, Elliot Smith, Ch. Bradley, Martin legen Zeugnis ab von den Bemühungen, die darauf gerichtet sind, in die enorme Mannigfaltigkeit der Kleinhirnformen bei den verschiedenen Tieren sichtende Ordnung zu bringen, und sie zeigen auch, wie verhängnisvoll es war, daß man in der Einteilung früher immer vom Menschen ausgegangen ist. Einige neuere Arbeiten, namentlich die von Bolk, verlassen die alte Einteilung in Wurm und Hemisphären zugunsten einer transversalen Teilung, sie teilen also das Kleinhirn in eine von vorn nach hinten folgende Reihe von Lappen,

welche mehr oder weniger über die ganze Breite von Wurm und Hemisphäre hinwegziehen.

In der Tat kommt man zunächst, wenn man ein embryonales Kleinhirn betrachtet, zu dieser Auffassung. Die entwickelungsgeschichtlichen Untersuchungen haben nämlich festgestellt, daß schon außerordentlich früh vorn und hinten je ein Sulcus primarius transversus auftritt, und daß das in der Mitte verbleibende Stück später oft wieder durch zwei, nicht immer die Seiten erreichende Furchen geteilt wird. Die Bedeutung dieser Furchen war bisher unklar, sie wird aber aus dem Folgenden leicht erhellen.

Versucht man nun, wie es die oben erwähnten neueren Autoren tun, auf diese transversale Furchung hin eine Neueinteilung, so wird man einem überaus wichtigen Prinzipe in der Kleinhirnbildung nicht gerecht, es verschwinden nämlich die Grenzen zwischen Mittel- und Seitenteilen, zwischen Wurm und Hemisphären, welche die Alten mit Bedacht gezogen hatten, fast ganz. Nur hintereinander geordnete Lappen bleiben. Solche hintereinander geordnete Lappen hat ja in der Tat der Wurm durchaus, und wenn man die Kleinhirne von Tieren, die keine Brückenfasern haben, also von Reptilien und Vögeln betrachtet, auch ihre Faserung studiert, so kommt man zu dem Schlusse, daß hier in der Tat wesentlich Wurmrinde vorhanden ist. Vergleicht man sie nun mit den Kleinhirnen der Säuger, wo auf dem Wege der Brücke bald mehr, bald weniger Großhirnfaserung zugeführt wird, so entdeckt man, daß ganz im Maße, wie die Brücke sich entwickelt, lateral vom Wurme etwas Neues, die Hemisphären entstehen.

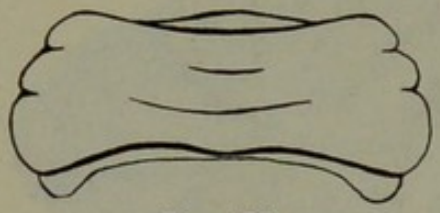


Fig. 186.

Kleinhirn eines Embryo von Bos taurus, von oben gesehen. Die 2 dick gezeichneten Sulcus primarius frontalis und caudalis trennen einen kleinen Vorder- und Hinterlappen von einem größeren Mittellappen. In diesem 2 flache, kürzere Furchen.

Zu dem allen Vertebraten gemeinsamen Palaeocerebellum gesellt sich bei den Säugern ein Neocerebellum.

Diese neuen Lappen bilden sich aber nicht in allen Kleinhirnanteilen. Sie entstehen fast ausschließlich an dem Stücke das frontal und kaudal durch die primären Transversalfurchen von dem übrigen Cerrebellum getrennt ist und so wird es auch klar, was diese so früh auftretenden Furchen bedeuten; sie sondern den Mittellappen ab, der seitlich so besondere Ausdehnung in der Stammesentwicklung erfahren hat.

Vergleichende Untersuchungen durch die ganze Säugerreihe, die ich mit Comolli gemacht, ließen erkennen, daß der Vermis und wohl auch die Flocken alter Besitz sind, daß aber die Seitenteile des Mittelstückes, die Hemisphären neocerebellar sind.

Die Nervenbahnen des Palaeocerebellum umgeben sich sehr viel früher mit Markscheiden als die des Neocerebellum O. Vogt.

Die Lage des Neocerebellums und seine Beziehungen zur Brückenfassung ergibt sich aus Fig. 187. gut. Man sieht da, daß es sich um mächtige Aufnahmeapparate der kortikalen Brückenfassung handelt, Apparate, die natürlich bei Tieren, die keine Großhirnbrückenbahnen besitzen, fehlen müssen.

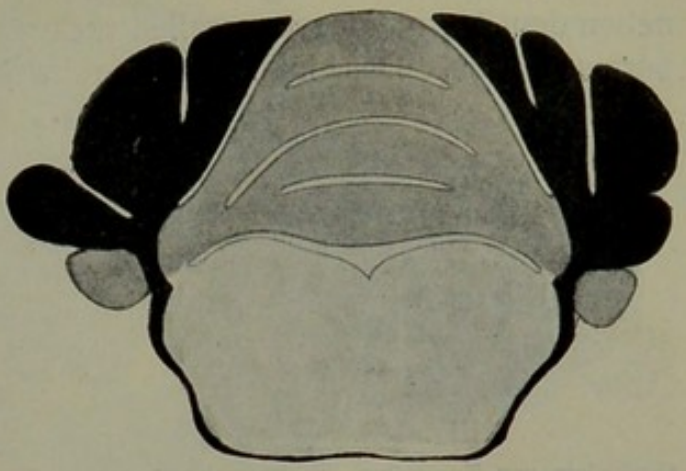


Fig. 187.

Frontalschnitt durch das Gehirn der Maus. Pons und neocerebellare Teile schwarz.

So gewinnen wir zunächst ein neues Kleinhirnschema: in der Mitte das Palaeocerebellum, dessen Lobus anterior bei den meisten Tieren fast ganz, dessen Lobus posterior als Flocke und Nodulus ganz rein erhalten bleiben. Zwischen den beiden Primärfurchen tritt seitlich von dem Palaeocerebellum ein mächtiger neuer Lappen auf. Die Dreiteilung, die dieser Lobus medius durch die Fig. 186 sichtbaren Furchen erhält, ist nicht immer deutlich beim erwachsenen Tiere wiederzufinden. Aber es ist wichtig, sie beizubehalten, weil überall später sich deutlich zeigt, daß der Lobulus frontalis (1 unserer Figuren) und der Lobulus caudalis (3 der Figuren) immer relativ einfach gebaut bleiben, während der Lobulus medialis (2 der Figuren) die hauptsächliche Komplikation erfährt.

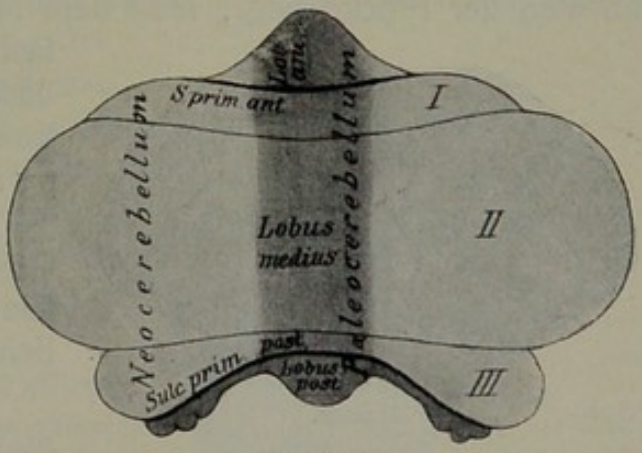


Fig. 188.

Schema der Neueinteilung des Kleinhirns.

Die Veränderungen in diesem mittleren Lappen sind es, welche eine enorme Mannigfaltigkeit der Kleinhirntypen erzeugen, eine Mannigfaltigkeit, die so weit geht, daß, wenn der Lappen, wie bei Pferden, Elefanten, Affen und vor allem beim Menschen, sehr groß wird, alle übrigen neencephalen Teile unter ihm verschwinden, und die Furchungsrichtung durch fortwährende Teilungen der eintretenden Brückenbündel sich total ändert.

Durchforscht man eine große Reihe von Tiergehirnen, so kann man mindestens 3 Typen der Entwicklung des Lobulus medius erkennen. Am einfachsten ist er bei Ornithorhynchus, aber auch bei den Nagern, siehe Fig. 189, tritt er noch sehr einfach in Erscheinung. Häufig wickelt er sich wurmförmig auf und furcht sich dann in den

mannigfachsten Richtungen. Dieser Typ, siehe Fig. 190, ist eigenartig und hat bisher wohl die meisten Schwierigkeiten in der Erklärung gemacht. Gewöhnlich ist es eine Zweiteilung, die das Feststellen eines frontalen und kaudalen Schenkels des Lobulus medius erlaubt. Der frontale Schenkel verlängert sich zuweilen, wie z. B. auf Fig. 190 dicht neben dem Wurm, diesem parallel, rückwärts und bildet so einen Lobulus paramedianus. Das laterale Ende, wo beide Windungen ineinander

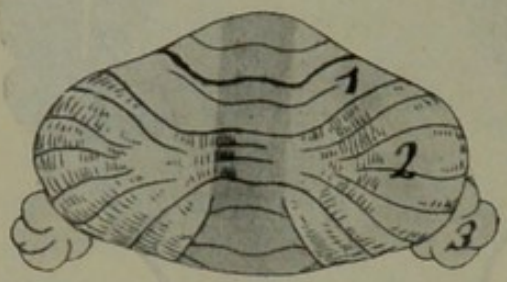


Fig. 189.
Cerebellum von Mus rattus. Flocke nicht zu sehen.

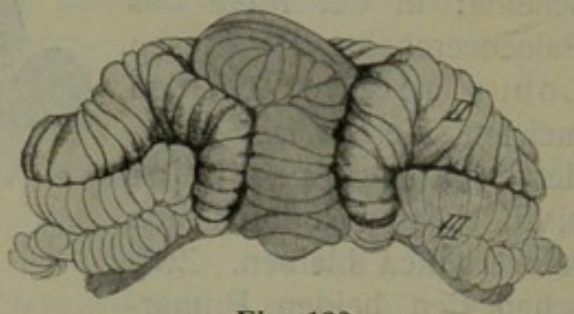


Fig. 190.
Cerebellum von Lycaon pictus.

umbiegen, hat oft eigenartige, einer Feder ähnliche Furchung und ist deshalb von Ellist Smith Area pteroidea genannt worden.

Der dritte Abschnitt des Mittellappens entspricht dem, was die Autoren Tonsilla nennen.

Der Sulcus primarius posterior trennt ihn von dem Lobus posterior. Dieser bildet dann die Flockenformation, die immer in einen Flocculus und Paraflocculus zerfällt. Der letztere, welcher frontal von der Flocke liegt, fehlt dem Menschen und den Anthropoiden fast ganz. Vielfach sendet er einen besonders ausgebildeten Zweig ventrolateral, den Lobulus petrosus paraflocculi.

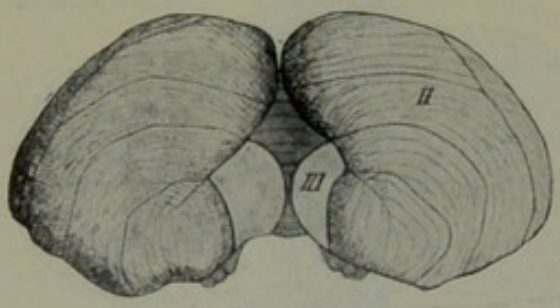


Fig. 191.
Mensch.

Schließlich gebe ich noch zur Orientierung für die vorgetragene Einteilung die Abbildung des menschlichen Kleinhirns von hinten.

Der Lobus anterior des Schemas der Fig. 188 ist bei dieser Ansicht überhaupt nicht zu sehen, und vom Lobus posterior ragen oben die Spitzen hervor. Alles wird beherrscht von dem enorm ausgewachsenen Lobus medius, der die Hauptmasse der ungeheuren Brückenfaserung aus dem Neencephalon aufnimmt.

Sein Lobulus 1. (Der Lobus lunatus der Anatomie) ist beim Menschen noch ziemlich einfach, und hier, wie wohl noch bei einzelnen anderen Tieren, sicher bei Affen, sind auch in den Seitenteilen neencephale Abschnitte enthalten.

Der Lobulus 2 ist identisch mit Lobus quadrangularis, den bei-

den Lobi semilunares, dem Lobus gracilis und cuneiformis; dem Lobulus 3 entspricht die Tonsilla.

Für die Richtigkeit dieser ganzen Auffassung spricht es, daß in einem

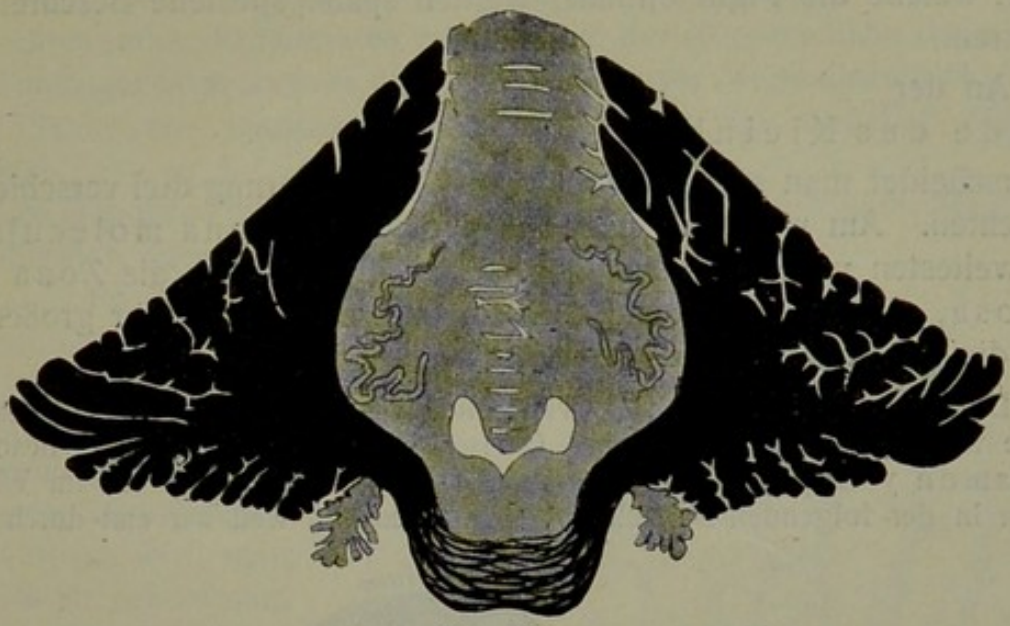


Fig. 192.

Cerebellarschnitt, Mensch, nach Comolli. Neocerebellum schwarz.

Fall von Fehlen der Ponsganglien einer Seite, den ich beobachtet und geschnitten habe, die gekreuzte Hemisphäre fehlte, der Wurm aber mit der Flocke erhalten war (Fig. 193).

Das Kleinhirn zerfällt also in einen medialen paläencephalen Abschnitt, dem auch die laterale Flocke angehört, und einen mächtigen neencephalen, lateralen Abschnitt. Der Teil des Palaeocerebellum, aus dem das Neocerebellnm lateral auswächst, wird durch die Sulci primarii schon sehr früh vorn und hinten begrenzt. So entsteht ein vorderer und hinterer, ziemlich konstant bleibender und ein mittlerer außerordentlicher variabler Teil.

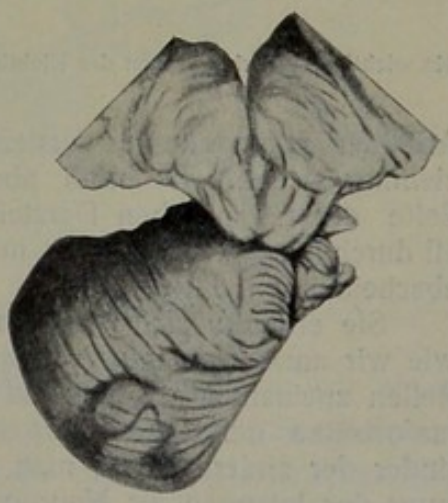


Fig. 193.

Mißbildung des Kleinhirns, durch Fehlen der Ponsganglien entstanden.

In die Masse des Kleinhirnes münden nun die drei wiederholt genannten Arme jederseits ein. Im Wesentlichen aus markhaltigen Fasern bestehend bilden sie im Innern den Markkern. —

Das Kleinhirn ist von einer sehr kompliziert gebauten Rinde überzogen. Sie nimmt aus den Entstationen vieler sensiblen Nerven Fasern auf und entsendet Fasern zu den Kleinhirnkernen. Aus diesen stammen im wesentlichen die Fasern, welche das Kleinhirn abgibt. Alle enden in der Haube des Mittelhirnes, der Brücke, Oblongata und dem Rückenmarke.

Das ist die einfachste heute mögliche Auffassung, welche sich mit den Ergebnissen der Anatomie und auch denen des Experimentes vereint. Fig. 194 sucht sie im Bilde festzuhalten. Die einzelnen Faserzüge, welche die Figur enthält, werden später spezielle Beschreibung erfahren.

An der
Rinde des Kleinhirnes
unterscheidet man schon bei schwacher Vergrößerung drei verschiedene Schichten. Am weitesten nach außen liegt die Zona molecularis, am weitesten nach innen, an das Markweiß grenzend, die Zona granulosa, und zwischen beiden findet man eine Lage sehr großer Zellen, die Purkinjeschen Zellen.

Die Kleinhirnrinde ist sehr viel studiert worden. Das meiste, was wir heute wissen, verdanken wir aber Golgi, Gehuchten und ganz besonders S. Ramon y Cajal. Diesem letzgenannten Forscher folge ich im Wesentlichen in der folgenden Darstellung, schon deshalb, weil wir erst durch seine

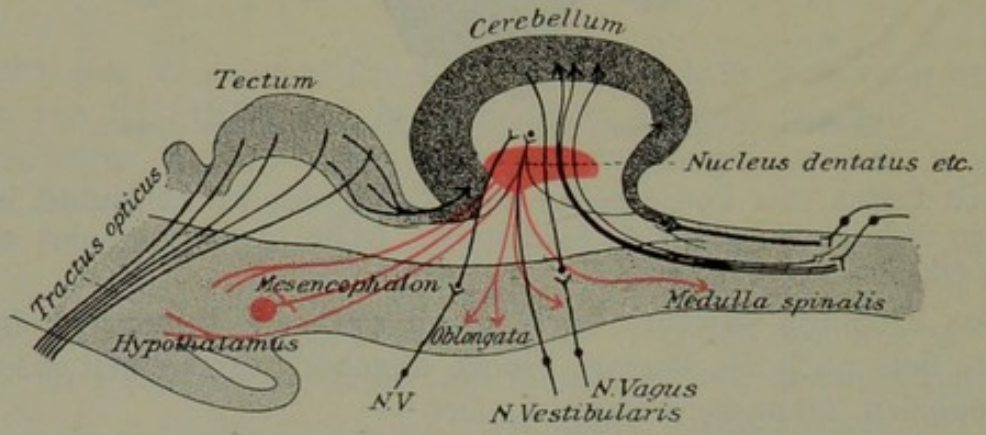


Fig. 194.

Die wichtigsten Verbindungen des Kleinhirnes. Schema, rezeptorische Bahnen schwarz, effektorische rot.

Arbeiten anfangen zu verstehen, wie die Einzelelemente zueinander in Beziehung stehen. Es muß aber erwähnt werden, daß Golgi gerade dieser Seite der Cajalschen Darstellung nicht beitritt, weil er vielmehr ein überall durchgehendes Netzwerk mit eingelagerten Zellen als Einzelelemente glaubt abscheiden zu dürfen.

Sie erinnern sich, daß ich Ihnen in der dritten Vorlesung mitgeteilt habe, wie wir annehmen müssen, daß im Zentralnervensysteme die Beziehung zweier Zellen zueinander anscheinend dadurch hergestellt werden, daß die Protoplasmafortsätze der einen umgeben werden von dem aufgezweigten Achsenzylinder der anderen. Da man den Komplex; Zelle, Achsenzylinder, Aufsplitterung des letzteren als Neuron bezeichnet, kann man auch sagen: im ganzen Nervensysteme liegen unzählige einzelne Neurone; die Verbindung derselben untereinander finde immer durch Aneinanderlegen in der geschilderten Weise statt. Heute kann ich Ihnen in der Kleinhirnrinde all dieses auf die mannigfachste Weise verwirklicht vorführen.

Die Purkinjeschen Zellen, Fig. 195 und 1 der Fig. 198, senden ihren Axenzylinder hinab in die Zona molecularis und durch das Marklager unter dieser in den Kleinhirnkern. Auf dem Wege dahin gibt

er Kollateralen ab, die ebenso wie der Axenzylinder Markscheiden haben. Sie wenden sich wieder zurück zur Molekularschicht und enden schließlich, wieder marklos geworden, mit feinen Endungen auf der Oberfläche der Purkinjezellen und ihrer Hauptfortsätze. Durch diese zurückkehrenden Kollateralen entstehen in der Körnerschicht dicht unter den Purkinjezellen und dicht über ihnen in der Molekularschicht förmliche Plexus aus markhaltigen Nervenfasern. Sie sind Fig. 198 abgebildet.

Die Dendriten der Purkinjezellen sind ungemein reichlich. Sie liegen sehr ähnlich etwa den Ästen eines Spalierobstbaumes von der Zelle sich immermehr fast rechtwinklig aufzweigend ab. Alle liegen in der Sagittalebene des Körpers. Will man also Bilder bekommen, wie das Fig. 195 abgebildete, so muß man senkrecht zur Kleinhirnfurchung die Schnitte anlegen.

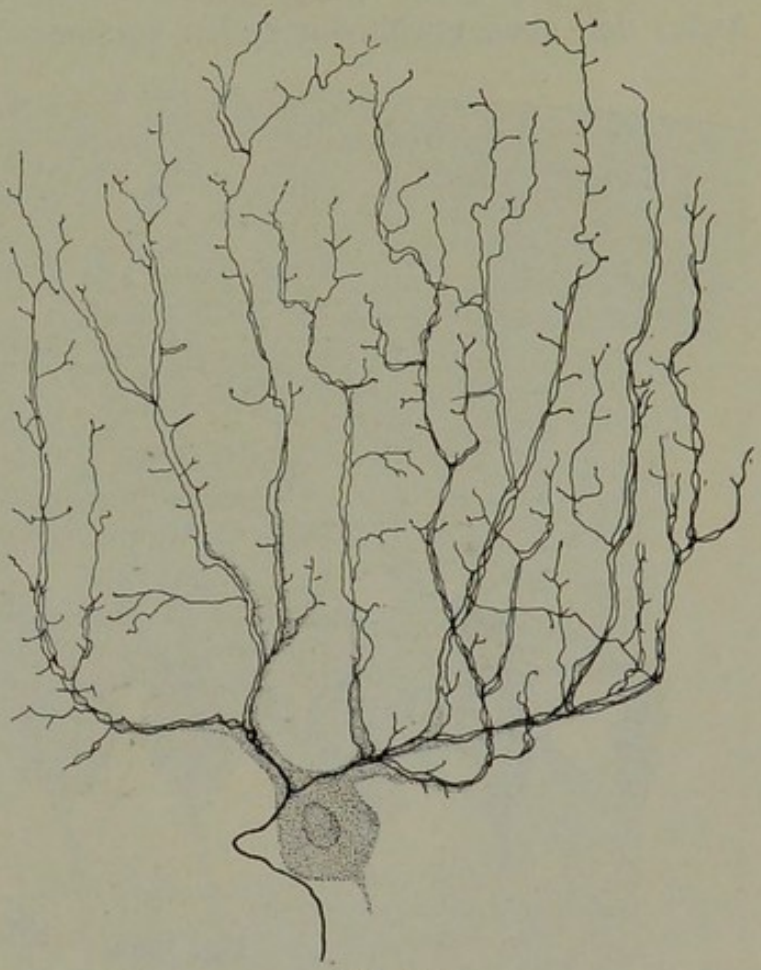


Fig. 195.

Um eine Purkinjezelle aufsteigende Nervenbahn nach S. R. y Cajal.

Das ganze reiche Geäst der Dendritenausläufer wird nun umsponnen von dicken Fasern (2 der Figur 198), die aus je einer Zelle, wahrscheinlich der Oliven kommend, in das Kleinhirnmark eintreten, die Körnerschicht durchziehen und in der Molekularschicht sich aufzweigen. So ist jede Purkinjesche Zelle in Verbindung mit einem entfernten Orte gesetzt. Es gibt aber in der Molekularschicht auch eine Art Zellen, welche geeignet sind, eine Anzahl der Purkinjeschen Elemente untereinander in Verbindung zu bringen. Solche Zellen (3 der Fig. 198) entsenden einen ebenfalls nur in der Sagittalebene ziehenden langen Achsenzylinder ziemlich parallel der Oberfläche der Rinde, und aus diesem senkt sich von Stelle zu Stelle ein feiner Fortsatz herab. Derselbe tritt nahe an den Körper einer der großen Purkinjeschen Zellen und splittert sich dann, diesen mit seinen Endästen umfassend, um den entspringenden Axenzylinder auf. Fig. 195a.

Die Körnerschicht besteht zum größten Teile aus polygonalen kleinen Zellen (4, Fig. 198) mit großem Kerne. Jede derselben entsendet eine kleine Anzahl sich bald verzweigender Dendriten und einen Axenzylinder. Der letztere dringt nach außen in die Molekularschicht, und dort teilt er sich in zwei transversal zur Körperaxe laufende feine Fasern. In der Figur kann man diese Teilung nur eben durch eine kleine Querlinie angedeutet sehen, weil der abgebildete Schnitt in sagitaller Richtung, also senkrecht zum Windungsverlaufe des Kleinhirnes, angelegt ist. Die zahlreichen Pünktchen in allen Höhen der Molekularschicht rechts unten entsprechen solchen quergetroffenen Teilästen. Außer den eben erwähnten Zellen kommen in der Körnerschicht noch

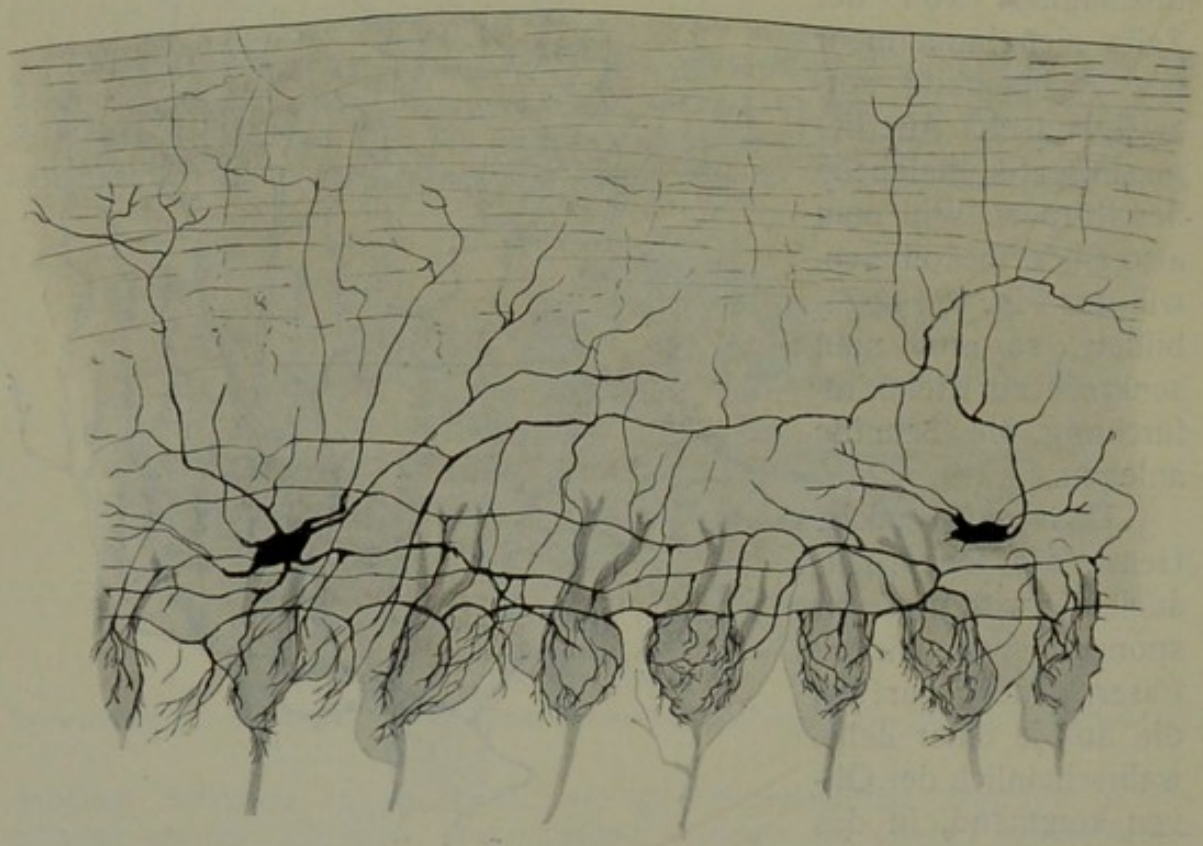


Fig. 195a.

Assoziationskörbe um die Purkinjezellen. Nach S. R. y Cajal.

solche vor (5), deren Axenzylinder sich zwischen den Körnern außerordentlich fein aufzweigt, während die Dendriten, nicht unähnlich denen der Purkinjeschen Zellen, aber weniger verästelt, sich in der Molekularschicht verteilen. Solche Zellen — Golgizellen — liegen auch in der Molekularschicht selbst, in allen ihren Höhen. So sind sie wohl geeignet, die Molekularschicht mit der Körnerschicht zu verknüpfen. Ihre Axenzylinderaufzweigung erstreckt sich oft auf weite Strecken, über mehrere Läppchen, wenn man den gelegentlich recht komplizierten Bildern, welche im Fasergewirre der Kleinhirnrinde zu sehen sind, ganz trauen darf. Fig. 197.

Gleich den Umspinnungsfasern, welche, in die Molekularschicht

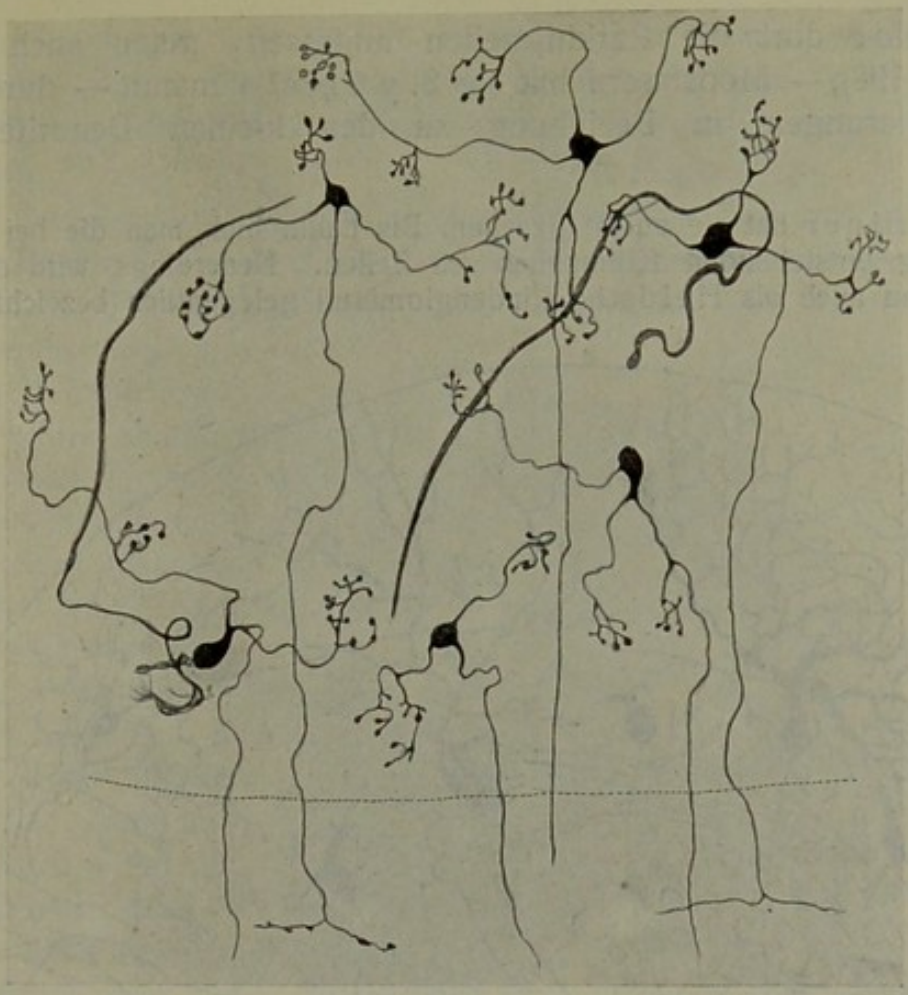


Fig. 196.
„Körner" der Körnerschicht. Vitalfärbung nach S. R. y Cajal.

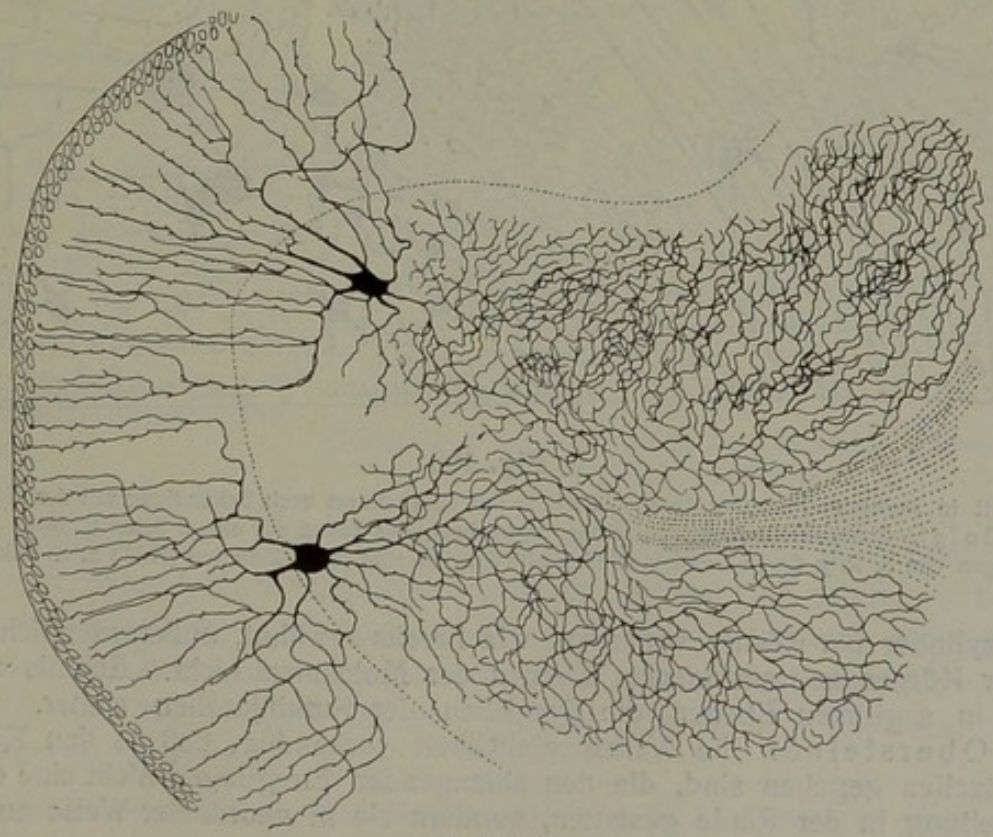


Fig. 197.
Golgizellen der Körnerschicht. Nach S. R. y Cajal.

eintretend, dort die Purkinjezellen umfassen, treten auch Fasern (6, Fig. 198), — Moosfasern hat sie S. y Cajal genannt — durch dicke Aufsplitterungen in Beziehung zu den kleinen Dendriten ihrer Körper.

Berliner hat sie zuerst gesehen. Bis dahin hielt man die bei der Umflechtung entstehenden Klümpchen für Zellen. Neuerdings wird die ganze Formation auch als Heldsche Rindenglomeruli gelegentlich bezeichnet. Die

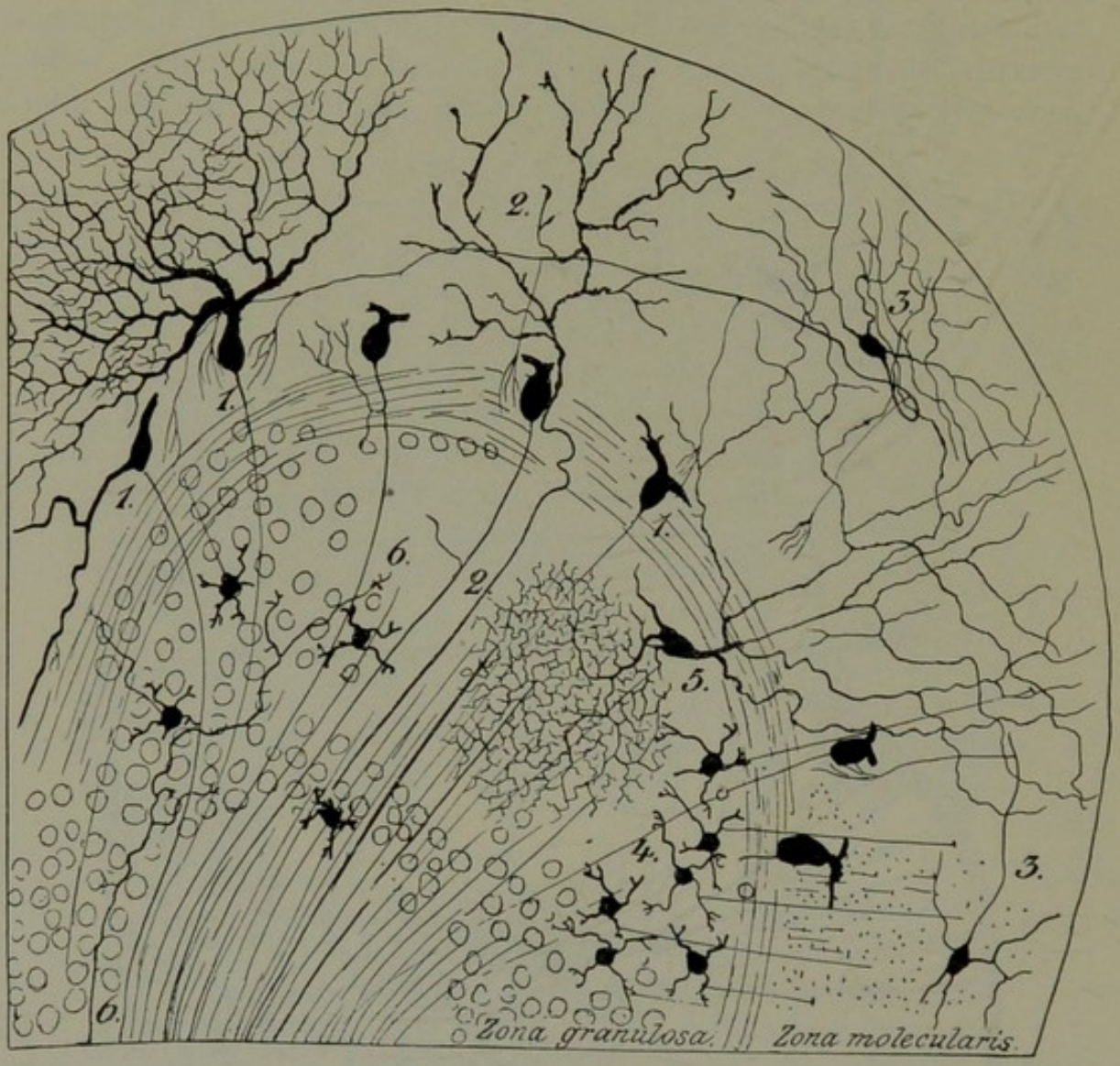


Fig. 198.

Schnitt in sagittaler Richtung durch die Rinde des Cerebellums nach Behandlung mit der Methode von Golgi. Zusammenstellung einzelner da beobachteter Zellen auf einem Schnitt. Nach Zeichnungen von S. R. y Cajal und v. Gehuchten. Es sind mehr Zellarten (Hill u. a.) bekannt.

Axenzylinder der Körner verlaufen, wie bereits erwähnt, außerordentlich dicht in zur Körperaxe transversalen Ebenen der Molekularschicht. Ebenda ziehen aber in sagittalen Ebenen die Dendriten der Purkinjezellen einher. So ist nach Obersteiner die Wahrscheinlichkeit vorhanden, daß in den Körnern Schaltzellen gegeben sind, die den anlangenden Erregungen nicht eine diffuse Verbreitung in der Rinde gestatten, sondern sie in geordneter Weise auf größere Gruppen von Purkinjezellen übertragen.

Wie Sie sehen, liegt also in der Rinde des Cerebellums ein außerordentlich komplizierter Apparat vor, ein Apparat, der wohl geeignet ist, Elemente sehr verschiedener Art und Herkunft untereinander zu verbinden.

An dem Schnitte, den ich in Fig. 199 vorlege, soll gezeigt werden, wie die Fasern aus dem Kleinhirnweiß in dicken, markhaltigen Zügen in die Rinde eintreten, wie von diesen Zügen im Bereiche der Körnerschicht zumeist nur gewundene Teilstücke auf dem Schnitte sichtbar sind, und wie ein wahrer Plexus markhaltiger Nervenfasern in sagittaler Richtung unter und zwischen den Purkinjeschen Zellen einher zieht. Einzelne in gleicher Richtung ziehende dünne, markhaltige Fasern — auf der Figur nicht sichtbar — kommen auch noch ein kleines Stück über die großen Zellen hinaus, in der Molekularschicht vor.

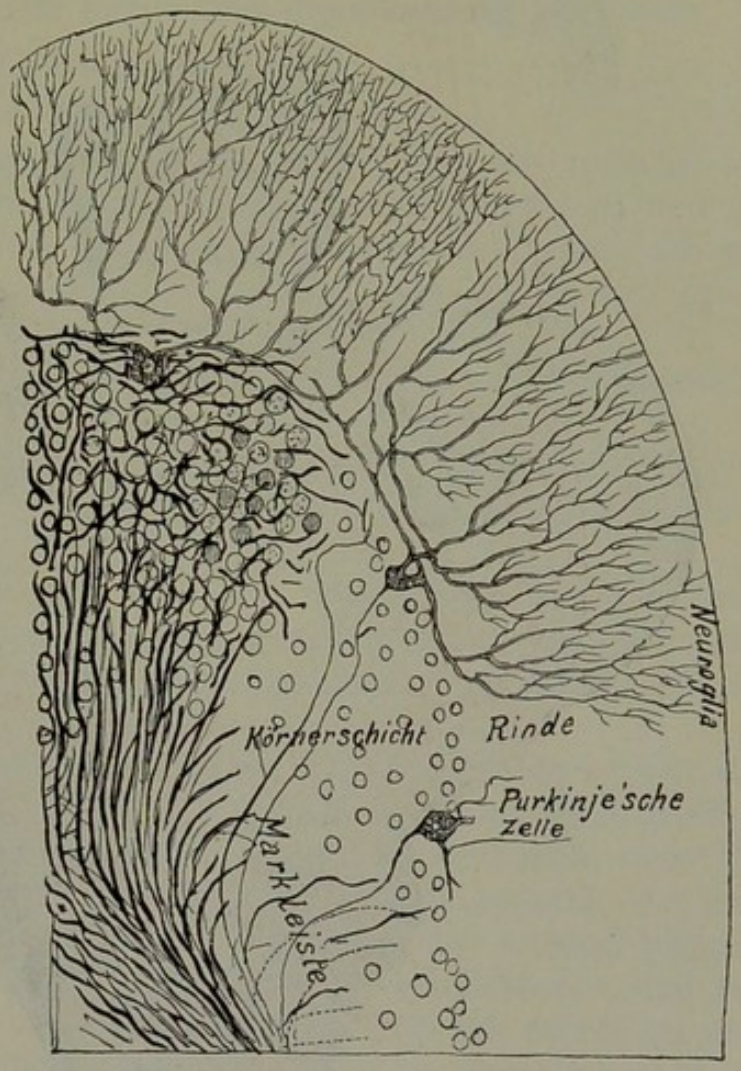


Fig. 199.
Schnitt durch die Rindenschicht des Cerebellums. Färbung mit Hämatoxylinkupferlack.

Bei allen Embryonen, auch bei Nichtsäugern, findet man als äußerste Schicht der Kleinhirnrinde eine oder mehrere Lagen von rundlichen Zelleu, die später in die Tiefe wandernde Elemente der einzelnen Schichten, namentlich der Körnerschicht bilden.

Die Beschreibung der Kleinhirnrinde legte ich Ihnen auch deshalb mit manchem Detail vor, weil neuere Untersuchungen gezeigt haben, daß auch hier bei der progressiven Paralyse Faserschwund und andere Veränderungen vorkommen können. Es kam deshalb die Kenntnis der anatomischen Verhältnisse für Untersuchungen im Bereiche der Pathologie große Wichtigkeit gewinnen.

Alle Rindenpartien sind durch guirlandenförmige, ihren Konturen folgende Faserzüge untereinander verknüpft.

Die Neuroglia des Kleinhirnes ist zunächst dem Ventrikel, wie überall, wo Hohlräume begrenzt werden, ein dichtes Geflecht; auch in der weißen Substanz ist sie mindestens gleichmächtig wie überall im Markweiß ent-

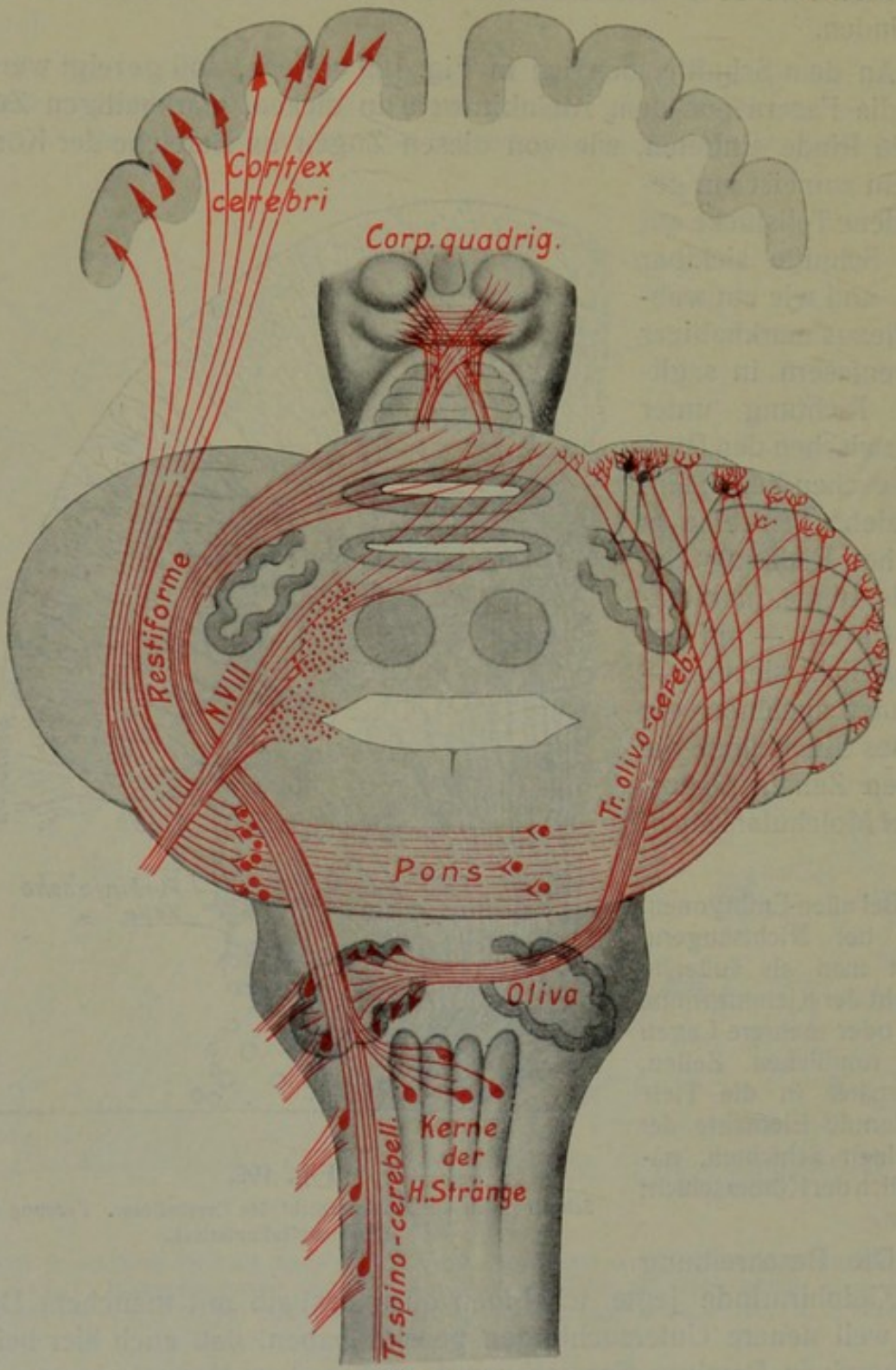


Fig. 200.

Schema der afferenten Faserung des Cerebellum.

wickelt, in der Körnerschicht aber fehlt sie bei gesunden Individuen so gut wie völlig, aber bei Paralytischen hat Weigert, von dem diese Angaben alle stammen, dort mächtige Wucherung der Glia gefunden. In der Umgebung der Purkinjeschen Zellen liegen dann bis in die innerste Schicht der Mo-

lekularschicht hinein kleine dünnere Plexus; in der Molekularschicht selbst sind bisher nur relativ spärliche, senkrecht znr Oberfläche stehende, dicke Fasern — die Bergmann-Deitersschen Fasern — bekannt. Der Oberfläche des normalen Kleinhirnes fehlt das sonst überall am Nervensystem vorhandene hüllende Glianetz.

Siebzehnte Vorlesung.

Das Kleinhirn II. Die Kerne und die Faserung der Arme.

In die Kleinhirnrinde münden zahlreiche

Afferente Fasern.

Die zuführenden Bahnen des Kleinhirnes stammen zunächst aus den Endstätten somatisch sensibler Nerven im Rückenmarke und der Oblongata-Acusticus, treten via Corpus vestiforme ein, enden alle gekreuzt und gleichzeitig in der Vermisrinde. Dieser Teil ist rein palaeencephal und bereits bei den Fischen vorhanden.

Zu ihm gesellt sich ebenfalls im Restiforme verlaufend eine mächtige Bahn aus den Oliven.

Schließlich bildet die Brückenfaserung eine Zufuhrquelle für eine sekundäre Großhirnfaserung, die im wesentlichen in den Hemisphären ihr Ende findet.

Es ist wahrscheinlich, daß die durch die Körnerschicht zur Rinde aufsteigenden und dorten die Purkinjezellen umwindenden Fasern, ebenso die Moosfasern zur Körnerschicht, diese eintretenden Bahnen darstellen.

Weitere afferente Bahnen kommen aus dem Mittelhirndach durch das Velum medullare anticum. Dieses dünne Blatt, welches den Übergang vom Cerebellum zu den hinteren Vierhügeln bildet, ist im kaudaleren Abschnitte noch von Cerebellarrinde bedeckt, der paarigen Lingula, weiter vorn aber enthält es bei den meisten Säugern nur Leitungsbahnen. Diese Tractus tecto-cerebellares sind bisher bei Säugern ganz unbekannt gewesen. Ich sah zuerst bei dem Braunwal recht beträchtliche Faserzüge direkt aus dem Velum in die Oberfläche des hinteren Hügels übergehen und sich von da in die Kreuzung einsenken, welche das tiefe Vierhügelmark im Dache bildet. Hier gingen sie verloren. Dann fand ich leicht das gleiche beim Menschen, wo sich die Züge besonders lateral zu recht deutlichen Strängen ansammeln, die ebenso in das Vierhügelmark eintauchen. Da bei den vielen bisher vorgenommenen Kleinhirnläsionen diese Züge nie entartet gefunden wurden, müssen sie aus dem Mittelhirndache stammen und zu dem Kleinhirn hin verlaufen. Diese Fasern sind auch von Valeton gesehen worden.

Aus der Kleinhirnrinde entstammen, wohl im wesentlichen als Axenzylinder von Purkinjezellen, die

Tractus cortico-nucleares,

Fasern die ohne Kreuzung in ziemlich gestreckem Verlaufe direkt aus der Rinde in die Kerne des Kleinhirnes eintreten. Fig. 201, s. auch S. 275.

Die Kerne des Kleinhirnes

liegen alle im palaeencephalen Abschnitte desselben, eingefaßt und umfaßt von der in dessen Rinde einstrahlenden Faserung.



Fig. 201.

Kleinhirnkerne der Katze. Weigertpräparat. *A* Nucleus fastigii. *B* Nucl. dentatus. *C* Bindearm. *D* Corpus restiforme. *E* Ein Deiterskern. *F* Fibrae cortico-nucleares. *G* Decussatio interfastigialis.

Sie sind von Benedict Stilling mustergültig für den Menschen zuerst beschrieben worden. Später hat man sie bei allen Säugern wiedergefunden und es hat Weidenreich eine für die ganze Reihe brauchbare Nomenklatur geschaffen als er sie bei verschiedenen Tierarten studiert hatte.

Eine innere Gruppe besteht aus dem Nucleus medialis, den Stilling Nucleus fastigii genannt hat, einem großen rundlichen Kerne und aus einigen mit diesem und unter sich mehr oder weniger verschmolzenen kleineren Nuclei laterales. Davon lateral liegt der

Nucleus externus, ein bei vielen Säugern relativ kleines Gebilde, das mit der Zunahme der Hemisphärenrinde enorm wächst, sich auch der Olivenplatte gleich in Falten legt und deshalb von alters her den Namen Nucleus dentatus cerebelli führt.

Beim Menschen liegt der Nucleus externus an der Grenze von Wurm und Hemisphären in die Markmasse eingebettet, er ist ein großer, vielfach gefalteter Körper, das Corpus dentatum. Medial von ihm werden weitere graue Massen angetroffen; zunächst ein längliches Ganglion, der Nucleus lateralis ant., der Pfropf, Embolus,

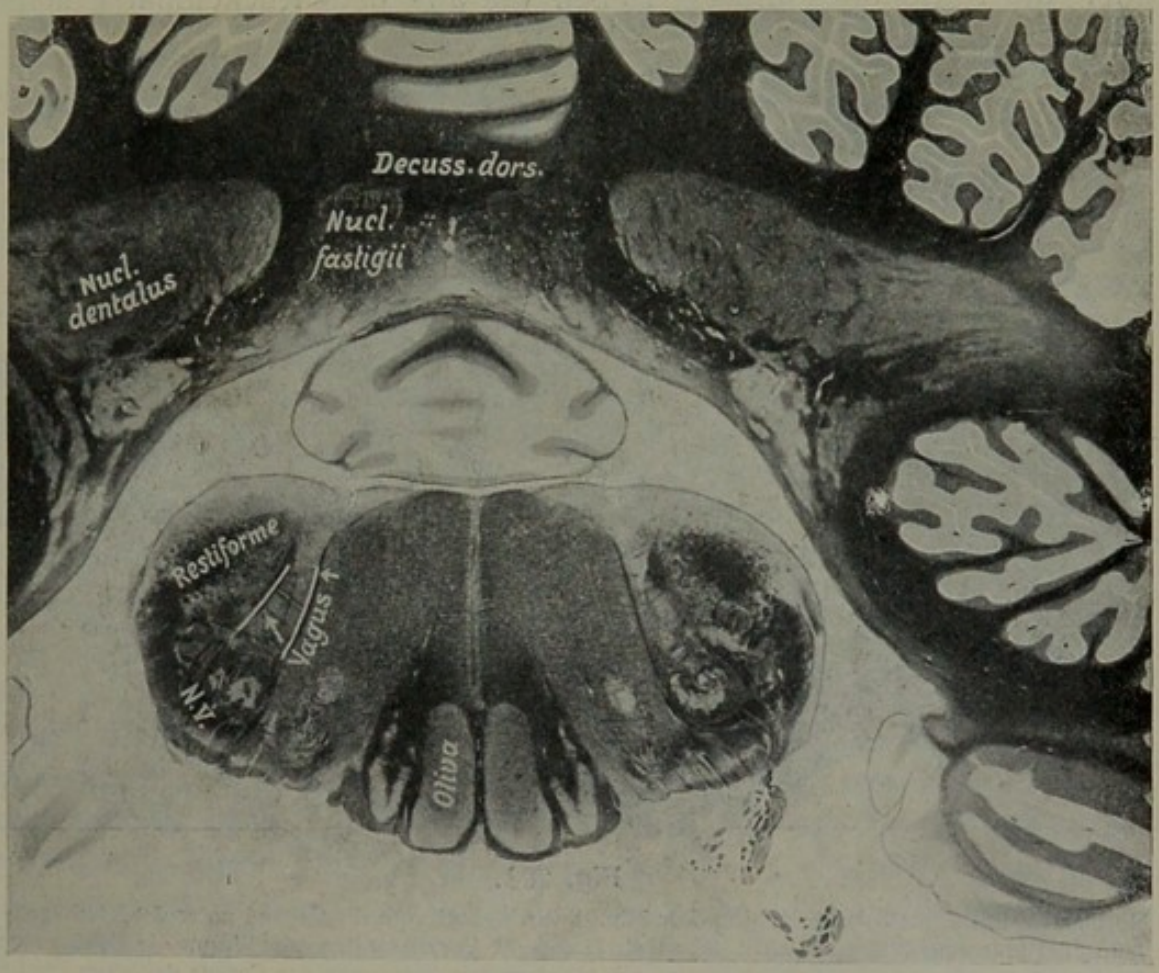


Fig. 202.

Kleinhirnkerne des Braunwales, Phocaena comm.

dann der Nucleus lateralis post., Kugelkern, Nucleus globosus genannt, ein längliches Gebilde mit kugliger Anschwellung am hinteren Ende, schließlich am weitesten medial der Nucleus medialis, der Dachkern, Nucleus fastigii. Am besten bekommt man diese Kerne auf einem fast horizontal durch das Cerebellum geführten Schnitte zu Gesicht, wie ihn Fig. 203 nach einer Abbildung aus B. Stillings Atlas zeigt.

An einem solchen Schnitte erblicken Sie in der Mitte den Markkern des Wurmes mit den Dachkernen, vor demselben eine Faserkreuzung, die dorsale Kreuzung des Wurmes. Rechts und links

schließen sich die Marklager der Hemisphären an, in denen die Kugelkerne, der Pfropf und am weitesten außen das gefältete Markblatt des Nucleus dentatus sichtbar werden. Die tiefen Einschnitte in die Oberfläche entsprechen den Furchen zwischen den Lappen. Zwischen den Bindearmen *(RR)* liegt auf dem Velum medullare anticum die Lingula; sie ist *(U)* ebenfalls in der Horizontalebene durchschnitten.

Alle die Kerne in den Marklagern, welche Sie eben sehen, sind durch Züge grauer Substanz untereinander in Verbindung.

Vor und hinter ihnen verlaufen zahlreiche kreuzende Fasern und über die Mittellinie hinweg ziehen die aus dem Rückenmarke stam-

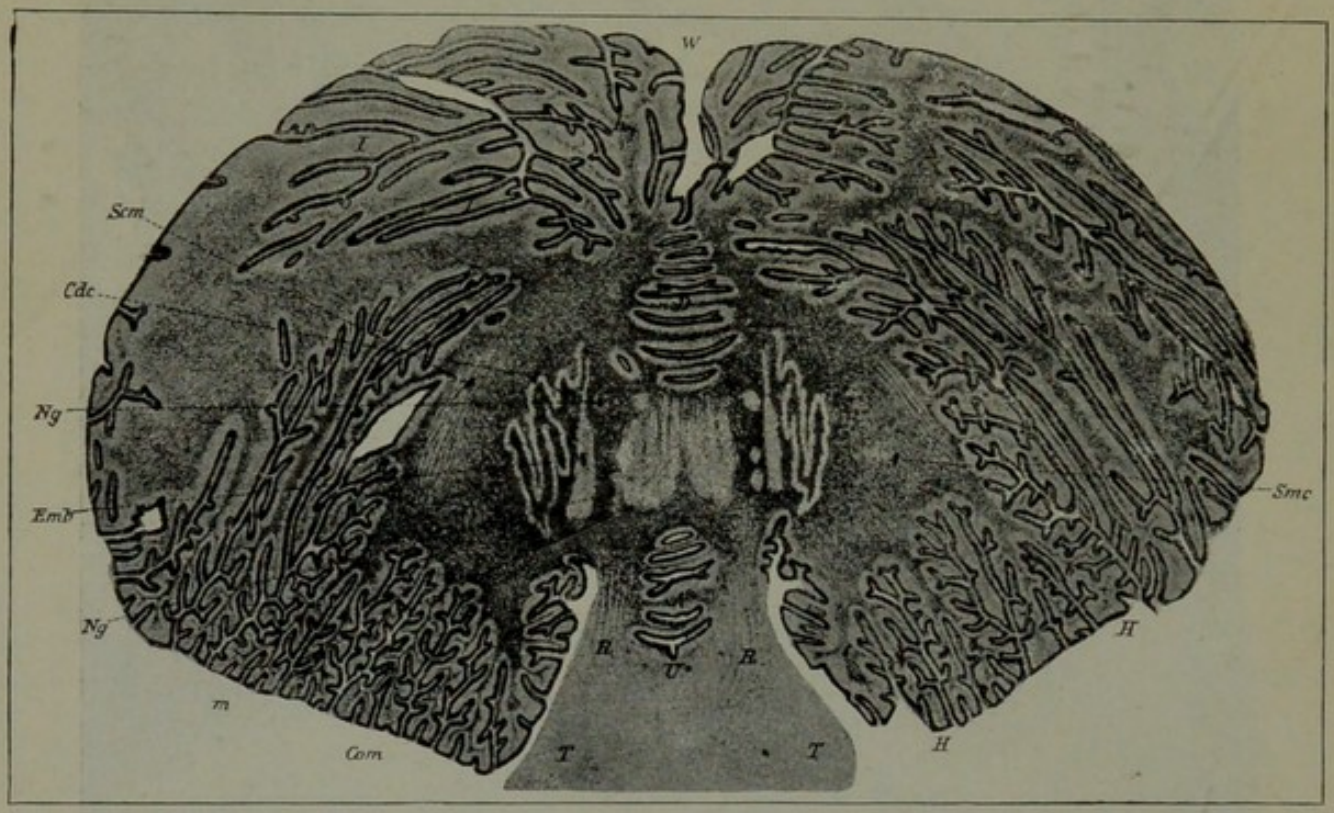


Fig. 203.

Horizontalschnitt durch das Kleinhirn. Der Schnitt durchtrennt vorn die Gegend unter den Vierhügeln *T*, dann die Bindearme *R* und zwischen diesen die Lingula *U*. Vor dieser liegen im Wurme die Dachkerne *m*, der Kugelkern *Ng*, der Pfropf *Emb* und in den Hemisphären beiderseits das Corpus dentatum cerebelli *Cdc*. Die Linie bei *Com* weist auf die vordere Kreuzung hin. Bei *Sem* die Fibrae semicirculares. Nach B. Stilling.

menden sensiblen Bahnen zur gekreuzten Wurmrinde und Fasern aus den Kernen zur Oblongata. An der Lateralseite des Corpus dentatum liegen im wesentlichen Fasern aus dem Rückenmark und den Oliven und die ungeheure Masse der Brückenfasern, die hier das Marklager der Hemisphären bilden. Fig. 203.

Der Nucleus dentatus wird erst sehr groß, wenn das Neocerebellum wächst. Er erhält seine Fasern fast nur aus den Fig. 191 mit II bezeichneten Abschnitten, im wesentlichen also aus den Hemisphären und denjenigen Wurmpartien, welche jene unter sich verbinden. Er entwickelt sich auch erst kräftig, wenn die Hemisphären sich vergrößern.

Die Rinde des Palaeocerebellums, also Wurm und Flockenformation, entsendet ihre Fasern alle in die Nuclei fastigii und die Nuclei globosi.

Der histologische Aufbau ist nach den Angaben von Ramon y Cajal außerordentlich ähnlich demjenigen der oberen und unteren Oliven. Die Bilder, welche namentlich Fig. 120 bietet, könnten ebensogut von einem Cerebellarkerne entnommen sein. Mit mächtigen Pinseln strahlen die wohl meist den Purkinjezellen entstammenden Axenzylinder der Tractus cortico-nucleares ein. Sie umgeben allseitig dort liegende Zellen, und aus diesen treten die Axenzylinder der Tractus cerebello-tegmentales in die Peripherie.

Die Tractus cortico-nucleares cerebelli sind von Ferrier und Turner entdeckt, aber von Horsley und Clarke zuerst studiert worden. Es ist sehr schwer, degenerativ zu ermitteln, welche Fasern die Rinde allein und welche etwa die Kerne aussenden. Immerhin sprechen die überaus sorgfältigen und technisch operativ geradezu vollendeten Untersuchungen der zuletzt erwähnten Autoren durchaus dafür, daß nach Rindenverletzungen keine Fasern tiefer hinab als bis in die Kerne entarten, daß dann aber die Kerne selbst neue Bahnen aussenden. Die letzteren, die Tractus nucleo-tegmentales haben wir später mit den Kleinhirnarmen, durch die sie austreten, zu studieren. Die Faserung der Tractus cortico-nucleares ist eine ungemein reichhaltige nnd erreicht alle Kleinhirnkerne, wohl auch den bereits in der Oblongata liegenden Deiterskern. Vielleicht ist sie doppelläufig.

Aus den Zellen der Kleinhirnkerne entspringen die efferenten Bahnen des Kleinhirns, Tractus cerebello-tegmentales.

Die Tractus cerebello-tegmentales sind eine ungemein wichtige Faserung. Sie stellen wahrscheinlich das einzige efferente System des Kleinhirnes dar. Die Reizversuche, die Horsley isoliert an den Kleinhirnkernen, aus denen ja alle diese Fasern stammen, vorgenommen hat, ergaben tonische Krämpfe in der gleichseitigen Muskulatur und es wird so wahrscheinlich, daß die durch die afferenten Bahnen der Rinde zugeführten Erregungen via Fibrae cortico-nucleares auf die Kerne und von da durch die Tractus cerebello-tegmentales auf die großen, wohl motorischen Zellen der Haube übergeleitet werden, von wo aus sie die einzelnen Muskelkerne wohl erreichen können.

Wir kennen solche Fasern zur Haube des Rückenmarkes, der Oblongata, des Pons und des Mittelhirnes. Denn wenn man eine Cerebellarhälfte abträgt entarten Bahnen abwärts in die Haube des Mittelhirnes, der Brücke und der Oblongata, ja bis in das obere Rückenmark hinein. Auf den Fig. 136, 180, 204 sind diese einzelnen Anteile ihrer Lage nach angegeben.

Es ist überaus wahrscheinlich, daß ihre Endapparate jene Kolben sind, die sich s. Fig. 122 auf die Zellen der Substantia reticularis anlegen. Aus diesen Zellen entspringen bekanntlich auf- und abwärts ziehende Bahnen gleichseitig und gekreuzt und in diesem Apparat haben wir wohl die Unterlage für die vom Kleinhirn ausgehenden tonischen Reflexe. Fig. 123.

Tractus cerebello-tegmentalis mesencephali.

1. Der mächtigste efferente Faserzug ist der zu der Haube des Mittelhirnes und dem Thalamus gerichtete Bindearm, der vordere Kleinhirnschenkel. Ganz wie die schwächeren analogen Züge zur Haube der Oblongata kreuzt er mit der Hauptmasse seiner Fasern, ehe er endet. Er entstammt im wesentlichen dem Nucleus dentatus.

2. Die Tractus cerebello-tegmentales bulbi stammen zu einem guten Teile, wie Gehuchten gezeigt hat, aus dem gleichseitigen und gekreuzten Nucleus fastigii. Man sieht diese Faserung da, wo der Bindearm das Kleinhirn verläßt, zunächst lateral von ihm aus der Tiefe der Kleinhirnfaserung auftauchen, ihn dann medialwärts umschlingen, Tractus fastigio-bulbaris Hakenbündel, Fig. 180 von Russel und von Thomas — und sich dann zur Haube der Brücke und Oblongata wenden. Hier ziehen sie unter ständiger Abgabe von Bogenfasern zu dem Nucleus motorius tegmenti kaudalwärts; die kaudalsten Fasern enden wohl erst im Cervikalmarke. Man wird diese Faserung zweckmäßig Tractus cerebello-tegmentalis bulbi nennen. Sie zieht zur Oblongata in dem Winkel hinab, den lateral das Restiforme und ventral die Trigeminuswurzel bilden. Schon ganz frontal trennen sich für die Oblongatahaube bestimmte Fasern medialwärts ab, der Rest wird zunächst zu medialen Faserzügen des Restiforme, gelangt schließlich in das Areal der absteigenden Acusticuswurzeln und kann in diesem bis in den Bereich der oberen Cervikalnerven verfolgt werden. So liegen nach Gehuchten die Verhältnisse am Kaninchen. Beim Menschen kennt man schon lange einzelne Stücke der gleichen Bahn, die in ihrer Bedeutung aber erst von Gehuchten erkannt wurden. Sehr mächtig sind diese Faserzüge bei Phocaena. Fig. 136, 208.

Zu den Tractus cerebello-tegmentales bulbi wären auch mächtige Fasermassen zu rechnen, die an der Medialseite des Restiforme herabtreten und in dem Deitersschen Kerne enden. Die Zellen dieses Kernes wären dann Homologa der Zellen des Nucleus motorius tegmenti oder besser ausgedrückt, dieser Kern wäre nur eine spezielle Ausbildung des motorischen Haubenkernes. Die Gründe, die dafür sprechen, sind im vergleichend anatomischen Bande erörtert.

Weitere Anteile des Tractus cerebello-tegmentalis bulbi treten nicht mit dem Bindearm, sondern an der Ventralseite des Restiforme aus, um als Fibrae arcuatae externae anteriores die Oblongata bis zur Mittellinie hin zu umfassen und dann via Raphe in die gekreuzte Haube einzutreten. Ein guter Teil dieser Fasern verläuft auch dorsal von den Pyramiden. Fig. 136 ist dieses ganze System abgebildet.

3. Tractus cerebello-tegmentales pontis.

Efferente Fasern gibt es nach Lewandowsky und Mingazzini

auch zur Brückenhaube. Sie verlaufen in den Brückenarmen und entarten allein in ihnen, wenn das Kleinhirn zerstört wird. Wahrscheinlich ist dieses System identisch mit einem von Bechterew schon vor langer Zeit auf Grund früher Markscheidenbildung in der Brücke ab-

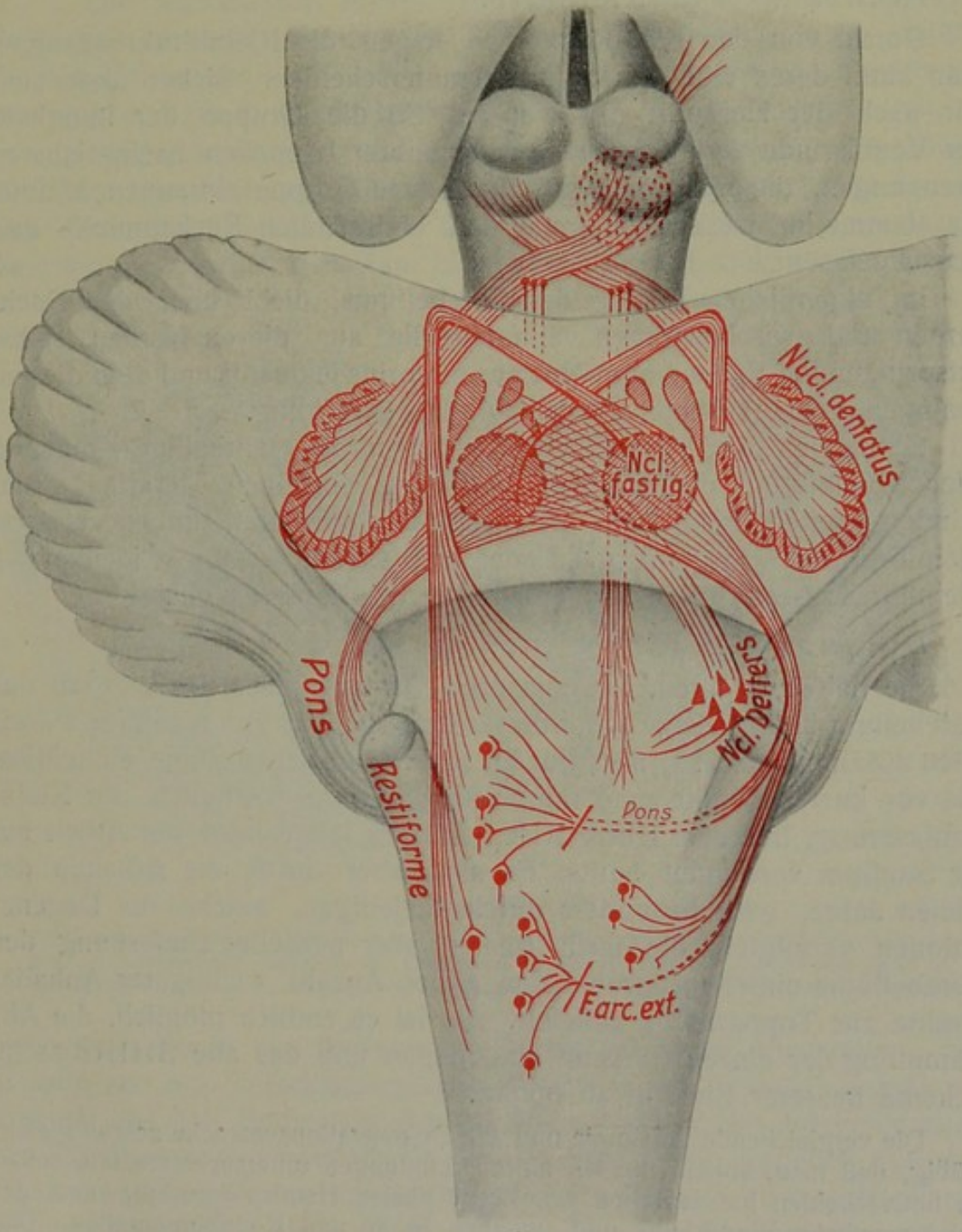


Fig. 204.
Schema der efferenten Faserzüge.

geschiedenen System, dessen Fasern er in der Raphe aufsteigen und dann nach Kreuzung in die Nuclei reticulares eintreten sah. Fig. 180.

4. Schließlich wäre zu erwähnen, daß mit dem Bindearm ein kleines Faserbündelchen austritt, das sich sehr bald von ihm sondert,

um in dem Mittelhirn dorsal ziehend in der Gegend der Oculomotoriuskerne zu enden. Das bei mehreren Säugern gut ausgebildete Bündel ist zuerst von Klimoff abgeschieden, der es im Oculomotoriuskerne selbst enden läßt. Es ist bei Phocaena sehr stark.

Kreuzungen im Kleinhirn.

Dorsal von den Kleinhirnkernen liegen die Kleinhirnkreuzungen. Man kann deren eine ganze Anzahl unterscheiden. Sicher aber sind mir nach der Herkunft nur wenige. So die Gruppe der innerhalb der Vermisrinde verlaufenden in jedem ihrer Läppchen nachweisbaren Kreuzungen, die man vielleicht als dorsale Gruppe abtrennen könnte. Sie stammt im wesentlichen aus den eintretenden Rückenmark- und Acusticusfasern.

Im eigentlichen Körper des Cerebellums, dicht über den Dachkernen und zwischen ihnen verlaufen die aus diesen Kernen selbst entspringenden Bahnen zum Nucleus motorius tegmenti und dem diesem analogen Deitersschen Kerne. Mittlere Kreuzung.

Schließlich gibt es noch eine ganz ventrale markhaltige Kreuzung oder Kommissur, die in einer nach den einzelnen Tierarten wechselnden Breite direkt über den Ventrikel wegzieht, unbedeckt von Kleinhirnrinde. Sie entspricht der Vorderwand des — idealen — Kleinhirnrezesses. Vielleicht enthält sie die Flockenstiele.

Die Arme des Kleinhirnes.

Sie haben erfahren, daß aus drei „Armen" jederseits Züge an das Cerebellum herantreten. Jeder dieser Arme ist aber aus mehreren Faserarten zusammengesetzt, also nur im makroskopischen Sinne einheitlich. Bis vor kurzem wußte man nur wenig über das Verhalten der Kleinhirnfaserung, trotzdem Benedikt Stilling lange Jahre der Arbeit auf ihr Studium verwendet hatte. Es sind aber durch die Arbeiten der letzten Jahre, ganz besonders durch diejenigen, welche die Degenerationen verfolgten, die nach totaler oder partieller Entfernung des Cerebellums eintreten, schon eine ganze Anzahl wichtigerer Anhaltspunkte zur Topographie geliefert. So ist es endlich möglich, die Abstammung der einzelnen Arme klarzulegen und das alte Stillingsche Schema besserer Einsicht zu opfern.

Die vergleichende Anatomie und die Degenerationsversuche zeigen gleichmäßig, daß man, sobald die Kleinhirnverbindungen untersucht werden, scharf zu unterscheiden hat zwischen der neencephalen Hemisphärenrinde und der palaeencephalen Wurmrinde, und zwischen Rinde und Kleinhirnganglien. Das Corpus dentatum rechne ich aus vergleichend anatomischen Gründen dem Wurme zu, es wächst aber mit Ausbildung der Hemisphären. Nicht Weniges, was in der Degenerationsliteratur über Entartung nach Hemisphärenverletzung gesagt ist, bezieht sich auf Verletzung des lateralen Wurmes.

Mancherlei Gründe, besonders die Wünsche der Klinik, machen es notwendig, daß wir, nachdem so die Faserung des Kleinhirns übersichtlich dargestellt ist, noch die Arme einzeln betrachten. Prak-

tisch existieren sie als differente Gebiide nur bei den Säugern, die meisten anderen Vertebraten haben nur einen einheitlichen Kleinhirnstil. Und auch bei den Säugern sind in jedem Arme fast verschiedenartige Fasern gemischt.

I. Die kaudalen Kleinhirnarme, Corpora restiformia, enthalten vorwiegend afferente Bahnen. Sie ziehen ganz lateral an der Oblongata in die Höhe, nehmen aus ihr zahlreiche Fasern auf und senken sich in kaudal gerichtetem Zuge in das Kleinhirn ein.

Diese dicke afferente Fasermasse haben Sie bereits bei Beschreibung der Oblongata kennen gelernt. Sie zieht dicht frontal vom Eintritt des Vestibularis hinauf in das Cerebellum. Ihre geschlossene Masse umgreift das Corpus dentatum lateral und wendet sich wesentlich zur

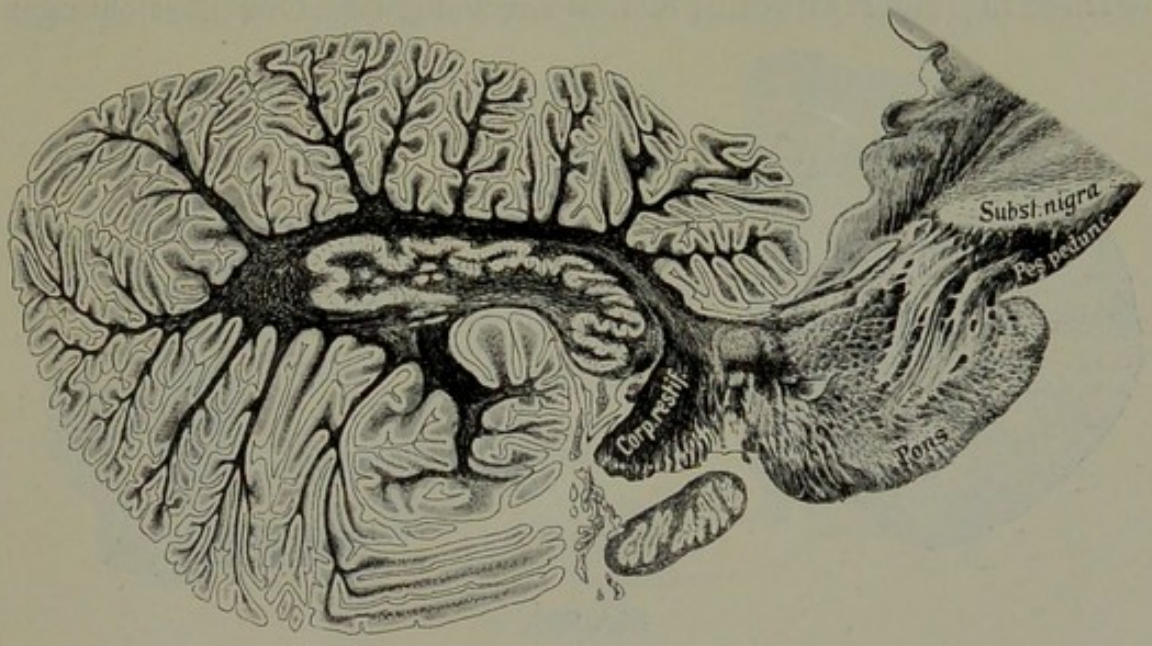


Fig. 205.

Sagittalschnitt durch das Kleinhirn in der Ebene des Restiformeeintrittes. Zeigt den Verlauf des unteren Kleinhirnarmes innerhalb des Kleinhirnes zu gutem Teile. Zur Orientierung über die Schnittebene beachte man den lateralen Abschnitt der Olive ventral von dem Corpus restiforme.

gekreuzten Rinde des Wurmes in dessen dorsalen Abschnitten. Sie besteht aus drei verschiedenartigen Fasergruppen. Medial enthält sie Bahnen aus den Endstätten der sensiblen Nerven des Rückenmarkes, die Tractus spino-cerebellares dorsales. Diese sind umgeben von den Fasern aus den Oliven der Oblongata, den Tractus olivo-cerebellares. Die erstgenannten Fasern enden alle im dorsalen Wurme, die anderen auch in den Hemisphären. Dazu kommen noch dem Restiforme ganz medial anliegend die Faserzüge, welche den akustischen Apparat mit dem Kleinhirne verbinden.

Schließlich treten mit dem Restiforme noch die Fasern aus den Seitenstrangkernen ein und es gesellen sich ihm efferente Fasern bei.

Altererbt sind nur die Fasern aus den Endstätten der rezep-

torischen Nerven. Die Bahnen aus den Oliven sind bisher nur für die Säuger sichergestellt.

Den Tractus olivo-cerebellaris (Fig. 121) habe ich schon früher geschildert. Sie erinnern sich, daß die Fasern aus den beiden Oliven, zum Teil natürlich nach Kreuzung der Mittellinie, dorsalwärts ziehen und sich als periphere Schicht an den Strickkörperanteil aus dem Rückenmarke anlegen. Mit ihm zusammen treten sie als dicke Fasermasse in das Kleinhirn ein. Sie umkreisen den Nucleus dentatus auf der lateralen Seite, um sich dann in das Innere des Wurmes zu wenden. Dabei kreuzt wieder ein Teil in der dorsalen Wurmkreuzung. Es ist Keller geglückt, bei der Katze eine Olive zu zerstören. Er sah dann die Degeneration in der Wurmrinde selbst, besonders in deren dorsalen Abschnitten enden. Aber erst die Untersuchungen von Holmes und von Henscher lehrten wie weithin die Olivenbeziehungen

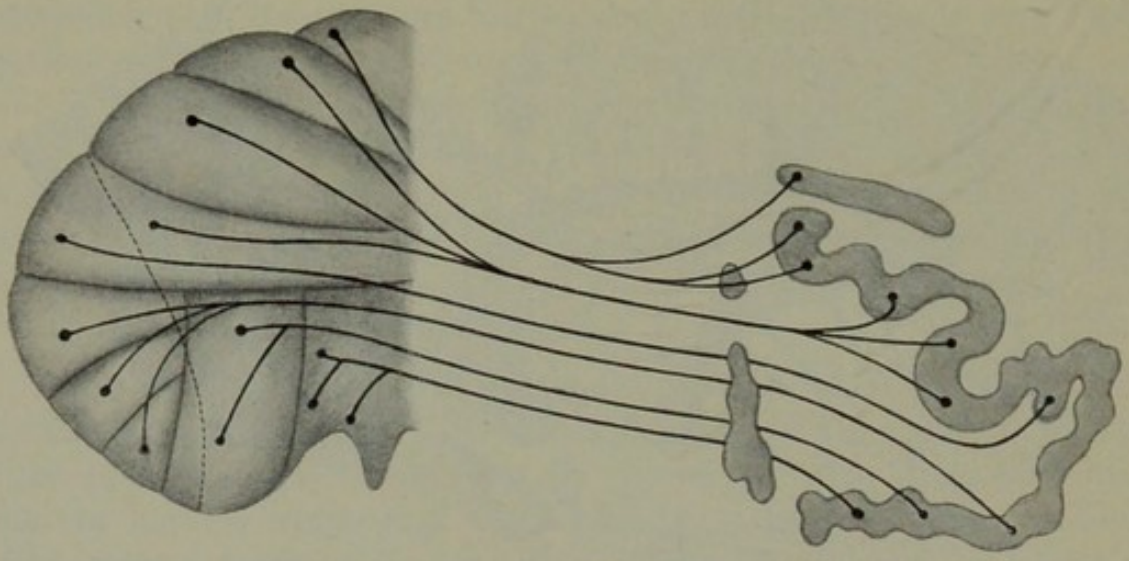


Fig. 206.

Beziehungen zwischen Olive und Kleinhirn. S. Text.

über das ganze Kleinhirn reichen. Das Schema Fig. 206 gibt wieder welche Olivenabschnitte entarten, wenn bestimmte — hier durch Linien verbundene — Kleinhirnabschnitte zerstört werden.

Die Verbindungen des Kleinhirnes mit dem sensiblen Apparate der peripheren Nerven sind durch mannigfache Faserzüge gegeben:

a) Zunächst gelangt aus dem Rückenmarke der Tractus spinocerebellaris dorsalis, Flechsigs Kleinhirnseitenstrangbahn, in langem Zuge von den Zellen der Stilling-Clarkeschen Säule, um die ja Endpinsel von Hinterwurzeln aufzweigen, in das Cerebellum. Das Bündel tritt lateral von dem Nucleus dentatus in die Vermisrinde, wobei etwa ein Drittel seiner Fasern kreuzen. Alle enden nach Horsley und Mac-Nalty in dem Lobus centralis, Culmen, Lobus posterior und pyramidalis. Da die dorsale Kleinhirnseitenstrangbahn im Wesentlichen aus dem Rumpf- und Beingebiete stammt, finden diese also in der caudaleren Vermishälfte ihre Vertretung. Fig. 208 D.

Der ventrale Abschnitt des Tractus-spino-cerebellaris, das Gowerssche Bündel entstammt nach den gleichen Autoren wesentlich den Nacken- und Armnerven. Es zieht weiter frontal als die Hauptmasse der Rückenmarkkleinhirnbahn und gelangt an die Außenseite des vorderen Kleinhirnarmes (Fig. 171). Dort wenden sich (L. Auerbach) seine Bündel kaudalwärts und treten via Velum medullare anterius in das Kleinhirn. Alle enden hier in den frontaleren Wurmabschnitten. Vorher kreuzen einige wenige Fasern. Dieser letztere Zug ist durch zahlreiche Kollateralen mit den verschiedensten Höhen der Oblongata in Beziehungen. Fig. 120.

b) Die direkte sensorische Kleinhirnbahn. Medial von den eben genannten Zügen aus dem Rückenmarke und der Olive liegt eine eigene, bereits von Meynert abgeschiedene Abteilung des Corpus restiforme, welche ganz aus Bahnen aus somatisch sensiblen Kernen

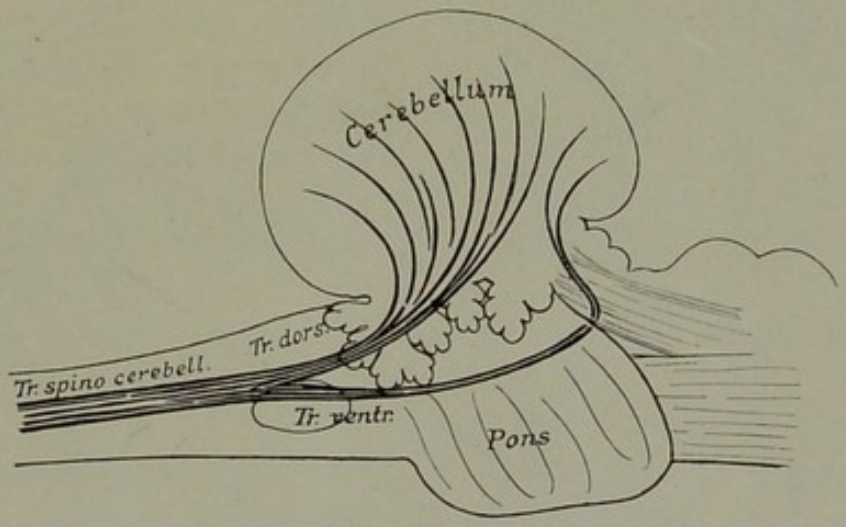


Fig. 207.

Die Dorsale und die ventrale Abteilung des Tractus spino-cerebellaris in ihrem Verhalten zu Rückenmark und Kleinhirn.

der Oblongata und aus einzelnen Hirnnerven besteht. Ich habe dieses System, als ich erkannte, daß es durch die Markscheidenbildung und durch sein universelles Vorkommen in der ganzen Wirbeltierreihe sich auszeichnet, als direkte sensorische Kleinhirnbahn bezeichnet.

Es handelt sich um ein uraltes System. Bei den Haien ist es das einzig nennenswert ausgebildete im Kleinhirn. Das ganze Cerebellum der Selachier ist im wesentlichen nur Endapparat für Teile der somatisch sensiblen Spinal- und Kopfnerven. Das weist darauf hin, daß in diesem Systen der Grundapparat für den Kleinhirnmechanismus liegt, daß die anderen Faserbeziehungen sich diesem erst allmählich addiert haben.

Bei den Säugern dringen aus dem langgestreckten kaudalen Ende des Vestibulariskernes und aus dem breiteren Teile desselben zahlreiche Bahnen mit dem Restiforme ein in das Kleinhirn. Es sind zu



Fig. 208.

Der Eintritt des Corpus restiforme in das Cerebellum. Mensch. Neugeborener. — Die Buchstaben bezeichnen — *A:* Corpus dentatum cerebelli. *a:* Austretender Bindearm. *B:* Nucleus fastigi. *b:* Tractus fastigio-bulbaris.. *C:* Dorsale Kreuzung wahrscheinlich zum gleichen System gehörend. *c:* Tractus cerebello-nuclearis zum Deiters-Kern: K. *D:* Eintretendes Corpus restiforme mit anliegendem Nucleus corporis restiformis. *E:* Kaudalste Ponsfasern. *F:* Flocke. *H:* Nucleus ventralis acustici. *O:* die von ihm ausgehenden Trapezfasern. *N:* Nervus facialis. *M:* Nucleus nervi facialis. *L:* Nucleus nervi abducentis. *I:* Tractus cerebello-bulbaris. *K:* Deiters Kern. *P:* Tractus bulbo-thalamicus. Médial von ihm strahlen Fasern des cerebello-bulbaren Systems in die Haube, die via die Brücke ankommen. *Q:* Pyramiden, noch nicht markhaltig. *R:* Kaudalste Brückenganglien. *V:* Nervus trigeminus. *U:* Läppchen des Vermis inferior.

gutem Teile Äste aus Teilungen der Wurzelfasern. Sie enden, wie nun mehrfach degenerativ bewiesen ist, im Bechterewschen Kerne, ziehen aber, wie ich mit Cajal nach eigenen Degenerationsbildern s. Fig. 149 annehme, zu einem Teile auch in die Rinde hinein. Ganz das gleiche, ein Eindringen von Fasern aus der Wurzel oder dem Endkerne — ganz sicher vermag ich es nicht zu unterscheiden — sehe ich auch am Trigeminus, aber hier steht der Beweis durch den Degenerationsversuch noch aus, ja es scheint nach den Versuchen von Gehuchten, daß es sich hier um etwas anderes als echte Quintusfasern handelt. In einem Fall von Fehlen einer Kleinhirnhemisphäre sah ich auch im dorsalen Vaguskerne das Fasernetz beträchtlich gelichtet.

Auch die Kerne der Hinterstränge, die ja auch somatisch sensorisch sind, senden — via Fibrae arcuatae posteriores s. S. 198 — sekundäre Bahnen in das Kleinhirn.

Efferente Bahnen enthält das eigentliche Corpus restiforme nur in Spuren. Es sind einige mit den Fibrae arcuatae anteriores zu den Ganglienzellen der gekreuzten Oblongata gelangende Fäserchen. Dagegen liegen ihm zwei efferente Bündel auf eine kurze Strecke an. Da, wo das Restiforme eintritt, gehen efferente Bahnen in den Deiterskern Fig. 208, und in dem Winkel, den es mit der absteigenden Trigeminusbahn bildet, zieht aus dem Bindearme der Tractus cerebellotegmentalis s. d. herab.

II. Die Verbindung des Cerebellums mit dem Neencephalon, der Rinde des Großhirnes wird hergestellt durch die

Brückenarme.

Aus den Ganglienzellen der Rinde des Stirn- und Schläfenlappens, wahrscheinlich auch aus Teilen des Scheitellappens, entspringen die Tractus cortico-cerebellares. Sie verlaufen durch die Capsula interna zu den medialen und zu den ganz lateral liegenden Abschnitten des Hirnschenkelfußes und gelangen mit diesem in die Brücke. Ihre Züge splittern hier in den Brückenganglien auf und aus diesen entspringen dann die Tractus ponto-cerebellares, welche die gekreuzte Kleinhirnhemisphäre erreichen. Ein kleinerer Teil scheint auch in die gleichseitige Hemisphäre zu gelangen. Da die Brückenarme aus Eigenganglien entspringen, so kann man sie weder durch Abtragung der Kleinhirnhemisphären noch durch Zerstörung des Hirnschenkelfußes ganz zur Entartung bringen. In jedem der beiden Versuche aber tritt beträchtlicher Schwund, besonders in der Faserung ein. Ich sah sie in einem Fall von angeborenem völligen Fehlen einer Hemisphäre bis auf ein Minimum verdünnt, aber nicht geschwunden. Ebenso hat man auch nach sehr alten Großhirnherden nur Atrophien gefunden.

Die Brückenarme treten in den Lobus medius cerebelli, wie besonders Fig. 192 und 209 gut zeigt, und da dieser beim Menschen die

Hauptmasse der Hemisphären bildet, erzeugt ihr Eintritt im wesentlichen das Hemisphärenmark. Sie enden alle in der Rinde der Hemisphären.

Lewandowsky und Mingazzini haben es an Degenerationspräparaten bewiesen, daß mit diesen afferenten Brückenbahnen auch efferente im Brückenarme vorkommen. Wahrscheinlich aus den Kleinhirnkernen stammend treten diese Fasern bis zur Mediallinie und steigen da dorsalwärts um als Fibrae rectae pontis in den Kernen der Brückenhaube zu enden. Diese Bündel bekommen, Bechterew, ihr Mark früher als die neencephalen Brückenbahnen. Man muß sie als den pontinen Abschnitt des Systemes der Tractus cerebello-tegmentales auffassen.

III. Die frontalen Kleinhirnarme, die Bindearme,

Brachia conjunctiva

stammen im wesentlichen aus dem Corpus dentatum cerebelli. Sie

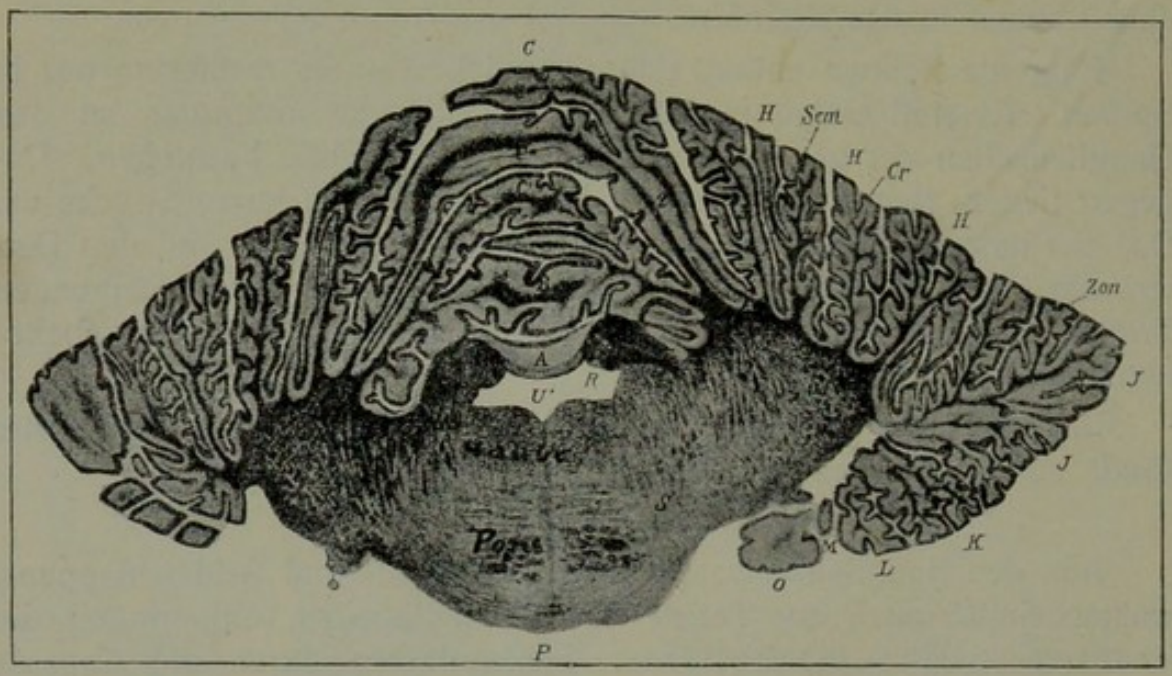


Fig. 209.

Eintritt der Brückenarme. Schnitt nahe vor dem Culmen des Berges in frontaler Richtung durch das Cerebellum fallend. Nach B. Stilling. *U** Ventriculus quartus, *R* Bindearm, *P* Pons, *Zon* Kreuzungszonen, *Cr* Züge aus dem Corpus restiforme, gehen in die halbzirkelförmigen Fasern *Sem* über, *S* Gegend des Austrittes der Trigeminuswurzeln.

führen aber, ehe sie sich in die Haube einsenken noch Fasern aus anderen Kleinhirnkernen mit sich, welche sie bald verlassen. Der gesamte Komplex dieser Bindearme erreicht die Substantia reticularis der Haube.

Die Hauptmasse tritt beiderseits vom Velum aus dem Kleinhirne aus und senkt sich frontalwärts tretend immer tiefer in die Brückenhaube ein. Dicht hinter den Vierhügeln beginnen ihre Fasern zu kreuzen und diese Kreuzung setzt sich weithin frontalwärts, in die Mittelhirnhaube fort. Diese gekreuzten Fasermassen enden zumeist im roten Kerne, der unter den Vierhügeln liegt, Meynert, und etwas frontal im Thalamus, Thomas u. A.

Dicht vor der Kreuzung teilen sich eine Anzahl von Fasern, Cajal, und während der stärkere Ast in die Krenzung eingeht, wendet sich der schwächere kaudal, um durch die ganze Brückenhaube rückwärts ziehend allmählich in den Nuclei resticulares tegmenti zu verschwinden.

So enden alle Bindearmfasern in der Haube der Brücke und der Vierhügelgegend.

Nach Degenerationsversuchen von Probst spalten sich vom ventralen Bindearm Faserbündelchen ab, welche nicht der Hauptbahn folgen, sondern den Weg zum ventralen Thalamus durch die dorsolaterale Brückenhaube wählen.

Daß der Bindearm im wesentlichen nur dem Corpus dentatum entstammt, geht nicht nur aus den normalanatomischen Bildern hervor.

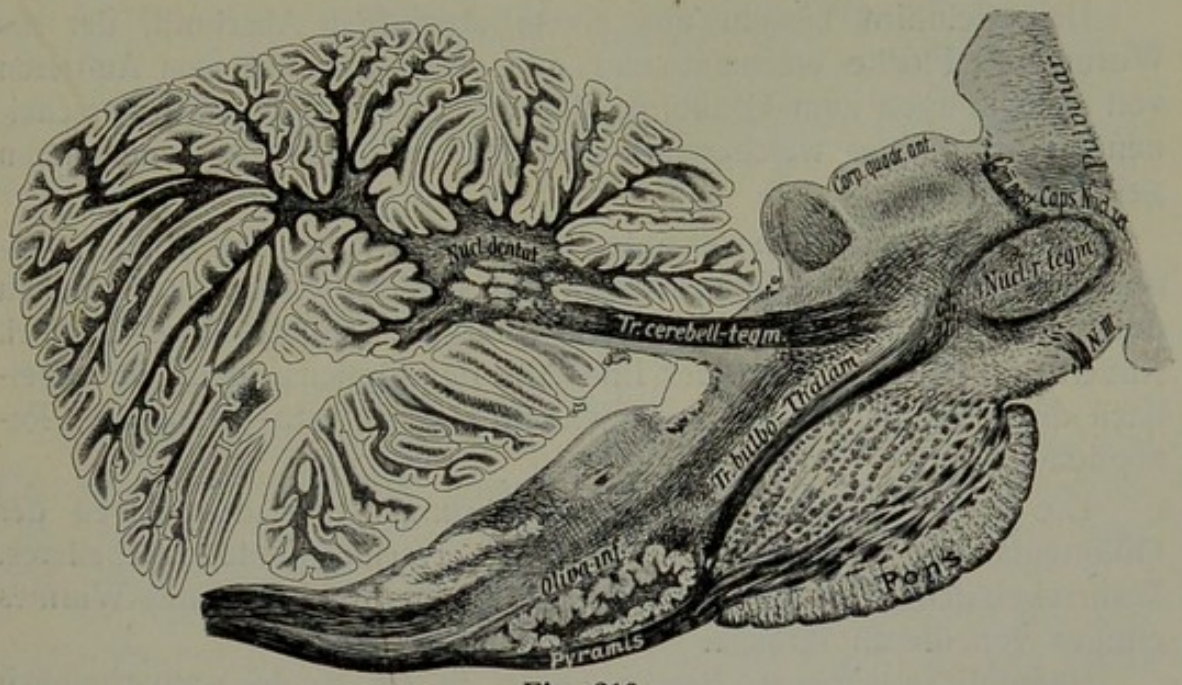


Fig. 210.

Ein Sagittalschnitt durch das Kleinhirn im Niveau der austretenden Bindearme. Zeigt deren Verlauf vom Ursprung bis zur Kreuzung.

In einem von Dejerine und Thomas beschriebenen Falle von Atrophie der gesamten Kleinhirnrinde, war er allein intakt. Die Brücke und das Corpus restiforme waren hochgradig atrophiert.

Der Ursprung der Brachia conjunctiva ist Fig. 208, 209 zu sehen. Außerdem lassen alle in der Vorlesung über die Brücke abgebildeten Schnitte die Lage erkennen und werden bei Beschreibung der Mittelhirnhaube Abbildungen über den Endort vorzulegen sein.

Erst dann werden wir die Faserverbindungen, die sie eingehen, näher kennen lernen; hier sei nur voraus bemerkt, daß die Endkerne Beziehungen zur Rinde des Neencephalon gewinnen. Da nun der Nucleus dentatus, aus dem die Brachia conjunctiva stammen, wie oben erwähnt, seine zuführenden Bahnen vorwiegend aus dem Neocerebellum bekommt, so ist es von besonderem Interesse, daß er seine effektorischen Fasern mit dem Neencephalon in Beziehung setzt.

Mit dem Bindearm gelangt auch ein Rückenmarkbündel in die gekreuzte frontale Wurmrinde, der mehrfach beschriebene Tractus spino-cerebellaris ventralis. S. S. 281, Fig. 207. Wir wissen, daß der Zug auf seinem langen Wege zahllose Kollateralen an Kerne der Oblongata abgibt, auch daß er die Pyramidenbündel oben umspinnt, da, wo sie sich zur Kreuzung anschicken, und daß er schließlich lateral über den Bindearm emporsteigend im Velum anticum kreuzt und dann kaudal zieht (s. Schema S. 281).

Es ist zweckmäßig, nun eine

Zusammenfassung der wichtigsten Tatsachen im Kleinhirnbau

zu geben.

Das Kleinhirn besteht aus einem altererbten Abschnitt, der als Wurm und Flocke erscheint und aus einem erst mit dem Auftreten von Beziehungen zum Großhirn, also erst in der Säugerreihe erscheinenden Abschnitte, welcher im wesentlichen durch die Hemisphären gebildet wird.

Aus den Endkernen sensibler Nerven erhält bei den Säugern genau wie bei den niederen Vertebraten das Mittelstück Rezeptionen durch die Tractus spino-cerebellares und die Radices Nervi acustici. Außerdem erhält es aus der Endstätte des Opticus, dem Vierhügeldach durch die im Velum verlaufenden Tractus tecto-cerebellares Rezeptionen.

Die Hemisphären bekommen Zuführungen aus den Oliven der Oblongata und aus dem Großhirn via Tractus ponto-cerebellares. Wahrscheinlich erhalten auch die lateraleren Abschnitte des Wurmes einiges von diesen Bahnen.

Sämmtliche afferente Fasern enden in der Rinde, wahrscheinlich als umspinnende Fasern der Purkinjezellen.

Die Rinde sendet wahrscheinlich als Axenzylinder der genannten Zellen Fasern zu den Kleinhirnkernen.

Aus den Kleinhirnkernen stammen die efferenten Fasern des Cerebellum. Diese treten alle in die Haube und legen sich höchst wahrscheinlich an die Zellen des Substantia reticularis an. Diese Tractus cerebello-tegmentales verlaufen in der Hauptmasse mit den vorderen Armen, in denen wir Züge frontalwärts zum roten Haubenkern und zum Thalamus, kaudalwärts zum Nucleus reticularis pontis kennen gelernt haben. Kleinere Anteile, die aber alle mit den Bindearmen zunächst austreten, biegen von diesen weg in die Haube der Oblongata oder ziehen medial vom Corpus restiforme bis an das obere Rückenmark hinab.

Durch diese Tractus cerebello-tegmentales vermag das Cerebellum die Erregungen, welche es erhält und in den Kernen verstärken kann, auf den gesamten motorischen Apparat zu übertragen. Es entsen-

det aber außerdem noch einen Faserzug in den Deiterskern, durch dessen Axenzylinder alle Ursprungskerne der Nerven erreicht werden, die unsere Kopf- und Augenstellung in übereinstimmenden Tonus bringen.

Die bisher am Cerebellum angestellten physiologischen Versuche waren, weil sie mit Ausnahme derjenigen von Horsley die ganze Anatomie unberücksichtigt ließen, recht grobe und ihre Ergebnisse sind unbefriedigend.

Das Äußere des Kleinhirnes ist durch Malacarne, Reil und Burdach so geschildert worden, wie wir es heute kennen. Die Erforschung des inneren Baues geschah durch F. Arnold, Reil, Kölliker, Meynert, namentlich aber durch B. Stilling. Neuere Untersuchungen über die Zusammensetzung der Arme stammen von Bechterew, Marchi, Mingazzini, Ferrier und Turner, von Pellizzi, von Thomas, von Klimoff von Probst, Lewandowsky, Über die Kleinhirnrinde existiert eine ganze Literatur, zu der namentlich Purkinje, Gerlach, Kölliker, F. E. Schultze, Obersteiner, Bevor Beiträge lieferten. Genauere Einsicht in den Bau das Cerebellum und seine Rinde erhielt man aber erst durch Studien von Golgi, Ramon y Cajal, Kölliker, v. Gehuchten und ganz besonders durch Horsley und Clark. Hier wie an vielen anderen Stellen hat erst die Verbesserung der technischen Methoden einen Fortschritt da ermöglicht, wo die eifrige einfache Beobachtung nur wenig zutage förderte.

Achtzehnte Vorlesung.

Das Mittelhirn.

1. Hirnschenkelfuß und Vierhügel.

Am frontalen Ende der Brücke treten aus ihr die Hirnschenkel aus (Fig. 45). Legt man hier einen Querschnitt an, so bietet er gegenüber den Schnitten, welche ich aus der Ponsregion demonstriert habe, dem Verständnis keine Schwierigkeiten.

Fast alles, was da (Fig. 211) zu sehen ist, ist Ihnen aus der vorletzten Vorlesung wohlbekannt. Nur ventral und dorsal hat sich etwas verändert in dem Bilde. Ventral sind die sämtlichen Bahnen aus dem Neencephalon vereint, und dorsal ist der Ventrikel, dadurch verengt, zum Aquaedactus Sylvii geworden, daß an Stelle des Velum medullare anterius im Dache die Vierhügel auftreten. Schleifenschicht, Bindearmkreuzung, dorsales Längsbündel usw. liegen noch genau da, wo sie auf dem zuletzt demonstrierten Schnitte (Fig. 180) gelegen haben.

Die neencephale oder Fußabteilung.

Was an der Hirnbasis sichtbar ist, gehört der Fußfaserung an, von der Haube sind nur die Außenseiten sichtbar, an denen die laterale Schleife emporsteigt. Eine seichte Furche liegt zwischen Fuß und Haube.

Die beiden mächtigen Hirnschenkel ziehen aus dem frontalen Brückenrande etwas divergierend frontalwärts und tauchen dann — an dieser Stelle bedeckt von dem Tractus opticus — in die Tiefe des Vorderhirnes (Fig. 211).

In der Fasermasse des Hirnschenkelfußes treten Bahnen sehr verschiedener Herkunft aus dem Großhirne hinab zur Brücke und zum Rückenmarke. Entwicklungsgeschichtliche Studien, namentlich aber die genaue Verfolgung sekundärer Degenerationen, welche von Großhirnherden veranlaßt werden, ermöglichen allein, den Ort zu bestimmen, wo die einzelnen Bahnen liegen.

Es liegt bereits eine nicht geringe Anzahl gut beobachteter Fälle von partieller Fußdegeneration vor, so daß sich heute mit einiger

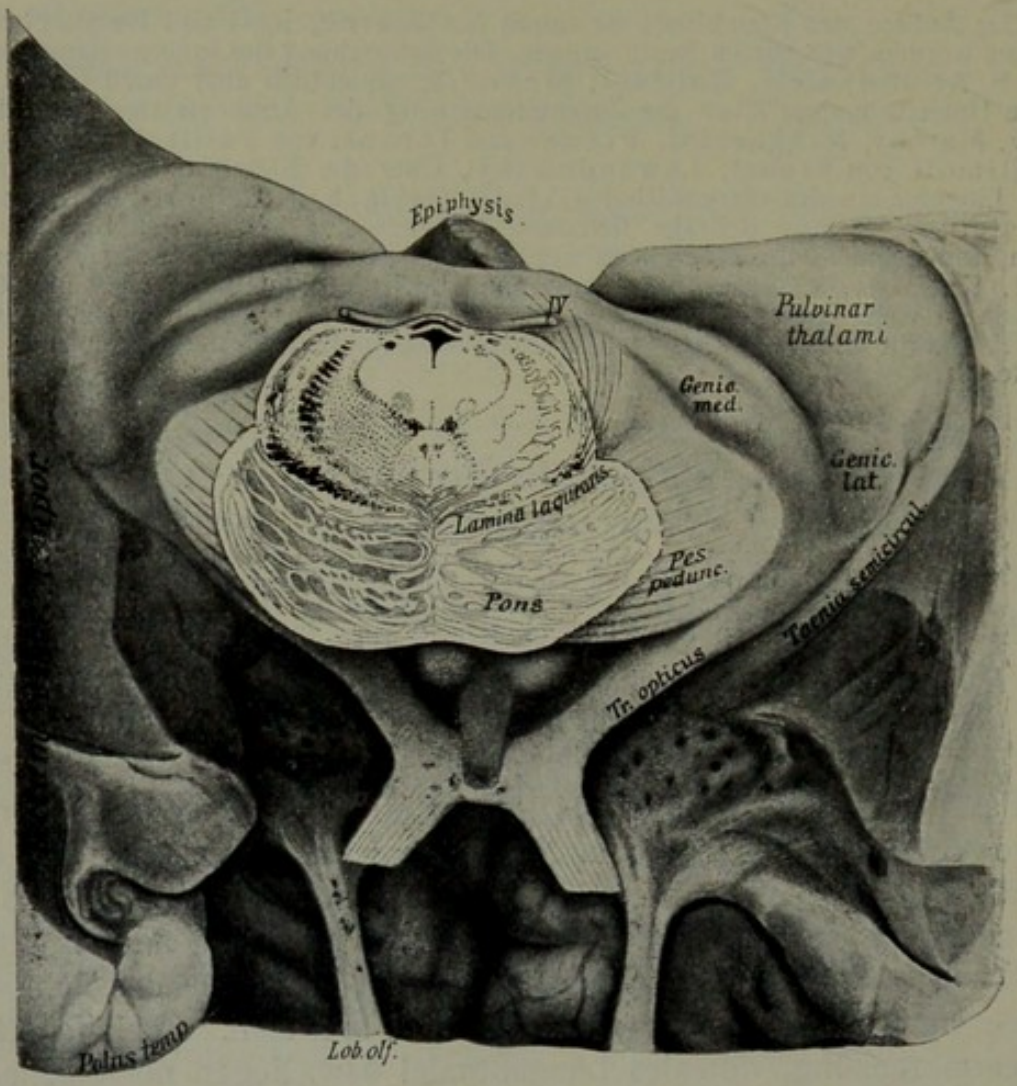


Fig. 211.

Schnitt durch die Brücke. Blick auf das Mittelhirn. Die aus der Brücke austretenden Fußbahnen des Hirnschenkels.

Sicherheit eine Einteilung der Fußfaserung geben läßt. Nach Déjérines Untersuchungen, welche wohl das größte bisher untersuchte Material umfassen, liegen im lateralsten Fünftel des Fußes Fasern, welche aus dem mittleren Teile des Schläfenlappens stammen, und im medialsten solche, die aus der Gegend des Operculum hierher herabziehen. In den mittleren 3 Fünfteln liegen dann die Fasern aus dem kaudalen Abschnitte des Stirnlappens und aus der eigentlichen motorischen Zone. Alle diese Züge stammen ganz direkt aus Rindenzellen

und entarten, wenn sie irgendwo zwischen Rinde und Brücke unterbrochen werden. Im mittleren Drittel des Fußes etwa liegt der Tractus cortico-spinalis, die Pyramidenbahn, das einzige Bündel, welches von den Fußfasern weiter als bis in die Brücke gelangt.

Die Pyramidenbahn endet, wie bereits früher dargestellt, nahe den Ursprungskernen der Extremitätennerven. Zu den Ursprungskernen der bulbären Nerven sind degenerativ zwei Bahnen beim Menschen verfolgt worden, eine im Fuß medial und eine mehr lateral liegende. Die mediale, der Tractus cortico-bulbaris medialis liegt zunächst der Pyramide medial an und zieht mit ihr rückwärts, zuweilen

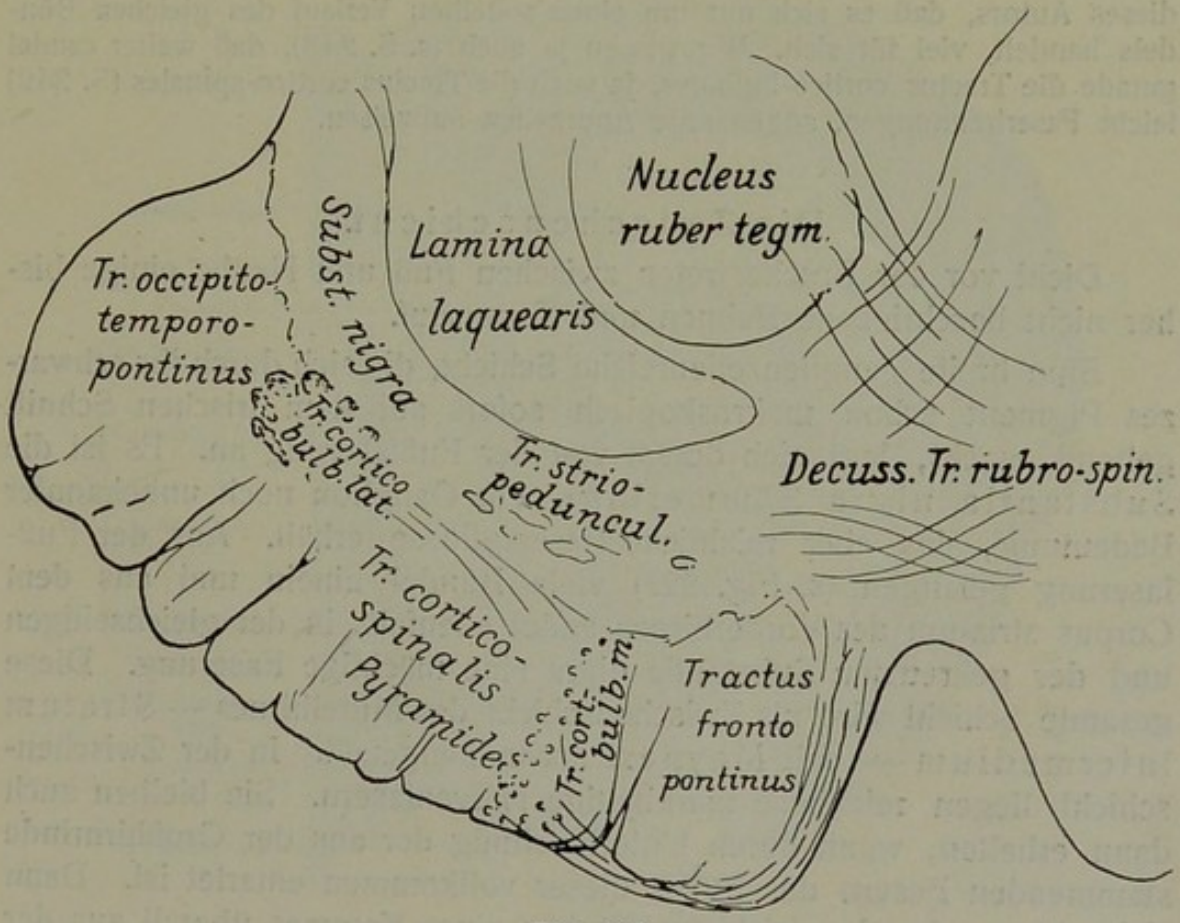


Fig. 212.

Die einzelnen Abteilungen und Faserqualitäten im Hirnschenkelfuße.

umgreift sie aber dicht vor der Brücke den Tractus frontopontinus, das medialste Fußbündel, und zieht nahe der Medianlinie in das Areal der Schleifenschicht, deren mediale Bündel sie bildet. Fig. 212.

Sie hat in der Litteratur die wechselndsteu Namen erhalten: Bündel von der Schleife zum Fuß (Hösel), mediale Schleife (Flechsig), mediale accessorische Schleife (Bechterew), Mediales Haubenfußbündel (Monakow), Peslemniscus superficialis (Déjerine).

Die laterale Bahn, der Tractus cortico-bulbaris lateralis, ihrem Endpunkte nach zuerst von Hoche erkannt, liegt am dorsalen Rande des lateralen Fußdrittels und ist nicht immer gut entwickelt. Es ist möglich, daß sie mit der medialen alterniert. Fig. 214.

Auch dieses Bündel hat verschiedene Namen empfangen: Bündel von der Schleife zum Fuß (Bechterew), lateral pontine Bündel (Schlesinger), Pes lemniscus profundus (Déjèrine), laterale Haubenschleife (Monakow) Fußschleife (Flechsig).

Der mediane Zug wechselt auch frontal in dem kurzen Verlaufe des Hirnschenkelfußes seinen Ort. Die Fasern wenden sich, ehe sie hirnwärts ziehen, lateral, überqueren den Pedunculus und bilden da, wo er in das Großhirn eintaucht, fast die lateralste Schicht. Er kommt also dem lateralen Bündel ganz nahe, ja scheint mit ihm oft zu verschmelzen. Es ist überhaupt fraglich, ob hier zwei verschiedenartige Faserzüge aus der Rinde zu den Bulbärkernen vorliegen. Denn nach Déjèrine, ist oft das eine System stark entwickelt, wenn das andere wenig ausgebildet ist. So hat die Anschauung dieses Autors, daß es sich nur um einen geteilten Verlauf des gleichen Bündels handelt, viel für sich. Wir wissen ja auch (s. S. 248), daß weiter caudal gerade die Tractus cortico-bulbares, ja auch die Tractus cortico-spinales (S. 249) leicht Fasertrennungen, sogenannte Anomalien aufweisen.

Die Zwischenschicht.

Dicht vor der Brücke treten zwischen Fuß und Haube einige bisher nicht beschriebene Bahnen und Kerne auf.

Eine breite ganglienzellenreiche Schicht, die sich durch ihr schwarzes Pigment schon makroskopisch sofort auf dem frischen Schnitt geltend macht, legt sich dorsal von der Fußfaserung an. Es ist die Substantia nigra Sömmeringi, ein Ganglion noch unbekannter Bedeutung, das aber reichliche Faserzuflüsse erhält. Aus der Fußfaserung gelangen (s. Fig. 227) viele Bündel hinein und aus dem Corpus striatum des Vorderhirnes endet ebenfalls in der gleichseitigen und der gekreuzten Substantia nigra eine mächtige Faserung. Diese gesamte Schicht wird als Zwischenschicht des Mittelhirnes — Stratum intermedium — seit Meynert zusammengefaßt. In der Zwischenschicht liegen reichliche markhaltige Nervenfasern. Sie bleiben auch dann erhalten, wenn durch Unterbrechung der aus der Großhirnrinde stammenden Fasern des Fußes dieser vollkommen entartet ist. Dann sieht man, wie sie gleich den Zinken eines Kammes überall aus der Zwischenschicht zwischen die Bündel der Fußfaserung hineingreifen. Es ist sehr wahrscheinlich, daß sie um diese herum aufgezweigt enden. Dieses ganze „Kammsystem des Fußes“ entwickelt seine Markscheiden vor den anderen Fußfasern und ist deshalb auch an Embryonen gut abscheidbar. An einem Hunde, dem die Hemisphären weggenommen waren, konnte ich erkennen, daß es aus dem Corpus striatum stammt. Wir wollen es deshalb Tractus strio-pedunculares nennen. Fig. 246a.

In dem Grau, das am Hirnboden da zutage tritt, wo die Hirnschenkel dicht vor der Brücke divergieren, liegt ein bei Primaten nur kleines, bei allen niederen Säugern aber recht beträchtliches Ganglion, das von Gudden entdeckte

Ganglion interpedunculare (Fig. 214).

Es gehört, bei allen Vertebraten vorhanden, zu den Grundapparaten des Gehirnes und ist dem Trigeminus-Schnauzenapparat, den ich später zu beschreiben habe, zugeordnet.

Zu dem Ganglion tritt aus dem dorsalsten Thalamusabschnitte jederzeit ein kräftiges Bündel herab, der Tractus habenulo-pedunc ularis (Fig. 213), dessen Fasern dicht an der Hirnbasis weiß durchscheinen, ehe sie in das Ganglion eintreten. Dort kreuzen sie zur anderen Seite in langen, feinen Zügen und enden.

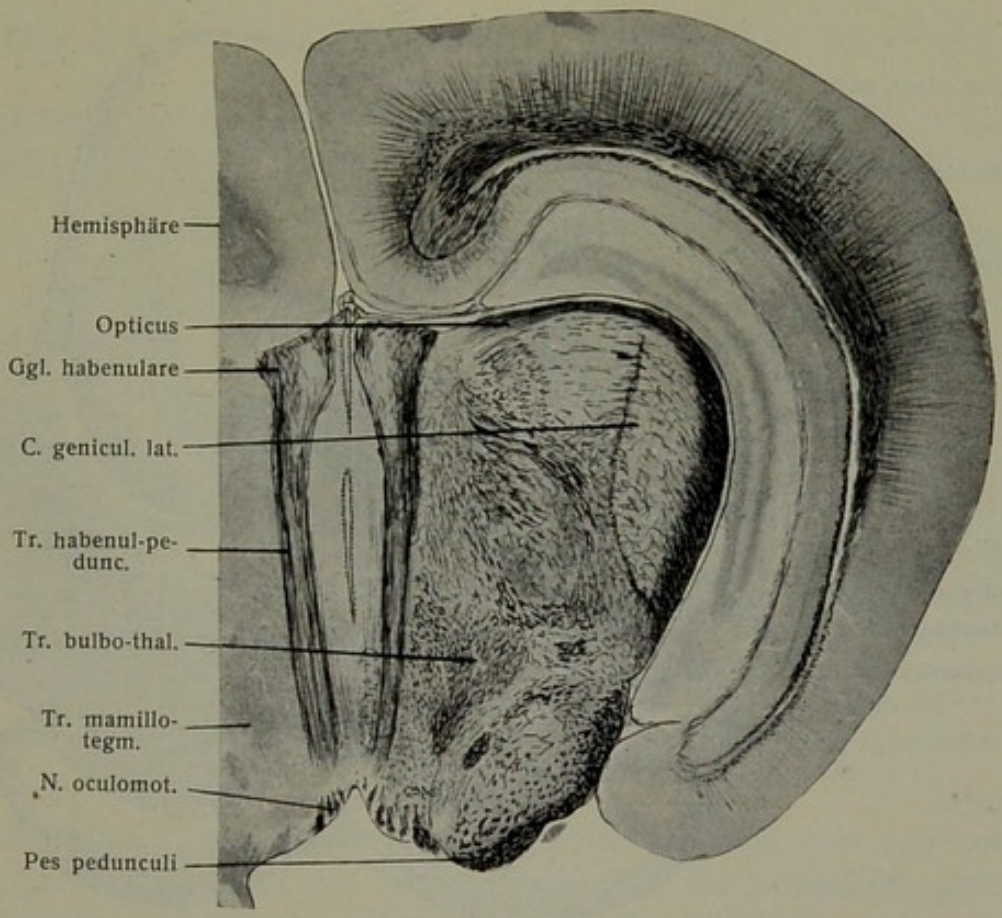


Fig. 213.

Frontalschnitt durch den Thalamus des Ziesels, Spermophilus citr., zeigt den ganzen Verlauf der Tractus habenulo-pedunculares.

Schon Gudden wies nach, daß diese Züge aus dem Ganglion habenulae stammen und entarten, wenn dasselbe zerstört wird. Ich habe das öfter bestätigen können. Fig. 249 ist eine solche Degeneration abgebildet. Man sieht hier auch, daß im Bereiche des Zwischenhirnes einzelne der degenerierten Fasern in das anderseitige Bündel hinübertreten. Der Faserzug, welchen Meynert Fasciculus retroflexus genannt hat, ist bei allen Tieren aus einem fast marklosen und einem merkwürdig netzförmig geordneten, markhaltigen Anteil zusammengesetzt, auch nie ganz fest geschlossen. Die markhaltigen Bahnen trennen sich in einiger Entfernung von dem Ganglion, von

den weniger markhaltigen, die sie bis dahin mehr oder weniger umschlossen hatten, s. Fig. 223, wo das gesamte Bündel auf dem Querschnitte zu sehen ist, und treten an ihre mediale Seite. Die erstgenannten Fasern enden dann im Ganglion, die anderen ziehen erst noch etwas weiter kaudal, um dann sich in den kaudalsten Ebenen des Ganglions einzusenken.

Bei kleinen Säugern gelingt es manchmal, fast das ganze Bündel in einen einzigen Schnitt zu bekommen. So zeigt es Fig. 213, wo der Verlauf vom Ganglion habenulae bis zur Stelle zwischen den Hirnschenkeln an der Basis zu sehen ist, wo die Fasern sich rück-

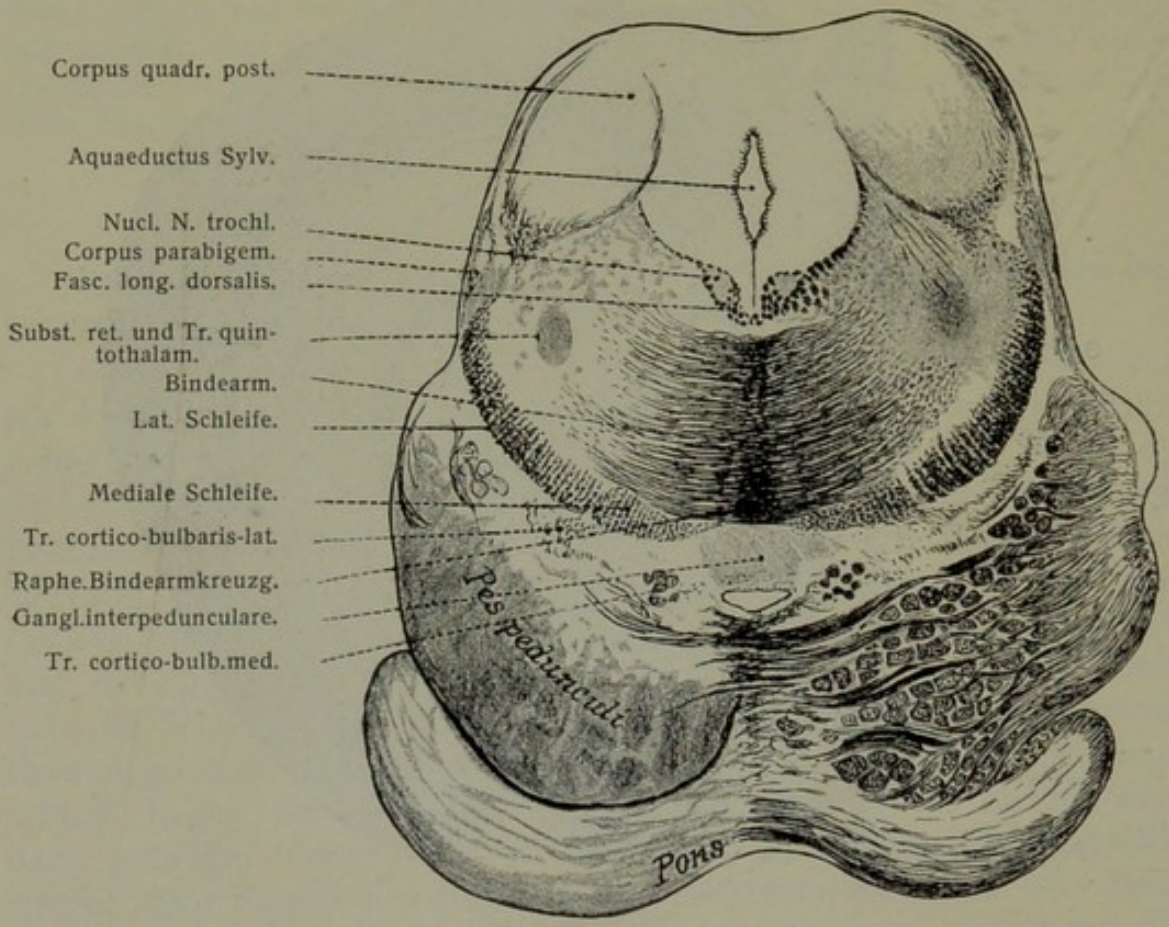


Fig. 214.

Schnitt durch die Gegend des frontalsten Brückenendes, Erwachsener.

wärts wenden, um im hier nicht mehr getroffenen Corpus interpedunculare zu verschwinden.

Aus den Zellen des Corpus interpedunculare entspringt (Ganser) ein dorsalwärts in die Haube des Mittelhirnes ziehendes Bündel, Haubenbündel des Ganglion interpedunculare. Es soll, S. Ramon y Cajal, in dem schon von Gudden beschriebenen dorsalen Haubenganglion (s. Fig. 171) enden.

Meine eigenen Untersuchungen an normalen Hunden und an einem solchen, dem das Ganglion habenulae zerstört war, lehren weitere Verhältnisse kennen:

Es besteht das Ganglion interpedunculare beim Hunde aus fünf verschiedenen Ganglien. Frontal liegen nebeneinander zwei birnförmige Körper, be-

deckt von einer flachen Platte, die direkt an die Haubenfaserung grenzt. Dieser Komplex ist von den viel größeren kaudalen Ganglien von hinten her hufeisenförmig umfaßt. Der hintere Umfang des Hufeisens wird von dem mächtigen, gemeinsamen Körper der kaudalen Ganglien gebildet. Die vorderen dünneren Schenkel derselben nehmen die Meynertschen Bündel auf, die sofort nach dem Eintritt ihre Markscheiden verlieren. Bei der Eidechse erkenne ich, daß sie sich in zahllose, feinste — Golgi-Methode — Endpinsel nach Kreuzung im Ganglion auflösen. Das Deckganglion ist von einem feinen Fasernetze erfüllt. Aus diesem treten Züge zwischen den beiden frontalen Ganglien ventralwärts. Aus den beiden frontalen birnförmigen Ganglien stammt der Zug zu der Haube des Mittelhirnes, starke Fasern, die auch nach Zerstörung des Vorderhirnes und des Thalamus erhalten bleiben.

Die palaeencephale oder Haubengegend des Mittelhirnes

ist reicher an einzelnen Bestandteilen als die Fußgegend. Suchen wir zunächst eine Übersicht über das wichtigste zu gewinnen, ehe wir die

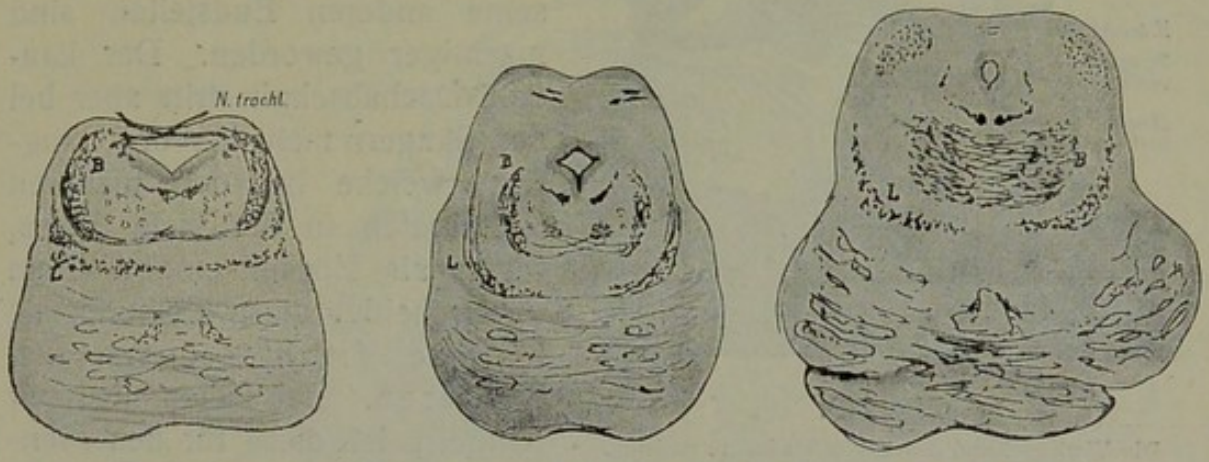


Fig. 215. **Fig. 216.** **Fig. 217.**

Drei Schnitte durch die Brücke und die Vierhügelgegend vom Neugeborenen, zur Demonstration des Verlaufes der Bindearme und der Schleifenschicht.

Details betrachten. Ein Frontalschnitt dicht kaudal von den vorderen Vierhügeln ermöglicht das leicht. Direkt über der Substantia nigra liegt die Schleifenschicht. Zwischen den Armen der lateralen Schleife ist die Bindearmkreuzung mächtig aufgetreten. Sie erschöpft sich weiter frontal in den roten Haubenkernen. Die Fasermasse, welche diesen dorsal nahe liegt, ist das dorsale Längsbündel, ebenfalls noch am gleichen Platze wie in der Brücke, aber an Volum bedeutend verstärkt. Da, wo der Abduzenskern gelegen hatte, sind neue Zellmassen aufgetreten. Ihnen entstammen die Trochleares und die Oculomotorii.

Wie die Bindearme aus seitlichen Abschnitten der dorsalen Brücke unter Kreuzung zu den roten Kernen geraten, auch die kleinen Änderungen, die in der Schleifenschicht eintreten, das sollen ihnen Fig. 215 bis 217 noch einmal in das Gedächtnis zurückrufen.

Auf ihnen sieht man auch zwischen den Brachia conjunctiva das Velum ausgespannt, in dem, Fig. 215, die Trochleares kreuzen, und erkennt. wie sich das vordere Ende des vierten Ventrikels zum Aquae-

ducte verengt, wenn die Vierhügel auftreten. In dem von ihnen dorsal, von der Schleifenschicht L. ventral und lateral begrenzten Raum liegen die zahlreichen Fasersysteme, die auch in Fig. 214, die ich Sie nochmals zu betrachten bitte, gesammelt sind.

Das Mittelhirndach. Die Vierhügel.

Der frontale Abschnitt des Mittelhirndaches, ist bei allen Vertebraten im wesentlichen Aufnahmestätte für den Tractus opticus und heißt daher Tectum opticum. Bei den Säugern sind hier rückgängige Prozesse eingetreten, der Opticus endet nur mit einem kleinen, in der Reihe noch sehr wechselnden Anteil im Dache, seine anderen Endstellen sind mächtiger geworden. Der kaudale Dachabschnitt tritt aber bei den Säugern mehr hervor; Ganglien, welche bei den niederen Vertebraten in der Tiefe liegen, ragen als Höcker empor. Man unterscheidet diese kleineren als hintere Vierhügel von den vorderen. Bei vielen niederen Säugern ist diese für den Menschen sehr deutliche Abgrenzung noch gar nicht sichtbar, die vorderen Hügel scheinen allein da zu sein. Kaudal gehen die Vierhügel in das Velum medullare anticum über. Auf der Grenze zwischen beiden Abteilungen tritt mitten aus der Velumsubstanz der Nervus trochlearis zutage, um seine Wurzeln an den Seitenteilen der Haube herab zur Basis zu senden. Von der Seite treten an die Vierhügel die vorderen und hinteren Vierhügelarme heran. Die vorderen setzen sie in Verbindung mit einem kleinen Ganglion, dem Corpus geniculatum laterale, die hinteren mit einem ebensolchen, dem Corpus geniculatum mediale. Am besten orientieren Sie sich zunächst an der Abbildung Fig. 218.

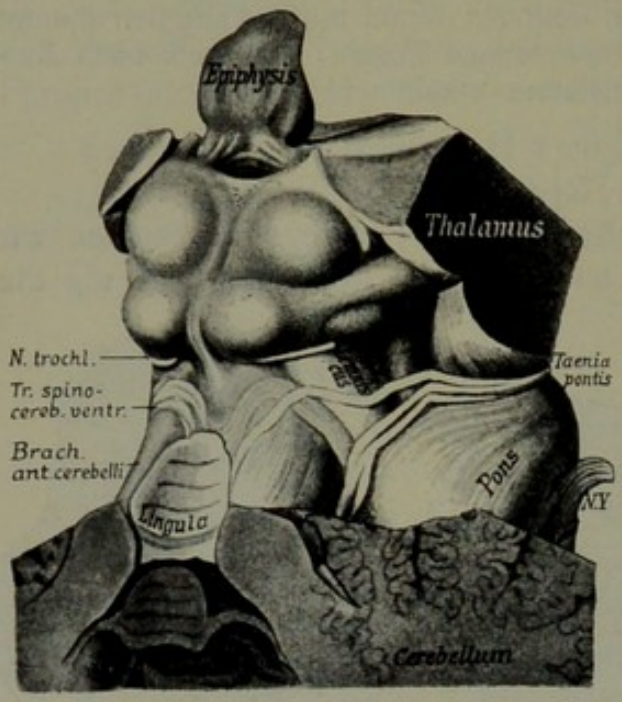


Fig. 218.

Die Vierhügel und das Velum medullare anticum. Nach G. Retzius.

Zwischen den aus dem Kleinhirn austretenden Bindearmen liegt, bedeckt von der Lingula des Cerebellums, das Velum. An den Seiten der Bindearme zieht über sie empor der Tractus spino-cerebellaris ventralis, um sich kaudalwärts in das Kleinhirn einzusenken. Ihm liegt lateral und ventral die zum Vierhügeldache aufsteigende laterale Schleife an, dann folgt die Fußfaserung, die in den Hypothalamus eintaucht. Die hinteren und die vorderen Vierhügel. Der Arm der hinteren deutlich rechts. Unter ihm das Corpus geniculatum mediale. Frontal von den vorderen Vierhügeln die — umgeklappte — Platte der Commissura posterior, und direkt an ihr hängend die Stiele der Epiphysis. Diese ebenfalls umgeklappt, von der Unterseite her sichtbar.

Die vorderen Arme sind, wie Fig. 211 zeigt, im wesentlichen Fortsetzungen des Sehnerven, welcher in dem Geniculatum laterale nur zum

Teile endet, außerdem enthalten sie die Großhirnbahnen zum vorderen Hügel. Die hinteren Arme führen ebenfalls Großhirnbahnen, auf der Oberfläche aber bestehen sie im wesentlichen aus Zügen, welche die akustischen Endstätten in der Oblongata mit dem Geniculatum mediale verbinden, also aus Fortsetzungen der lateralen Schleife.

Über die Zusammensetzung des Mittelhirndaches wissen wir bereits so viel, daß wir das allgemein Prinzipielle vorweg nehmen können.

In das Grau des Mittelhirndaches, Tectum opticum, dringen vorn, im Bereiche der vorderen Hügel, die Sehnervenendfasern von außen her ein. In tiefere Schichten des ganzen Mittelhirndaches gelangen Einstrahlungen aus dem Rückenmarke und der Oblongata und von ebendaher ziehen in das Rückenmark und die Oblongata vielleicht auch Fasern hinab. Der besonders mächtige Zuzug aus den Endstätten des Acusticus endet fast ausschließlich im hinteren Hügel. Alle diese Fasern,

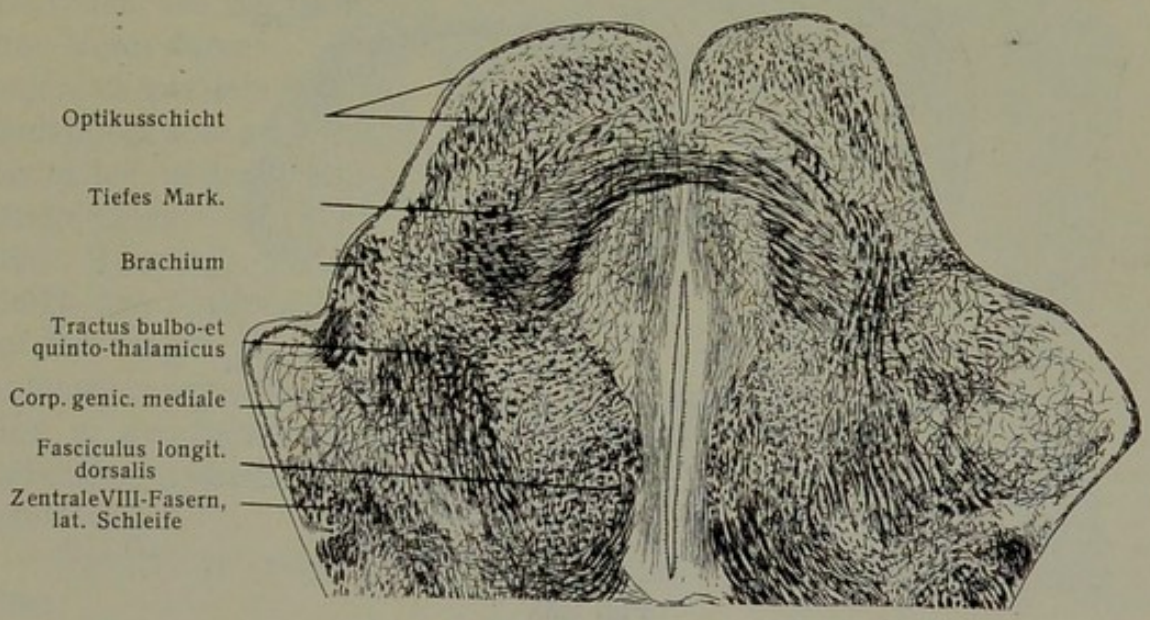


Fig. 219.

Frontalschnitt durch die vorderen Vierhügel des Igels: Erinaceus europeaus.

die im wesentlichen im Areal der lateralen Schleife hier herauf ziehen, heißen in ihrer Gesamtheit tiefes Vierhügelmark.

Das tiefe Mark ist ein phylogenetisch sehr altes System. Es fehlt selbst in den einfachst gebauten Gehirnen niederer Wirbeltiere nicht und umgibt sich bei diesen, wie auch beim Menschen, außerordentlich frühzeitig mit Markscheiden. Seine Fasern enden und entspringen in Schichten der Mittelhirndecke, die ventral von denjenigen liegen, welche den Opticus aufnehmen.

Die meisten Fasern treten von hinten und von lateral her über die Oberfläche oder auch tiefer, direkt in das Vierhügelgrau ein, eine gewisse Anzahl aber erreicht es erst in schön geschwungenen Zügen durch die ganze Haube an der Bodenfläche des Aquaeductes hinüberkreuzend fontaineartige Haubenkreuzung, Meynert (Fig. 220).

Ein guter Teil der lateral eintretenden Bahnen geht dann den Aquaeduct dorsal überkreuzend in das Mittelhirn der anderen Seite. Die immer mächtige Faserschicht hat man Lamina commissuralis mesencephali genannt. Frontal grenzt diese Dachkreuzung direkt an die Commissura posterior, mit deren Faserung sie wiederholt fälschlich zusammengeworfen worden ist.

Bei den Fischen und den Vögeln sind gerade die Fasern des tiefen Markes so stark ausgebildet, daß ihr Verlauf leichter zu erkennen Ist. Bei ihnen, aber auch bei den Amphibien und Reptilien, erkennt man, daß es sich um ein Fasersystem handelt, das, soweit es nicht in der Schleife abwärts zieht, dem Mittelhirn selbst angehört und in Zellen, teils auf dessen gleicher, teils auf dessen gekreuzter Seite endet. An den entsprechenden Stellen finden sich auch beim Menschen Zellgruppen, Ganglion profundum Mesen-

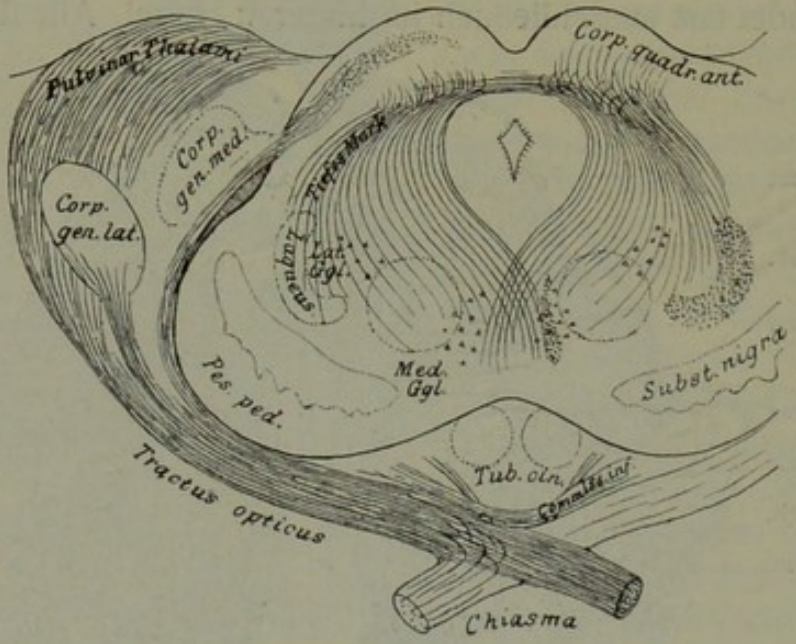


Fig. 220.

Die im Mittelhirndach endenden Fasern. Dorsal der Tractus opticus, ventral das tiefe Mark. Schema, das auch die anderen Opticuswurzeln enthält.

cephali laterale und mediale. Es wäre aber noch zu ermitteln ob es sich hier um spezielle Ganglien handelt oder ob einfache Zellhaufen vom Type der Substantia reticularis vorliegen.

Betrachten wir nun den feineren Bau des Mittelhirndaches etwas genauer.

a) Der hintere Vierhügel.

Im kaudalen Vierhügeldache erkennt man auf einem Schnitte zunächst einen mächtigen rundlichen Kern und, wenn der Schnitt in bestimmter Richtung angelegt ist, wie ihn Fig. 221 zeigt, dann sieht man, daß in diesem Kern des kaudalen Hügels ein Teil der lateralen Schleife, die Tractus acustico-tectales enden. Sie splittern da, Held, Kölliker, S. Ramony Cajal, zu außerordentlich feinen Endbüscheln auf. Viele von diesen Fasern teilen sich vor der Endigung und senden

den neuen Teilast lateral, weiter frontalwärts, wo er dann in dem kleinen Ganglion des Corpus geniculatum mediale endet. Fig. 219. Bei Tieren mit besonders ausgebildetem akustischem Apparate, den Walen, den Mäusen z. B., ist diese ganze Faserung und sind diese Endkerne viel mächtiger als beim Menschen. Die laterale Schleife endet also im Ganglion des hinteren Hügels und mit Teilästen, aber auch mit direkten Zügen im Corpus geniculatum mediale. Vgl. auch Fig. 219.

Die Fasern zum Corpus geniculatum mediale treten seitlich an den Vierhügeln frontalwärts und heißen Arm des hinteren Hügels. Doch machen sie nicht die ganze Dicke dieses Armes aus. Vielmehr findet diese Endstätte des Acusticus nun Anschluß an das Großhirn. Es treten aus der Rinde des Vorderhirnes, vornehmlich aus dem Schläfenlappen, aber auch aus fast allen anderen Rindengebieten, Horsley und Beevor, Fasern durch den hinteren Arm in den Hügel ein. Sie splittern in seinem Kerne und in der diesen umgebenden grauen Substanz auf.

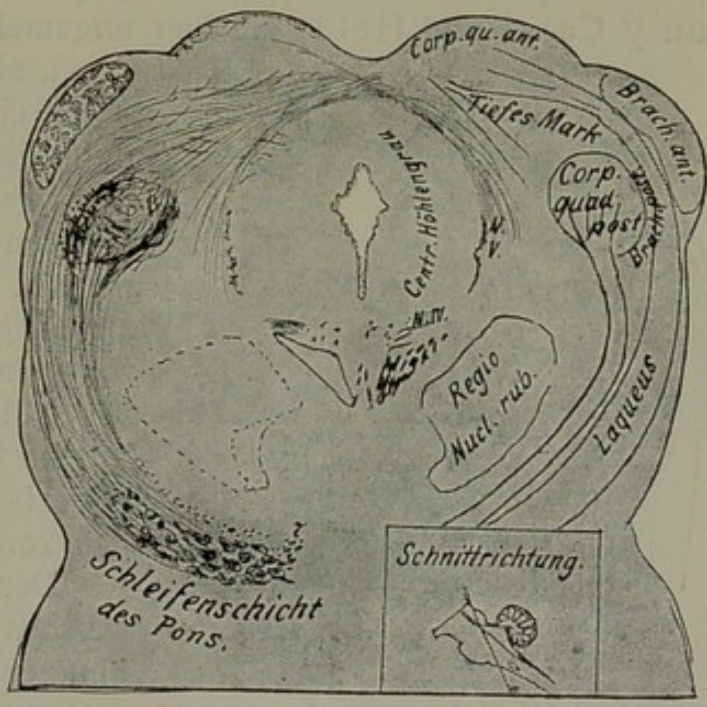


Fig. 221.

Schräg von vorn oben nach hinten unten abfallender Frontalschnitt (Schnittrichtung in der Nebenfigur angegeben), enthält den größten Teil des Ursprunges der Mittelhirnschleife. Färbung mit Hämatoxylinlack. Rechts oben lies statt „Br. anticum" Br. posticum.

Fassen wir zusammen:

Der kaudale Dachabschnitt des Mittelhirnes, die Corpora quadrigemina posteriora, nimmt aus dem Akutikusendgebiete die Tractus akustico-tectales, einen Teil der lateralen Schleife, in einem eigenen Kerne auf. Außerdem nimmt er Bahnen aus der Großhirnrinde auf. Die letzteren treten zu ihm durch den Arm des hinteren Hügels. Dieser Arm enthält auch die aus dem Akustikusendgebiete zu dem Geniculatum mediale ziehenden Fasern.

Der Kern des kaudalen Hügels ist fast überall umgeben von der eigentlichen Formation des Mittelhirndaches, einem mehrgeschichteten Grau, das wir bei Beschreibung der vorderen Hügel näher kennen

lernen werden. Hier, wo es den Kern des hinteren Hügels bedeckt und umfaßt, sind seine Schichtungen atropischer. Immerhin kann man noch sehr gut erkennen, daß in die dorsalste die kaudalsten Fasern des Opticus noch einstrahlen, degenerativ ermittelt, und daß die ventraleren, ebenso wie der Kern selbst, mächtige Züge aus der lateralen Schleife aufnehmen, auch aus Zellen viele Fasern in das tiefe Mark senden. Die medialsten der letzteren umfassen in schön geschwungenen Zügen das Grau vor dem Aquaeduct und mischen sich in die Haube eintretend den dieselbe durchquerenden Zügen der Meynert' schen fontaineartigen Kreuzung bei. S. Fig. 223.

Eine mächtige Lage vou Querfasern des tiefen Markes überdeckt hier den Aquaeductus. Trotz der ausgezeichneteu Studien von Ramon y Cajal und Held, die hier ungemein viele Einzelfacta aufgedeckt, sie auch in gewissem Sinne unter einander bereits in Verbindung gebracht haben, ist es bisher Mangels guter Degenerationsexperimente nicht gelungen zu ermitteln, woher diese die Schleife an Menge weit übertreffende Faserung stammt oder wohin sie geht.

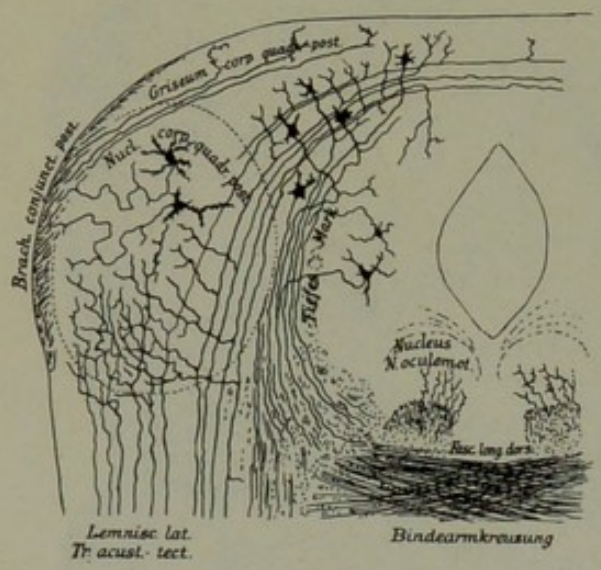


Fig. 222.

Die Kerne und Verbindungen innerhalb des kaudalen Vierhügeldaches. Halbschema nach S. R. y Cajal.

b) Der vordere Vierhügel.

Im Bereiche der vorderen Vierhügel ist das Mittelhirndach wesentlich komplizierter gebaut.

Dem Grau der Hauptmasse, welches sich ohne Grenze aus dem hinteren Hügel hierher fortsetzt, entstammen, wie dort, die Fasern des tiefen Markes. Nur viel reichlicher sind sie hier. Aber über dieses Grau legt sich ein anderer Abschnitt, der vorwiegend Endapparat des Tractus opticus ist.

Ich möchte Ihnen erst später die Gesamtursprungsverhältnisse des Sehnerven demonstrieren. Zunächst will ich nur mitteilen. daß innerhalb des vorderen Hügels sich Fasern aus den Sehnerven finden und daß in dem Grau, wo sie enden, zahlreiche Fasern aus der Rinde des Vorderhirnes ebenfalls enden. Es treffen sich also hier die primären und die sekundären Sehbahnen.

Bei den Säugern unterscheidet man gewöhnlich s. Fig. 223, 225, von außen nach innen gehend, folgende Schichten im vorderen Hügel: 1. Stratum zonale und Stratum opticum, oberflächliches Mark und Grau — die eintretenden Optikusfasern — atrophiert etwas nach Wegnahme eines Auges, ist bei dem Maulwurf mit reduziertem Sehapparate (Ganser) besonders dünn, und bei der Blindmaus, Spalax typhlus

(Frankl-Hochwart), kaum nachweisbar. Die weißen Fasern dieser Schicht — Stratum zonale —, welche wohl alle aus dem Optikus stammen, sind bei dem Menschen und den Affen am kräftigsten entwickelt. Der Maus und der Fledermaus fehlen sie fast, vielleicht weil sie Nachttiere sind.

Die Vorderhirnbahn tritt via Arm des vorderen Hügels ein und mit ihr gelangen auch die Occipitallappenbahnen in den Vierhügel. Man sieht, S. Ramon y Cajal, daß das mächtige eintretende Optikus-Bündel sich mit prachtvollen Endpinseln aus seinem dorsalen Ab-

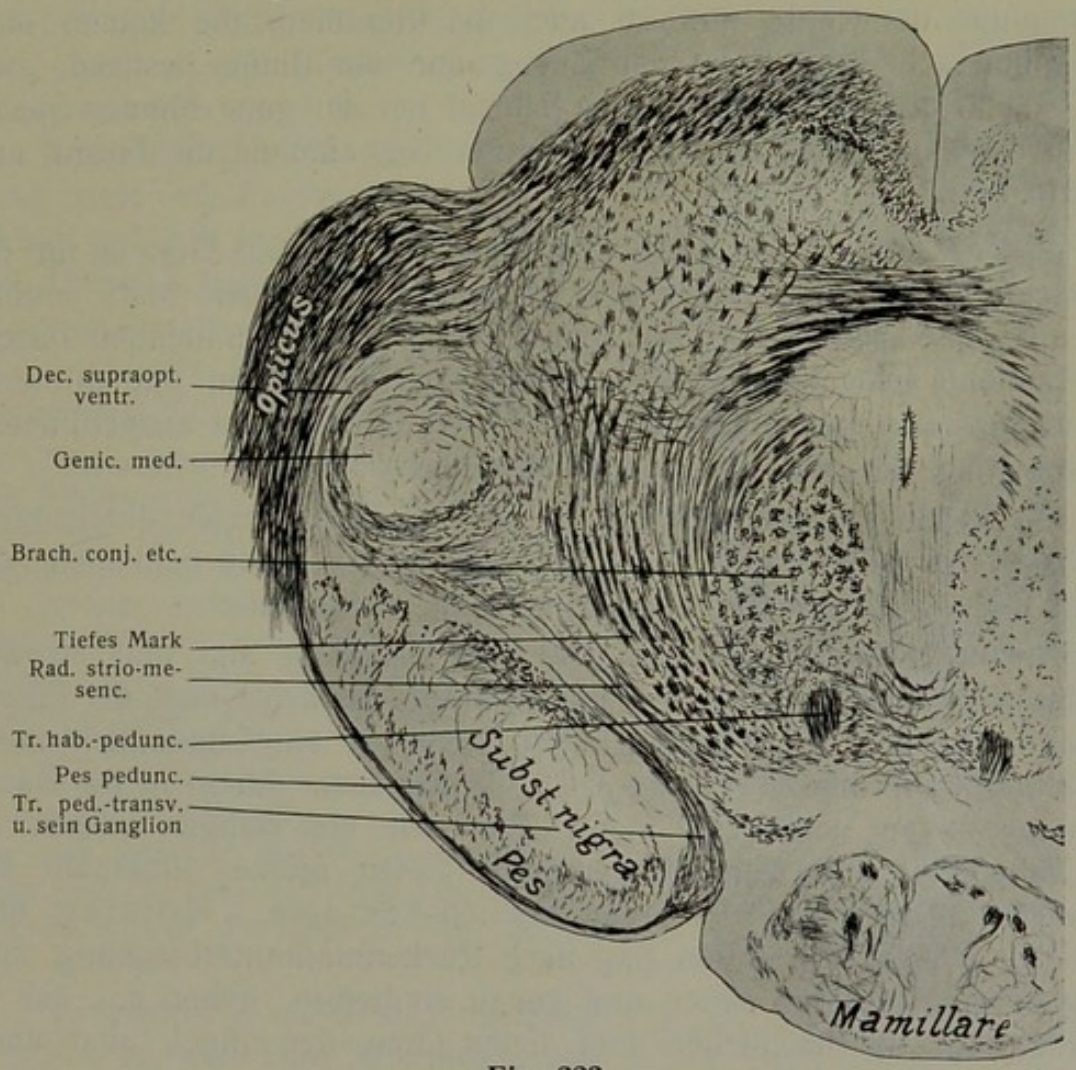


Fig. 223.

Frontalschnitt durch die Stelle, wo der Optikus in die vorderen Vierhügel tritt. Springmaus, Dipus aegyptiacus.

schnitte in der ersten Schicht erschöpft, daß aber seine ventraler liegenden Fasern in die folgende Schicht eintreten und da zahllose Kollateralen im rechten Winkel abgeben, die dann als dichte Geflechte die Zellen des mittleren Graues umfassen. Cajal vermutet, daß diese letzteren Apparate dem cortico-tectalen Systeme angehören.

Die allerdorsalsten Faser- und Zellenschichten gehören offenbar dem optischen Systeme nicht an. Denn obgleich sie zu gutem Teile markhaltig sind, sieht man sie nach Abtrennung eines Optikus nicht entarten. Sie entstammen den kreuzenden Fasern des tiefen Markes wie Fig. 224 zeigt.

2. Mittleres Grau, eine direkte Fortsetzung des oberflächlichen Grau. Am besten studiert bei den Vögeln (S. Ramon y Cajal, Gehuchten), enthält es massenhafte Zellen, deren Axenzylinder zum größten Teile hinab in die Schleifenschicht gelangt, deren Dendriten sich aber um die feinen Endpinsel verästeln, welche der Sehnerv in das oberflächliche Grau schickt. In und unter diesem liegt 3. das mittlere Mark, Stratum lemnisci. Es enthält Optikusfasern und die Züge aus der Sehstrahlung zum Optikus, muß aber noch mehr andere Züge führen, denn es degeneriert nur unvollständig nach Wegnahme der Rinde und ist auch bei Reptilien, die keinen oder nur einen sehr unbedeutenden Zuzug aus der Rinde besitzen, zum Teile nachweisbar. Auch ist diese Schicht bei der ganz blinden Spalax nicht viel faserärmer als bei der Maus. Nur sind da die Fasern auffallend fein.

4. Das tiefe Grau und das tiefe Mark. Das Grau ist nur die Fortsetzung des Vierhügelgraues überhaupt. Das tiefe Mark enthält die aus dem Vierhügel entspringenden und da einmündenden Fasern der Schleifenschicht usw. Sie stammen aus dem tiefen und mittleren Grau und treten namentlich bei den Tieren mit schlecht ausgebildetem Sehapparate, die oben genannt wurden, ganz besonders hervor.

Die Vierhügel sind übrigens so sehr von Fasernetzen durchzogen, daß man nur bei besonders schönen Färbungen diese Schichten, die meist mehr oder weniger verwaschen sind, wiederfindet.

Die nicht dem Optikus angehörende Faserung aus und zu den vorderen Vierhügeln ist noch wenig geklärt. Zunächst muß der Eigenapparat ein sehr komplizierter sein, denn es sind unendlich mehr markhaltige und marklose Fasern da, als eintreten. Allein in der Dachkreuzung liegen deren viel mehr. Was wir von Bahnen wissen ist das Folgende: Aus dem Rückenmarke treten hierher innerhalb der lateralen Schleife die Tractus spino-tectales. Horsley und Thiele, welche zuerst den Zug nach Rückenmarkunterbrechung aufsteigend degenerieren sahen und genau studierten, geben an, daß er gekreuzt im oberflächlichen und tiefen Grau der Hügel, aber auch homolateral im oberflächlichen Grau ende.

Wenn die Hauptmasse der Schleife, ihr Akustikusanteil, sich im hinteren Hügel erschöpft hat, zieht ihr relativ schmales Bündelchen ventral an die vorderen Hügel heran und löst sich in diesen auf. Ziemlich aus den gleichen Gegenden und auf gleichem Wege entsenden die vorderen Hügel aber auch Fasern. Eine Abtragung ihrer Kuppe oder auch nur ein seitlicher Einschnitt dicht durch die hinteren Hügel läßt gleichseitig eine größere und gekreuzt eine kleinere Fasermenge bis mindestens in die kaudale Oblongata entarten. Sie liegt im Bereiche der aufsteigenden spino-tectalen Bahn. Das wären dann wohl Tractus tecto-bulbares et spinales laterales. Fig. 175.

Zweifellos aus den vorderen Vierhügeln stammt dann ein anderes Faserbündel, der Tractus tecto-bulbaris medialis, auch wegen seiner Lage praedorsales Längsbündel Fig. 179 genannt. Die Fasern sammeln sich aus den Lagen des tiefen Markes rings um das zentrale Grau, das den Aquaeductus Sylvii umgibt, ziehen in schön geschwungenen Bogen über die Raphe um dicht ventral vom dorsalen Längsbündel kaudalwärts zu treten. Das wiederholt degenerativ studierte und auch vergleichend anatomisch, E. Levi, weithin nachgewiesene Bündel kann sicher bis in die Oblongata verfolgt werden, gelangt aber vielleicht mit einigen Fasern bis in die Vorderstränge des Rückenmarkes.

Aus dem Gebiete der Dachkreuzung sehe ich Fasern rückwärts via Velum anticum in das Cerebellum treten. Dieses Tractus tecto-cerebellaris ist bereits früher gedacht.

Auch der vordere Vierhügel gewann Anschluß an die Hirnrinde.

Die cortico-tectalen Fasern stammen, wie Sachs gezeigt hat, alle aus der Gegend um die Sylvische Spalte — Gyrus ectosylvius und suprasylvius, bei der Katze —, aus der Gegend der Zentralwindungen kommen keine oder doch nur sehr wenige. Sie treten in zwei Gruppen zu den Vierhügeln, einer dorsalen, die sich aus der Capsula interna lateral vom Thalamus löst, um rückwärts direkt in die Vierhügel zu ziehen und einer ventralen, die erst innerhalb des Pes pedunculi abgeht und die über das Corpus hypothalamicum hinweg ihr Ende in den Vierhügeln erreicht.

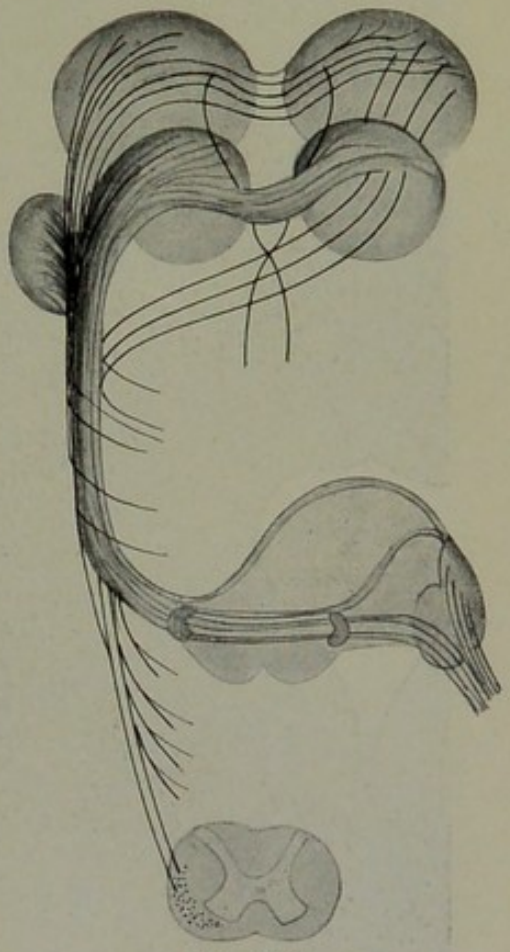


Fig. 224.
Schema der Verbindungen der Vierhügel.

Noch sind wir, wie diese Darstellung zeigt, sehr weit vom Abschlusse unserer Kenntnisse über die vorderen Vierhügel entfernt. Was sich heute mit einiger Sicherheit sagen läßt, ist das Folgende: Die vorderen Vierhügel nehmen Endbahnen aus den Sehnerven auf und erhalten Zuzüge aus dem Rückenmarke. Sie entsenden Bahnen in das Rückenmark, das Cerebellum und welche in die Haube der Oblongata. Vom Großhirn her erhält ihr Optikusanteil eine Verbindung.

In der frontalsten Vierhügelplatte, etwas dorsal von der Stelle, wo die Arme der Commissura posterior in sie eintauchen, finde ich bei Säugern eine undeutlich umschriebene Kernansammlung, welche ich für den Rest eines bei allen niederen Vertebraten sehr mächtigen Kernes, des Nucleus praetectalis

halte. Einen Verbindungszug zur Hirnbasis, wie er bei Fischen, Reptilien und Vögeln besteht, habe ich auch bei der Fledermaus gefunden.

Fig. 224 soll die bisher bekannten Beziehungen der Vierhügel zu anderen Hirnteilen graphisch zusammenfassen.

Das zentrale Höhlengrau um den Aquäduktus ist von einem sehr feinen markhaltigen Netz erfüllt, in dem zahlreiche

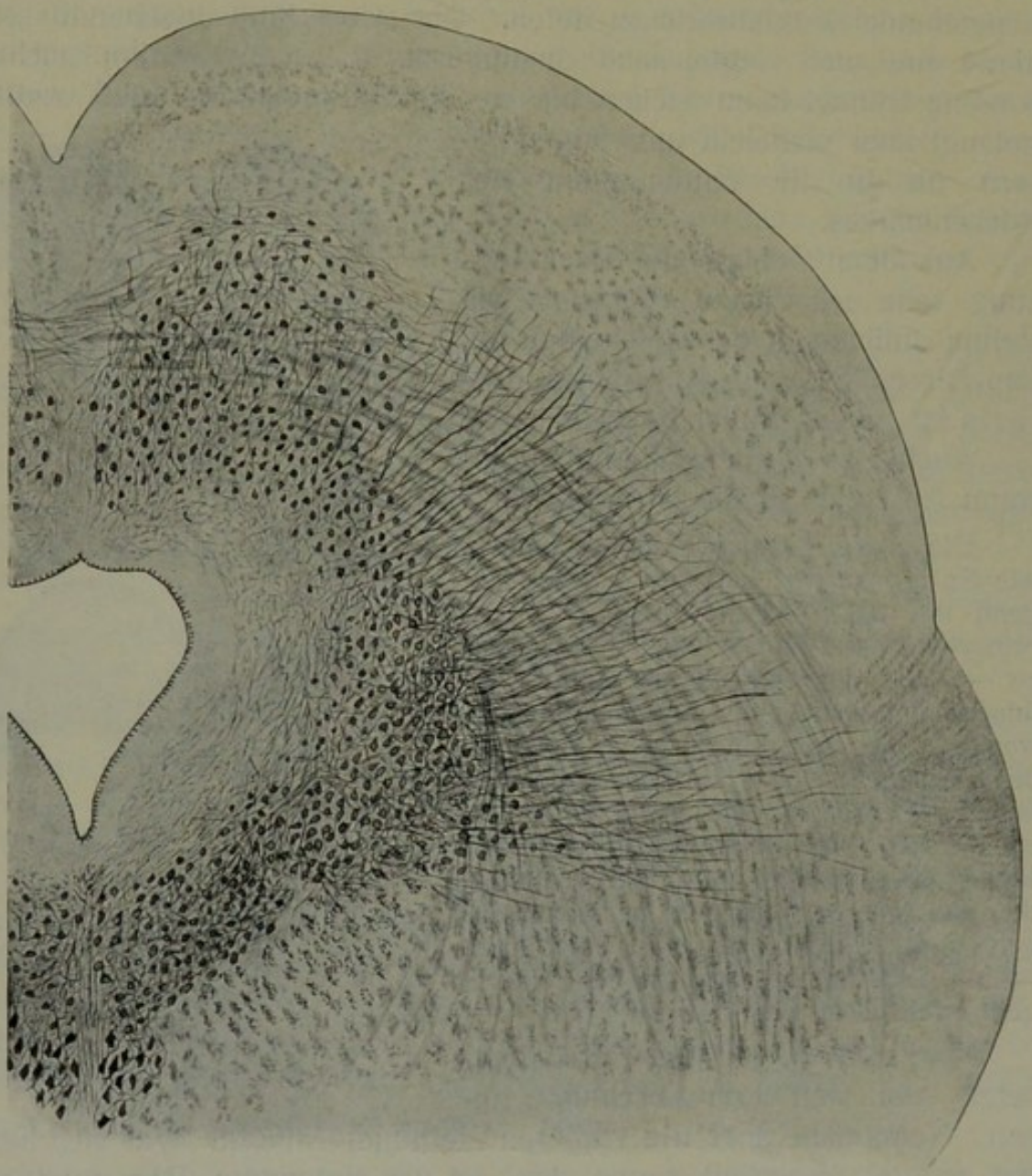


Fig. 225.

Vierhügel und Fasern des centralen Höhlengrau. Beutelratte, Didelpis marsupialis.

kleine Ganglienzellen liegen. Dieses Netz erstreckt sich frontalwärts bis in den Thalamus, dessen innerste Wände bis in das Infundibulum hinunter auskleidend und rückwärts reicht es, in einzelne Längsstränge auslaufend bis in die Höhe der Vestibulariskerne in der Oblongata. Der größte dieser Längsstränge ist von Schütz als dorsales Längsbündel des zentralen Grau beschrieben worden. Mehrfach ist die Ansicht geäußert worden, daß in diesem noch so unklaren Systeme

eine Unterlage für die Innervation der Vasomotoren gegeben sei. Die Symptome auf sympatischem Gebiete, welche bei Erkrankungen, die dieses zentrale Grau mit treffen, auftreten, sprechen in diesem Sinne. Ein überaus wichtiges ausgiebiges Koordinationssystem ist sicher hier gegeben, denn wie ein Blick auf Fig. 225 lehrt strahlen von den Zellen des Höhlengraues unzählige Fortsätze nach allen Seiten in das Vierhügeldach ein.

Noch im Bereiche des zentralen Graues dicht auf der Faserung

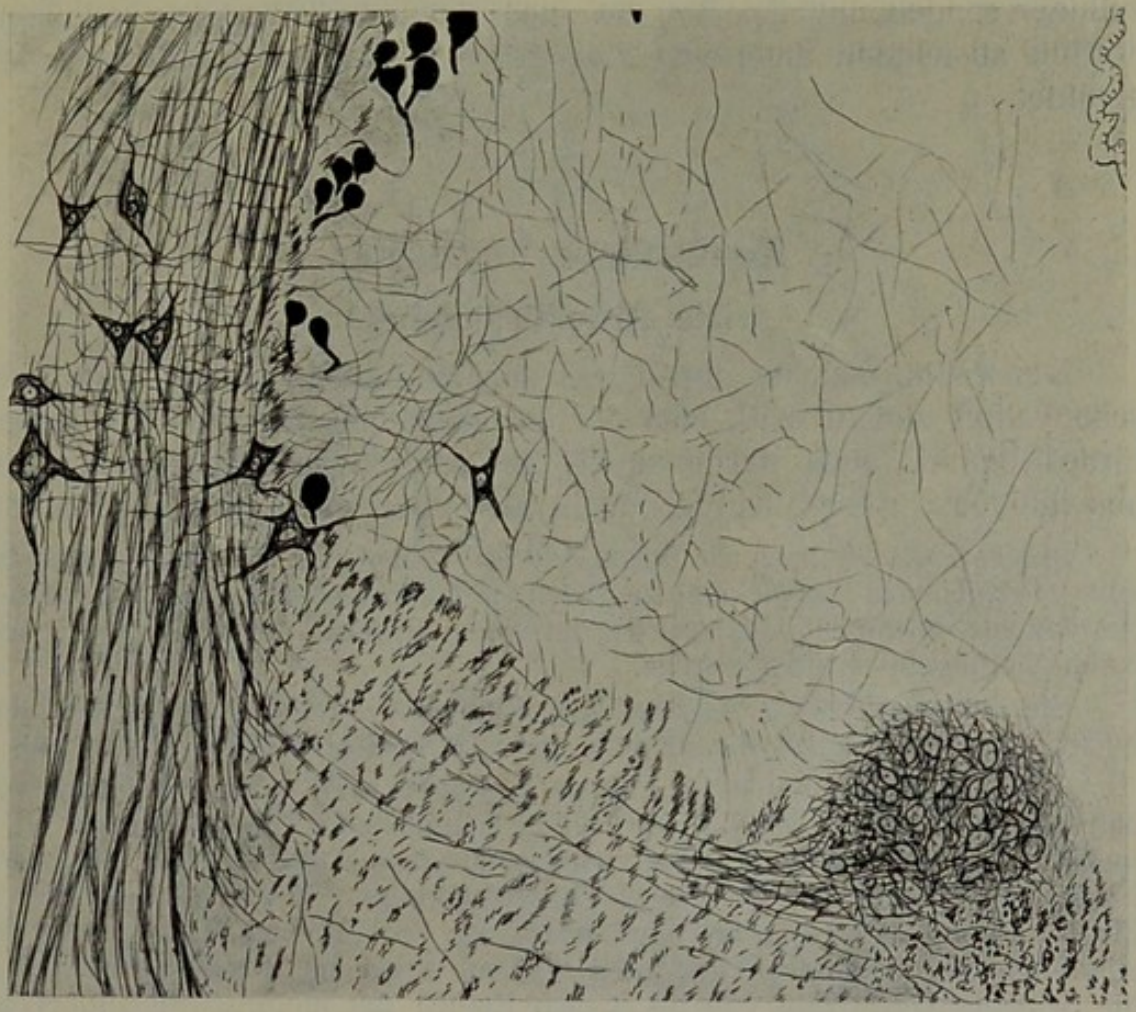


Fig. 226.

Frontalschnitt mit dem mesenc. Trigeminuskern und den Zellen des Nucleus intratigeminalis. Ratte, Cajalverfahren.

des tiefen Markes liegen die großen Zellen, welche der

Mittelhirnwurzel des Trigeminus

Ursprung geben (s. Fig. 227).

Es sind fast unipolare, sehr charakteristische Gestalten, deren lange Fortsätze Fig. 226 gut erkennbar sind. Sie ziehen ganz direkt in die motorische Wurzel hinein. Die Zellen entarten wenn diese zerstört wird, Horsley, ebenso wie die Wurzel nach Anstechen des Mittelhirndaches hinaus in den Trigeminus degeneriert. Es ist schon S. 227 erwähnt, daß wir hier wohl denjenigen sensiblen Anteil der motorischen

Wurzel vor uns haben, der die Kraft des Kauens durch propriozeptive Reflexe reguliert. Solche Bahnen müssen notwendig vorhanden sein.

In den tiefsten Schichten des Vierhügelgraues, ganz dicht an der mesencephalen Trigeminuswurzel liegen sehr große multipolare Zellen, Kohnstamm hat sie

Nucleus intratrigeminalis

genannt, die entarten, wenn in der kaudalsten Oblongata die Substantia reticularis getrennt wird. Dorthin also müssen sie ihre Axenzylinder senden und Probst hat auch einen nach Vierhügelverletzung dorthin absteigend entarteten Faserzug gefunden. Fig. 180 ist er abgebildet.

Neunzehnte Vorlesung.

Die Mittelhirnhaube.

Der Raum, welcher dorsal von den Vierhügeln, ventral vom Hirnschenkelfuß umfaßt wird, also der palaencephale Abschnitt des Mittelhirnes, bedarf, auch nachdem in der vorigen Vorlesung mancherlei aus ihm beschrieben wurde, doch noch der genaueren Schilderung.

In der Fig. 227 lege ich Ihnen eine Abbildung vor, die, nach Präparaten aus verschiedenen Entwicklungsperioden zusammengestellt, die allermeisten Bestandteile erkennen läßt, welche auf einem Schnitte dicht hinter den vorderen Vierhügeln sichtbar werden.

Sie wollen dieselben zu einer Repetition des bereits Vorgetragenen benutzen. Das neu Mitzuteilende reiht sich dann leicht dem Bekannten an.

1. Fuß des Hirnschenkels. Noch marklos; nach einem Präparate von einem vierwöchigen Kinde ist die Pyramidenbahn eingezeichnet. Die medial von ihr liegenden Fasern stammen aus dem Lobus frontalis, die lateral liegenden aus dem Lobus parietalis und temporalis. Ein Bündel verläßt in dieser Gegend die Pyramide, und indem es den Fuß umzieht, gelangt es, allerdings erst in kaudaler liegenden Ebenen, direkt als medialstes Bündel in die Schleifenschicht und von da zu den Kernen der motorischen Hirnnerven.

2. Das Stratum intermedium mit der Substantia nigra. Die zahlreichen, hier beim Neugeborenen sichtbaren Markfasern stammen aus dem Corpus striatum. Auch einige Fasern der ebendaher stammenden „Kammformation", welche die Fußbündel umflicht, sind lateral schon sichtbar.

3. Haube des Hirnschenkels. Ganz medial die Meynertsche Haubenkreuzung aus Fasern des tiefen Markes zum Tractus tecto-spinalis medialis bestehend, dessen Querschnitt sich eben hier anlegt. Die ventralsten, hier in Bogenrichtung gezeichneten Fasern, stellen die Kreuzung der Tractus rubrospinales dar, deren eines Querschnittbündel rechts, dicht unter dem dicken roten Kerne sichtbar sind.

Die Schleifenschicht umfaßt ventral und lateral die Haube. Ihre medialeren Fasern, das dicke, hier als Laqueus superior (alte Bezeichnung, die noch oft gebraucht wird) bezeichnete Bündel ist der Tractus bulbo-thalamicus, die lateraleren, hier im Bereich des vorderen Hügels bereits dünneren Fasern, gehören den Tractus spino-bulbo-tectalis und anderen mit ihnen verlaufenden

Zügen an. Sie streben zur Schicht des tiefen Markes. Die Gegend dicht lateral vom roten Kern ist hier noch marklos, weil die Tractus cortico-tegmentales beim Neugeborenen noch nicht entwickelt sind. Dann folgen aber lateral einige Bündel, die der sekundären Bahn aus den Quintuskernen angehören und die Zellen des Ganglion mesencephali profundum laterale.

Das dicke Markfeld dorsal von dem roten Kerne enthält beim Kaninchen,

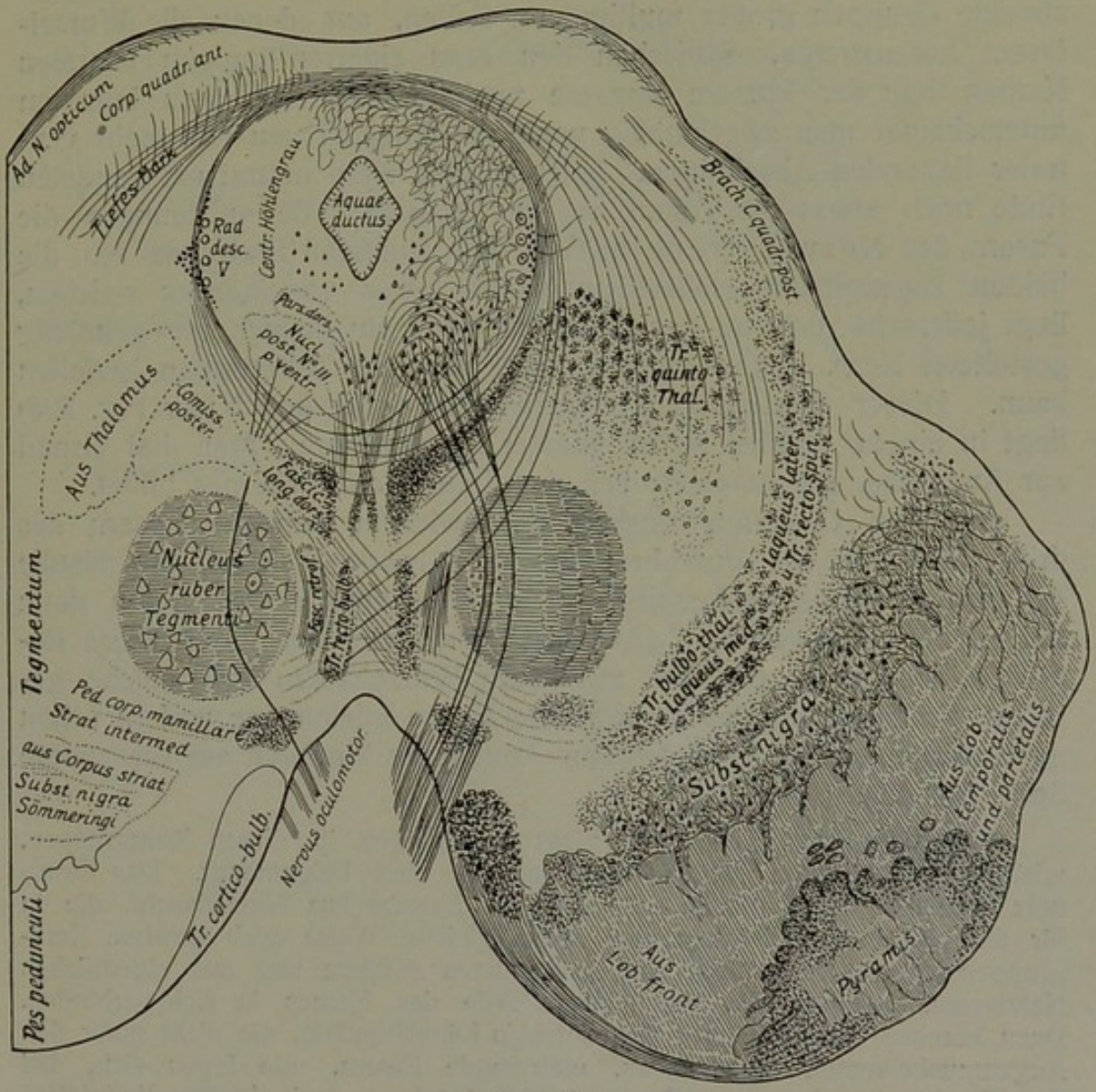


Fig. 227.

Schnitt dicht hinter den vorderen Vierhügeln, komponiert nach Präparaten aus verschiedenen Stadien der Markscheidenbildung. Hämatoxylinkupferlackmethode.

Wallenberg, den für den Menschen noch nicht sicheren Tractus thalamospinales und den Tractus thalamo-olivaris. Alle diese Teile werden von den Fasern des tiefen Markes durchquert.

4. Vierhügel. Das Ganglion des vorderen Hügels ist sichtbar, in welches durch den Arm rechts die links besser sichtbaren Optikus- usw. Bahnen eindringen. Die Kommissur und Kreuzung des tiefen Markes, deren Ursprung links angedeutet ist, zu beachten.

Im zentralen Höhlengrau unter den Vierhügeln liegen seitlich

vom Aquädukte und direkt unter ihm die

Kerne der Augenmuskelnerven.

Ich lege Ihnen in Fig. 228 eine Abbildung vor, wie sie entstehen könnte, wenn man etwa die durchsichtig gemachten Vierhügel von oben her betrachtete. Die Ursprungskerne der Nervi oculomotorii sind drei in und neben der Mittellinie liegende langgestreckte Gruppen großer multipolarer Zellen, aus denen die Wurzelfasern heraustreten. Zwischen den etwa zigarrenförmigen lateralen Kernen liegt der kürzere unpaare mediale Kern. An dem lateralen unterscheidet man zweckmäßig noch die dorsalen von den mehr ventraler liegenden Abschnitten. Jeder laterale Kern nimmt am kaudalen Ende noch etwas an Volum zu und diesem Teile entstammen die Fasern des Nervus trochlearis. Am frontalen Ende, da wo die beiden zugespitzten großzelligen Kerne etwas voneinander weichen, liegt jederseits dicht an der Mittellinie noch ein kleiner, unregelmäßig gestalteter Kern, der auch manchmal in zwei Zellgruppen zerfallen kann. Dieser kleinzellige Lateralkern (a und b der Fig. 228) liegt in einem dichten Netze feinster Nervenfasern. Man hat Grund zur Annahme, daß er einen Teil des Okulomotoriuskernes bildet.

Aus den Okulomotoriuskernen entwickeln sich die Fasern des dritten Nerven. Sie durchbrechen, ventralwärts ziehend, die Haube des Hirnschenkels beiderseits von der Medianlinie und treten dann frei an der Hirnbasis aus. Auf fast allen Schnitten durch diese Region erkennt man, daß sich zu diesen Wurzelfasern noch solche gesellen, welche dem gekreuzt liegenden Kerne entstammen und in schön geschwungenem Bogen unter dem Aquädukte hindurch auf die andere Seite treten.

Die multipolaren Zellen sind nicht die einzigen in diesen Kerngruppen, mittelgroße und ganz kleine Nervenelemente sind beigemengt. Das Fasernetz innerhalb der Kerne ist sehr enge, es besteht aus Wurzelfasern, die in für die einzelnen Individuen nicht ganz gleicher Weise auch gewisse Kerngruppen mehr oder weniger von den anderen sondern und aus eigentlichen Netzfasern, solchen, die verschiedene Teile des Kernes in sich verbinden. Dazu kommen reichliche aus den dorsalen Längsbündeln, die dicht unter den Augenmuskelkernen einherziehen, eintretende Fasern. Sie legen sich, bei der Forelle ist das von Beccari klar bewiesen, mit breiten Endplatten an die Ursprungszellen der Augenmuskelnerven an und vermitteln so die von den Labyrintherregungen stammenden propriozeptiven Reflexe auf die Augenhaltung.

Die meisten Säugetiere, abgesehen von den blinden mit Atrophien der Kerne, haben ungefähr gleiche Verhältnisse; es geht aber aus den Untersuchungen von Tschuchida hervor, daß die einzelnen Kernabteilungen da und dort nicht so deutlich siud, daß einzelne Kernteile sich mehr, andere etwas weniger entwickeln, wie denn schon beim Menschen deutliche individuelle Schwankungen vorkommen.

Im allgemeinen kann man annehmen, daß die einzelnen Kerngruppen je spezielle Muskelkerne für einzelne Augenmuskeln sind.

Man wird deshalb da, wo besondere andersartige Anforderungen an die Augenmuskeln gestellt werden, wesentliche Änderungen erwarten dürfen. So findet man bei den Walen, deren enorme Augenmuskeln besonderer Innervation bedürfen und wo noch dazu ein Sphincter palpebrarum besteht, der bei großen Tieren die Größe eines menschlichen Musculus glutaeus maximus erreichen kann, einen besonderen Zusatz

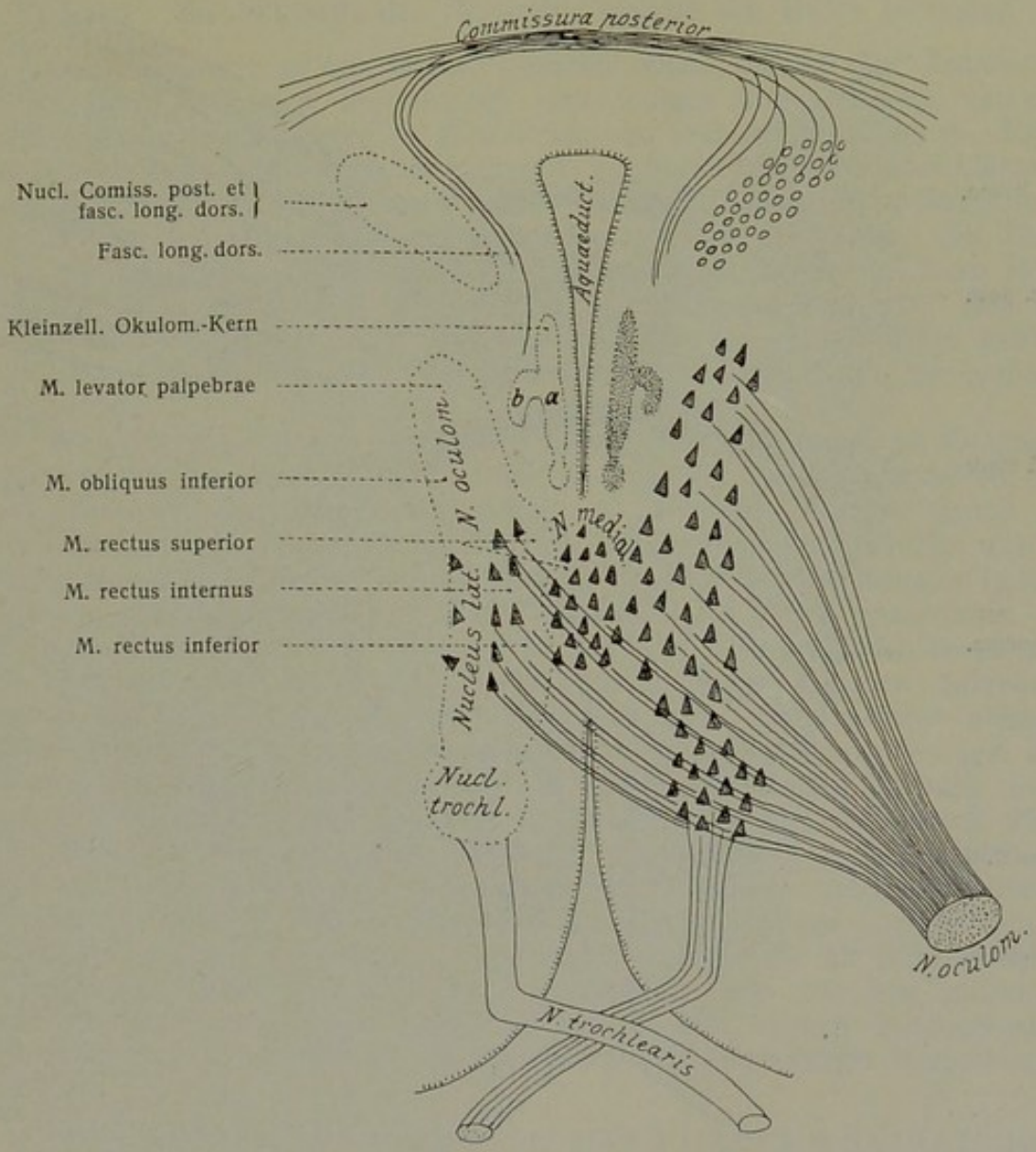


Fig. 228.

Die Gegend unter dem Aquaeductus Sylvii von oben her gesehen. Schema. Lage der Kerne, der Comissura posterior, des Oculomotorius und des Trochlearis.
Die Lokalisation der Okulomotoriuskerne, z. T. nach Untersuchungen von Bernheimer an Affen. Siehe Text.

zu den Okulomotoriuskernen, der so groß ist, daß er weithin nach vorn in den Thalamus hineinreicht. Fig. 229.

Hatschek hält es für wahrscheinlich, daß dieser Kern, sein „Nucleus ellipticus" mehr bedeute als ein einfacher Okulomotoriuskern, ich sehe aber beim Braunwal, wo er offenbar noch mächtiger ist, als bei dem von S. untersuchten Delphin keinerlei andere als Okulomotoriusfasern zu ihm in Beziehung

treten. Allerdings müssen viele von diesen einen langen Weg machen, wenn sie die viel kaudaler austretenden Wurzeln erreichen wollen. So entsteht hier eine besonders ventral dichte Kapsel aus Wurzelfasern.

Hinter dem kaudalsten Abschnitte der motorischen Kernsäule, welche den Okulomotorius entsendet, ist eine minimale Lücke, dann

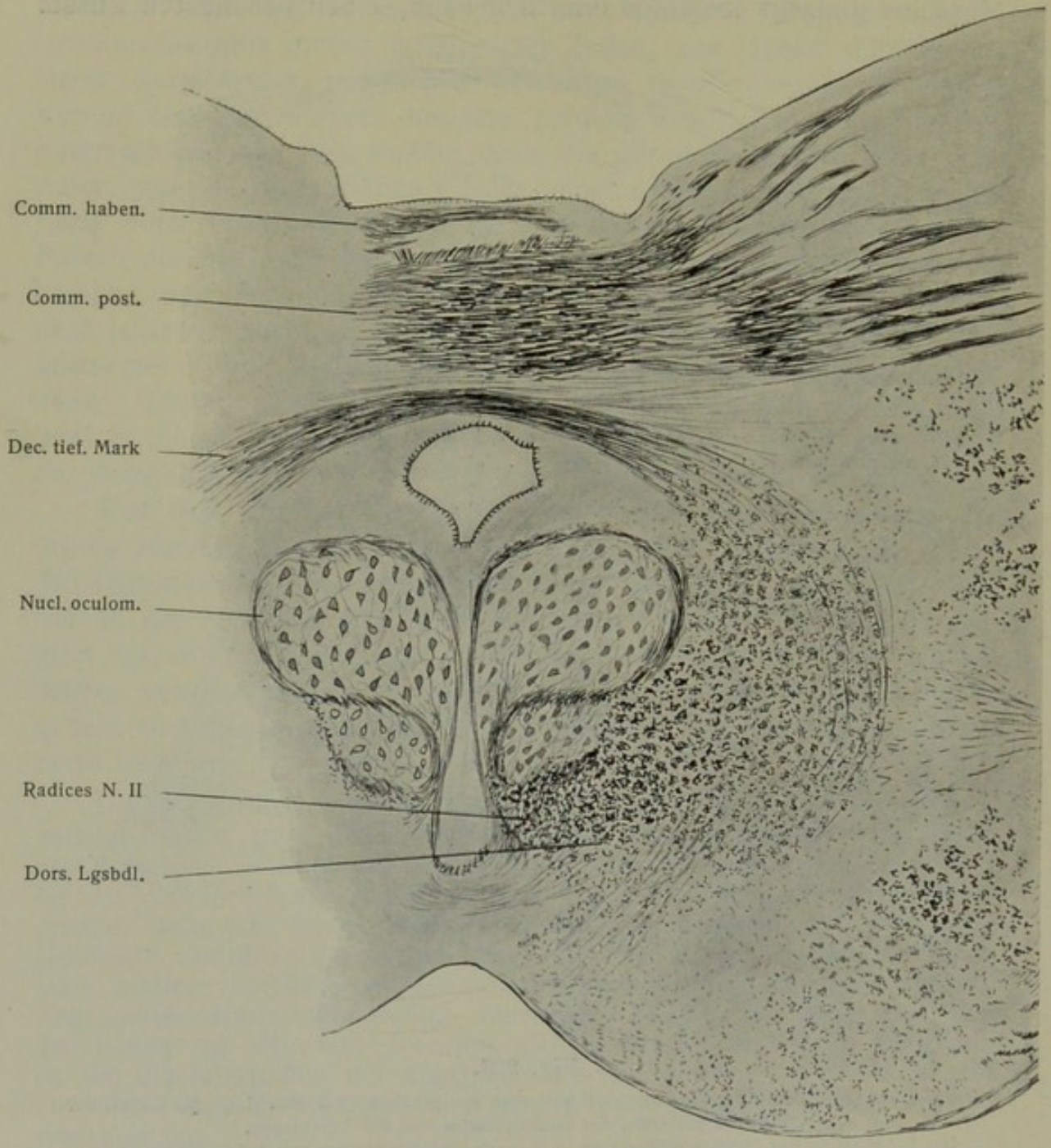


Fig. 229.

Frontalschnitt durch Okulomotoriuskern von Phocaena Braunwal.

tritt ganz gebaut wie der Okulomotoriuskern, der Nucleus N. trochlearis auf. Die Trochlearisfasern steigen aber nicht wie die Okulomotoriusfasern durch die Haube ventralwärts; sie ziehen vielmehr gleich nach ihrem Ursprung ein Stück in fast horizontaler Richtung kaudalwärts, erheben sich erst dann und kreuzen sich schließlich im

Velum medullare anticum mit denjenigen der anderen Seite. So verlassen sie das Gehirn an der dorsalen Seite, dicht kaudal von den hinteren Vierhügeln. Auf Fig. 214 und 215 sind Stücke des Trochlearislaufes sichtbar. Auf Fig. 228 ist der ganze Zug des Nerven nach Präparaten eingezeichnet.

Die Hauptmasse der Augenmuskelkerne ist somatisch motorischer Art. Sie versorgt die Muskeln, welche die Bulbi bewegen.

Sie alle müssen in den Kernen vertreten sein. In der Tat kennen wir vollständige Lähmungen der äußeren und inneren Augenmuskeln veranlaßt durch schwere Erkrankungen in allen Teilen des Okulomotoriuskernes. Es ist bisher noch nicht gelungen, beim Menschen so frische Fälle isolierter Lähmung eines einzelnen Muskels zu untersuchen, daß man etwa für jeden Augenmuskel eine Kernlokalisation im Gesamtkerne feststellen konnte. Bei Tieren aber, wo man frische Zerstörung der einzelnen Muskelfasern in ihren Rückwirkungen auf die Zellen im Kerne studieren kann, weiß man seit den Untersuchungen von Gudden, daß in der Tat eine Lokalisation besteht, auch daß einzelne Muskeln vom Kerne der gekreuzten Seite her versorgt werden.

Von den Ergebnissen, welche die Degenerationsversuche am Okulomotoriuskern der Tiere gezeitigt haben, will ich Ihnen hier nur das mitteilen, was über den Kern beim Affen bekannt geworden ist, weil wir allen Grund zur Annahme haben, daß beim Menschen identische Anordnungen getroffen werden. Die frontalsten Kerngruppen entsenden ihre Fasern zum gleichseitigen Levator palpebrae und Rectus superior. Aus den kaudalsten Teilen entspringen nur gekreuzte Fasern, nämlich die für den Rectus inferior und für den Trochlearis. Alle Kerne, welche dazwischen liegen, senden Fasern in den gekreuzten und in den gleichseitigen Nerven. So erhält also jeder Musculus obliquus inferior und jeder Musculus rectus internus Fasern aus dem rechten und dem linken großzelligen Lateralkerne. Die Kerne für den Rectus internus treten beiderseits so nahe an den großzelligen Mediankern heran, daß, zumal dieser mit ihnen ganz identisch gebaut ist, es mir wahrscheinlich — aber durch das Experiment nicht bewiesen — ist, daß die drei Gruppen eine Einheit (für die Konvergenzbewegung) bilden. Bernheimer nimmt allerdings den großzelligen Mediankern neben dem frontaler liegenden kleinzelligen für die Binnenmuskeln in Anspruch. Es ist aber nicht recht einzusehen, was aus den mächtigen Axenzylindern dieser vielen großen Zellen in den kleinen Binnenmuskeln werden soll. Für sie reichen die Fasern aus den kleinzelligen Kernen reichlich aus.

Der Okulomotoriuskern muß aber auch viscerale Kerngruppen enthalten. Der Nerv sendet nämlich dem Ganglion ciliare einen Ast und erst aus diesem, nicht direkt, wird, Marina, die Binnenmuskulatur des Auges durch die da entspringenden Nervuli ciliares versorgt.

Das Ciliarganglion ist zu größerem Teile ein Visceralganglion und die Ciliarnerven sind also in dem S. 100 entwickelten Sinn Nervi postganglionares.

Es besteht noch keine Einigkeit der Forscher darüber, wo die Ursprungskerne der praeganglionären Fasern, also der Okulomotoriusast zu dem Ciliarganglion, liegen. Nach dem Zellcharakter ist es am wahr-

scheinlichsten, daß sie in den kleinzelligen Kernen zu suchen sind. Daß diese sich auch bei Zerstörung der Iris und der Ciliarkörpers nicht verändern, ist natürlich, denn sie sind ja nicht die direkten Kerne der Ciliarnerven.

Die Zellen dieses Okulumotoriusabschnittes des Ganglion ciliare liegen bei Embryonen — Froriep — ganz dicht an den austretenden Okulomotoriusfasern und erscheinen zunächst als Okulomotoriusganglion, aber schon früh rücken sie, die eintretenden Fasern nach sich ziehend, in den Verband des Ganglion ciliare ein. Nun scheint das doch nicht in allen Fällen so zu sein. Vielmehr bleibt fast regelmäßig ein größerer oder kleinerer Teil dieses Praevertebralganglions an den frontalsten Okulomotoriusfasern liegen, so daß die aus ihm tretenden postganglionären Fasern — also einige Ciliarnerven —

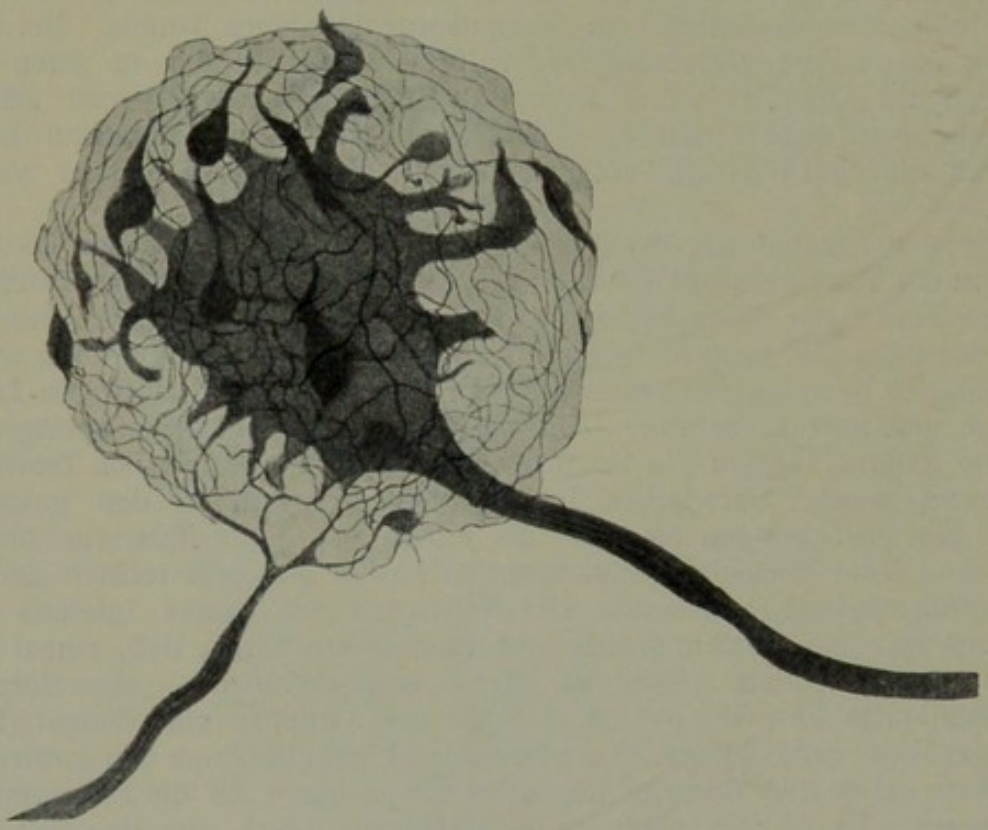


Fig. 230.

Zellen aus dem menschlichen Ganglion ciliare. Eine Okulomotoriusfaser verzweigt um sie und sie sendet einen Nervus ciliaris aus. Nach G. Sala.

einen weiten Weg über den ganzen Hirnschenkel hinweg zur Orbita haben. Dieser Weg verläuft in dem Tractus peduncularis transversus, dessen ganzer Verlauf auf Fig. 223 sichtbar ist.

Der Tractus peduncularis transversus, der also nach dem Vorstehenden im wesentlichen den Nervi ciliares gleich ist, verläuft aus dem Optikustrakt an der Lateralseite des Hirnschenkelfußes heraustretend quer über den Hirnschenkelfuß weg und senkt sich an dessen Medialseite in ein kleines von Bechterew und von Marburg zuerst beschriebenes Ganglion, das dicht vor den frontalsten austretenden Okulomotoriusfasern, dorsal von den Fußfasern, ganz medial liegt, Fig. 223 zeigt es samt dem abtretenden Tractus. Dieses Ganglion ist der Rest des Ganglion ciliare, der nicht orbitalwärts wanderte. Auch zutretende Fasern, höchst wahrscheinlich frontalste Okulomotoriuswurzeln, sind hier sichtbar.

Der Tractus ist unregelmäßig ausgebildet, kann beim Mensch und Tieren gelegentlich fehlen und entartet, wenn das Auge ausgerottet wird, nur mit einem sehr kleinen Anteil seiner Fasern. Gudden, der dies entdeckte, hielt ihn für einen Tractusanteil und diese Meinung hat im wesentlichen bis jetzt gegolten, zumal seit Bechterew und Marburg den Faserzug in dem kleinen Ganglion nahe der Hirnbasis enden sahen, das der letztere dem Ganglion ektomamillare der Reptilien gleichsetzte. Einige aus dem Auge kommende Fasern treten in der Tat hier ein, das ergeben auch meine Degenerationsversuche, die Mehrzahl bleibt aber nach Ausrottung eines Auges intakt. Dies und der Umstand, daß ich zu dem Ganglion tretende reichliche Faserzüge vom Kaliber der Okulomotoriuswurzeln finde, deren mediales Ende sehr wohl in den frontalsten Kernabschnitten liegen könnte, dann die Tatsachen der Entwicklungsgeschichte und die Unregelmäßigkeit in der Ausbildung des Tractus, all das scheint mir besser durch die Auffassung erklärt, daß der Tractus nicht nur ein Optikusbündel ist, sondern außerdem ein aus dem visceralen Okulomotoriusganglion stammendes Bündel von Ciliarnerven enthält.

Nach kritischer Würdigung des ganzen vorliegenden Materials glaube ich, daß man sich die Versorgung des Auges mit Nerven in folgender Weise vorstellen kann: Die gesamten äußeren Augenmuskeln werden direkt aus den Kernen des Okulomotorius, Trochlearis und Abduzens innerviert. Für die inneren Muskeln stammen die Fasern aus dem Ganglion ciliare und in ebendiesem Ganglion enden feine Okulomotoriusfasern, welche vielleicht aus den kleinzelligen frontalen Kerngruppen stammen.

Die anatomische Grundlage für den von der Klinik postulierten direkten und gekreuzten Zusammenhang des Okulomotorius mit den Zentren des Optikus ist noch nicht sicher nachgewiesen.

Diese für die Pupillarbewegung notwendige Bahn besteht jedenfalls: a) aus dem zuführenden Ast, im Optikus. Ein solcher zum Mittelhirn ist in den vorderen Vierhügelarmen gegeben; b) aus dem Ast für den Sphinkter iridis. Von diesem wissen wir, daß er im Okulomotorius verläuft und es ist nur noch nicht absolut sicher, ob es sich um direkte Fasern aus dem Kerne zur Iris handelt, oder ob, wie oben als am wahrscheinlichsten angenommen wird, ein Okulomotoriusast zum Ganglion ciliare zieht und aus diesem Ganglion erst die Irisnerven entspringen. Neuerdings ist es Bernheimer gelungen, die Iris total dadurch zu lähmen, daß er bei Affen den frontalsten Teil der Okulomotoriuskernsäule anstach.

Drittens muß ein Mechanismus da sein, welcher die Reflexe zwischen beiden Bahnen, der zuleitenden und der ableitenden, vermittelt. Ein solcher Apparat ist noch zu finden. Fasernetze und Züge, durch welche die Verbindung stattfinden könnte, sind in dieser Gegend mehrfach vorhanden. Das beweisende Experiment oder die beweisende klinische Beobachtung mit nachträglich erhobenem Befunde steht noch aus.

Majano hat die Vermutung ausgesprochen, daß die Okulomotoriusfasern für die Pupillarinnervation aus dem lateralen Dache des vorderen Vierhügels stammen, also etwa aus der Gegend, wo mittelst Brachium anticum die Optikusfasern enden. Von dort sollen direkte Bahnen gleichzeitig und gekreuzt im tiefen Marke zu den Wurzelfasern der Nerven hinziehen, um sich ihnen anzuschließen. Die bisher erbrachten Beweise scheinen mir nicht ausreichend, auch ist bekannt, daß Gudden das Vierhügeldach wegnehmen konnte, ohne daß Pupillarstörungen auftraten. Man muß auch der Möglichkeit denken, daß

der Tractus peduncularis transversus neben den effectorischen diese zuführenden Bahnen enthalten kann, s. o.

Es ist noch nicht gelungen, die S. 301 erwähnten kortikalen Bahnen des Vierhügels bis an die Augenmuskelkerne heran zu verfolgen. Ich selbst und andere, wir haben Hundegehirne untersucht, an denen — in meinen Fällen durch Hitzig selbst — das kortikale Zentrum zerstört war, durch dessen Reizung Augenbewegungen ausgelöst werden. Niemals ist es geglückt, die von da ausgehenden und durch die Operation entarteten Fasern bis in den Kern selbst zu verfolgen.

Wir besitzen bereits eine ungemein reiche Literatur über die Kerne der Augenmuskelnerven. Abgesehen von den älteren experimentellen Arbeiten von Gudden liegen wesentlich Untersuchungen vor von: Perlia, Bernheimer, Siemerling, Westphal, Bach, Schwabe, van Gehuchten, Bechterew, Schiff und Cassirer, Marina, Majano. Auf diese muß ich für zahlreiche im Texte nicht erwähnte Details verweisen.

Commisssura posterior. Fig. 228, 229, 180.

Die Fasern kommen dicht vor den Vierhügeln aus der Tiefe, überqueren den sich hier zum dritten Ventrikel verbreiternden Aquädukt und gehen in die Tiefe des anderseitigen Hügels und Thalamus hinein.

Ganz frontal vom Okulomotoriuskern findet sich eine langgezogene Kernplatte, welche von Darkschewitsch und von Kölliker als Kern der Commissura posterior angesprochen worden ist. Es gibt für die Säuger noch keinen sicheren Beweis, daß dem so ist, aber bei den Reptilien erkenne ich sehr deutlich, daß aus einem ganz ebenda gelagerten Kerne in der Tat die Fasern der Kommissur und ein Teil der Fasern des dorsalen Längsbündels entspringen. Die Fasern aus dem Kerne teilen sich, das beschreibt auch S. R. y Cajal, in den medial ziehenden Ast zur Commissura posterior und in kaudaler ziehende Fasern, die sich lateral an das dorsale Längsbündel anlegen. Erst durch diesen Kommissurenanteil wird das dorsale Längsbündel zu einem starken Faserzug. Ähnliches haben Spitzka und Darkschewitsch gesehen. Aber die Fasermasse kann nicht ganz aus dem Kern allein stammen, jedenfalls enthält sie Anteile aus dem Thalamus (Kölliker.) Bei allen Vertebraten vereinigt sie Haubenteile der beiden Seiten, die vom Thalamus bis zum Rückenmarke liegen. Sie ist eines der in der Ausbildung am wenigsten wechselnden Gebilde des Wirbeltiergehirns und eines der ersten Bündel, die sich mit Mark umgeben.

Kommissurfasern müssen bis in das obere Rückenmark gelangen, denn nach Kohnstamm und Quensel entarten einzelne Zellen des Kernes, wenn das obere Rückenmark getrennt wird. Diese Autoren haben auch gezeigt, daß etwas kleinere Zellen, welche der laterale Teil des Kernes mitten in die Kommissurfasern hinein sendet, ihre Axenzylinder nur bis in die Oblongata senden. Sie wollen deshalb diesen Nucleus intracommissuralis von dem anderen Kerne geschieden wissen.

Die hintere Kommissur geht mit ihrem frontalen Rande direkt in das Zwischenhirndach über, das hier die Ausstülpung der Epiphyse — Glandula pinealis — macht (Fig. 218). Unter ihr eröffnet sich der Aquaeductus Sylvii in den dritten Ventrikel.

Ventral von den Augenmuskelkernen, mit ihnen aber durch zahlreiche Fasern in innigem Konnexe, liegt

das dorsale Längsbündel.

Es ist ein langer, aus verschiedenen Qualitäten zusammengesetzter Faserzug, den Sie schon von den Vordersträngen des Rückenmarkes an durch die ganze Oblongata und Brücke immer an gleicher Stelle, dicht unter dem zentralen Grau beiderseits von der Mittellinie gesehen haben. Er muß wohl zu den Grundapparaten des ganzen Mechanismus gehören, denn er ist von den Neunaugen an bis hinauf zum Menschen immer an gleicher Stelle vorhanden. Niemals, einerlei, wo er unterbrochen wird, degeneriert er auf die ganze Länge seines Verlaufes und niemals in allen Faserarten. Durch S. Ramon y Cajal, durch Held und Kölliker wissen wir, daß er auf seinem langen Verlaufe, der ja vom frontalsten Mittelhirn bis in die Vorderstränge des Rückenmarkes reicht, ständig Kollateralen an die umgebenden Gebilde, speziell an die Nervenkerne am Rautengrubenboden abgibt. Wir wissen, daß in diesem wichtigen Faserzuge Bündel vorhanden sind, die aufsteigend degenerieren, also aus tiefen Ebenen stammen und absteigend entartende. Mindestens dreierlei Faserzüge vereinen sich zu dem dorsalen Längsbündel. S. Figur 180.

Ganz medial liegen Bündelchen aus einem Kerne im Hypothalamus. Man sieht bei allen Vertebraten, daß im zentralen Höhlengrau, dicht vor der Stelle, wo der Aquädukt beginnt, eine Ansammlung größerer Ganglienzellen liegt — Nucleus fasciculi longit. dors. Fig. 247 u. 250 —, aus dem kreuzend eine Anzahl solcher Fasern stammen. Sie liegt in Schnittebenen bei Säugern, die ventral in die hintersten Abschnitte des Corpus mamillare fallen. Siehe S. 337. Wohin diese Fasern gelangen, ist unbekannt.

Die Hauptmasse besteht aber aus zwei sehr viel stärkeren Zügen. Zunächst dem Medialbündel liegen, Spitzer, die Fasern, welche aus den in den Vestibulariskern eingestreuten Zellen des Deiterskernes gekreuzt und ungekreuzt stammen. Über diese ist S. 219ff. das Nähere gesagt.

Sie enden höchstwahrscheinlich alle in den Kernen des Abducens, Trochlearis und Okulomotorius. Dieser Tractus vestibulonuclearis setzt, wie S. 221 gezeigt ist, die Zentren, welche für unsere Körperstellung und für unsere Raumorientierung wichtig sind, untereinander in Beziehung. Durch absteigende Teiläste erreicht er ja auch das Rückenmark, zu dem außerdem noch (s. S. 217) der Tractus vestibulo-spinalis hinabsteigt. Siehe das Schema Fig. 153. Auf dem Wege dieses Bündels kommen die unzähligen

vom Vestibularapparat eingeleiteten Reflexe zustande, welche die Photostatik bedarf. Das dorsale Längsbündel ist auch nirgendwo so enorm entwickelt wie bei den großen Schwimmern, den Haien und bei den Vögeln. Diese Tiere, welche ihre Augenmuskeln kaum je zum willkürlichen Drehen der Augen brauchen, haben doch gute Ausbildung derselben, weil eben während der Bewegung ständig die Augenaxen richtig einzustellen sind. Das gleiche gilt von den Walen.

Der lateralste Teil des dorsalen Längsbündels wird von der Commissura posterior gebildet. Er verbindet Teile der rechten mit solchen der linken Haube. Er ist am mächtigsten natürlich kurz nach seinem Abgange und da in eben diese Höhe des Mittelhirnes alle die Fasern zu den Augenmuskelkernen herauftreten, so ist das dorsale Längsbündel unter den Vierhügeln am breitesten und nimmt zunächst hinter den Augenmuskelkernen etwas ab, dann aber wieder kaudal von den Deiterskernen an Breite zu.

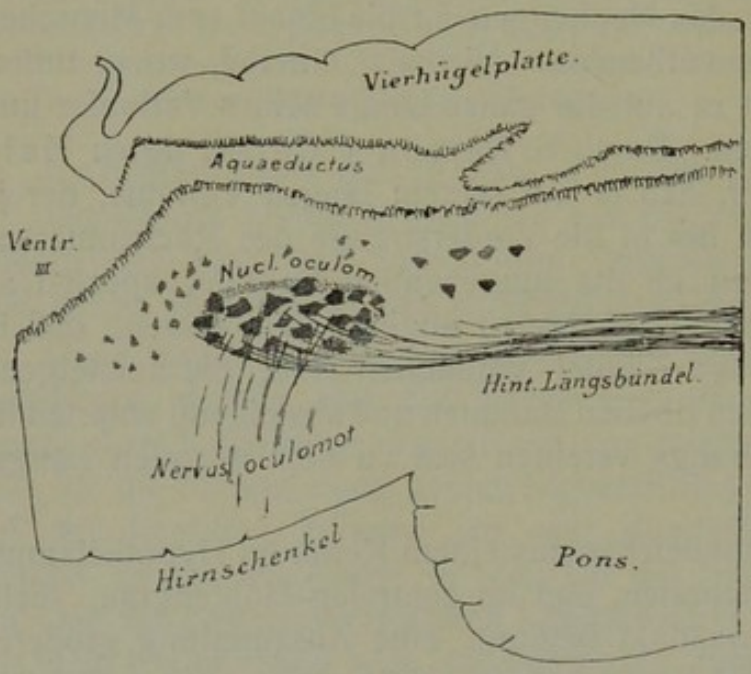


Fig. 231.

Längsschnitt durch die Vierhügelgegend eines menschlichen Fötus von 28 Wochen; nahe der Medianlinie. Die Außenwand des Aquäduktus zum Teil getroffen. Endigung des Okulomotoriuskernteiles des hinteren Längsbündels.

Eine gerade zwischen Abduzens- und Okulomotoriuskernen deutliche Verbreitung hat zu der Annahme Anlaß gegeben, daß auf diese Strecke dem dorsalen Längsbündel noch speziell im ersteren Kern entspringende, im letzteren endende Fasern beigegeben wären. Zur Annahme oder Abweisung reichen die Befunde nicht aus. Aber sicher ist, daß schon durch die aus dem Deiterskern kommenden Züge hier Bahnen gegeben sind, welche das Zusammenarbeiten des Okulomotorius mit dem Abduzens vermitteln.

Ganz lateral schließen sich dem dorsalen Längsbündel Längssysteme der Formatio reticularis an, die von mehreren Autoren noch dem Bündelkomplexe zugerechnet werden, so die Fasern aus dem Nucleus intratrigeminalis.

Ventral von den erwähnten Formationen liegt mitten in der Haube des Mittelhirnes der

Nucleus ruber tegmenti.

Fig. 232 gibt ein gutes Situationsbild, weil in dem neunten Entwicklungsmonate, aus dem der abgebildete Schnitt stammt, zufällig

gerade nur die den roten Kern umgebenden Gebilde, das dorsale Längsbündel, die Schleife, der Tractus habenulo-peduncularis (b. der Figur) und die Okulomotoriuswurzeln markhaltig sind.

Im Nucleus ruber enden die Bindearme aus dem Cerebellum, nachdem sie sich unter dem hinteren und einem Teile der vorderen Hügel gekreuzt haben. Wie Sie aus der Darstellung des Kleinhirnes in den vorigen Vorlesungen erfahren haben, bilden die Bindearme das mächtigste effektorische System des Kleinhirnes. Sie stammen im wesentlichen aus dem Nucleus dentatus cerebelli, führen aber auf der ersten Strecke ihres Verlaufes auch aus dem Nucleus fastigii stammende Anteile, die bald kaudalwärts abbiegen, mit sich. Die Bindearme enden nicht ganz in den Haubenkernen, ein Teil, die Tractus cerebello-thalamici zieht weiter frontal, um in ventralen Thalamusgebieten zu enden.

Daß die Bindearme zum Teil im roten Kerne enden, eine ältere Annahme bereits, das hat auf dem Degenerationswege zuerst Mahaim bewiesen. Sie entarteten, als er das Kleinhirn zerstörte, und das ist seitdem oft bestätigt worden.

Die eingehendste Darstellung des zum roten Kern in Beziehung stehenden Fasersystemes haben Held und von Monakow gegeben. Auf diese geht im wesentlichen das Folgende zurück.

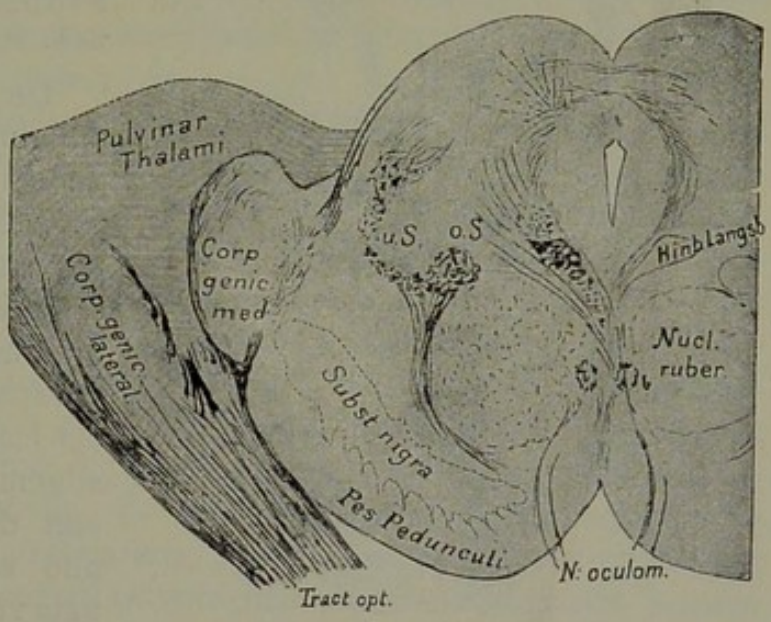


Fig. 232.

Frontalschnitt durch die vorderen Vierhügel einer Frucht aus dem neunten Monat. o. S. Tractus bulbo-thalamicus, u. S. Tractus bulbo-tectalis.

Der Nucleus ruber liegt mitten in die Substantia reticularis eingebettet, und sehr viele der in ihm enthaltenen Zellen haben den Charakter von Retikulariszellen. Sie senden ihre Fortsätze teils über die Mittellinie, teils in die gleichseitige oder gekreuzte Brückenhaube. Dieser Kern kann als eine spezielle Hypertrophierung des Nucleus motorius tegmenti angesehen werden.

Eng mit ihm verbunden ist eine zweite, zuerst von Hatschek abgeschiedene Formation aus sehr großen Zellen, die zum größten Teil, oder alle ihre Fasern über die Mittellinie hinweg bis zum Rückenmark hinabschicken. Dieser Faserzug heißt Tractus rubro-spinalis. Er kann durch die ganze Länge des Rückenmarkes verfolgt werden, aber es ist unbekannt, wo er endigt. Er ist bei den meisten Säugern recht kräftig entwickelt, beim Menschen aber verhältnismäßig schwach. Hier treten die vorhin erwähnten Anteile der Substantia reticularis der Haube,

zu denen sich noch solche, die Fasern zum Nucleus laquearis senden, gesellen, mehr in den Vordergrund.

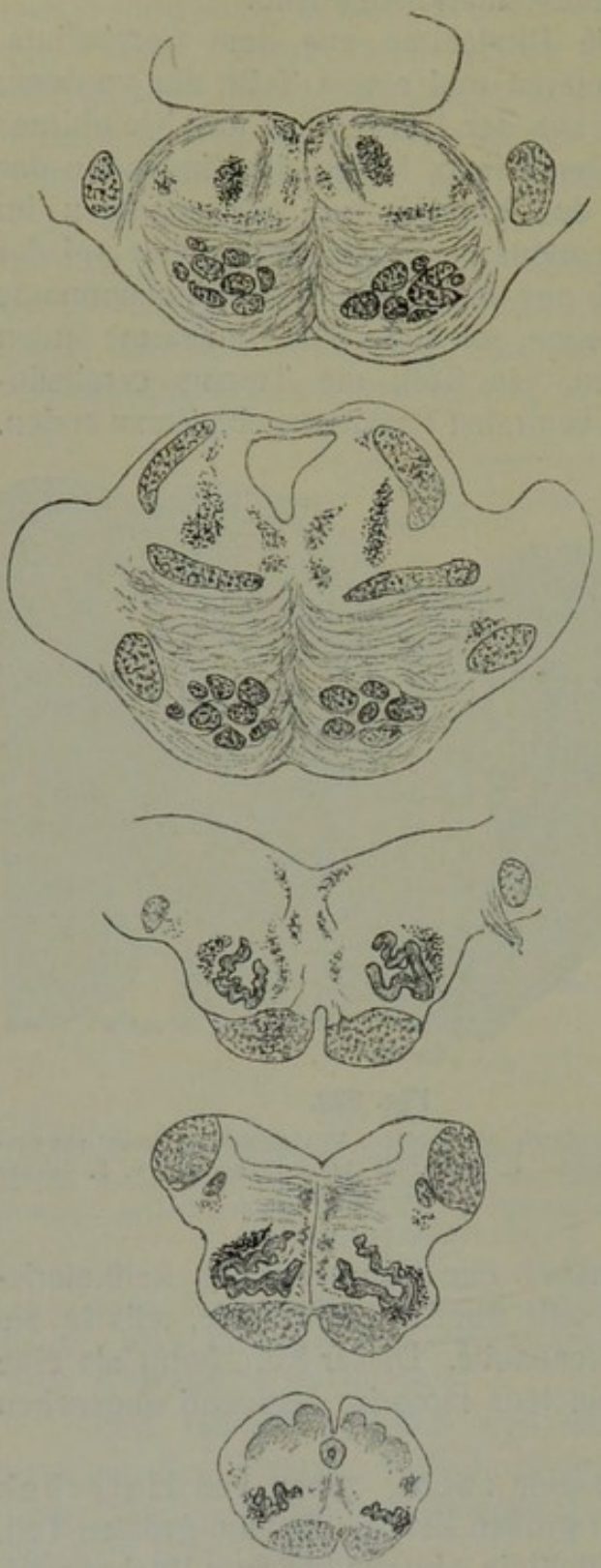


Fig. 233.

Degeneration beider Tractus rubro-spinales nach Zerstörung ihrer Ursprungsstellen im roten Kerne. Nach Collier und F. Buzzard.

Der Tractus rubro-spinalis heißt nach seinem ersten Entdecker das Monakowsche Bündel. Erst Held hat mit der Golgimethode bewiesen, daß der rote Kern sein Ursprungsgebiet ist. Kohnstamms Untersuchungen zeigten, daß man durch hohe Rückenmarkdurchschneidungen einen Teil der Ganglienzellen im roten Kern zur Entartung bringen kann. Der Verlauf des ganzen Zuges ist dann durch zahlreiche Arbeiten von Rothmann, Probst, Buzzard und Collier usw. festgestellt worden.

Die Lage dieses Bündels wird am einfachsten klar aus den Degenerationsbildern, die Ihnen Fig. 233 zeigt. Es handelt sich um einen Zug, der gleich nach seinem Ursprunge kreuzt, — innerhalb der sogenannten Forelschen Kreuzung, — dann in der Haube kaudal zieht, sich im allgemeinen dorsal und lateral von der Schleifenfaserung hält und schließlich in der Oblongata ventral von der Trigeminuswurzel liegt. Von da kann er direkt bis in das dorso-mediale Gebiet der Seitenstränge des Rückenmarks verfolgt werden.

Der Tractus rubro-spinalis, dem übrigens ein Tractus thalamo-spinalis nach Wallenberg dicht anliegen soll, hat in den letzten Jahren vielfach Bearbeitung erfahren, nachdem man erkannt hatte, daß er eines der Bündel ist, welche zum motorischen Apparate des Rückenmarkes herabziehen, daß er also ein wichtiges Stück des motorischen Hirnmechanismus bildet. Zweifellos kann der motorische Eigenapparat des Rückenmarkes durch ihn mit dem Kleinhirn und zu gewissem Grade auch mit dem Großhirn in Verbindung gesetzt werden. Das Bündel bleibt intakt bei irgendwelchen Groß-

und Zwischenhirnerkrankungen, es zerfällt nur, wenn es ab rotem Kern irgendwie getroffen wird bis hinab in den Lendenteil des Rückenmarkes.

Der großzellige Kern, der schon bei den Fischen vorkommt, also ein palaeencephaler ist, bildet auch noch bei den meisten niederen Säugern die Hauptmasse des roten Kerns. Bei Affen und Menschen wird der andere Teil, der bei den kleineren Säugern nur angedeutet ist, sehr viel mächtiger; es ist der aus kleinen Zellen und einem Fasergewirr bestehende neencephale Abschnitt des roten Kerns. Er wird größer im Maße, wie der Stirnlappen sich entwickelt und bildet bei den Affen und Menschen, wo er sich ziemlich scharf von dem palaeencephalen scheiden läßt, die Hauptmasse des roten Kerns. Bei den Wiederkäuern ist der palaeencephale Teil noch so groß, daß der neencephale nur das vordere Drittel der ganzen Masse darstellt. Bei Macacus sind beide Teile gleich groß (Monakow). Da die Zunahme der Stirnlappen via Brücke die Zunahme der Kleinhirnhemisphären und des Nucleus dentatus bedingt, so geht die Kerngröße natürlich auch der Kleinhirnhemisphärengröße parallel.

Von hinten her treten in die vereinigten Zellmassen die Bindearme ein. Fig 234. Aber auch von vorn erhalten sie eine mächtige Faserung: Die Tractus cortico-rubrales aus dem Vorderhirne. Déjèrine sah sie zuerst hierher nach Rindenerweichung entarten. Nach Monakow stammen diese Bündel zumeist aus dem Stirnlappen des Großhirnes, enthalten aber auch Züge, die vom roten Kerne aus dahin gehen. Diese Faserung umgibt den Kern dorsolateral und ganz besonders medial mit einer dichten Markschicht, der Kapsel des roten Kernes. Ich sah, daß sie nach totaler Rindenabtragung (Hund) zum Teil erhalten bleibt, und daß die erhaltenen Fasern dem Striatum entstammen.

Der rote Kern hat also zwei zuführende Verbindungen, die immer vorhandene cerebellare, und die erst mit dem Stirnlappen sich ordentlich ausbildende neencephale. Er steht durch zahlreiche Fasern weithin mit Haubenteilen in Verbindung, Fasern, die wahrscheinlich dem Typ der Substantia reticularis entsprechen. Er entsendet aus seinem palaeencephalen Teil ein Bündel zum Rückenmark, den Tractus rubro-spinalis, und aus dem gleichen Teil, aber auch dem neencephalen, ein reiches, erst von Monakow entdecktes Fasersystem zur Haube der Brücke. In dem letzteren läßt sich der beim Menschen sehr mächtige Zug zum Nucleus reticularis tegmenti, der Fasciculus rubro-reticularis und ein ebensolcher zum Kern der lateralen Schleife, Fasciculus rubro-laquearis degenerativ abtrennen. Die Kreuzung dieser beiden Bündel an der Basis der Brückenhaube samt der Kreuzung der Tractus rubro-spinales und den kaudalsten Fasern der Bindearmkreuzung nennt man die große Haubenkreuzung. Diese ist weiter frontal vielfach so mit der Bindearmkreuzung gemischt, daß man von den ventral am Mittelhirn kreuzenden Schichten an einem normalen Präparat nicht ohne weiteres sagen kann, ob sie der Bindearm- oder der Haubenkreuzung angehören. Erst Degenerationsbilder haben Klarheit gebracht.

So ist der rote Kern offenbar ein sehr mächtiges Assoziationszentrum, das bei den niederen Tieren zunächst Kleinhirneinwirkungen auf das

Rückenmark und die Oblongata übertragen kann, beim Menschen auch in besonders weitem Maße die Substantia reticularis der Brückenhaube erreicht. Dieser Haubenteil kann durch komplizierte kettenförmige

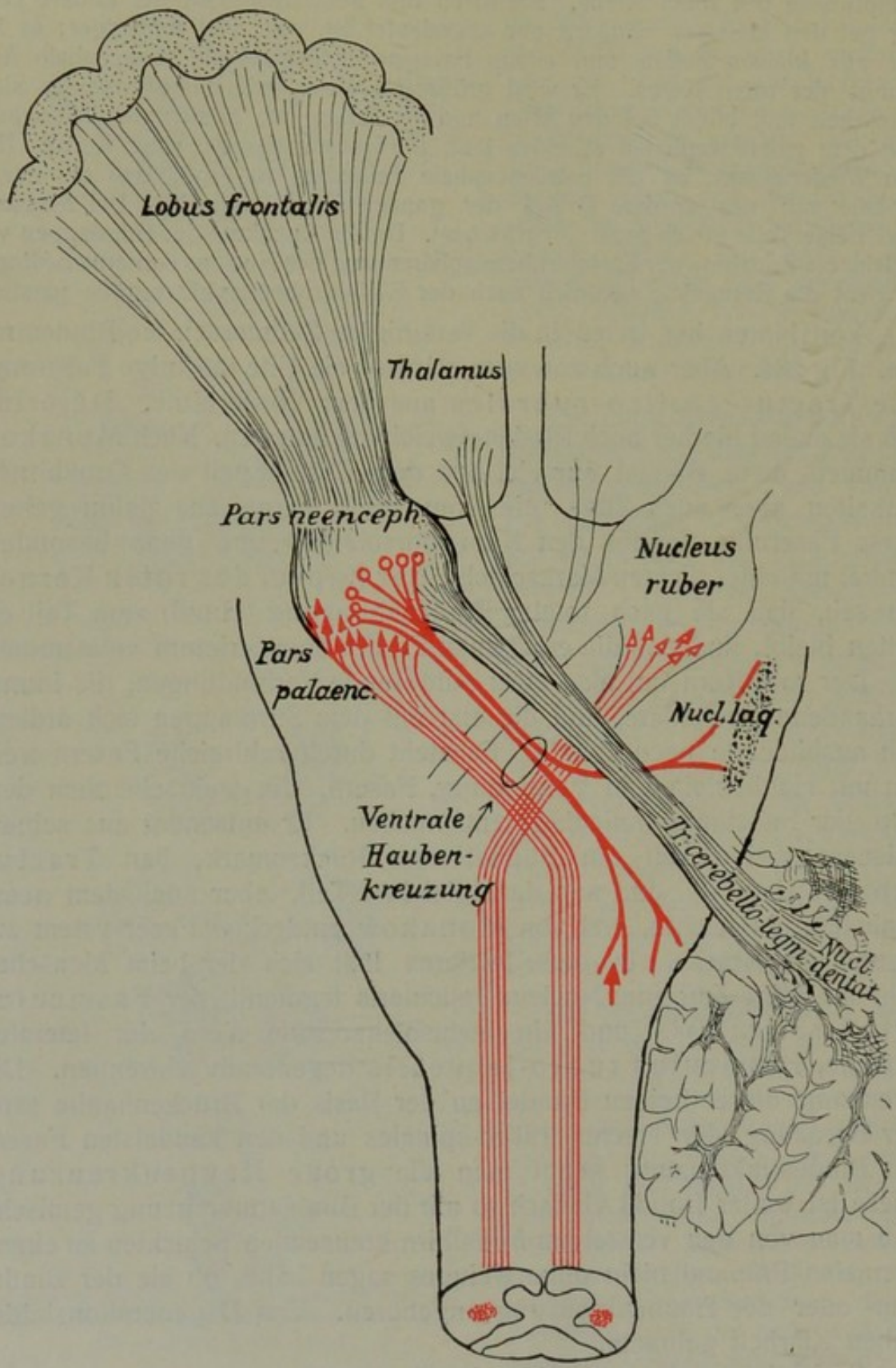


Fig. 234.

Die Faserung aus dem roten Kerne (rot) und zu demselben (schwarz). Schema.

Neuronenglieder mit dem Rückenmark natürlich auch Fühlung bekommen. Und weil da, wo er besonders stark ausgebildet ist, der direkte Tractus rubro-spinalis sich verkleinert, vermutet Monakow hier einen anatomischen Ausdruck für den aufrechten Gang des Menschen.

In die Haube des Mittelhirnes strahlen noch beiderseits von der Mediallinie zahlreiche Fasern ein, welche aus dem am Boden des Metathalamus gelegenen Corpus mamillare stammen. Sie entspringen da und ziehen ventral c vom dorsalen Längsbündel hinab zu den beiden Haubenganglien der Brücke wie es scheint. Man hat sie zwischen den roten Kernen zu suchen. Sie sind Fig. 250, 262 im Sagittalverlaufe abgebildet. Außerdem gelangen in dorsalere Schichten wie Fig. 262 zeigt, auch Fasern a aus der Linsenkernstrahlung. Die Fasermasse, welche sich unter den Vierhügeln ansammelt, ist wohl die an Herkunft verschiedenartigste und mannigfaltigste im ganzen Gehirne. Die Beschreibung, die ich hier von ihr gegeben, wäre unvollständig, wenn ich nicht zum Schlusse mitteilte, daß eigentlich alle Bestandteile der Haube untereinander durch Faserkollateralen in Beziehung stehen. Aus der Substantia nigra treten solche dorsal in die Schleifenschicht. Aus der medialen Schleife treten welche nach den roten Kernen, aus den Bindearmen Fasern in die Schleifenschicht. Die alles durchquerenden Züge des tiefen Markes treten ebenso zu ihren Nachbarorganen in Beziehung.

Auch kennen wir von der Anordnung des seitlich von den roten Kernen liegenden Feldes, der Gegend, in welcher der Tractus thalamo-olivaris liegt, noch sehr wenig. Wahrscheinlich gelangt das meiste, was dort zu sehen ist, in den Thalamus. So hat es schon Meynert angenommen. Neuere Untersuchungen haben ihn nur bestätigt. Außer dem erwähnten Zug zu den Oliven können hier herauf die Tractus spino-thalamici und die sekundäre Trigeminusbahn, die ebenfalls im ventralen Thalamus endet, verfolgt werden. Wahrscheinlich liegen auch in der Gegend lateral vom Nucleus ruber noch Tractus thalamo-spinales.

Zwanzigste Vorlesung.

Das Zwischenhirn I. Dach und Basis.

M. H.! Ausgehend von den peripheren Nerven sind wir über den Eigen- und den Leitungsapparat des Rückenmarkes, der Oblongata und der Brücke, auch des Mittelhirnes nun frontal bis dahin gelangt, wo mit den Sehnerven die letzten peripheren Nerven in das Gehirn eindringen. In dieser Höhe, in den Gegenden dicht vor den Vierhügeln enden auch die allermeisten Leitungsbahnen, welchen wir bisher begegnet sind. Ein ganz neuer Apparat tritt auf, der nur indirekt mit dem bisher beschriebenen in Verbindung steht.

In die Teile des Palaeencephalons, welche bisher beschrieben wurden, sind aus dem Neencephalon abgesehen von den Ponsfasern nur relativ geringe Anteile geraten und deshalb sind sie auch bei den verschiedenen Säugern untereinander ziemlich gleich und auch nicht gar zu sehr verschieden von den gleichen Teilen der anderen Wirbeltiere angeordnet. Im Zwischenhirne ändert sich das durchaus. An die allermeisten seiner palaeencephalen Ganglien gewinnt die zu dem Neencephalon in Beziehung tretende Faserung Anschluß und so kommt es, daß dieselben sich verschieden präsentieren, je nachdem man etwa den Thalamus des Menschen mit ausgedehnter Hirnrinde oder denjenigen der Maus mit kleinem Neencephalon untersucht.

In einer späteren Vorlesung werden wir zu besprechen haben, wie aus dem Palaeothalamus der niederen Vertebraten ein Neothalamus hervorgeht. Heute sollen zunächst einige andere Verhältnisse dargestellt werden.

Die Basis des Mittelhirnes ragt unter der Commissura posterior einem Wulste — Haubenwulst — gleich in den unpaaren von den Zwischenhirnwänden begrenzten Ventrikel hinein. Seitlich vom Ventrikel geht sie direkt in die Zwischenhirnbasis über. Diese letztere Region, in der mehrere kleine Ganglien liegen, welche auf der hier aus dem Vorderhirn austretenden Faserung der Capsula interna gebettet sind, nennt man Meta- und Hypothalamus. Die Hauptmasse der Ganglien über und vor diesen heißt Thalamus und einige jenem dorsal aufliegende kleinere Zellgruppen werden als Epithalamus zusammengefaßt.

Schon Figur 46 hat Ihnen gezeigt, wie der Thalamus mitten in die mächtige Markfasermasse des Großhirnes eingebettet ist. Fig. 235 soll dasselbe und die Beziehung zu dieser Markmasse, sowie zu den Vierhügeln in das Gedächtnis zurückrufen. Die ganze Faserung des Hirnschenkelfußes tritt, wie sie zeigt, an der Hirnbasis in das Großhirn ein. Sie zerspaltet sich in ihm zu nach verschiedenen Richtungen gehenden Zügen. Auf dieser Faserung ruht der mächtige, etwas eiförmige Körper des Thalamus. Nahe dem Eintritt in das Gehirn, also an der Basis legen sich zwischen Thalamus und Fußfaserung die Ganglien des Meta- und Hypothalamus, weiter frontal zieht die Fußfaserung direkt außen an den Thalamusganglien vorbei ihren Endstätten zu. Ihre Gesamtmasse wird hier Capsula interna genannt, weil sie den Thalamus gewissermaßen einkapselt.

Die mächtige Masse der Thalamusganglien bildet die Seitenteile des Zwischenhirns. Seine Höhle, der Ventriculus tertius ist dorsal und ventral nur durch dünne Membranen von der Schädelhöhle geschieden. Betrachten wir zunächst die dorsale Abgrenzung, die

Deckplatte des Zwischenhirns (Fig. 236).

Die dünne Platte direkt frontal von den Vierhügeln, in welcher die Fasern der Commissura posterior dahin ziehen, heißt Kommisuren-

platte. Sie ist, soweit Kommissurenbahnen in ihr verlaufen, an der ventrikelwärts gewendeten Seite mit einem langen mehrschichtigen und häufig Becherzellen enthaltenden Epithel bedeckt, das sich nicht nur bei Säugern, sondern bei allen Vertebraten ganz ebenso an dieser Stelle entwickelt. Man hat diesen Zellen wiederholt allerhand mystische Funktionen zugedacht, sie als eigenen Apparat beschrieben, dessen Wichtigkeit um so größer schien, als man die von ihnen und anderen Ependymzellen ausgehenden Sekretfäden gelegentlich bis in das Rücken-

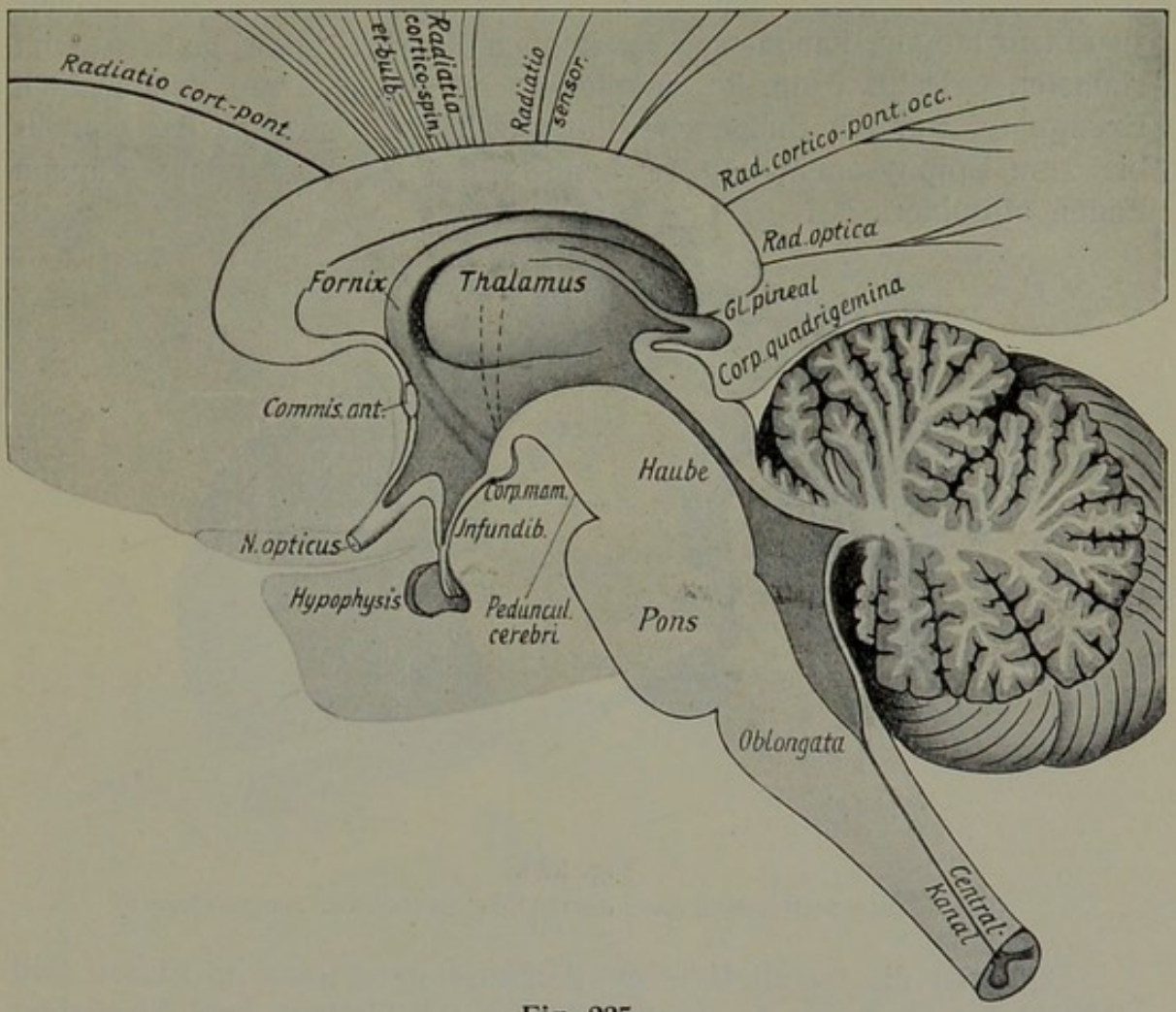


Fig. 235.

Sagittalschnitt durch das Zwischenhirn und die hinter ihm liegenden Gebilde, genau in der Mittellinie. Die Verlaufsrichtung einer Anzahl von Fasern aus dem Neencephalon angedeutet.

mark verfolgen kann. Ein solches gelegentlich im Zentralkanal zu findendes Gerinnsel hat den Namen Reißnerscher Faden empfangen und die Ehre gehabt, für einen wichtigen intraventrikulären Assoziationsapparat angesehen zu werden.

Frontal geht die Kommissurenplatte direkt in die

Epiphyse, Glandula pinealis

über. Aus dem beim Embryo hier vorhandenen Schlauche entwickelt sich bei den erwachsenen Säugern immer ein massiver Körper, der nur in einem an seiner Ventralseite, dicht vor der Commissura posterior

gelegenen Recessus subpinealis noch Reste des ehemaligen Hohlkörpers aufweist. Die Epiphyse hat eine bei den einzelnen Säugern ungemein wechselnde Länge. Während sie in den meisten Fällen, wie bei dem Menschen nur ein kleiner, in der Tiefe unter Groß- und Kleinhirn verborgener Höcker ist, ragt sie mehrfach weithin kaudal und liegt mit z. B. einer Endanschwellung bei dem Meerschweinchen, Cavia, frei auf der höchsten Kuppe des Cerebellum Fig. 237. Sie ist hier in einen großen intraduralen Hohlraum eingesenkt, dessen nähere Untersuchung recht erwünscht wäre. Die Form wechselt von der eines Pinienapfels zu einem langen, kaudal anschwellenden Körper. Manchmal, so beim Hamster, Cricetus frum. ist, wenigstens an dem von mir untersuchten Exemplare, nur die Endanschwellung ordentlich erhalten, das von ihr bis zum Epiphyseneingang reichende Stück aber zu einem dünnen Faden atrophiert.

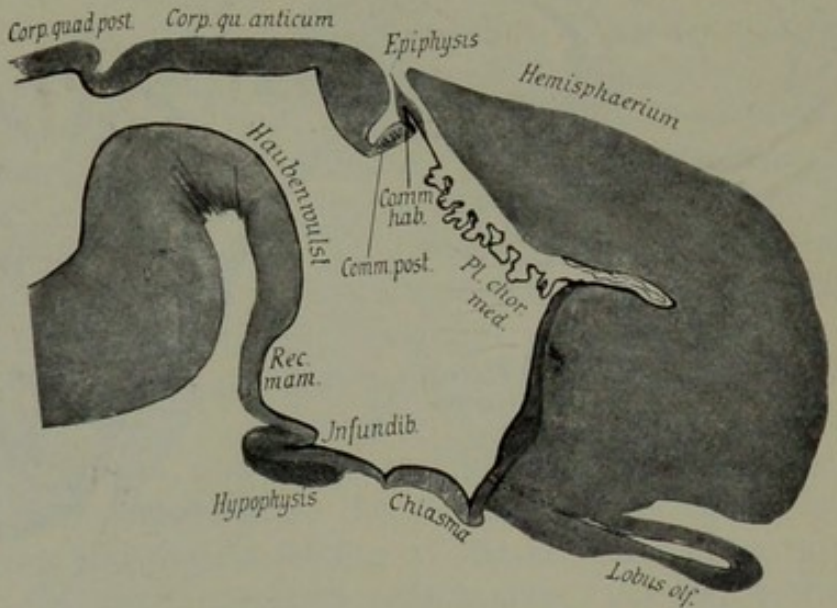


Fig. 236.

Ganz medialer Sagitalschnitt durch das Gehirn eines fast reifen Marderembryo.

Daß hier die mannigfachsten Veränderungen noch im Flusse sind oder vielleicht durch das Verhältnis von Schädelform zum Wachstum dieser Gegend erzeugt werden, dafür spricht auch das Verhalten der frontal von der Epiphyse gelegenen Teile. Die Vorderwand des Recessus pinealis wird durch eine dünne Epithelplatte gebildet, in deren Wölbung sich die Commissura habenularis legt. Die Fortsetzung dieser Platte frontalwärts ist nun immer rein epithelial mit zahlreichen zottenförmigen Ausstülpungen, also ein richtiger Plexus chorioides, der sich schließlich an das Ventrikelepithel des Vorderhirnes anlegt. Dicht vor der Epiphyse macht er manchmal, beim Menschen fast regelmäßig, eine weithin dorsal gerichtete Ausstülpung, den Saccus dorsalis, der dann über der Zirbel liegt und deren Vorderwand auf eine Strecke hin mit Epithel bedeckt. Der Saccus dorsalis ist andere Male nur angedeutet, ganz kurz, so bei dem Fig. 238 abgebildeten Eichhorn.

Der enge Raum zwischen Mittelhirndach und der rückwärts gewendeten Epiphyse kann als Recessus postpinealis bezeichnet werden wie der Raum, den die frontale Epiphysenwand einerseits, der mehr oder weniger entwickelte

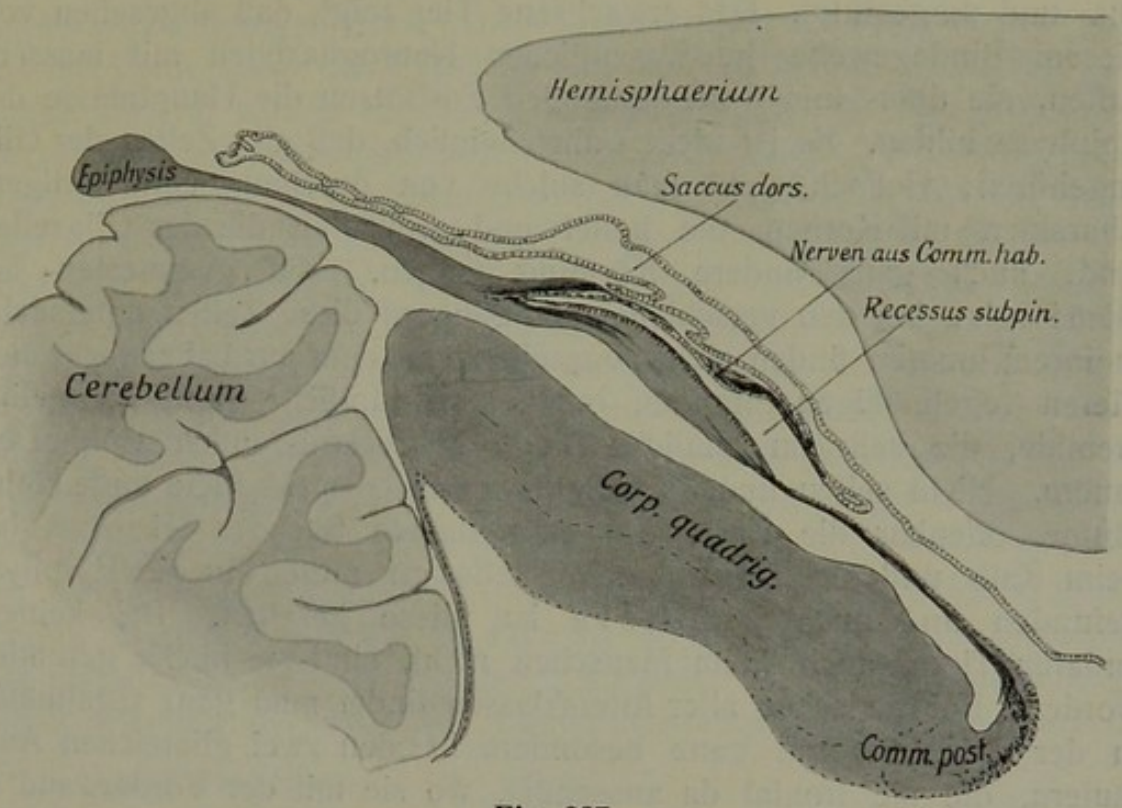


Fig. 237.

Sagittaler Schnitt durch die Gegend der Epiphyse des Meerschweinchens.

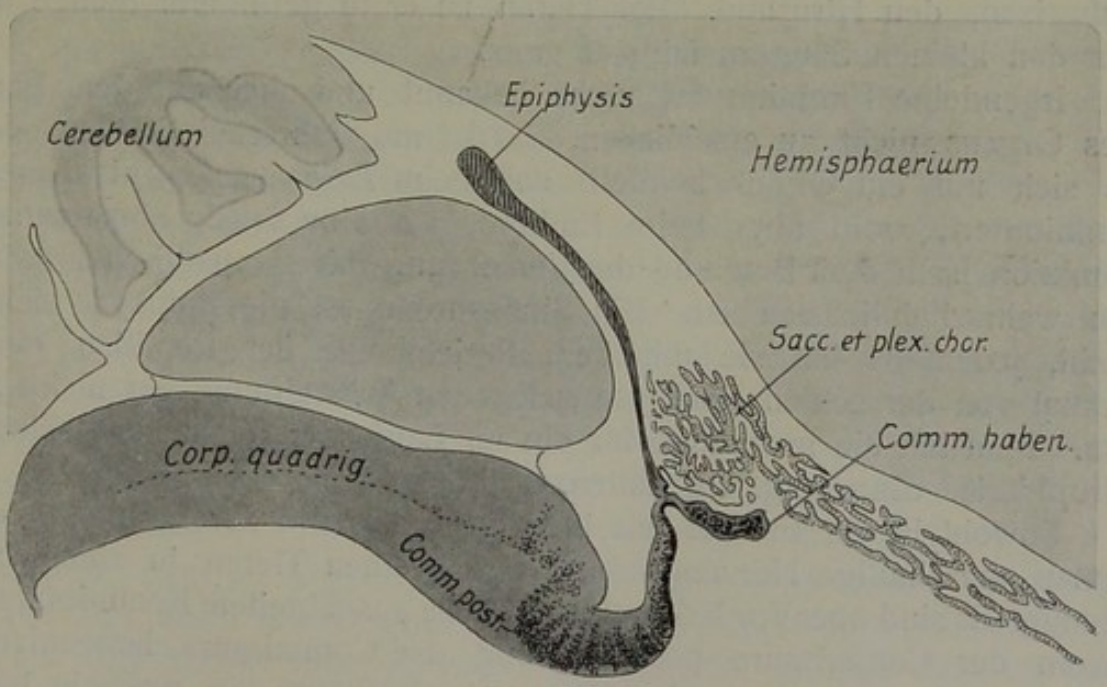


Fig. 238.

Eichhorn, Sagittalschnitt durch Mittelhirndach, Epiphyse und Plexus.

Plexus chorioides medius, der sich direkt aus der frontalen Epiphysenwand entwickelt, andrerseits miteinander begrenzen, als Recessus praepinealis zu bezeichnen wäre.

Sie wissen, daß die Epiphyse sich ganz aus einer Ausstülpung des epithelialen Hirndaches aufbaut. Diese wird schon früh von einwucherndem Bindegewebe mit Gefäßen umgeben und bald mehrfach aus- und umgestülpt. Das erwachsene Tier zeigt, daß abgesehen von diesem Bindegewebe, im wesentlichen Neurogliazellen mit massenhaften, sie über- und durchquerenden Fortsätzen die Hauptmasse der Epiphyse bilden. Es ist nicht wahrscheinlich, daß alle Zellen der Glia angehören; vielfach sieht man solche von durchaus epithelartigem Charakter, mit Kernen, die heller und größer als die der Gliazellen sind, auch ganz andere Körnung zeigen. Am genauesten hat Dimitrova bei den verschiedensten Säugern diese Zellen untersucht. In ihrem Inneren finden sich, abgesehen von dem nur bei erwachsenen Tieren regelmäßigen Pigment, immer eigentümliche glasige, kugelige Gebilde, die sehr an ähnliche Dinge in sezernierendem Epithel erinnern. Nicht selten findet man auch epithelausgekleidete enge Hohlräume, offenbar die Reste des embryonalen Sackes. Nicolas hat beim Kalb und Ochs einzelne Muskelfasern mitten in der Epiphyse gefunden und auch Dimitrova hat diese gesehen. Bei keinem anderen Tiere, auch beim Menschen nicht, sind sie bisher gefunden worden. Bei Menschen aller Altersklassen findet man ganz regelmäßig in der Epiphyse und ganz besonders in den zwei gliareichen Ausläufern, die sie frontal da aussendet, wo sie mit der Vorderwand in den Plexus übergeht, auch im Plexus chorioides selbst, Granula von Kalksalzen, die meist drüsige Form haben, auch oft geschichteten Bau aufweisen, den Hirnsand. Bei Tieren ist er in geringerer Menge da, nur den kleinen Säugern fehlt er ganz.

Irgendeine Funktion ist nicht bekannt und auch aus dem Baue des Organs nicht zu erschließen. Es ist am wahrscheinlichsten, daß es sich um ein Organ handelt, das beim Erwachsenen nicht mehr funktioniert, wohl aber beim Embryo, wo eine drüsig absondernde Funktion nach dem Bau und der Versorgung mit sympathischen Ästen am wahrscheinlichsten ist. Ein Sinnesorgan ist die Epiphyse sicher nicht, jedenfalls hat sie mit dem Parietalauge der Reptilien, einer frontal von der echten Epiphyse gelegenen Ausstülpung, gar nichts zu tun. Man hat sie manchmal für ein im Laufe der Stammesgeschichte atrophiertes Sinnesorgan gehalten.

Sowohl in der Frontal- als in der Kaudalwand der Epiphyse verlaufen markhaltige Nervenfasern, bei einzelnen Tieren in ziemlicher Menge. Es sind über Vorder- und Rückfläche ausgebreitete Kommissurenfasern der Commissura posterior und der Commissura habenularis. Einige wenige dringen in den Körper der Epiphyse ein, um sehr bald marklos werdend, sich zu verlieren. Die Hauptmasse der Epiphysennerven kommt, wie schon Henle gesehen, Cajal aber erst sicher bewiesen hat, aus den sympathischen Stämmen der die Epiphyse umfassenden Piagefäße, und zu diesem sympathischen Apparat gehört

wohl auch das eigenartige kleine Ganglion, das Marburg beim Menschen wiederholt zwischen Vorderwand der Epiphyse und Hinterwand des Dorsalsackes gefunden hat. Cajal bildet außerordentlich reiche Verzweigungen der Pialnerven im Innern der Epiphyse ab. Da, wo die Vorderwand der Epiphyse sich zur Epithelplatte der Tela verdünnt, verläuft teils in ihr selbst, teils in dem ihr nächsten Stückchen des Plexus eine außerordentlich konstante bei allen Vertebraten nachweisbare Kommissur, die Commissura habenularis. Sie entstammt aber nicht der Zirbel, sondern zwei langen Fasersträngen, die von der Hirnbasis herkommend, vorn am Thalamus emporsteigen, um dann längs einer medialen Kante rückwärts zu einem dicht vor der Zirbel gelegenen Ganglion, dem Ganglion habenulae, zu treten. Diese Taenia thalami, deren Zusammensetzung wir später kennen lernen werden, sendet über das Ganglion habenulae hinaus kaudalwärts die Fasern der Kommissur. Ihr Verlaufstück zwischen Ganglion habenulae und Zirbel wird als Pedunculus conarii (Fig. 42) bezeichnet.

Der Querfaserzug aus den Taeniae ist Fig. 238 sehr deutlich im Querschnitt. Dort und Fig. 245 ist auch zu sehen, wie der beim Menschen fast massive Zirbelkörper noch bei den kleinen Säugern als Ausstülpung des Zwischenhirndaches erscheint und in den Plexus chorioides übergeht.

Tela chorioidea.

Auf Fig. 237, 238 ist gut sichtbar, wie das epitheliale Zwischenhirndach frontal von der Epiphyse, nachdem es eine Menge, nach einzelnen Arten wechselnder gefäßreicher Ausstülpungen gemacht hat, schließlich in das Belagepithel der Hemisphärenventrikel sich fortsetzt. In der Medianlinie geht es direkt in die Schlußplatte über. Anders ist es aber mit dieser dünnen Platte, der Tela chorioidea in den lateralen Gehirnabschnitten. Wir haben schon, s. S. 66, erfahren, daß sie im frühen Embryonalleben durch die Fissura chorioidea mit ihren Gefäßen sackförmig in den Hohlraum des Gehirnes eingestülpt worden ist. Dieser Sack bildet, s. Fig. 239, median den Plexus chorioideus medialis, der direkt unter dem Hohlraum des Zwischenhirnes liegt und jederseits sich weiter ausstülpend die Plexus chorioidei laterales. Beides sind im wesentlichen Falten fast kubischen und sicher sezernierenden Epithels, deren Hohlraum von reichlichen Piagefäßen erfüllt ist. Von ihnen stammt die Ventrikelflüssigkeit

Man sieht an Figur 239 auch, wie diese Tela chorioidea kaudalwärts eine beim erwachsenen Tier und Menschen durch Verwachsung kaum noch nachweisbare Aussackung aussendet und sich dann mit ihrer ventralsten Platte wieder frontalwärts wendet. Etwa an der Grenze des vorderen mit den beiden hinteren Dritteln des Thalamus verschmilzt sie mit der Thalamusoberfläche, man suche auf der Figur das +, statt frei wie beim Embryo weiter zu ziehen. Die Ganglien des Thalamus liegen also extraventrikulär im strengeren Sinne, wenigstens in

ihrem dorsalen Abschnitt. Aber sie sind hier von dem erwähnten Plexus von oben her zugedeckt.

Haben wir schon bei der Behandlung der Tela wiederholt die Grenzen des Zwischenhirnes überschritten, welche nach der Darstellung S. 63 es vom Vorderhirn trennen, so läßt sich das bei der Darstellung der

Bodenplatte des Zwischenhirnes

auch nicht vermeiden.

Verfolgen Sie auf Fig. 235 die Schlußplatte an ihrem ventralen Ende kaudalwärts, so treffen Sie zunächst den Recessus praeopticus, eine kleine Aussackung, auf die weiter kaudal ein dicker Querwulst folgt. In diesem, dem Kommissurenwulst, liegt neben kleineren Kreuzungen besonders das Chiasma der Sehnerven. Dann senkt sich die ganze graue Masse des Zwischenhirnbodens als Infundibulum

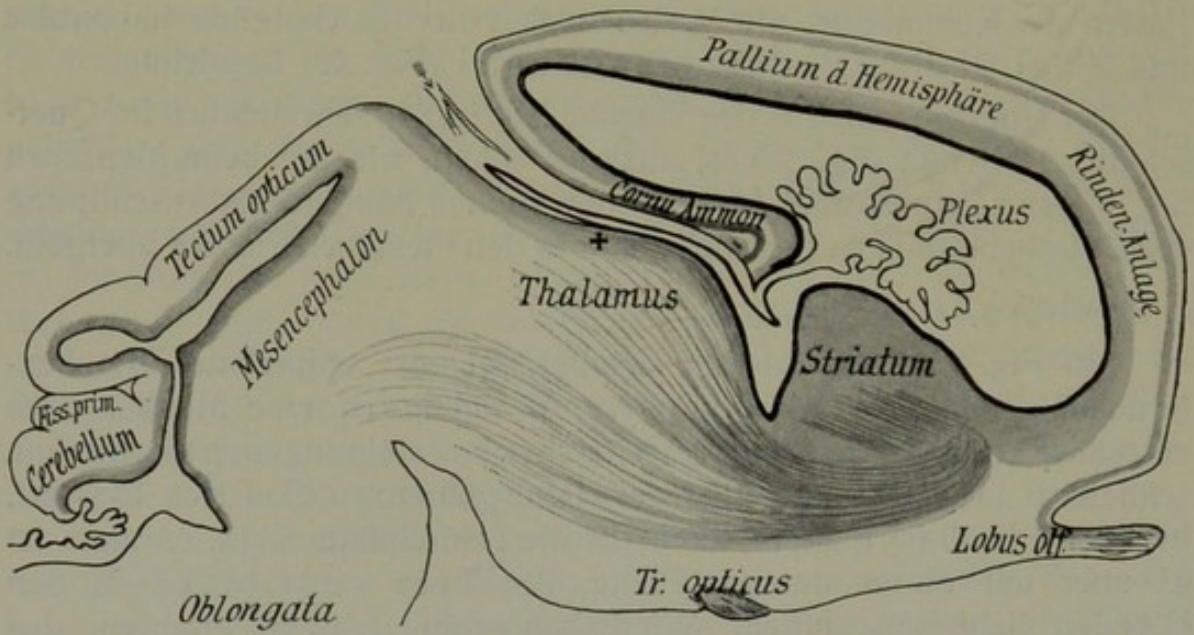


Fig. 239.

Fast reifer Marderembryo. Sagittalschnitt lateral von der Medianlinie. Man verfolge die dick gezeichnete Umgrenzung der Mittelhirnhöhle.

trichterförmig ventralwärts. Die Hervorragung, welche dadurch am Hirnboden entsteht, ist das Tuber cinereum. Seine äußerste, etwas verdickte Spitze liegt fest eingebettet in das Gewebe der Hypophysis, als deren Hirnteil er bezeichnet wird.

Innerhalb der grauen Masse des Tuber lassen sich zwei, auch drei kleinere Ganglien abgrenzen, über deren Faserbeziehungen wir gar nichts wissen. Anders ist es mit einer Ansammlung etwas größerer Ganglienzellen, die da liegen, wo der Tractus opticus über das Tuber hinwegzieht. Als Nucleus subopticus werden wir sie bei Betrachtung des Sehnerven näher kennen lernen. Im wesentlichen besteht das Tuber cinereum aus einer Gewebsmasse, die in Ganglienzellen und Fasernetz durchaus als ein Anteil des zentralen Höhlengrau erscheint.

Der Trichterboden zeigt, Retzius, noch beim Menschen mehrere nicht ganz konstante seitliche Vorragungen. Bei den niederen Vertebraten, besonders

bei den im Wasser lebenden, gibt es hier ganz enorme Ausstülpungen, Säcke, von dem Charakter wie ein Plexus chorioides, mit reicher Blutversorgung. Auch von diesem Saccus vasculosus erhält sich gelegentlich eine Andeutung nach Retzius dicht hinter dem Infundibulum.

Hypophysis.

Die Hypophyse hieß früher Glandula pitutaria, weil man annahm,

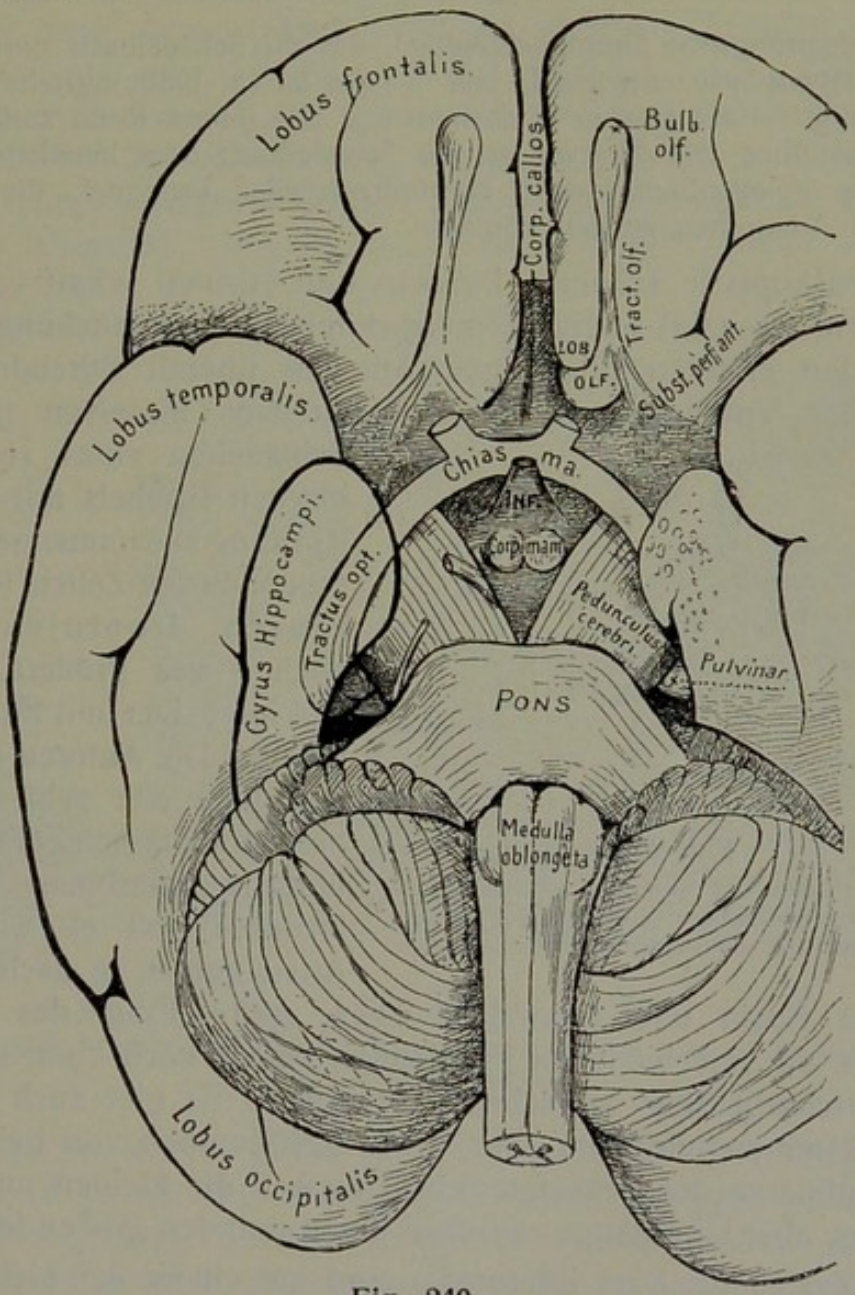


Fig. 240.
Die Hirnbasis des Menschen.

daß ein „Hirnschleim" von ihr abgesondert werde. Sie entsteht durch Aneinanderlagern des aus dem Epithel der Mundbucht an die Schädelbasis eingewachsenen Drüsenteiles mit dem Hirnteile, welcher die Fortsetzung des Trichters ist, dem Processus infundibularis. Der pharyngeale Teil umfaßt den zerebralen immer von vorn her und wird deshalb auch Vorderlappen, der andere Hinterlappen genannt. Der bei frühen Embryonen und Neugeborenen relativ weite ursprüng-

liche Hohlraum des Drüsenabschnittes verengert sich schon in den späteren Schwangerschaftsmonaten immer mehr, es verkleben seine Wände zum Teil und jedenfalls hat der Erwachsene zwischen Drüsen- und Hirnteil nur noch eine Reihe von Zysten. Man faßt sie als Pars intermedia zusammen. Diese erstreckt sich frontalwärts oft als feiner Belag der Hirnbasis bis in die Nähe des Chiasma. S. Fig. 241.

Das ursprüngliche Mundbuchtepithel, das die Schädelbasis durchwachsend sich zur Hypophyse entwickelt, läßt — das ist für pathologische Vorkommnisse wichtig — auf seinem Wachstumwege fast immer Reste zurück, so daß man direkt über dem Pharynx an der Schädelbasis oder innerhalb des Keilbeinkörpers gelegentlich kleinen Hypophysenteilen begegnet, die Ausgangspunkt von Adenomen werden können.

Makroskopisch scheinen Drüsen- und Hirnteil scharf voneinander geschieden, es zeigt aber die mikroskopische Untersuchung, daß der letztere den ersteren mit feinen Anteilen überall durchdringt. Der Körper des Vorderlappens ist aus durchaus massiven lumenlosen Schläuchen eines ziemlich kubischen Epithels mit reichlicher Körnung zusammengesetzt. Zwischen diesen Zellen finden sich, Flesch, Dostojewsky u. a., noch etwas größere, die sich viel intensiver mit Farben imbibieren. Die Autoren unterscheiden jetzt alle sehr scharf die kleineren blassen Zellen von den intensiv gefärbten. Unter den letzteren soll es wieder zwei Arten geben, je nach dem Verhalten zu Eosin oder Cyanblau. Diese ganze Frage des Verhaltens der Zellen zu verschiedenen Farbstoffen bedarf noch einer experimentellen Durcharbeitung am lebenden Organe. Es gibt auch schließlich noch zusammengeflossene sehr große Zellklumpen von beiden Arten. Die Hauptmasse des Drüsengewebes machen die kleinen und helleren Zellen aus, aber Übergänge zwischen ihnen und den großen fehlen nicht.

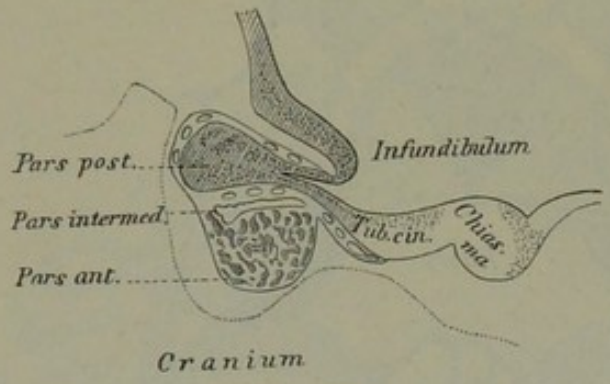


Fig. 241.

Sagittalschnitt dnrch den Hirnboden und die Hypophysis vom viermonatigen menschlichen Embryo. Kombiniert aus drei aufeinander folgenden Schnitten.

Die Zysten der Pars intermedia sind mit einem den kleinen Zellen wahrscheinlich ganz gleichen Epithel ausgekleidet und in die Pars posterior ziehen Stränge von ebensolchen Zellen weithin hinein. Vielfach ist auch das Zystenepithel stärker abgeplattet. Es gibt aber auch, was bei der Abstammung der Hypophyse aus der hinteren Mundbucht erklärlich scheint, da noch ein wirkliches Plattenepithel, das nicht in Zysten liegt. Erdheim hat zuerst entdeckt, daß Plattenepithel vom 20. Lebensjahr an in Klumpen, die nie Verhornung zeigen, zwischen Vorderlappen und Hinterlappen gefunden wird. Creutzfeld hat das genauer beschrieben. In den Zysten sieht man immer glasige ge-

ronnene Massen liegen, das „Hypophysiskolloid". Dem gleichen begegnet man aber auch in Spalten innerhalb der beiden anderen Teile, nur in viel geringeren Mengen. Wahrscheinlich handelt es sich hier (Thom, Erdheim, Creutzfeld) um Sekrete der Hypophysis. Das Sekret des Drüsenlappens wird in enge Hohlräume entleert, die jede seiner Zellen von außen her umfassen, wie etwa wenn ein Trog um sie gestülpt wäre, dessen offene Seite der gegenüberliegenden Epithelreihe zugewandt wäre. S. das Schema Fig. 242 links. Diese Hohlräume sind untereinander alle verbunden und die Verbindungen liegen in den Wänden der via Hirnteil eingedrungenen Blutgefäße. Es hat also ein Hypophysengang immer medial die absondernde Zelle und lateral das Blutgefäß. Auf Fig. 242 sind die mit Tusche injizierten

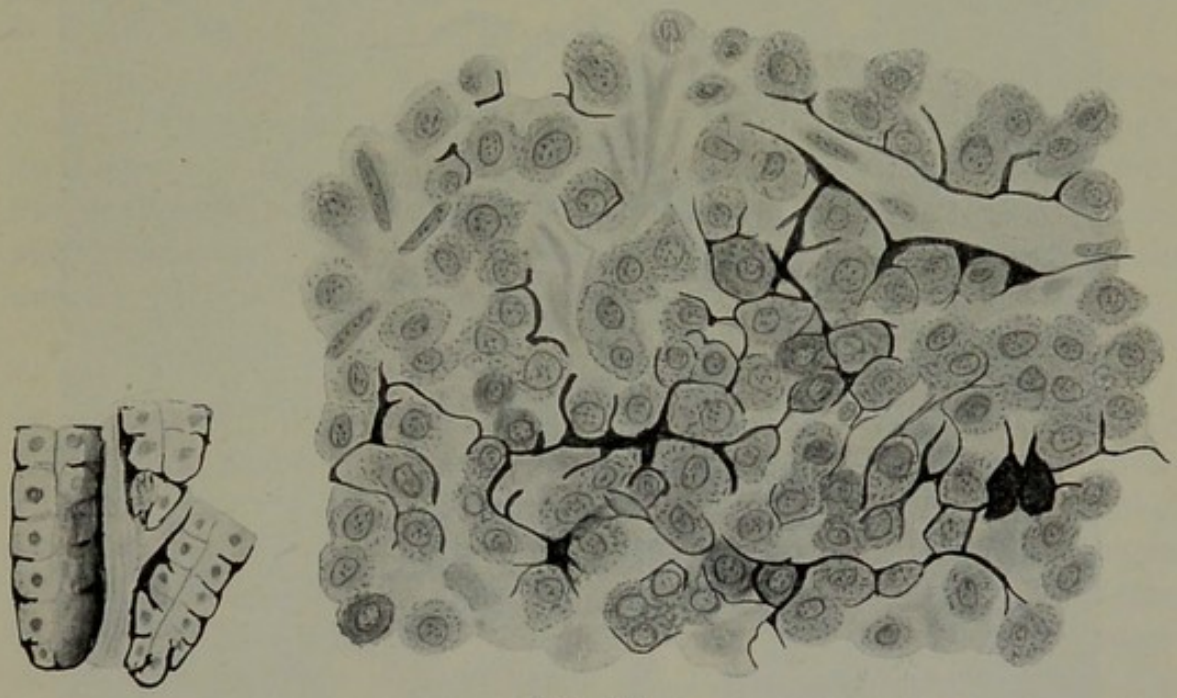


Fig. 242.

Rechts Schnitt durch einen Teil des Drüsenlappens, dessen Sekretionskanäle mit Tusche injiziert sind, links Schema des Aufbaues.

Drüsengänge zu sehen. Diese Ausfuhrwege habe ich 1907 gefunden. Neuerdings ist es mir aber auch geglückt, nachzuweisen, wohin weiterhin das Sekret gelangt. Es sammeln sich die einzelnen feinen Kanälchen und münden entweder direkt, oder nachdem sie an dem Intermediärstück Zysternen gebildet haben, in die weiten perivaskulären Räume der Trichtergefäße. Aus ihnen fließt das Sekret in die Gliaspalten der Hirnmasse ein. Den Ventrikel erreicht es nicht. Fig. 243.

Der Bau des Lobus cerebralis oder posterior ist im wesentlichen der eines atrophierenden gliareichen Hirnteiles. Der Hohlraum des Trichters reicht als offenstehender Raum, bei verschiedenen Arten und beim Mensch auch bei verschiedenen Individuen verschieden weit ventralwärts. Die Wand baut sich abgesehen von dem nicht bis in die Spitze vorreichenden Ventrikelepithel wesentlich aus reich pigmentierten

(A. Kohn) Gliaelementen und Endfäden der Epithelzellen auf. Aber an guten Versilberungen sehe ich doch so viele nervenähnliche Fasern, daß ich dazu neige, hier auch nervöse Elemente mit Cajal u. a. anzunehmen.

Es läßt sich also nachweisen, daß die Zellen der Hypophyse sich verhalten wie Zellen in anderen Drüsen und daß die Ausführwege des Vorderlappens in den perilymphatischen Raum der Hirngefäße führen.

Die physiologischen Untersuchungen über dieses Sekret haben noch nicht zu abschließenden Ergebnissen geführt. Es ließ sich im Extrakt des Hinterlappens eine die glatte Muskulatur erregende und den Blutdruck erhöhende



Fig. 243.

Sagittalschnitt durch eine mit Tusche injizierte Hypophyse. Aus den Gängen des Drüsenlappens links ziehen Sekretströme in die perivaskulären Spalten des Hirnteiles rechts.

Substanz nachweisen, die vielleicht von den hellen in diesen Lappen eingegrenzten Zellen des Drüsenteiles abgeschieden wird (Herring).

Der Vorderlappen hat nach den Untersuchungen von Erdheim und Tandler wichtige Beziehungen zu den Keimdrüsen. In der Schwangerschaft nimmt, wie Comte und andere nachgewiesen haben, die Drüse um das doppelte zu, vielleicht weil ihr Sekret für das Wachstum des Embryos notwendig ist. Aber am Körper der Mutter entstehen gleichzeitig leichte Veränderungen im Sinne der Akromegalie. Wahrscheinlich treten diese Veränderungen dadurch auf, daß während der Schwangerschaft die Tätigkeit des Ovariums ausgeschaltet ist, denn auch nach Kastration (Fichera, an Kapaunen und Ochsen) nimmt die Hypophysis zu. Ja, man hat sogar mit der Röntgenuntersuchung bei menschlichen Kastraten Vergrößerung der Sella turcica nach-

weisen können. Der Verlust der Keimdrüsen oder ihre Aplasie führt zu einer Hypophysenhypertrophie und diese wieder zu einem, direkt an das akromegalische erinnernde Knochenwachstum. Merkwürdig ist, daß gleichzeitig mit der Hypophyse sehr oft auch die Thyreoidea zunimmt, und es sind Fälle bekannt, wo die Akromegalie sich mit der Basedowkrankheit vergesellschaftet hat. Ebenso ist sichergestellt, daß mit der Hypertrophie der Hypophysis sich die Nebennieren ganz enorm vergrößern. Man sah ihre Rinde auch schon nach Injektionen von Hypophysenextrakt zunehmen. Der Annahme, daß die Hypophysis ausschließlich für die Wachstumsausbildung da wäre, stände entgegen, daß sie bis zum 30. Lebensjahr fortwährend wächst und erst vom 50. an sich langsam zurückbildet. Tumoren der Hypophysengegend führen zu einer Dystrophia adiposo-genitalis (Fröhlich), die Fischer auf eine Schädigung des Hypophysenhinterlappens zurückführen will. Die adenomatöse Hypertrophie des Hypophysenvorderlappens verursacht, wie zuerst Benda angenommen, und auf Grund des gesamten Materials Fischer festgestellt hat, zu Akromegalie.

Kaudal von dem Tuber cinereum wendet sich der Zwischenhirnboden wieder dorsal. Hier liegen in ihm zwei kleine Gangliengruppen, die Corpora mamillaria, und schließlich gewinnt er als dünne, graue Platte, Substantia perforata posterior, wieder den Anschluß an die Mittelhirnbasis. Diese letztere ragt dick in den dritten Ventrikel hinein und wird Haubenwulst genannt.

Die Corpora mamillaria

sind zwei dicht nebeneinanderliegende, beim Menschen und den Primaten nicht gleich stark wie bei andern Säugern ausgebildete Gangliengruppen, die vorn in dem Dreieck liegen, welches die Hirnschenkel zwischen sich lassen. (S. Fig. 240). Sie sind in ihren Faserbeziehungen ziemlich gut bekannt, in ihrer Bedeutung noch völlig unklar. Bei den Nagern, den Fledermäusen, ja eigentlich bei allen ganz kleinen Säugetieren sieht man nur mikroskopisch die Zweiteilung an der sonst einheitlich erscheinenden Masse.

Seit Guddens Untersuchungen unterscheidet man an ihnen mehrere Kerne. Ein medialer Kern mit etwas differenter dorsaler und ventraler Abteilung und ein seitlicher Kern sind immer deutlich.

In beiden Ganglien enden Faserbündel und entspringen andere. Vergleichen Sie zunächst, um eine Gesamtanschauung zu gewinnen, Fig. 245, auf welcher ein Sagittalschnitt durch das ganze Corpus mamillare mit allen Faserbeziehungen gegeben ist.

Zunächst ziehen aus dem Marke des Ammonshornes im Großhirne und aus dem Marke der dicht über dem Balken liegenden Großhirnwindung hierher die Crura fornicis herab. Die Fornixschenkel verhalten sich bei verschiedenen Tieren — nur da hat man ihr Verhalten experimentell studieren können — ziemlich verschieden. Jedenfalls endet ein Teil ihrer Fasern in dem medialen Ganglion. Dieses atrophiert nach Zerstörung des Ammonshornes oder der Fornixsäule; ein anderer aber tritt gar nicht in das Ganglion ein, sondern kreuzt dorsal

von ihm, um sich dann in die Tiefe der Haube zu begeben. Für verschiedene Tiere, ja für verschiedene Rassen eines Tieres, möglicherweise gar für verschiedene Individuen der gleichen Art — Gudden, Edinger und Wallenberg — sind die Kreuzungsverhältnisse verschieden. Manchmal — einzelne Kaninchen — scheint die ganze Fornixsäule in die Kreuzung zu geraten.

An Sagittalschnitten vom Menschen sehe ich einen guten Teil des Fornix ungekreuzt in die Haube unter den Vierhügeln treten, während die Kreuzung sicher gering ist. Diese Decussatio supramamillaris ist die frontalste Kreuzung einer ganzen Reihe von Querfasern, die wir später zu betrachten haben. Fig. 246 a.

Im wesentlichen ist der ventrale und laterale Abschnitt des medialen Ganglions Endstelle des Fornix. Aus dem dorsalen Abschnitte des



Fig. 244.

Mensch. Sagittalschnitt des Zwischenhirns, Fornixverlauf.

gleichen Ganglions entspringt ein Faserzug, das Vicq d'Azyrsche Bündel, der sich bald nach seinem Abgang, dicht über dem Corpus mamillare, teilt. Die frontalen Schenkel ziehen dorsal zu dem Ganglion anterius des Thalamus — Tractus mamillo-thalamicus — die kaudalen gehen weit rückwärts bis zu dem dorsalen Haubenganglion dicht hinter den kaudalen Vierhügeln (Fig. 171 u. S. 241), Tractus mamillo-tegmentalis. Die Teilung ist von S. Ramon y Cajal und Kölliker gefunden worden. Der Tractus mamillo-thalamicus atrophiert nach Verletzungen des Thalamus ebenso wie nach Anstechen des Corpus mamillare, er ist also wohl doppelläufig. Die beiden medialen Ganglien, in denen so mächtige Fasermassen wie die des Fornix ventral und lateral enden, aus deren dorsalen und frontalen Abschnitten die, wie man Fig. 245 sieht, ebenfalls recht beträchtliche Faserung des eben erwähnten Bündels kommt, bilden die Hauptmasse des Mamillare.

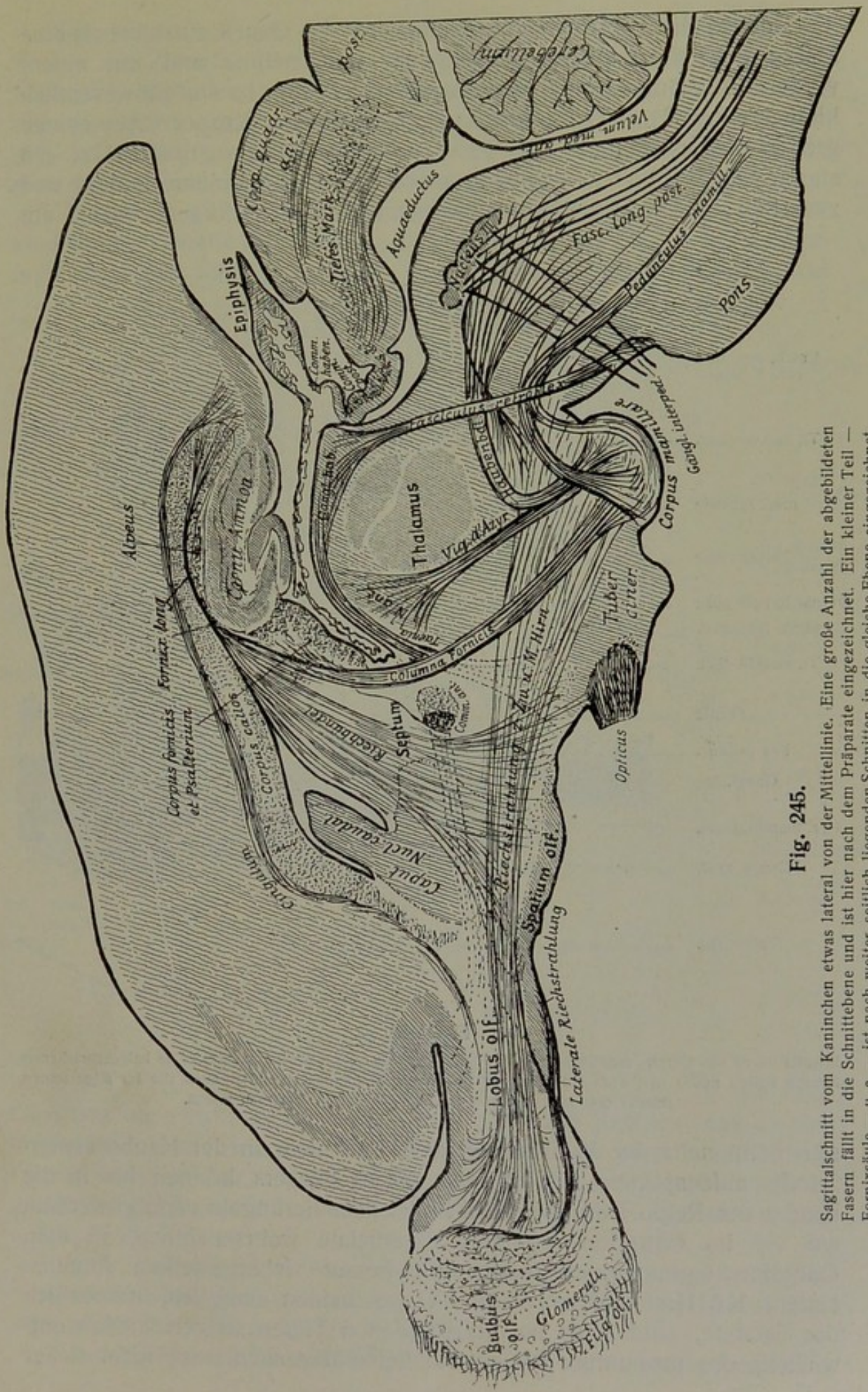


Fig. 245.

Sagittalschnitt vom Kaninchen etwas lateral von der Mittellinie. Eine große Anzahl der abgebildeten Fasern fällt in die Schnittebene und ist hier nach dem Präparate eingezeichnet. Ein kleiner Teil — Fornixsäule — u. a. — ist nach weiter seitlich liegenden Schnitten in die gleiche Ebene eingezeichnet.

Sie sind so dicht aneinander geklebt, daß das Ganze zunächst als eine Masse erscheint. Dieser Masse liegt nun seitlich und mit einem vorderen Ausläufer frontal das Ganglion laterale an, ein wesentlich kleinerer, an Markfasern aber ungemein reicher Körper. Aus seinen großen Zellen stammt der Tractus mamillo-tegmentalis, ein starkfaseriges Bündel, das sich seitwärts vom Mamillare anlegt und zwischen beiden Hirnschenkelfußregionen zunächst kaudal zieht, um

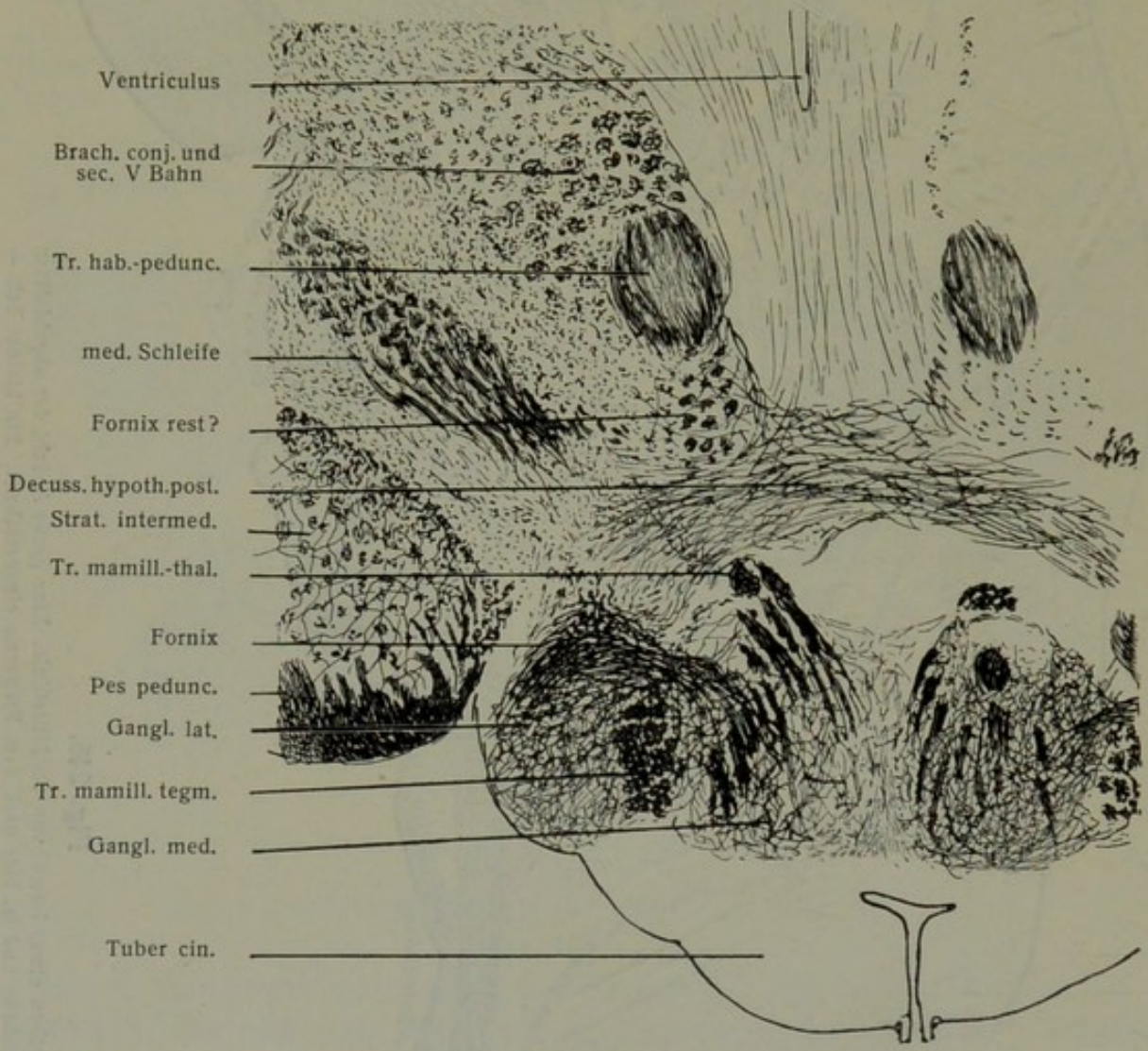


Fig. 246.

Schnitt durch das Corpus mamillare von Dipus aegyptiacus, einer Springmausart. Die beigeschriebenen Namen sollen außer den zum Mamillare in Beziehung stehenden Gebilden auch die im allgemeinen schwer diagnostizierbaren Nachbarteile leicht erkennen lassen.

sich dann nahe der Medianlinie mehr und mehr in der Haube fächerförmig aufzusplittern. Die Enden dieses Fächers können bis in die Haube der Regio isthmica, dicht hinter den Vierhügeln verfolgt werden, wo sie im Ganglion tegmenti superficiale wahrscheinlich, in dem Ganglion tegmenti profundum mit besser sichergestellten Anteilen enden, Kölliker, Hatschek. Diese beiden Ganglien, namentlich das letztere, sind aber bei verschiedenen Tieren so verschieden entwickelt, das profundum ist ja auch beim Menschen noch nicht sicher

nachgewiesen, und sie sind auch viel zu klein und an markhaltigen Fasern viel zu arm, als daß sie die ganze Menge des Stieles aufnehmen könnten. Außerdem hat Wallenberg nachgewiesen, daß ein nicht unbeträchtlicher Zug aus den Hinterstrangkernen mit der medialen Schleife aufwärts zieht, um sich frontal von der Brücke von ihr zu trennen und zum Anteil dieses Mamillarestieles zu werden.

Auf dem Fig. 246 abgebildeten Frontalschnitte durch die Mamillaria sind einige Gebilde sichtbar, die uns früher in kaudaleren Ebenen bereits begegnet sind. So der Tractus habenulo-peduncularis zum

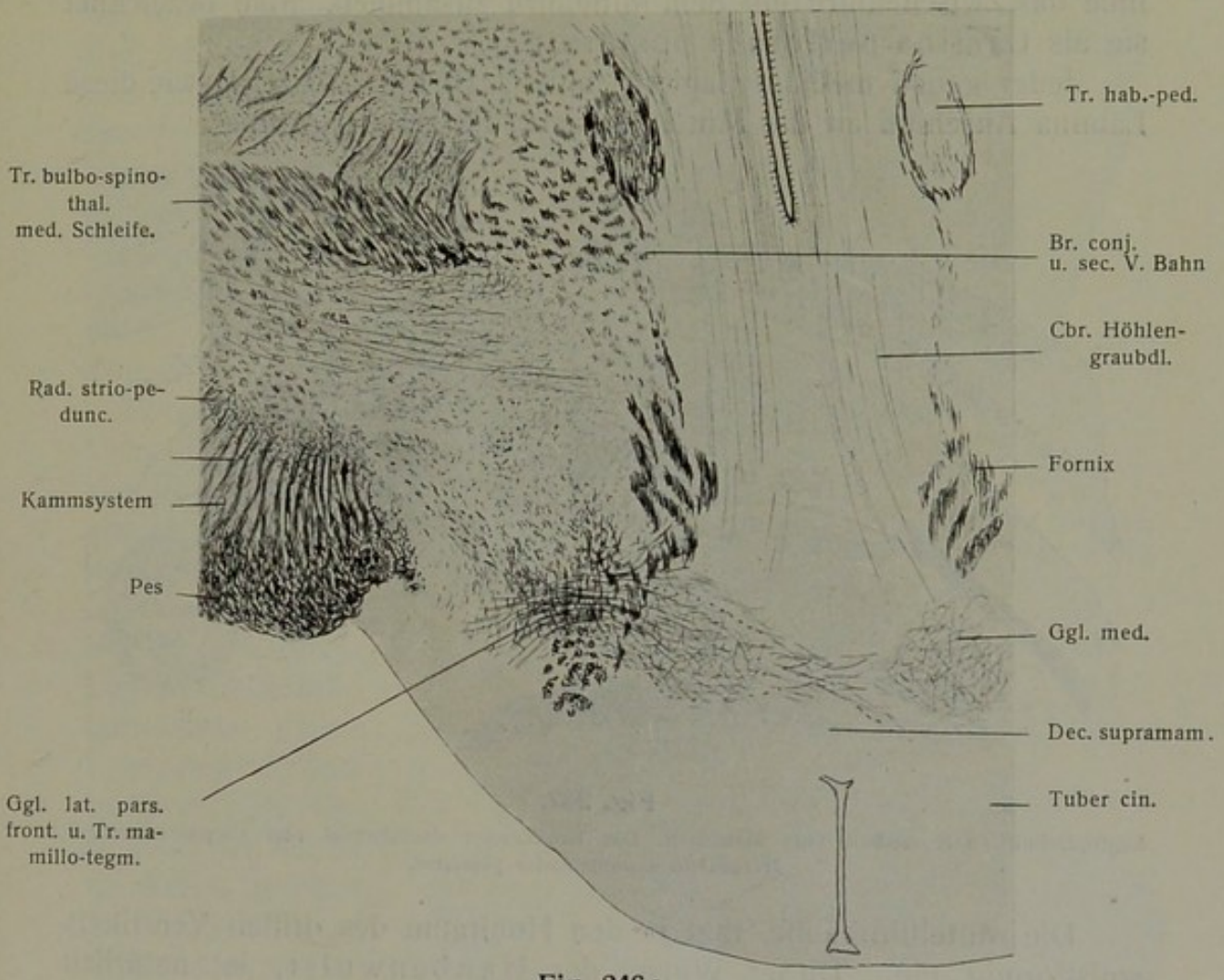


Fig. 246a.

Dasselbe weiter frontal.

Ganglion interpedunculare. Sie sehen hier auch deutlich, daß er aus einem fast marklosen und aus einem Bündel sehr stark markhaltiger Fasern besteht. Das letztere ist für den kaudaleren Abschnitt des Endganglions bestimmt, während der erstere Zug sich im frontaleren Teil auflöst.

Auch der medialste Abschnitt des Hirnschenkelfußes mit der ihn durchflechtenden Kammformation zu den Bündeln der Substantia innominata ist wohl sichtbar.

In der Nähe der Mamillarkörper oder in ihnen endet ein guter Teil

des später zu besprechenden basalen Riechbündels. Die Fasern entarten bis in die Höhe des Mamillare, wenn die Bulbi olfactorii abgetrennt werden. S. Fig. 245.

Der Haubenwulst und seine Nachbarschaft.

Die Corpora mamillaria sind in das Bodengrau des dritten Ventrikels als kaudalste Ganglien eingelagert. Dieses Bodengrau sendet hinter und dorsal von den Mamillaria eine dünne Platte hinauf zu dem Grau des Aquäduktes und durch dies allein hängt in der Medianlinie das Zwischenhirn mit dem Mittelhirn zusammen. Man bezeichnet sie als Lamina perforata posterior.

Jeder genau mediane Sagittalschnitt z. B. Fig. 235 zeigt, wie diese Lamina Anschluß an die Mittelhirnbasis, die Haube gewinnt.

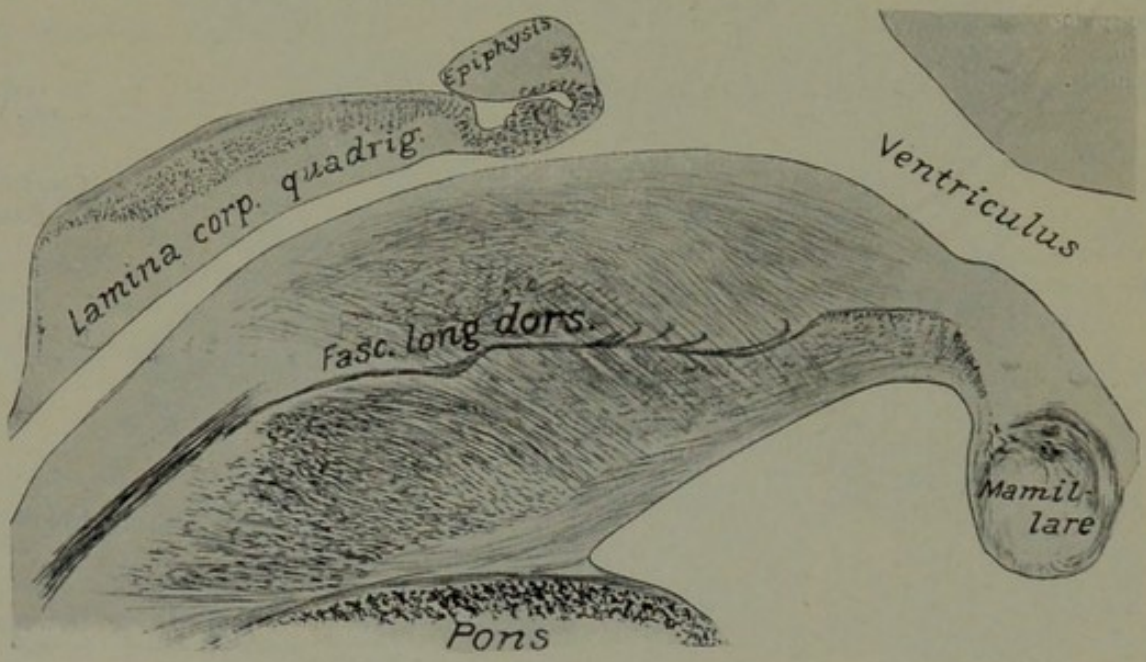


Fig. 247.

Sagittalschnitt, fast median, vom Menschen. Die Kreuzungen dorsokaudal vom Corpus mamillare, Decussatio hypothalamica posterior.

Die Mittelhirnhaube ragt in den Hohlraum des dritten Ventrikels wulstförmig ein. Dieser Wulst, der Haubenwulst, ist natürlich an seiner dem Ventrikel zugewandten Seite mit dessen Ependym überzogen, das hier aus dem Aquädukte in den dritten Ventrikel übergeht.

Schnitte durch den Haubenwulst zeigen eine Masse von einer zur anderen Seite tretender Fasern. Ihre Kreuzung beginnt schon gleich frontal vom Nucleus ruber und man kann durch Faserkaliber verschieden eine ganze Anzahl Systeme in diesem Kreuzungsgebiete dorsal und kaudal von den Corpora mamillaria erkennen, Fig. 247. Das Ganze wird als Decussatio hypothalamica posterior zusammengefaßt.

Außer zahlreichen Fasern ganz unsicherer Abstammung (Corpus

subthalamicum, Radiatio aus dem Linsenkerne usw.) gehen hier auch Fasern aus Ihnen bereits wohl bekannten Zügen über die Mittellinie. Erwähnt sind schon die Fornixfasern, deren Menge sehr wechselt. Dann kreuzen Fasern aus einem Tractus habenulo-peduncularis zum anderen, Fig. 249 und Fasern aus der Zwischenschicht des Hirnschenkels Fig. 248, und schließlich liegt hier ein gekreuzter Ursprung der allermedialsten Züge des dorsalen Längsbündels. Diese Fasern sind schon an Fig. 247 gut zu sehen, noch besser aber erkennt man sie an Fig. 250, wo sie sich direkt aus der Decussatio entwickeln. Diese Figur ist auch sonst geeignet, die Gebilde in der Mittelhirnbasis, im Haubenwulst und im Hypothalamus topographisch zu demonstrieren. Der Schnitt verläuft gerade in der Seitenwand des Aquaeductus Sylvii, der nur kaudal ganz angeschnitten ist. Das Mittelhirndach mit seiner Schichtung und dem Ve-

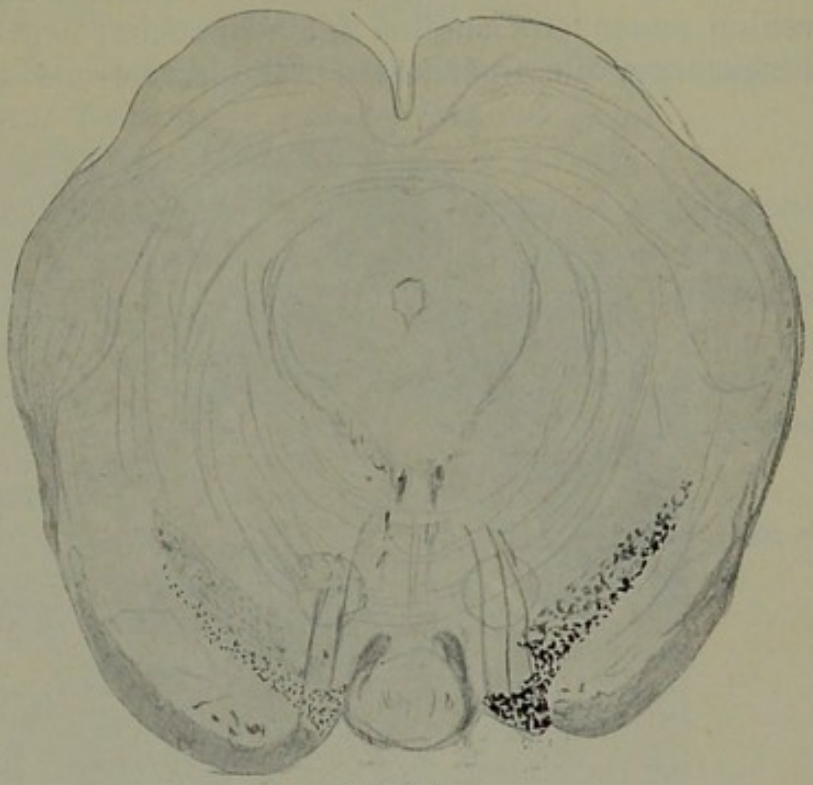


Fig. 248.

Ratte. Stich seitlich in die Hirnbasis. Außer dem Stiel des Mamillare ist die Faserung der gleichseitigen und der gekreuzten Zwischenschicht entartet.

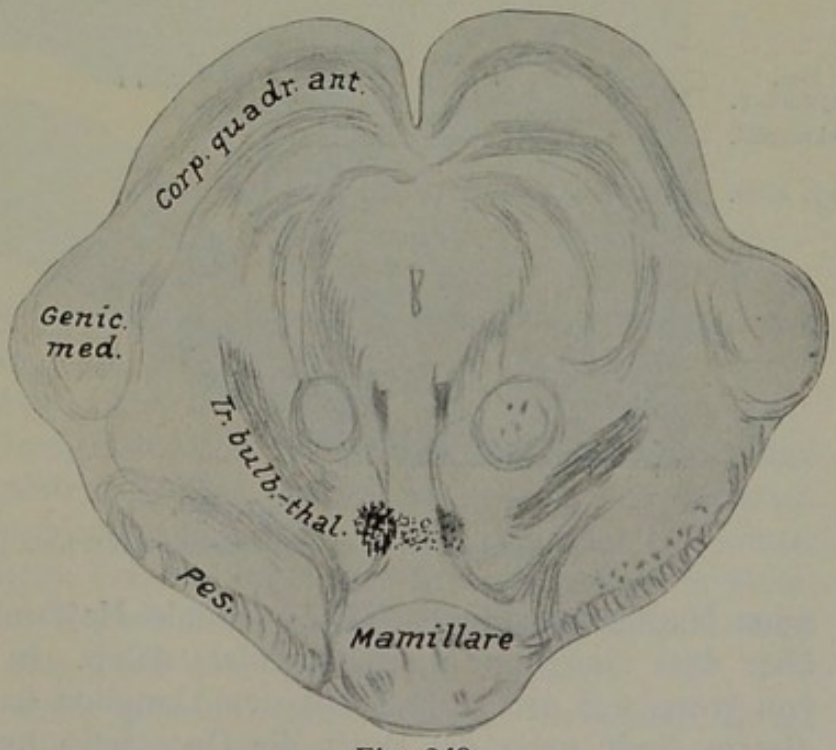


Fig. 249.

Ratte. Nach Verletzung des linken Ganglion habenulae ist der Tractus zum Corpus interpedunculare total entartet. Er sendet eine Anzahl Fasern in den anderseitigen gleichartigen Zug.

lum medullare anticum deckt den Aquädukt. An seiner Bodengegend erblickt man den Medialabschnitt des Okulomotoriuskernes und unter diesem das dorsale Längsbündel. Zwischen diesem und dem ganz ventral liegenden Ganglion interpedunculare liegen zwei mächtige Kreuzungszonen, die frontalere der Bindearme und die kaudalere der dor-

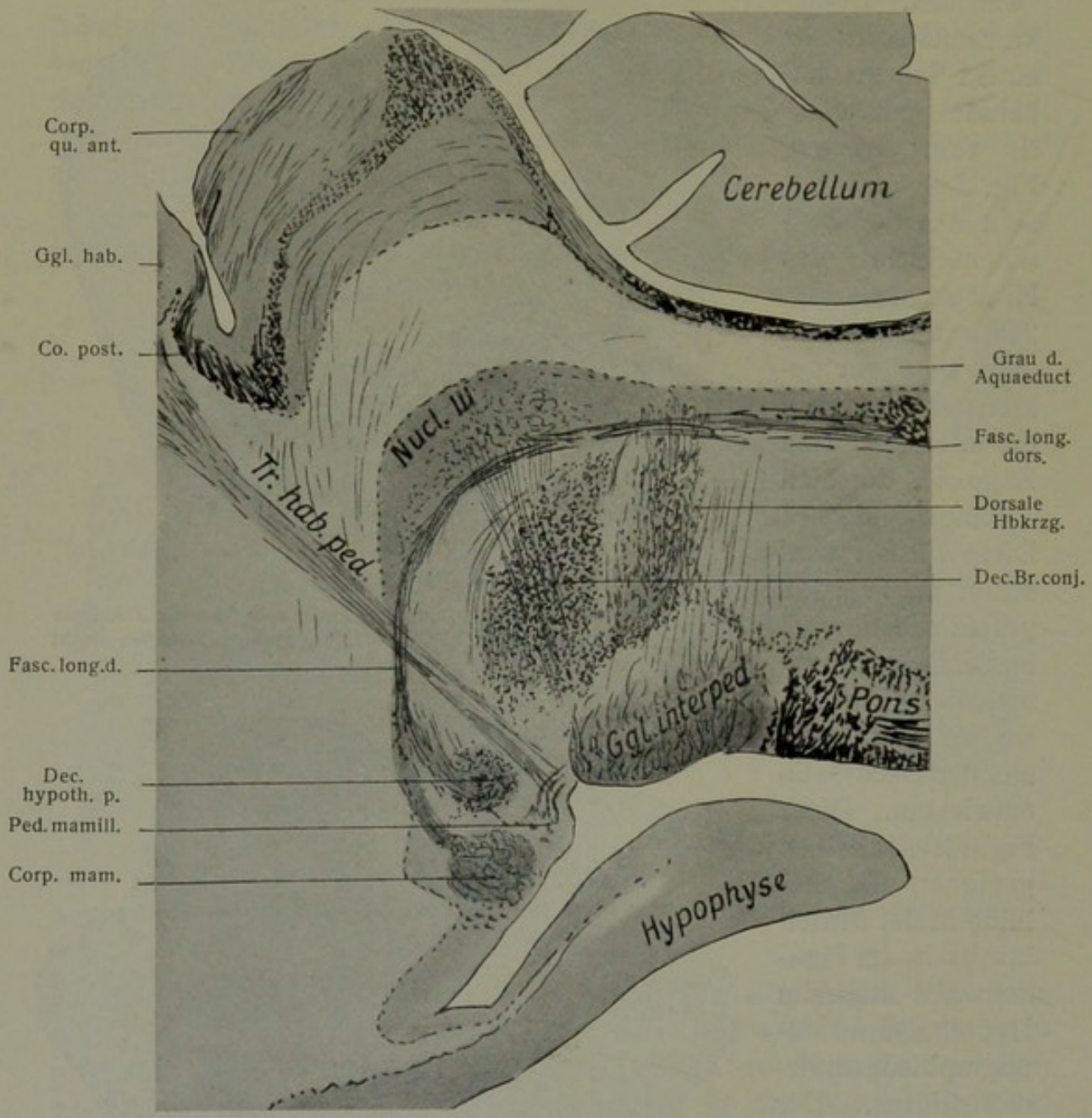


Fig. 250.

Sagittalschnitt durch den Haubenwulst des Igels, Erinaceus.

salen Haubenkreuzungen. Die ventrale Haubenkreuzung zieht dicht über dem Ganglion interpedunculare dahin. In dieses Ganglion tritt von vorne her der Traktus aus dem Ganglion habenulae. Frontal von diesem liegt nahe der Basis die Decussatio hypothalamica posterior und vor dieser sind die medialsten Schichten des Corpus mamillare sichtbar.

Einundzwanzigste Vorlesung.

Der Optikus, die Corpora geniculata.

Auf Fig. 45 sehen Sie, daß die Außenseite des Zwischenhirnbodens von dem Tractus opticus bedeckt ist. Lassen Sie uns jetzt

Die Ursprungsverhältnisse des Sehnerven

genauer studieren. Fig. 251 gestattet eine Übersicht über den ganzen Verlauf. Sie sehen da, daß die Optikusfasern in das Chiasma eintreten und daß sich aus diesem beiderseits die mächtigen Tractus optici entwickeln. Diese können rückwärts ohne Mühe bis in ein Ganglion an der Unterseite des Thalamus, das Corpus geniculatum laterale, und in den Stiel des vorderen Vierhügels verfolgt werden. Auch in den

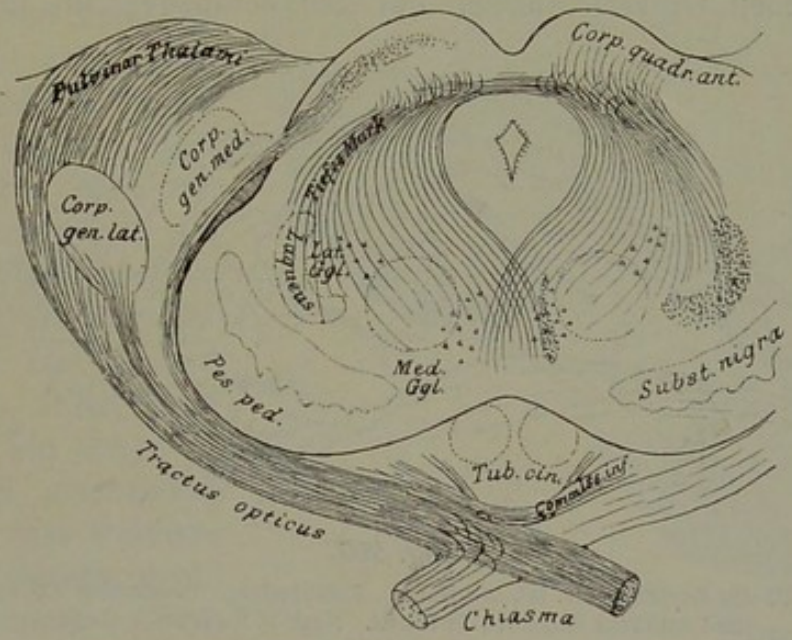


Fig. 251.

Chiasma und Endigung des Sehnerventraktus.

mächtigen Höcker, der kaudal aus dem Thalamus hervorragt, das Pulvinar thalami, gelangt ein Zug.

Weitaus die Mehrzahl der Fasern des Sehnerven entspringt aus den Ganglienzellen der Retina. Wird ein Auge ausgerottet, so degeneriert er fast vollständig bis in das Chiasma hinein. Dort aber teilen sich die entarteten Fasern, ein guter Teil kreuzt hinüber zum anderseitigen Traktus, besonders zu dessen medialer Seite, ein anderer zieht in die laterale Seite des gleichseitigen Traktus. Das Chiasma enthält also eine Semidekussation.

Es hat ungeheure Mühe gekostet, diese einfachen Verhältnisse zu erkennen. Erst mit Ausbildung der Degenerationsmethoden ist man zur Sicherheit gelangt. Das Studium solcher variierter Präparate hat zuerst v. Monakow zu dem Schlusse gelangen lassen, daß die Mehrzahl der Sehnervenfasern nicht aus dem Gehirne, wie man früher allgemein glaubte, sondern

aus den Retinazellen stammt. Auch entwicklungsgeschichtliche Studien von Keibel und His haben gelehrt, daß ein Teil der Optikusfasern aus den großen Zellen der Retina hirnwärts auswächst.

Es gibt aber im Optikus auch Fasern, die aus dem Gehirne entspringen. Aus den Zellen, welche in der oberflächlichen grauen Schicht des vorderen Vierhügels liegen, entspringen beim Kaninchen und der Katze sicher, beim Menschen sehr wahrscheinlich Optikusfasern, die sich dann nach der Retina begeben und dort, wahrscheinlich in einer Aufzweigung um die Zellen der Körnerschicht herum, enden. Der Sehnerv enthält also Fasern, die aus der Retina, und solche, die aus den primären optischen Zentren stammen.

Über den Bau des Chiasma existiert eine größere Literatur als über den irgendeines anderen Hirnteiles. Die wichtigsten Arbeiten stammen von Gudden, Monakow, Singer und Münzer, Henschen und S. Ramon y Cajal.

Bei diesen Untersuchungen hat sich herausgestellt, daß nicht für

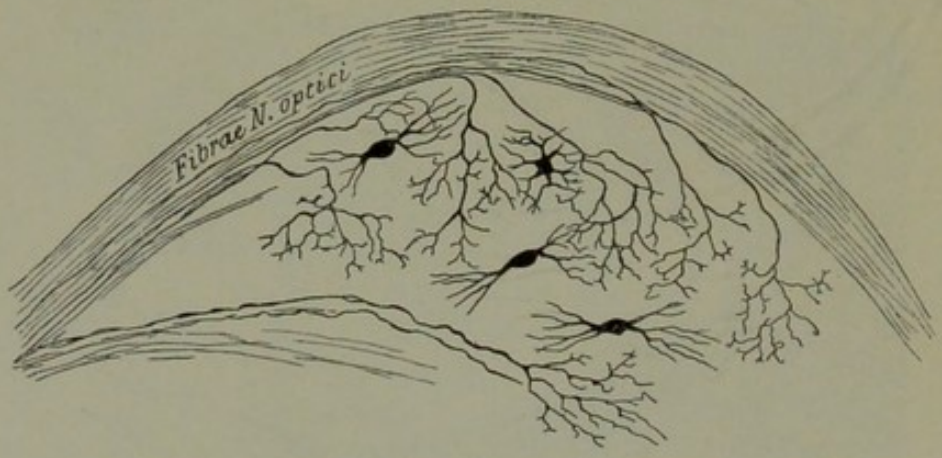


Fig. 252.

Schnitt durch das Corpus genic. lat. der Katze. Versilberung. Einstrahlen der Optikusfasern und Auflösen derselben in Pinsel. Nach P. Ramon y Cajal.

alle Tiere die Verhältnisse so liegen, wie sie hier für den Menschen geschildert worden sind. Die Säuger mit wesentlich seitwärts stehenden Augen haben meist viel weniger direkte und viel mehr kreuzende Fasern.

Die Fasern der Traktus enden im Corpus geniculatum laterale, im oberflächlichen Marke des vorderen Vierhügels und in den äußersten Schichten des Pulvinar. Diese grauen Massen bezeichnet man als primäre Optikuszentren.

Die Hauptendigungsstätte ist jedenfalls das Corpus geniculatum laterale. Alle anderen kommen, wenigstens bei den Säugern, erst in zweiter Linie in Betracht.

Bei der Blindmaus — Spalax typhlus — wo die Optici fehlen, ist auch das Geniculatum laterale total zugrunde gegangen (Frankl-Hochwarth), beim Maulwurf sind alle erwähnten Zentren sehr verkleinert.

Der Optikusfasern, welche durch den vorderen Vierhügelarm zu dem Ganglion des Hügels ziehen, wurde bereits früher gedacht, auch

des Marklagers im vorderen Hügel, welches durch die aus der „Sehrinde“ eintretenden Fasern gebildet wird.

Das mächtige Ganglion des Corpus geniculatum laterale Fig. 259 ist durch die eintretenden Sehnervenfasern und durch die ebenfalls eintretenden Züge aus dem Großhirn in eine ganze Anzahl Lamellen gespalten; weiße und graue Substanz wechseln mehrfach ab. Es ist Monakows trefflichen Untersuchungen über die Degenerationen, welche durch Augenverlust und diejenigen, welche durch Rindenerkrankung entstehen, gelungen, nachzuweisen, welche Anteile dieser Schichtung jeder Faserkategorie angehören. Optikusfasern enden wesentlich in den ventralen und kaudalen Abschnitten des Geniculatum laterale. In die frontalen und dorsalen ergießt sich, von der Seite her kommend, das mächtige Mark der Sehstrahlung. An Fig. 256 sehen Sie das beiderseits oben außen sehr deutlich. Sie sehen da auch, daß ebensolche Fasern in das Pulvinar eintreten, dessen zarter weißer Überzug — Stratum zonale — von Optikusfasern gebildet wird. Man faßt diese ganze Einstrahlung als Stil des Geniculatum laterale und als Stiel des Pulvinar zusammen.

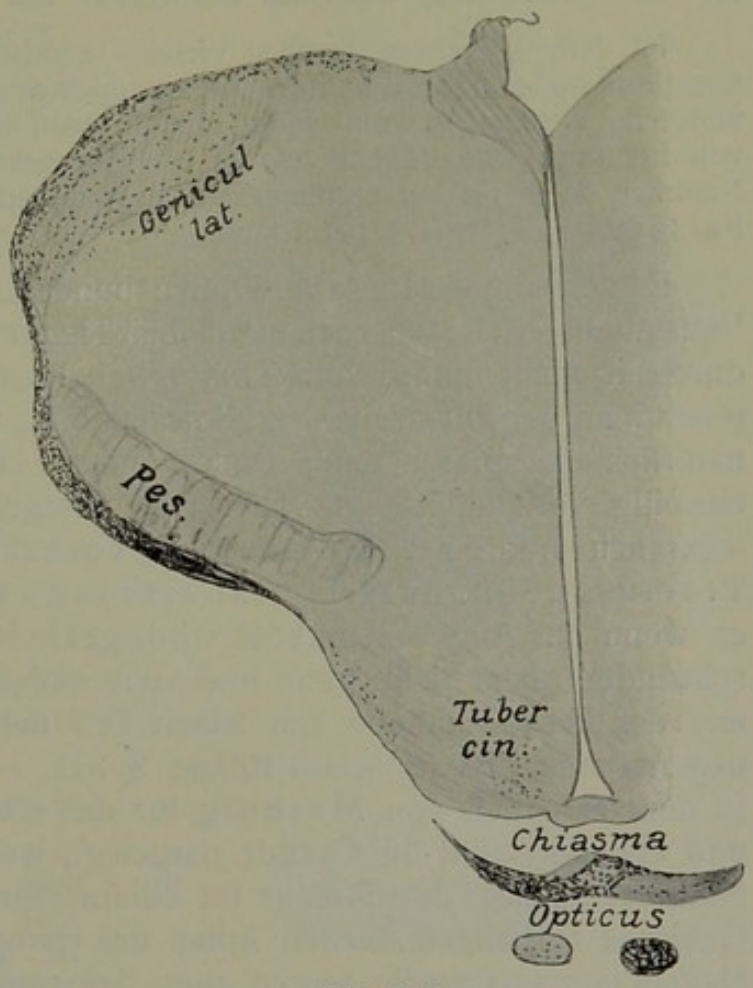


Fig. 253.

Die Endigung des Tractus optikus. Maus mit Durchschneidung des rechten Sehnerven. Die Optikusfasern entartet und mit Degenerationspunkten gefüllt. Unten Nerven und Chiasma vom gleichen Tiere.

Dicht hinter dem Chiasma sendet der Sehnerv eine ganze Anzahl feiner Fasern in einen langgestreckten in der Seitenwand des Tuber cinereum liegenden großzelligen Kern, den Nucleus opticus basalis. Der von Meynert bei den Säugern zuerst gefundene Kern ist uralt, er kommt schon bei Reptilien vor, wo er von mir als Ganglion ektomamillare bezeichnet wurde. Die Struktur bleibt die gleiche bei Säugern, Vögeln und Fischen. Die Lage des Kernes ist aus der unteren Abbildung der Fig. 254 gut zu erkennen.

Aus mancherlei Gründen ist es wahrscheinlich, daß dieser Kern

nicht Optikusfasern aussendet, sondern daß er nur solche aufnimmt. Einmal verschwindet er nicht, wenn das Auge beim Neugeborenen ausgerottet wird, Gudden, dann aber entarten, wie ja Fig. 254 zeigt, Fasern in ihm, wenn das Auge des erwachsenen Tieres zerstört wird, Fasern, deren Zentrum also nicht im Kerne, sondern im Auge liegen muß. Die multipolaren Zellen sind so große und wenig den sonst im optischen Endgebiete liegenden ähnliche, daß anzunehmen ist, daß der Nucleus opticus basalis kein Sehnervenursprungskern ist, sondern ein Kern anderer Bedeutung, der vom Sehnerven her von Fasern erreicht wird.

In dem lateralsten Traktus verläuft kaudalwärts ein Bündel aus dem Ganglion opticum basale. Es geht innerhalb der ventralen Linsenkernfaserung verloren, zieht aber wohl weiter dorsal, denn ich kenne das gleiche Bündel von Reptilien und Vögeln, wo es bis sehr nahe an die Vierhügel herantritt. Natürlich bleibt es bei Optikusatrophie intakt und deshalb hat es Marie als Faisceau residuaire bezeichnet.

Es gibt mindestens zwei Optikusbündel zu noch ganz unbekannten Endstätten. Bei Menschen und bei Tieren löst sich manchmal, aber durchaus nicht immer vom Traktus ein Faserzug ab, der medialwärts tretend, an der Innenseite des Hirnschenkels, den er bei diesem Verlaufe natürlich überqueren muß, verschwindet. Das Bündel kann auch nur einseitig vorhanden sein. Dieser so unregelmäßig auftretende, ja gelegentlich nur einseitig vorhandene Faserzug ist der bereits erwähnte Tractus peduncularis transversus. Gudden sah zuerst, daß er, wenn das Auge ausgerottet wird, gekreuzt atrophieren kann, er verschwindet aber nicht ganz und viele andere, auch ich selbst, sahen mit der Marchimethode nur einen Teil der Fasern nach Enukleation degenerieren. Es ist schon früher, S. 311, erwähnt, daß das Ganglion, in dem er endet, von Marburg für das Ektomamillare gehalten wird und ebendort sind die Gründe dargelegt, welche mich veranlassen, die Hauptfasermasse des Traktus für Ziliarnerven aus einem innerhalb des Gehirnes zurückgebliebenen Anteil des Ganglion ciliare zu halten. Die Degenerationsversuche zeigen aber, daß manchmal auf dem Wege des Tractus peduncularis transversus auch Optikusfasern zu uns noch unbekannten Endstätten geraten.

Die medialsten Optikusfasern sind bei allen niederen Vertebraten besonders dick. Sie enden nicht im Mittelhirndache, das sie nur als zwei Stränge jederseits von der Mittellinie überziehen, sondern im Ganglion isthmi. Außerdem führen sie Fasern aus jenem Ganglion zur Retina (Wallenberg). Ebensolche dicke Fasern sehe ich bei allen Säugern, auch beim Menschen. Sie sind aber noch nicht bis zu dem Endpunkte kaudal von den Vierhügeln verfolgt, wo sie von den Fischen bis zu den Vögeln enden.

Bei den niederen Wirbeltieren endet der Sehnerv zum größten Teile in den vorderen Vierhügeln, die anderen Ursprungsorte treten dagegen sehr zurück. Je mehr sich aber die occipitale Hirnrinde aus-

bildet, welche ihre Faserung wesentlich in die anderen Endstätten sendet und den Vierhügel nur mit einem relativ geringen Zuzug versieht, um so mehr Sehnervenfasern entspringen aus jenen und um so weniger aus den Vierhügeln. Das geht noch in der Säugetierreihe so fort. Der noch beim Kaninchen sehr mächtige Anteil des Optikus zu dem vorderen Hügel ist beim Menschen ganz bedeutend atrophiert. Umgekehrt endigt bei dem Menschen die Hauptmasse des Sehnerven in dem Corpus geniculatum laterale.

Man kann das so ausdrükken: Tiere, die auf das Sehen mit den primären Endstätten allein oder fast allein angewiesen sind, haben vorwiegende Ausbildung des Vierhügelastes des Sehnerven. Sobald aber das Rindensehen sich entwickelt, treten die zur Rinde in engerer Beziehung stehenden Endstätten — Pulvinar, Corpus geniculatum laterale — in den Vordergrund und verringert sich relativ die Vierhügelportion des Optikus.

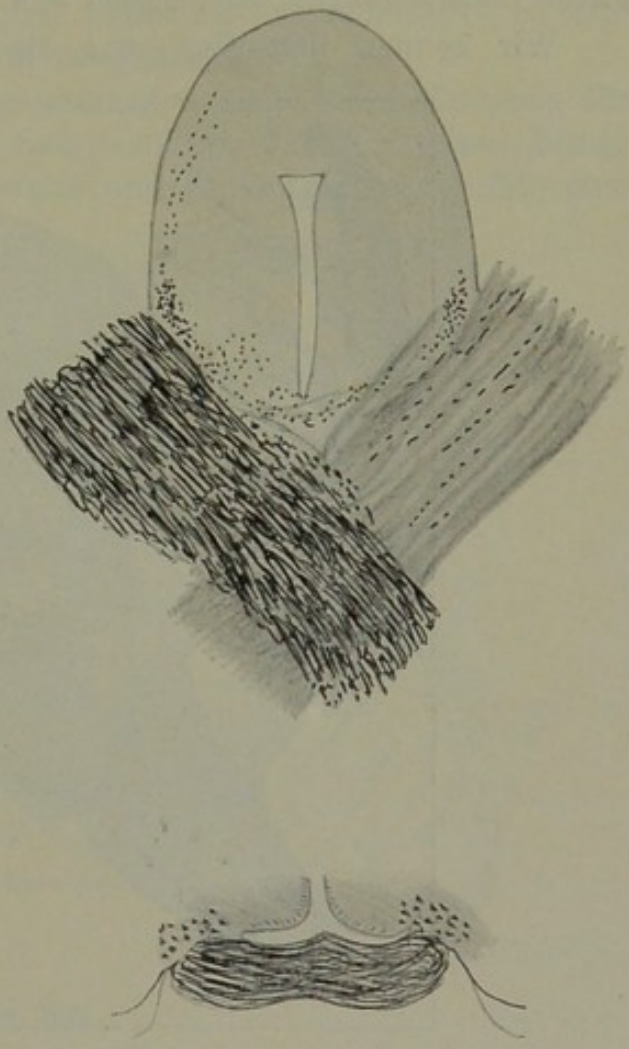


Fig. 254.

Eichhorn. Enucleatio bulbi. Entartung des Tractus und der Fasern im Ganglion opticum basale. Horizontalschnitt durch den Tuber mit entarteten Fasern. Unten das normale Ganglion opticum basale von der gleichen Tierart im Frontalschnitt.

So stellt sich der Sehnervenursprung am Präparat vom erwachsenen Säuger dar. Es sind nun aber alle diese Fasern und Kerne so schwierig richtig zu deuten, daß wir uns fragen müssen, wieweit die betreffenden Befunde durch Untersuchungen an anderen Objekten gestützt werden. Zunächst bietet die vergleichende Anatomie in dem Mittelhirne der Fische und Vögel Optikuszentren von solcher Mächtigkeit, daß dort die Verhältnisse viel leichter als bei Säugern studiert werden können. Bei diesen Tieren, aber auch bei den Reptilien und Amphibien, erkennt man leicht, daß der Sehnerv in seiner Hauptmasse sicher in dem vorderen Vierhügel endet, und daß er auf seinem Laufe über das Corpus geniculatum laterale hinweg zahlreiche Kollateralen in dieses schickt. Experimentelle Untersuchungen (Gudden, Ganser, Monakow) an Säugern ergeben, daß nach früher Ausrottung eines Auges der vordere Vierhügel, gewisse Schichten des Corpus geniculatum laterale und Fasern in das Pulvinar entarten. Das Pulvinar ist übrigens bei den meisten Säugern sehr klein und erreicht erst bei den Primaten einige Größe.

Schon aus dem Vorstehenden erhellt, daß mannigfache Untersuchungsmethoden angewendet worden sind, um den Verlauf und das Ende der Sehnervenfaserung zu ermitteln. Ich habe Ihnen das absichtlich etwas genauer mitgeteilt, weil die Geschichte unserer Kenntnisse hier lehrt, wieviel durch Anwendung vieler Methoden auf ein Objekt zu gewinnen ist, dann aber auch, weil ich noch über neue Fortschritte zu berichten habe, die, der zielbewußten Anwendung der Degenerationsmethode entstammend und durch die Ergebnisse der Entwicklungsgeschichte gestützt, über die Zusammensetzung und die histologische Endigungsweise der Sehbahn sehr Wichtiges lehren.

Wir kennen den Weg und die Endstätten nicht, den innerhalb

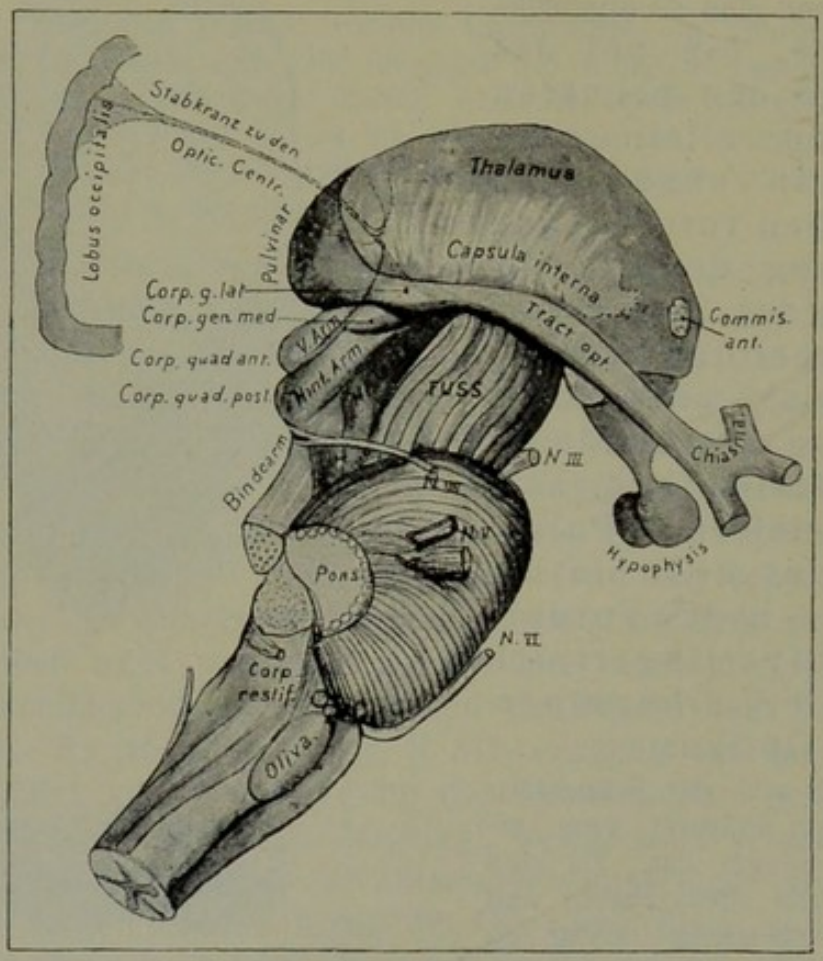


Fig. 255.

Thalamus und Corpora quadrigemina von der Seite gesehen. Das Vorderhirn da abgetrennt, wo seine Stabkranzfasern in die Capsula interna treten. Schematisch ist das Verhalten der Sehstrahlung zum hinteren Teile der Kapsel und zu den Ursprungsstellen des Optikus angedeutet.

des Tractus opticus die rezeptorischen Pupillenfasern einschlagen, s. S. 311. Da gar zu vielerlei einander ganz widersprechende Meinungen geäußert sind und da nichts vorliegt, das uns zur einen oder anderen geradezu zwingt, so möge die Darstellung der Möglichkeiten — ihrer sind viele — unterbleiben.

Durch die Bemühungen so vieler ist es also gelungen, den Primärapparat oder den palaeencephalen optischen Apparat ziemlich genau anatomisch kennen zu lernen. Er ist, abgesehen von der größeren Entwicklung des Geniculatum laterale, bei Menschen nicht

so sehr verschieden von dem gleichen Apparat eines Hais etwa. Dem palaeencephalen Sehen wird er bei beiden Wesen gleich dienen, es kommt nur, wie im nächsten Bande noch ausführlicher gezeigt wird, von den Vögeln, vielleicht schon den Reptilien ab, etwas Neues hinzu.

Die palaeencephalen optischen Zentren gewinnen Anschluß an das Neencephalon.

Diese Bahnen aus den Primärapparaten des Sehnerven zur Rinde des Großhirnes sind zwar später erst näher zu besprechen, es ist aber doch zweckmäßig, ihrer hier schon zu gedenken.

Die primären Optikuszentren entsenden die Großhirnfaserung für den Sehakt zu den kortikalen Sehzentren. Ihre Zerstörung bringt also Fasern zur Rinde zum Schwund und Rindenzerstörung läßt eine

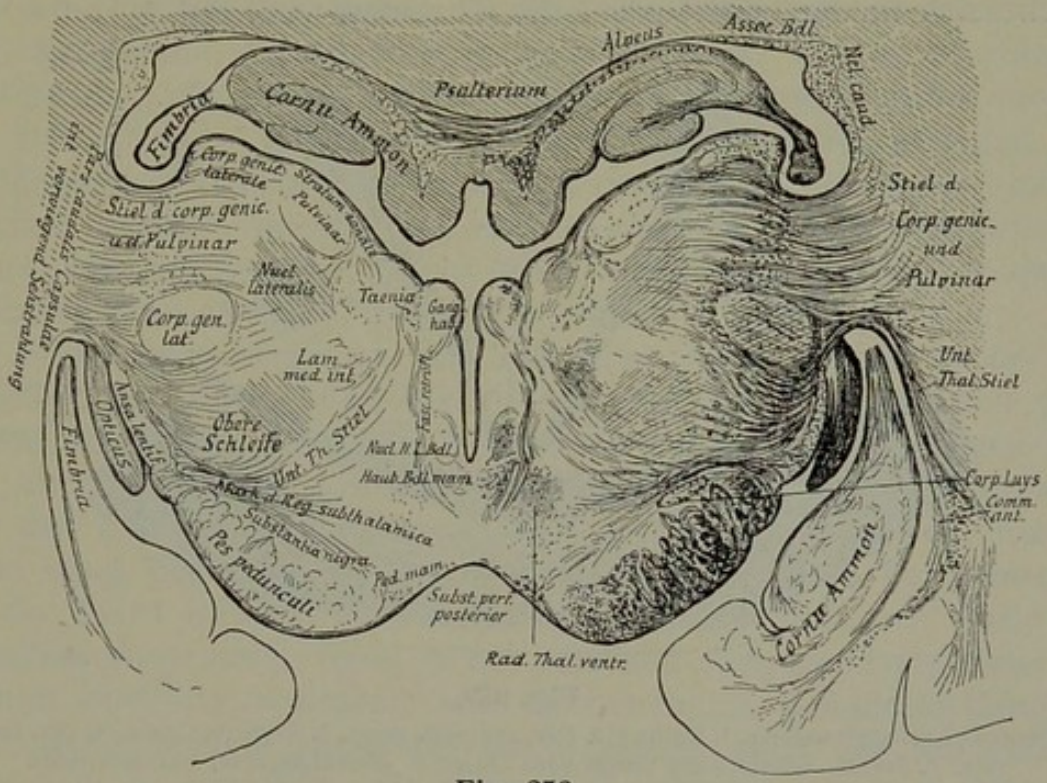


Fig. 256.

Hund. Frontalschnitt durch das Zwischenhirn in der Gegend des kaudalen Thalamusdrittels. Eintritt der Sehstrahlung aus dem Großhirn in die primären optischen Endstätten.

mächtige Faserung bis in die primären Zentren hinein entarten. Dieses aus Tractus cortico-thalamici und thalamo-corticales zusammengesetzte System zieht in fast horizontalem geschlossenem Verlaufe kaudalwärts in die Großhirnrinde. Man faßt seine Züge zusammen als Gratioletsche Faserung oder als Sehstrahlung. Es handelt sich um einen nicht unbeträchtlichen Faserzug, der sich aus den primären Zentren in gesonderten Bündeln entwickelt und von da rückwärts zieht, um sich in der Rinde des Cuneus und der Gegend etwa der zweiten und dritten Occipitalwindung zu verlieren (Fig. 255 Schema). Näheres s. Vorderhirn.

Es ist nicht sicher, ob alle Säuger ein occipitales Sehzentrum haben. Bei der Darstellung der Großhirnrinde wird dessen Genese aus dem ältesten Teil des Großhirnes beschrieben.

In ihrem Ursprungsgebiet, der Rinde, und auf dem nächsten Verlaufe von da weg lassen sich die Stabkranzfasern aus den einzelnen optischen Endstätten nur schwer voneinander sondern. Weiter frontal aber erkennt man, daß die Fasern zum Pulvinar den dorsalen, die zum Geniculatum den lateralen Abschnitt einnehmen. Erst im kaudalsten Abschnitte der inneren Kapsel, dicht vor dem Eintritte in die primären Zentren — Fig. 256 — sind die einzelnen Teile der Sehstrahlung scharf voneinander gesondert. Der Stiel zum Corpus geniculatum laterale liegt diesem als laterales Markfeld dicht an. Er stammt aus dem Cuneus, vielleicht auch noch aus dem Lobus lingualis. Dorsal von ihm treten die aus den beiden Occipitalwindungen stammenden Fasern der Sehstrahlung in das Pulvinar. Ihnen sind weiter dorsal Züge angelagert, welche sich in der Gitterschicht des Thalamus verlieren.

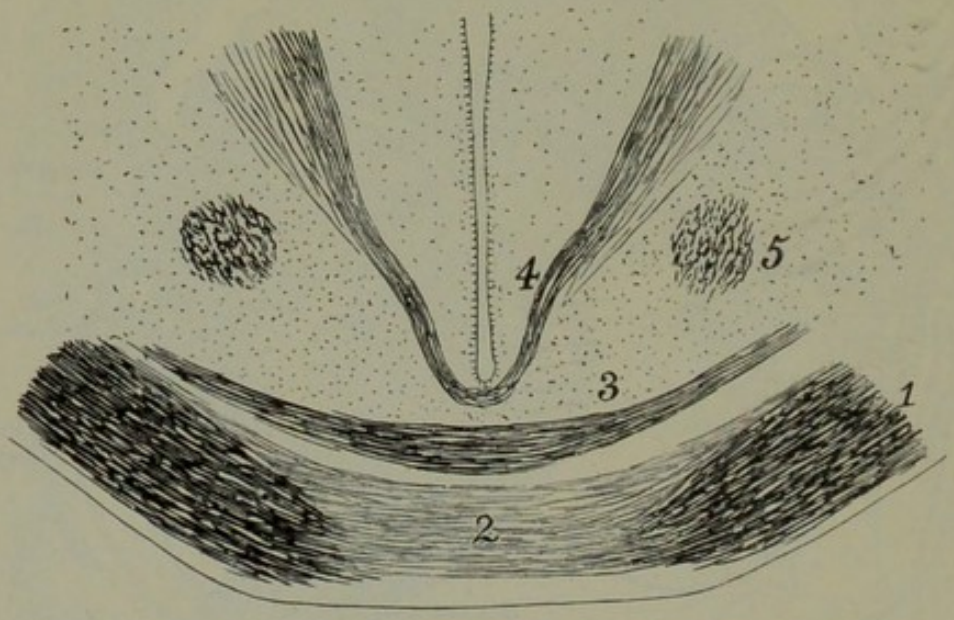


Fig. 257.

Die Decussationes suptraopticae. 1. Opticus, 2. Dec. supraopt. ventr., 3. Meynerts Comm., 4. Dec. suprapt. dors. 5. Fornix. Schnitt dicht kaudal vom Chiasma. Riesenkänguruh, Macropus rufus.

Die Decussationes supraopticae.

In der Bodenplatte, in welcher die Optikusfasern kreuzen, liegen dem Chiasma noch einige andere Kreuzungssysteme an, die, wie das Ausbleiben einer Entartung nach Exstirpation eines Auges zuerst Gudden zeigte, keine Sehnervenfasern sind.

Zunächst und ganz dicht an dem Optikus liegt die Guddensche Kommissur, feine Fasern, die direkt unter dem Traktus hierher herabgezogen kommen und wahrscheinlich aus dem Geniculatum mediale, vielleicht auch außerdem aus dem hinteren Vierhügel stammen. Der Name Decussatio supraoptica ventralis scheint für sie zweckmäßig. Die Fasern verlassen nahe dem Corpus subthalamicum, den Hirnschenkelfuß durchbrechend den Hirnstamm, um sich dem hier vorbeiziehenden Tractus opticus median anzulagern.

Etwas weiter dorsal, und auch etwas kaudaler, zieht die aus

stärkeren Fasern gebildete Meynertsche Kommissur über die Mittellinie. Ihre Enden verlieren sich beiderseits in medialen Abschnitten des Linsenkernes, aber es ist sehr möglich, daß sie anderswoher stammen.

Schließlich kommen aus lateralen und medialeren Gegenden des zentralen Höhlengraues Fasern, die erst in der Chiasmahöhe ventralwärts abbiegen, um als dorsalste Kreuzung oder Kommissur dicht unter dem Ventrikelboden einherzuziehen. Diese Fasern sind, wie manche Präparate vermuten lassen, schon im Mittelhirn vorhanden, wo sie die medialsten Teile der medialen Schleife einnehmen. Man kann sie als Decussatio supraoptica dorsalis Fig. 272 bezeichnen. Abbildungen dieser verschiedenen über dem Chiasma liegenden Faserzüge geben die Fig. 244 vom Hunde, Fig. 275 vom Menschen und die Fig. 257 vom Känguruh. Es ist nicht gewöhnlich, daß, wie es bei diesem Tier der Fall, alle Decussationen in einer Schnittebene getroffen werden.

Das Corpus geniculatum mediale, Fig. 259, aus dem die Guddensche Kommissur stammt, ist bisher noch nicht besprochen worden. Es liegt, wie Fig. 223 zeigt, seitlich auf der Grenze zwischen Mittel- und Zwischenhirn, tief in den Hirnstamm eingebettet, so daß es außen nur eine geringe Hervorragung direkt bildet.

Dieser beim Menschen und den Affen kleine Körper ist bei den scharfhörigen Tieren, den Walen, den Mäusen, Fledermäusen usw. enorm entwickelt. Er erhält einen mächtigen Zuzug durch den Arm des lateralen Hügels sowohl aus diesem selbst, als ganz besonders aus der zentralen Akustikusbahn. Dieses Bündel ist bei der Fledermaus eines der allermächtigsten in dieser Hirngegend, bei Menschen ist der Stiel des Geniculatum mediale nur dünn. Stiel und Ganglion atrophieren, wenn in der Akustikusendgegend die Faserung zerstört wird. Es ist deshalb sehr wahrscheinlich, daß dieses Ganglion dem Gehörapparate angehört. Dafür spricht auch die Rindenbahn, welche in es einstrahlt. Sie stammt, Monakow, aus dem Schläfenlappen, der Gegend des Gehirnes, welche nach klinischen Erfahrungen dem Hören irgendwie dient.

Zweiundzwanzigste Vorlesung.

Das Zwischenhirn III.

Hypothalamus, Thalamus, Epithalamus.

Bei allen niederen Vertebraten wird das Zwischenhirn von einer Gruppe von Ganglien repräsentiert, die, wenn auch im einzelnen oft noch unverstanden, doch im wesentlichen darin übereinstimmen, daß sie zwischen Vorderhirn und Mittelhirn gelagert von hinten her allemal die sekundäre sensible Faserung, auch die des Trigeminus aufnehmen und frontalwärts die Züge eines im Stammganglion des Vorderhirnes

endenden Systemes, den Tractus thalamo-striaticus und strio-thalamicus aussenden.

Dieser Palaeothalamus besteht auch genau mit den gleichen Verbindungen bei den Säugern fort. Er wird aber dadurch wesentlich komplizierter, daß einige seiner Ganglien Anschluß an das Neencephalon gewinnen und sich in Zellen und Fasern enorm vergrößernd und komplizierend einen Neothalamus bilden.

Noch können wir nicht überall die neothalamischen Teile auf ihre Ausgangspunkte im Palaeothalamus zurückführen, aber bis zu gewissem Grade ist das doch bereits möglich.

Ganz unbeeinflußt bleiben von der Neugestaltung die uralten Ganglien am dorsalsten Abschnitte, die Ganglia habenulae, der Epithalamus. Ebenso bleiben wenigstens in der Hauptsache rein palaeothalamisch die ventral und dicht an der Haube des Mittelhirnes liegenden Ganglien des Hypothalamus und wahrscheinlich gilt das gleiche von den medialen Ganglien im zentralen Höhlengrau. Dagegen verändern sich sehr stark durch die Vorderhirnfaserung einzelne Ganglien der Gruppe, welche zwischen diesen Teilen liegt, der Thalamus opticus. In ihnen enden auch jene bereits erwähnten sekundären sensiblen Bahnen.

Aus dem mächtigen Markmantel des Vorderhirnes ziehen, wie Sie an manchen bereits demonstrierten Abbildungen gesehen haben, die Bahnen zum Hirnschenkelfuße, an die Basis herab. Ihnen sind diejenigen beigemengt, welche sich in die Thalamusganglien einsenken. Die ganze Masse heißt Capsula interna. Auf der Capsula ruht der Thalamus. Er ist eine etwa eiförmige Ansammlung von Einzelganglien. In diese strahlen als Stabkranz des Thalamus die Tractus corticothalamici ein und entsprechende Bahnen ziehen auf gleichen Wegen zur Hirnrinde hinaus. Da, wo sie den Thalamus verlassen, bilden sie natürlich enger geschlossene Bündel als näher der Rinde, wo sie fächerförmig auseinanderstiebend wohl alle Teile derselben, vielleicht einige Stirnhirnpartien ausgenommen, erreichen. Man hat diese Einstrahlungen als Stiele des Thalamus bezeichnet. Sie sind auf vielen Thalamusschnitten, z. B. Fig. 262, 275 gut zu sehen.

Die andere Beziehung des Thalamus zum Großhirne wird durch das bereits erwähnte aus dessen palaeencephalen Ganglien tretende System der Tractus strio-thalamici und thalamo-striatici hergestellt. Ich habe es, das mir längst von allen niederen Vertebraten her bekannt war, bei Säugern aufgefunden, als ich die markhaltigen Fasern verfolgte, welche bei dem Hunde, dem Goltz die ganze Rinde weggenommen hatte, gut erhalten in den Thalamus liefen. Diese Fasern treten an der medialen Spitze des Linsenkernes aus, durchqueren und überqueren auch die aus der Rinde kommende Faserung, ziehen zum Teil direkt in den Thalamus, zum Teil wenden sie sich kaudalwärts, um in den Ganglien des Hypothalamus zu ver-

schwinden, vielleicht auch da und dort etwa bis in die Brücke zu gelangen. Ebenso entläßt der Schwanzkern solche Bahnen.

Durch diese beiden Fasermassen ist der Thalamus so eng mit dem Vorderhirn verbunden, daß auf allen Schnitten, welche ich von heute an zu zeigen habe, immer lateral von ihm eine dichte Markfaserschicht die Capsula interna, zu sehen sein wird. Über sie hinweg zieht, wie sich aus Fig. 259 ohne weiteres ergibt, der Schwanz des Nucleus caudatus, und lateral von der Capsula interna werden Sie immer dem Nucleus lentiformis begegnen.

Die Kapsel enthält nicht nur die Tractus cortico-thalamici, die Tractus cortico-portini und die Tractus cortico-spinales, sondern auch in ihrem basalen Abschnitte die Tractus strio-thalamici.

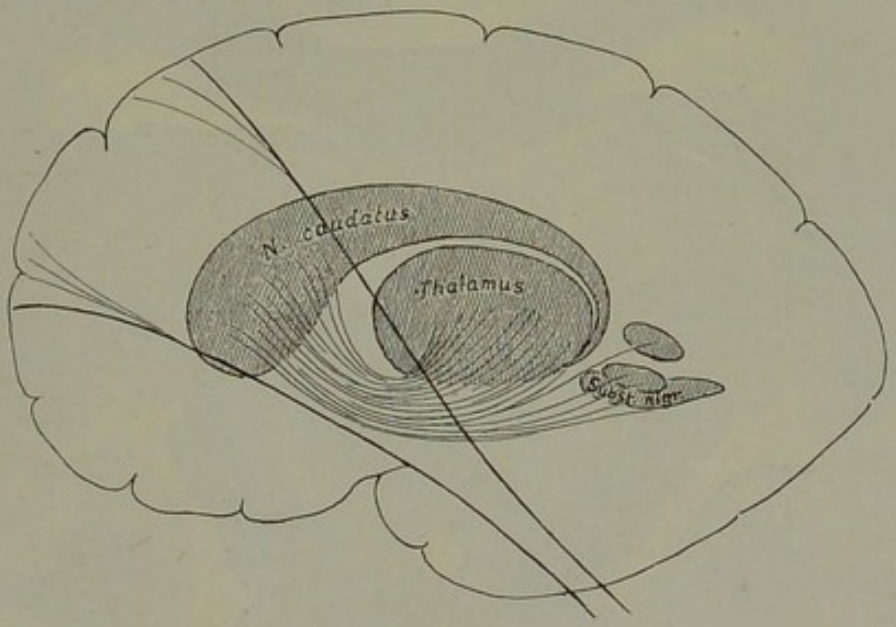


Fig. 258.

Die aus dem Schwanzkern entspringende Faserung zu den Ganglien des Zwischen- und Mittelhirnes. Radiatio strio-thalamica. Der aus dem Linsenkern stammende Anteil ist weggelassen, er würde vom Beschauer nach dem Thalamus hin verlaufen.

An der nachstehenden Übersicht eines Schnittes, der etwas nach hinten abfallend unten durch die Brücke, oben aber durch den ganzen Thalamus geht, wollen Sie sich vorläufig über die Gesamtlage orientieren.

Die Beziehungen zu dem lateral sichtbar werdenden Großhirne, die Lage auf den Einzelganglien des Hypothalamus, das mächtige Ganglion des Epithalamus am medialen Rande, Ganglion habenulae, und der zwischen den Thalamis liegende von Fornix und Psalterium gedeckte Ventrikel sind zu beachten.

Die ventral vom Thalamus sichtbaren Gebilde sind Ihnen allen aus früheren Vorlesungen wohl bekannt. Sie sind so nur zu sehen, weil eben der Schnitt nicht senkrecht zu der Hirnaxe steht. Schneidet man wirklich senkrecht, bei der Lage des Gehirnes im Schädel also

frontalwärts abfallend Fig. 260, so trifft man unter dem Thalamus in voller Ausdehnung die

Regio subthalamica, Hypothalamus.

Sie ist genauer erst durch die Untersuchungen von Luys, von Forel, dann durch solche von Flechsig, Wernicke, Monakow und Kölliker bekannt geworden. Doch sind wir noch weit von einem Verständnis der komplizierten Verhältnisse entfernt, welche auf dem kleinen Raume vorliegen, wo sich Fasern verschiedenster Provenienz treffen, verschlingen und kreuzen, wo graue Massen liegen, die zum Teil selbst wieder von einem engen Netz sich kreuzender, markhaltiger Fäserchen erfüllt sind.

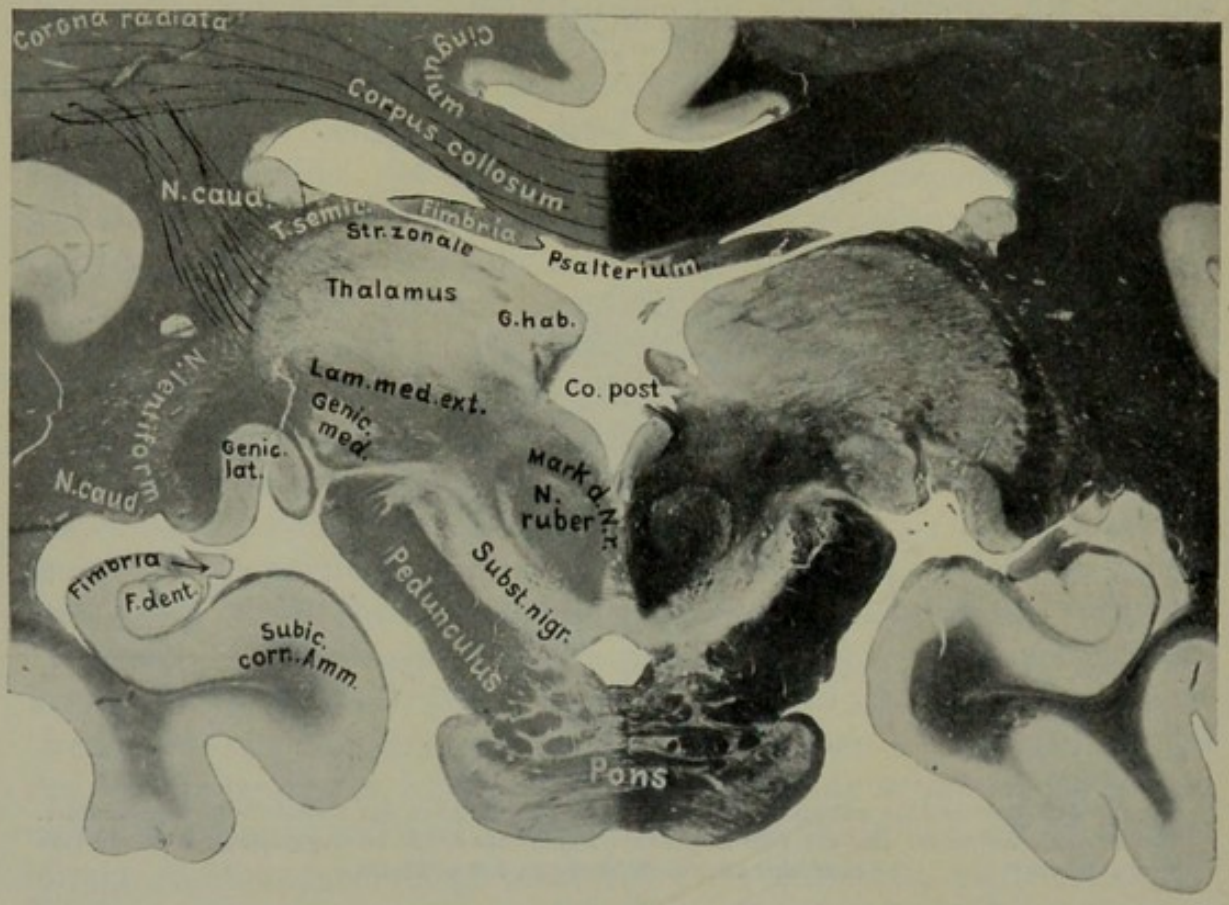


Fig. 259.

Übersichtsbild über die Lage des Thalamus mitten in der Fasermasse des Großhirnes.

Macht man (s. Fig. 260) einen Schnitt dicht frontal von den vorderen Vierhügeln durch den ganzen Hirnstamm, einen Schnitt, der etwas frontal von dem Fig. 232 abgebildeten liegt, so erkennt man, daß über der Fußfaserung noch immer, wenn auch etwas schmäler geworden, die Substantia nigra mit ihrer Faserung aus dem Striatum liegt, daß der rote Haubenkern markärmer geworden ist, weil die Bindearme zum größten Teil nun in ihm geendet haben, daß aber das Markfeld dicht lateral von ihm nun sehr viel ausgebildeter ist. Mitten in diesem liegt ein neues, bisher noch nicht beschriebenes Ganglion, das Corpus subthalamicum, Luys. In den nächsten Schnitten frontal wird es noch größer sein als auf Fig. 260 und im wesentlichen den Raum dicht

über der Fußfaserung einnehmen, welcher kaudaler der Substantia nigra angehörte.

Das Corpus subthalamicum liegt, wie an Fig. 260 und besser noch an Fig. 261 zu sehen ist, in einer sehr dichten Kapsel markhaltiger Fasern, die, wenigstens beim Hunde, ganz aus dem Linsenkern stammt, also, wie Fig. 258 andeutet, dem System der Tractus strio-thalamici angehört. Aus dieser Kapsel dringen überall Fasern in das Ganglion ein. Cajal hat ebensolche aus dem benachbarten Hirnschenkelfuße eindringen sehen und ich kann das bestätigen. Da man nach Zerstörungen des Hirnschenkelfußes diese Fasern noch nicht entartet gefunden hat, nehme ich, übrigens mit Cajal an, daß sie gleicher Herkunft wie der erstgenannte Zufluß sind. Wohin die viel gewundenen Axenzylinder der Zellen im Corpus subthalamicum gelangen, das ist

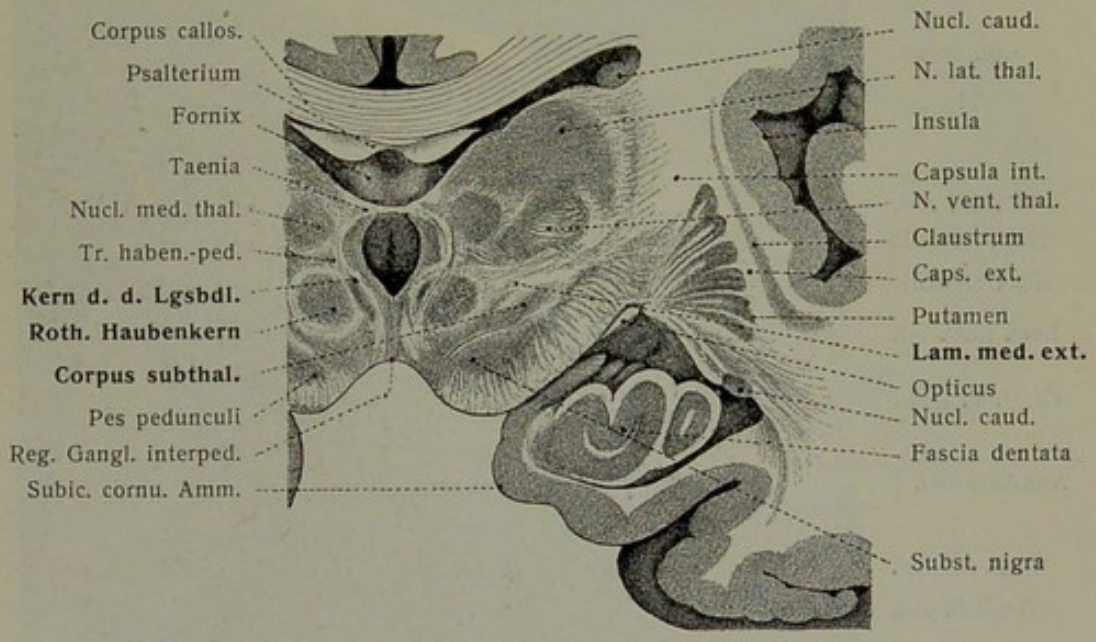


Fig. 260.

Mensch. Schnitt durch den kaudalen Thalamus und die Regio subthalamica.

ganz unbekannt. So können wir über die Bedeutung des Körpers der auch schon für eine Optikuszentrum angesprochen worden ist, weil man aus dem Optikus, der, wie Fig. 261 zeigt, nur durch den Hirnschenkelfuß getrennt ist, Fasern hierher verfolgte, J. Stilling, gar nichts aussagen.

Die Schicht, welche auf Fig. 261 dorsal vom Corpus hypothalamicum weiß erscheint, wird von den Autoren Zona incerta genannt. Man weiß, daß hier zerstreute Ganglienzellen ein Ganglion zonae incertae bilden und daß die reichlichen markhaltigen Fasern ziemlich alle aus der später zu erwähnenden Linsenkernschlinge, einem Teil der strio-thalamischen Faserung, stammen.

Die mächtigsten Einstrahlungen in die Regio subthalamica sind die Fasern aus dem Corpus striatum, der kaudalste Abschnitt der Radiatio strio-thalamica. Sie verlassen das Ganglion an seiner Basis,

sammeln sich zu einem Faserzuge, der dicht über dem Tractus opticus, im Grau gelegen, die Hirnbasis von außen nach innen überquert, um dann nach seinen Endpunkten im Corpus subthalamicum und in dessen Nachbarschaft auszustrahlen. Dieses Bündel heißt von altersher Linsenkernschlinge — Ansa lentiformis. Auf der Fig. 261 sehen Sie diese Einstrahlung sehr deutlich dicht über dem Tractus opticus auftreten und medialwärts ziehen. Auf ihrem Wege begegnet sie dem Corpus subthalamicum. Ihm gibt sie Fasern und dann spaltet sie sich in eine dorsale und eine ventrale Schicht. Man hat diese Marklager der Zwischenschicht nach ihrem ersten Beschreiber Forelsche Schichten H^1 und H^2 genannt. Auch das Bündel aus der Ansa zur Substantia nigra und dem Stratum intermedium des Pedunculus ist hier sichtbar.

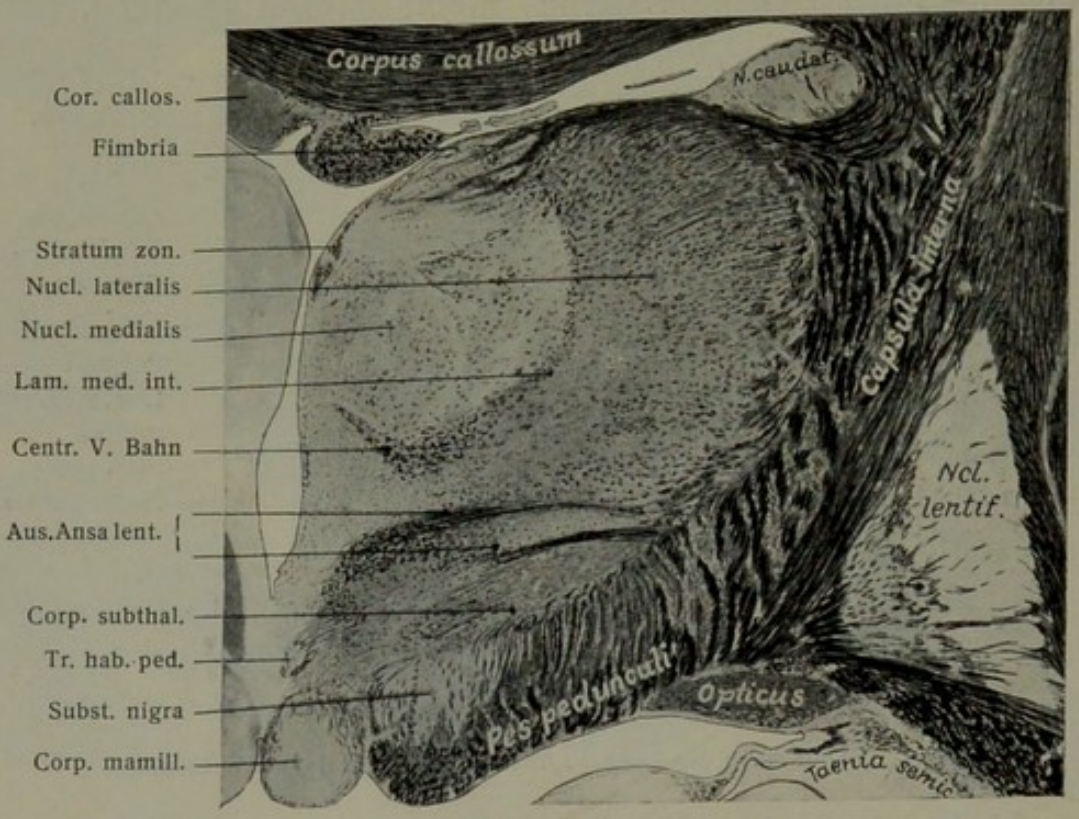


Fig. 261.

Regio subthalamica. Mensch.

Daß diese als einzelne Strata der Zwischenschicht bezeichneten Faserbündel aus dem Stammganglion mindestens zum großen Teile stammen, entnehme ich den Präparaten vom Hunde ohne Vorderhirn, dessen mehrfach hier gedacht wurde. Hier, wo alle Rindenbahnen entartet waren, sind sie allein erhalten geblieben.

Natürlich wird die Gegend, mit welcher wir uns hier beschäftigen, noch von zahlreichen Bündeln aus dem Mittel- und Zwischenhirn durchzogen. Betrachten wir dieselben an der Hand unseres Schnittes Fig. 332. Sie sehen lateral die Tractus bulbo-thalamici, vereint mit den Tractus spino-thalamici und dem Tractus quinto-thalamicus eben in den ventralen Sehhügel eintreten. Sie sind als „obere Schleife“ bezeichnet. Medial treten eben die frontalsten Fasern des tiefen Vierhügelmarkes

nach der Basis. Sie bilden das frontalste Stück dessen, was weiter hinten untere oder laterale Schleife hieß. Ihre Querschnitte haben dicht lateral von den frontalsten Okulomotoriusfasern, welche der Schnitt noch getroffen hat, bereits ein kleines Feld angelegt. Weiter ventral, immer nahe der Mittellinie folgen die frontalsten Züge des dorsalen Längsbündels aus dem im Haubenwulst gelegenen Nucleus fasciculi longitudinals dorsalis.

Auch der Traktus aus dem Corpus mamillare zum Haubenganglion hinter den kaudalen Vierhügeln ist natürlich hier quergetroffen, ebenso der mehrfach erwähnte Faserzug aus dem Ganglion habenulae thalami

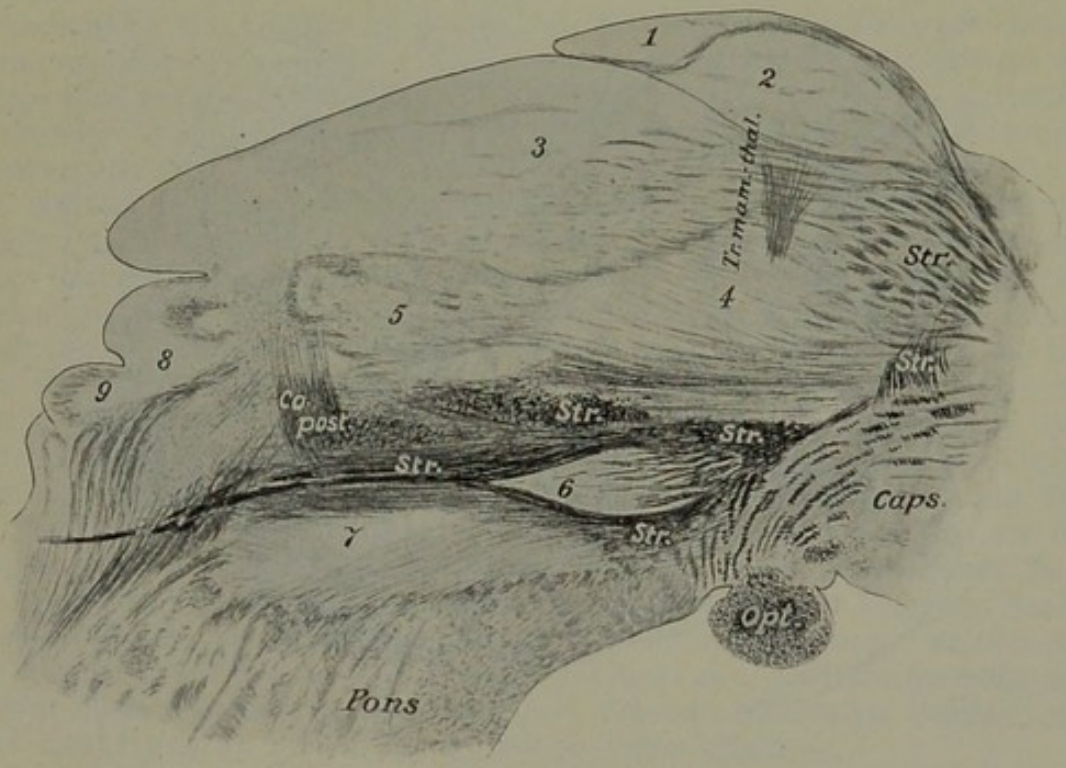


Fig. 262.

Erwachsener Mensch. Sagittalschnitt durch den Thalamus und Hypothalamus. Lage des Corpus hypothalamicum und die umgebende Faserung. Linsenkernfaserung dunkler gezeichnet; 1. Gangl. habenulae mit Taenia; 2. Nucleus anterior; 3. Nucleus medialis; 4. Nucl. lateralis; 5. Nucleus ventralis; 6. Corpus subthalamicum; 7. Substantia nigra; 8. Corp. genicul. lat; 9. C. quadr. ant.

zum Corpus interpedunculare, das im Winkel der Hirnschenkel dicht vor der Brücke liegt, Fasciculus retroflexus der Abbildung. Nicht angegeben, aber gewöhnlich auch hier gut sichtbar, ist der mitten durch die Okulomotoriuswurzeln rückwärts zur Brücke verlaufende Stiel des Corpus mamillare.

Wollen Sie auch der auf unserem Schnitt gut sichtbaren Einstrahlung der Tractus occipito-thalamici aus der Rinde der Hinterhauptlappen in die primären Endstätten des optischen Apparates, der Sehstrahlung also, Ihre Aufmerksamkeit noch schenken.

Diese ganze Kern- und Fasermasse wird dorsal durch den Thalamus begrenzt.

Der Thalamus,

wird von mehreren Ganglien gebildet. Diese Thalamuskerne sind weder am frischen Präparat, noch an Karmin- oder Markscheidenfärbungen scharf voneinander abzugrenzen. Ihre Zahl ist uns noch unbekannt, weil wir kein Kriterium für die Abscheidung der einzelnen von den anderen besitzen. Am sichersten wäre es, wenn es gelänge, bei einer Reihe von kleinen Säugern, wo die Thalamusganglien allemal noch relativ wenig von den einstrahlenden Großhirnfasern verändert, neothalamisch geworden sind, übereinstimmende Bilder der verschiedenen Zellgruppen festzustellen. Für einzelne ist das versucht,

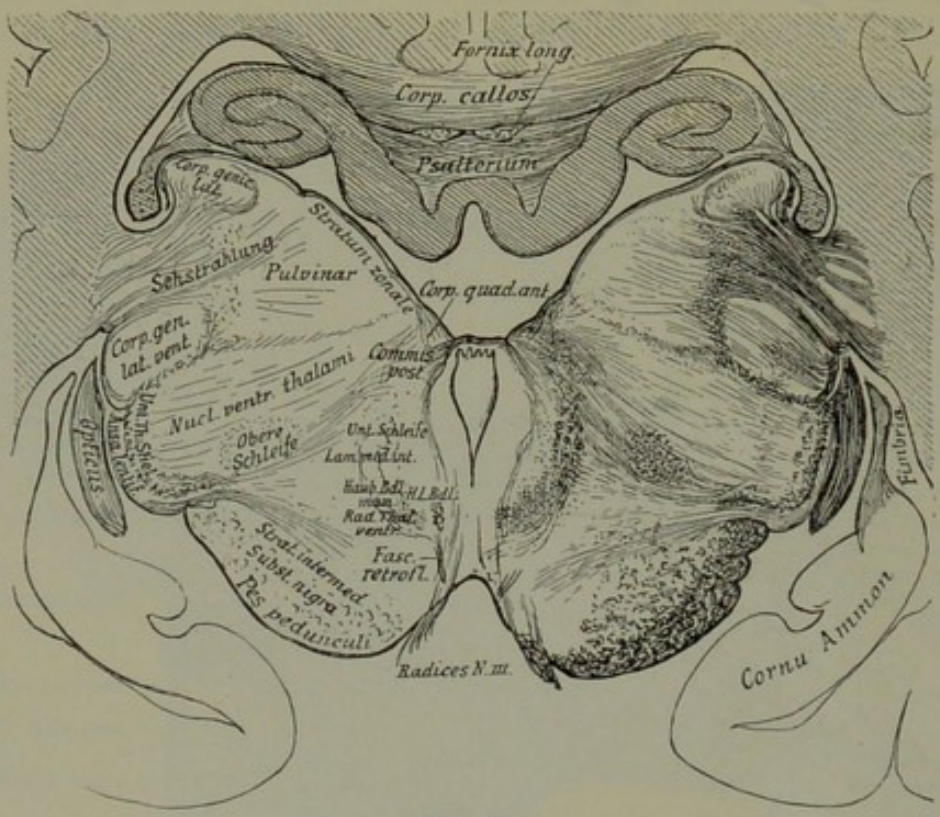


Fig. 263.

Übergang aus dem Zwischenhirne zum Mittelhirne. (Hund.)

Die Einstrahlung des Tr. strio-thalamicus (Ansa lentiformis) in die Regio subthalamica.

Der Schnitt durchquert die frontalsten Fasern der Commissura post. Stratum zonale-Fasern aus dem vorderen Vierhügel in den Optikus. Pulvinar. Nucleus ventralis thalami. Obere Schleife. Aus dem Ganglion habenulae hat sich der Fasciculus retroflexus abgelöst. Frontalste Fasern der unteren Schleife, aus einem im Texte nicht erwähnten grauen Kern, der direkt in das mittlere Mark der Vierhügel übergeht. Frontalste Okulomotoriusfasern. Hinteres Längsbündel. Die laterale, mit Sehstrahlung bezeichnete Faserung ist der Stiel des vorderen Hügels und der Stiel des Corpus geniculatum laterale. Der große als Nucleus ventralis thalami bezeichnete Kern geht kaudal ohne scharfe Grenze in das Corpus geniculatum mediale über. — Im Fuße des Hirnschenkels das Stratum intermedium aus der Einstrahlung der Stammganglionfaserung in die Regio subthalamica.

so von Ziehen für Echidna und einige Beuteltiere, von Röthig für die Beutelratte, von mehreren Seiten, Kölliker, Nißl, Münzer und Wiener, für das Kaninchen, dann haben wir Arbeiten über den Hund und die Katze, von Probst u. a., und die sehr genaue Durcharbeitung des Thalamus der Maus von S. Ramon y Cajal, Studien

von Bechterew über verschiedene Tiere und schließlich eine Reihe von Arbeiten über den Affenthalamus von Mann, Sachs und Cecile Vogt. Schließlich hat Sachs auch bereits den Versuch gemacht die Kerne an einer größeren Reihe von Tieren der verschiedensten Genera zu studieren. Es ist aber bisher die Durchführung der Homologisierung noch recht unsicher, weil schon die verschiedene Technik, dann die allemal erneute und deshalb so verschieden ausgefallene Nomenklatur das Einheitliche noch nicht erkennen lassen.

Nißl und v. Monakow versuchten eine Einteilung wesentlich auf Grund nicht etwa der Färbungen sondern der Areale und Kerne, die ausfallen, wenn bestimmte Rindenbezirke zerstört werden. Neuerdings erhielten wir dann Untersuchungen, die einfach auf Grund der Färbung, welche die verschiedenen Zellgruppen geben (Malone, Friedemann) oder der Abteilungen, welche die eindringenden markhaltigen Fasern bilden (Cecile Vogt) die Thalamusganglien von einander trennen wollen. Nun ist es keineswegs sicher, daß bestimmten Zellformen immer abzugrenzende Kerne entsprechen und noch weniger sicher ist es, daß die Abscheidungen, welche die einstrahlenden markhaltigen Bündel erzeugen, ohne weiteres zu einer Einteilung des Thalamus benutzt werden können. Immerhin ergaben die Zelluntersuchungen Bilder, die im wesentlichen mit dem stimmen, was wir aus anderen Erfahrungen wissen und sie dürfen deshalb mit einer gewissen Vorsicht auch da benutzt werden, wo sie das Bekannte erweitern. Die Myeloarchitektur des Thalamus, wie Cecile Vogt das Ergebnis ihrer Arbeit nennt, hat sie bei einem Affen zu jederseits 35 verschiedenen Feldern geführt. Da wir nur von ganz wenigen den wirklichen Faserzusammenhang kennen und der Versuch einer Homologisierung mit niederen Gehirnen gar nicht gemacht wird, so lassen sich einstweilen für die Gesamtdarstellung des Ganglienapparates diese mühevoll geschaffenen Bausteine noch nicht verwerten. Die genauesten Untersuchungen über den Thalamus eines Tieres mit nicht zu mächtiger Großhirneinstrahlung, welche wir bisher besitzen, sind die von S. Ramon y Cajal mit der Silbermethode angestellten über das Gehirn der Maus und die experimentellen Studien von Sachs und Horsley an der Katze und an einem Macacen.

Übersehe ich diese verschiedenen Arbeiten und vergleiche ich sie mit dem, was eigene reiche Erfahrung an den verschiedensten Tierarten gelehrt hat, so kann ich zu der folgenden Einteilung kommen:

Ganz medial liegt das Zentrale Höhlengrau und in diesem eine Reihe kleinerer Kerne, die zum Teil die Mittellinie überschreiten. Wir werden diese Gruppen zuletzt betrachten.

Weiter lateral findet sich eine, wie die vorgenannten noch wesentlich palaeencephale und fast nur mit dem Striatum in Verbindung stehende Gruppe, bestehend aus dem Nucleus anterior — er wird vielfach als Nucleus dorsalis bezeichnet — mit einem lateralen Nebenkerne und dem Nucleus medius. Der Nucleus anterior soll nach Sachs bei Säugern mit stark entwickeltem Geruchsapparate — Carnivora, Rodentia — besonders mächtig entwickelt sein, bei den schwimmenden Säugern, die fast keine Riechnerven haben, fast fehlen. Ganz lateral liegt, von der Capsula interna begrenzt, die Gruppe der lateralen Kerne. Sie ist durch die Lamina medullaris interna

von der vorgenannten geschieden. In den ventralen Abschnitt dieser Gruppe münden die sensiblen Bahnen via Lamina medullaris externa und überall sendet sie Fasern hinaus in die Hirnrinde.

Beim Menschen hat man sich seit Burdach auf eine ganz ähnliche Einteilung längst geeinigt, die zudem durch die Arbeiten von Monakow vielfache Stütze erhalten hat. Mit der Vergrößerung des Großhirnrindengebietes haben sich auch im Vergleich zu den anderen Säugern, selbst den Affen, einzelne Kerne noch wesentlich vergrößert und es scheint namentlich, daß die Großhirnfaserung auch die mediale Gruppe, welche nach den Versuchen von Sachs bei den von ihm untersuchten Tieren noch rein palaeencephal war, in neothalamisches Gebiet umgewandelt hat.

Die folgende Beschreibung gilt im wesentlichen für den Menschen.

Der Nucleus anterior gleicht einem mit dem stumpfen Ende nach vorn zwischen die beiden anderen Ganglien eingedrängten Keile. Dies vordere dickere Ende, welches auf der Thalamusoberfläche als Erhebung vorn sichtbar ist, haben wir früher schon als Tuberculum anterius kennen gelernt (Fig. 42). Der Kern ist fast ganz von markhaltigen Fasern umschlossen; dorsal überzieht ihn das Stratum zonale thalami, dessen Fasern sich auch an seiner Lateralseite in die Tiefe senken und da mit den einstrahlenden Zügen des Tractus strio-thalamicus eine Art Kapsel — Lamina medullaris anterior — bilden. Ebensolche Züge erhält er medial und von ventral her strahlt in ihn der Ihnen bereits bekannte Faserzug aus dem Corpus mamillare, der Tractus mamillothalamicus, Vicq d'Azyrsches Bündel, ein. Fig. 272.

Dem Kerne medial und auch lateral anliegende andersartige Zellgruppen werden als Nucleus anterior accessorius bezeichnet.

Beim Menschen scheint dieser sonst rein palaeencephale Kern Großhirnfasern aufzunehmen, aber ganz sicher ist das nicht.

Der Nucleus medialis wird medial von den kleinen Gangliengruppen des zentralen Grau begrenzt und nahe den Vierhügeln sitzt ihm auch die Formation des Ganglion habenulae auf, lateral überdeckt er etwas den vorderen Kern, von dem ihn die diesen zu gutem Teil umgebende Markkapsel scheidet. Er reicht aber bis an die Lamina medullaris interna, welche ihn von dem lateralen Kerne scheidet. An seinem kaudalen Ende verbreitert sich dieser Kern, wahrscheinlich durch Neuaufnahme neencephaler Teile, besonders bei Affen und Menschen zu dem Pulvinar thalami, dem dicken Polster, das auf Fig. 42 beiderseits von den Vierhügeln sichtbar ist. In den medialen Abschnitt des Nucleus medialis gelangen Stabkranzfasern aus dem Stirnlappen und in das Pulvinar via Stratum zonale Optikusendfasern sowie durch tiefere Fasern Züge aus oder zu dem Occipitallappen. Die Ventralseite des Pulvinar ist nicht nochmals scharf von den Abteilungen des Nucleus lateralis abzuscheiden, fließt — mindestens beim Menschen — mit diesen zusammen. Allerdings sollen, Malone, Friedemann, min-

destens in den ventraleren Partien etwas andersartige Zellen eine Abscheidung des Pulvinar vom Nucleus medialis und lateralis ermöglichen. C. Vogt trennt allein in dem medialen Kerne nach dem Reichtum an Markgeflechten 8 Abteilungen ab. Fig. 270.

Ob die Lamina medullaris interna, welche im allgemeinen lateral von diesem Kerne verläuft, wirklich eine Grenze zwischen ihm und dem immer sehr viel markfaserreicheren Nucleus lateralis bildet, oder ob sie, wie es nach den Zellformen, Malone, scheinen möchte, mitten in einer beiden Kernen gemeinsamen Masse liegt, das zu entscheiden wird Sache weiterer Untersuchung, vielleicht nur der Definition des Wortes „Thalamuskern" sein.

Der größte aller Thalamuskerne ist der Nucleus lateralis. Er erstreckt sich am Seitenrande des Thalamus über dessen ganze Länge und nimmt hinten, wo ihn keine deutliche Grenze vom Pulvinar scheidet,

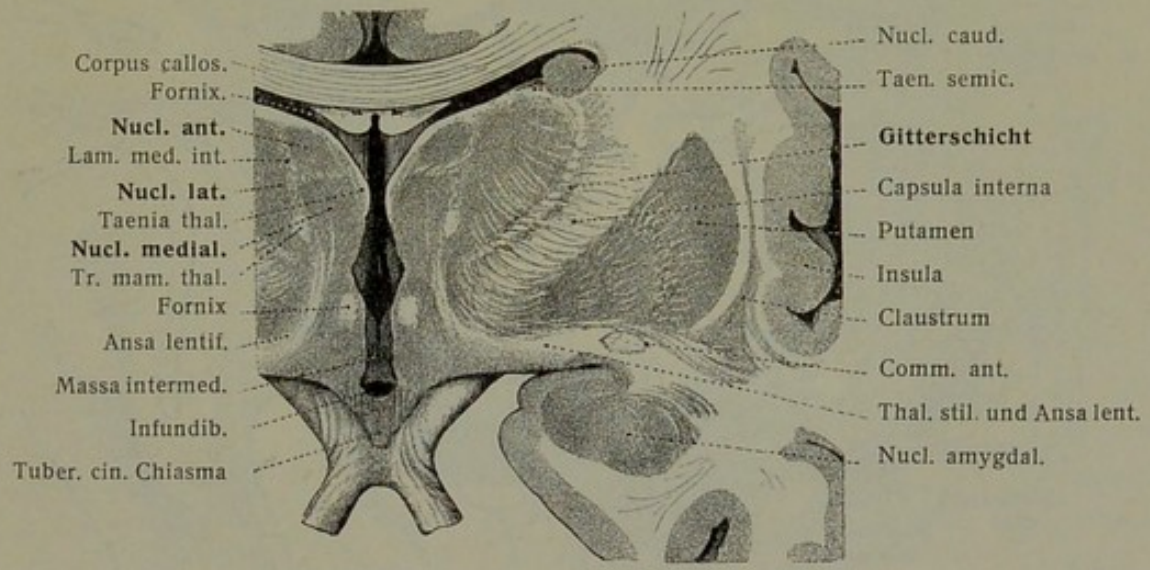


Fig. 264.

Mensch. Schnitt durch den Thalamus in der Höhe des Infundibulum.

auch fast die ganze Thalamusbreite ein. Aus der Capsula interna empfängt er eine starke Rindeneinstrahlung, die natürlich wie alle Stabkranzteile des Thalamus doppelläufig ist. Da wo die Fasern eintreten und austreten, fassen sie einzelne Abschnitte der Thalamussubstanz zwischen sich, die, weil ihre Zellen etwas anders geformt sind, auch als Kern der Gitterschicht abgeschieden worden sind. Die reiche und sich überaus fein aufzweigende Faserung gibt diesem Kerne ein weißeres Aussehen als den anderen Thalamuskernen. Der dorsale Abschnitt ist gewiß ein einheitlicher, aber der ventrale, der sich auch weithin medial erstreckt, wird besser als Nucleus ventralis von dem eigentlichen lateralen Kerne abgeschieden. In dieser Ganglienmasse läßt sich mindestens eine Dreiteilung nachweisen.

Der medialste Abschnitt, ein rundliches Gebilde — Nucl. centralis (Nucl. globosus) — ist beim Menschen von einer eigenen kräf-

tigen Markkapsel umgeben. Bei einer großen Anzahl Säuger hat Sachs ihn, weil eine solche fehlt, nicht scharf von den übrigen Kernen abscheiden können. Ihm liegt ein halbmondförmiger Nucleus arciformis lateral an und dann folgt die diffuse Masse des Ventralkernes oder des ventralen Abschnittes des Lateralkernes. In diesen ventralen Kern strahlt via Lamina medullaris externa die ganze sensible Faserung ein. Er ist neben dem Ganglion habenulae wahrscheinlich der phylogenetisch älteste Thalamuskern, denn beide Ganglien kommen schon bei den Fischen vor und sind bei Reptilien und Vögeln schön ausgebildet. Fig. 266.

Daß hier die sensible Faserung einstrahlt, das ist zuerst von v. Monakow gefunden und durch zahlreiche Degenerationspräparate bewiesen worden. Es

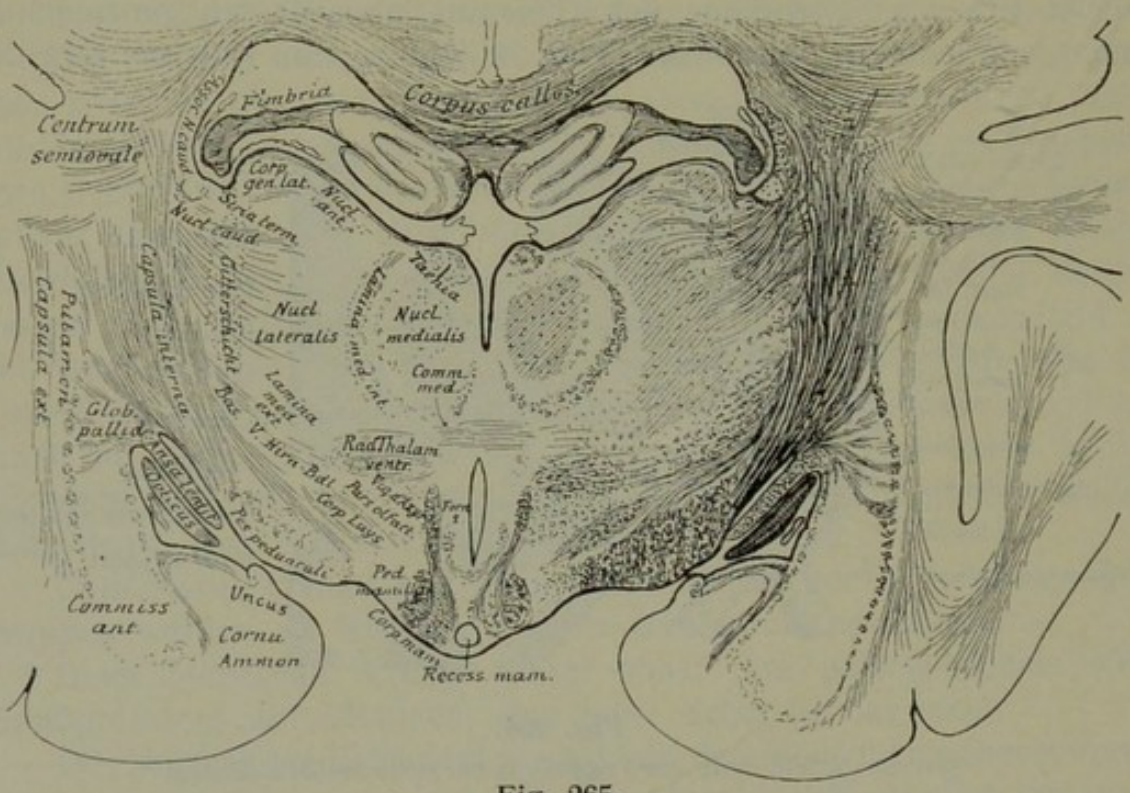


Fig. 265.

Hund. Frontalschnitt durch zirka die Mitte der Thalamuslänge. Unter dem Balken liegen die Frontalenden beider Ammonshörner, verbunden durch das Psalterium, jederseits die mächtige Fimbria aussendend. Im Thalamus: Nucleus medialis und lateralis in ihrer größten Breite, voneinander getrennt durch die quer getroffene Lamina medullaris interna, dorsal begrenzt durch die Taenia thalami, in welche Fasern aus dem Stratum zonale gelangen, durch den kaudalen Teil des Nucleus anterior und das dorsofrontale Ganglion des Ganglion habenulae. Ganz lateral und dorsal der Schwanz des Nucleus caudatus und sein Begleitbündel. Aus der Capsula interna tritt der Stabkranz des Nucleus lateralis und des Nucleus anterior herein; zwischen Nucleus lateralis und Capsula entwickelt sich aus dem ersteren die Lamina medullaris externa. An der Basis das Corpus mamillare; in welches auf dieser Schnitthöhe das Vicq d'Azyrsche Bündel aus dem Nucleus anterior und das Haubenbündel vereint eintreten. Lateral entwickelt sich der Pedunculus mamillaris, dorsal, direkt unter dem Ventrikel, die Decussatio subthalamica anterior. Die Capsula interna wird an der Unterfläche als Hirnschenkelfuß frei. Dorsal vom Corpus Luys die Fasern des tiefen Riechmarkes und, diesen dicht aufliegend, die Radiatio thal. vent. Lateral von der Capsula interna der Linsenkern, aus dem die Schlinge sich dicht an den Fuß legt. Zwischen Schlinge und dem ventralen Teile des Ammonshornes der Nervus opticus.

hat auch S. Ramon y Cajal bei der Maus das überraschend feine Aufsplittern der via Lamina medullaris externa ankommenden Fasern sehr schön abgebildet, ebenso wie er auch den Ursprung der zur Rinde gehenden Fasern aus da liegenden Zellen zeigen konnte. Die betreffende Kerngruppe, die im ven-

tralen und etwas lateralen Abschnitt des Thalamus liegt, nennt er Sensitiven Kern. Ihm liegen vorn und hinten ganz direkt je ein Nucleus semilunaris an, der vielleicht Endkern des sekundären Trigeminus ist. Ein wenig weiter rückwärts dicht vor den Vierhügeln gelegener Nucleus praebigeminalis scheint ebenfalls Fasern aus der sekundären sensiblen Bahn zu bekommen, also dem gleichen Apparat anzugehören, wie die bisher genannten Kerne.

Die großen Zellen des Ventralkernes veranlassen Malone, ihn als Nucleus magnocellularis zu bezeichnen. Den Nucleus centralis nennt er Nucleus parvocellularis und zwischen beiden unterscheidet er eine Pars arcuata, dichtere Zellen, die den kleinzelligen Kern umgeben. Sie ist offenbar identisch mit Cajals Nucleus semilunaris.

Die sensible Kerngruppe erstreckt sich fast unter dem ganzen Thalamus hin frontalwärts.

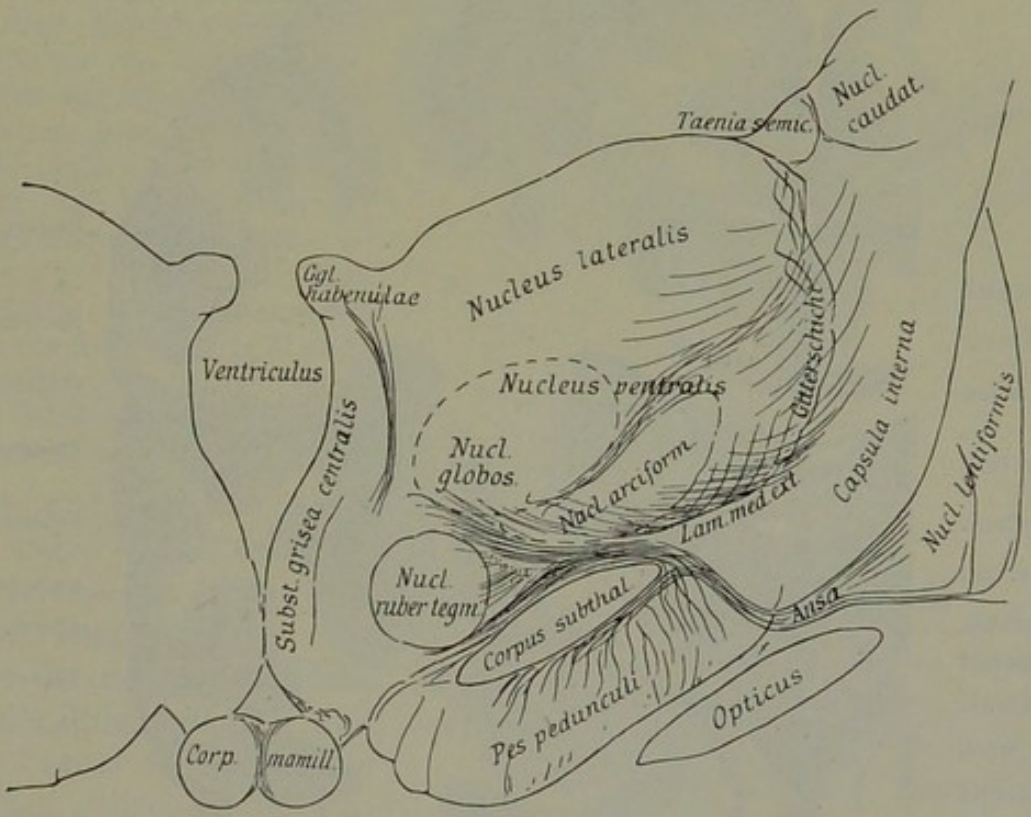


Fig. 266.

Schema eines Thalamusfrontalschnittes zur Orientierung über die Kerne.

Die sekundären sensiblen Bahnen treten in der Weise in den Thalamus ein, daß diejenigen, welche den längsten Weg haben, am weitesten lateral liegen. Schon im ganzen Verlauf der Oblongata und Brücke wurde das aus dem Rückenmark aufsteigende System immer ganz lateral in dem gemischten Seitenstrangbündel demonstriert. Es bleibt auch weiter oben so liegen und tritt als laterales Bündel der Lamina medullaris externa dicht unter dem Geniculatum laterale in den ventralen Thalamuskern ein. Medial von ihm verläuft aufwärts die sekundäre Trigeminusbahn. Sie tritt denn auch medialer ein und endet mit ihrem kaudaleren Anteil etwas dorsal und medial von dem vorgenannten Bündel. Ihr frontaler Anteil endet noch weiter medial und dorsal via Lamina medullaris interna in einem Kernabschnitt des ven-

tralen Thalamuskernes — Nucleus centralis und Nachbarschaft. Die sekundären Bahnen aus den gekreuzten Hinterstrangkernen, die Hauptmasse der medialen Schleife also, gelangen natürlich noch weiter medial in die Lamina medullaris externa und durch sie in den inneren Abschnitt des ventralen Kernes.

Die gegenseitige Lage dieser Bahnen und ihre exakten Endpunkte hat durch sorgfältige Durchschneidungsversuche beim Kaninchen Wallenberg zuerst gefunden.

Die ganze sekundäre sensible Faserung endet also ge-

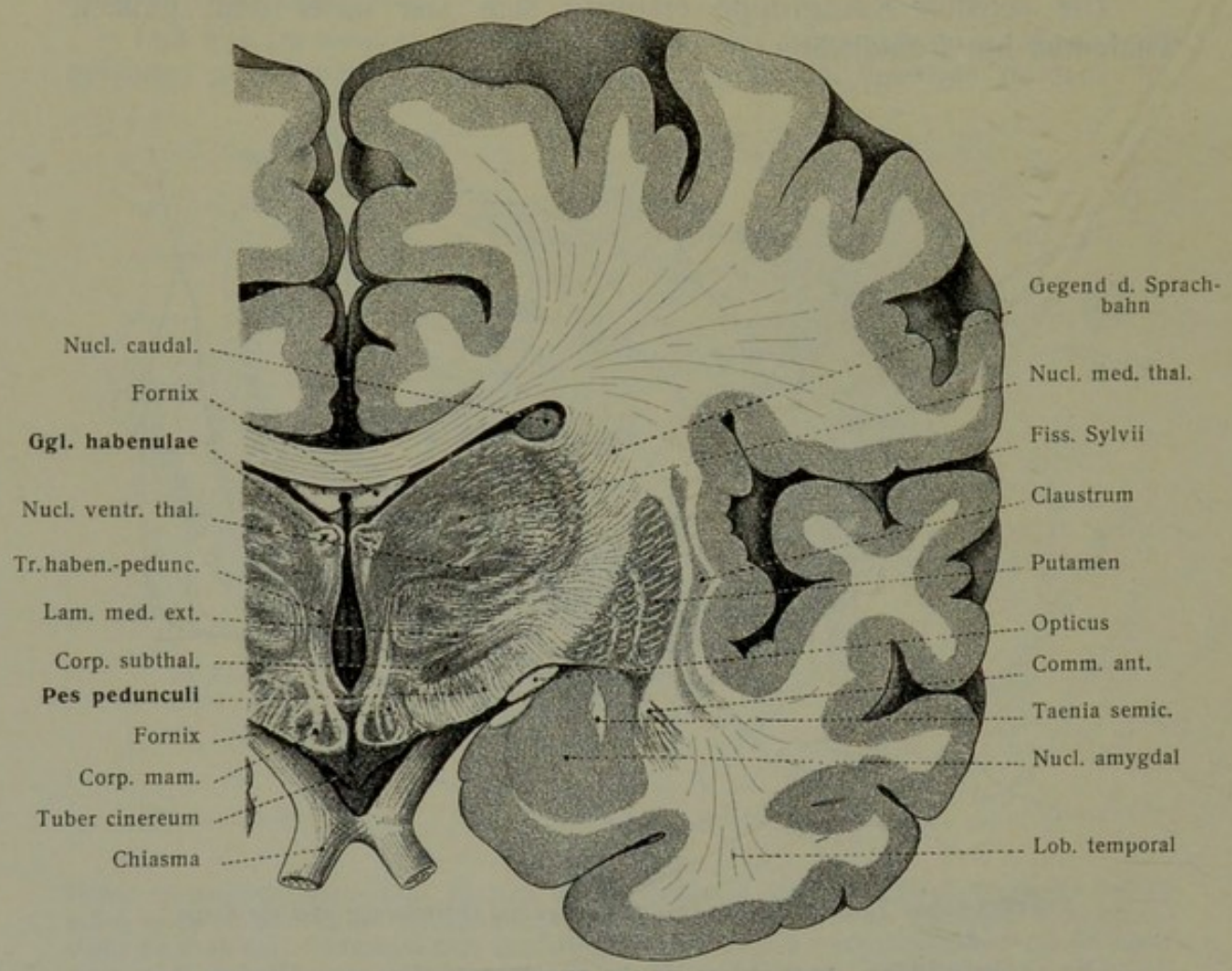


Fig. 267.

kreuzt in den ventralen Thalamusabschnitten. (Von Monakow.) Wird sie irgendwo unterbrochen, so entartet sie nicht weiter frontal. Vgl. Fig. 268. Aber aus dem ventralen Thalamuskern gelangen auch mächtige Züge in die Rinde, die Haubenstrahlung. Durch sie können die Gefühlseindrücke dem Apparate des Großhirnes zugeleitet werden.

Die Lamina medullaris externa enthält aber mehr als die eintretende sensible Faserung. In ihrem medialeren Abschnitt treten Elemente aus dem Cerebellum, Teile der Brachia conjunctiva ein und diese sind eng begleitet von Faserzügen aus dem Nucleus ruber. Diese umgreifen

vielfach die frontale, dorsale und mediale Seite des roten Kernes, mischen sich hier mit den Zügen aus dem Bindearm des Kleinhirnes zum Thalamus und bilden als Ganzes eine Art Capsula nuclei rubri.

Am weitesten lateral in das Markfeld der Lamina medullaris externa strahlen die Fasern ein, welche der Haubenbahn angehörend, den ventralen Thalamus, in dem die sekundäre Gefühlsbahn endet, mit der Großhirnrinde verbinden — Tractus thalamo-corticales. Ihnen liegen wahrscheinlich die Rindenbahnen aus oder zum roten Kern (Dejerine) direkt an.

Es hat außerordentlich vieler Arbeit bedurft, um diese Verhältnisse zu klären. Namentlich war bis in die neueste Zeit hin fraglich, ob nicht doch direkte Züge aus der Hirnrinde bis zu den Bulbärkernen der Hinterstränge gelangten — Flechsigs und Hösels Rindenschleife — aber besonders durch die Arbeiten von Monakow, Mahaim, Bielschowsky, Wallenberg, Probst u. a. sehen wir jetzt hier klarer.

Zu und aus dem Großhirn treten von unten und von lateral her in die medialen, lateralen und ventralen Kerne die Rinden- und die Striatumfasern, und diese Fasern setzen gewisse Grenzen zwischen die einzelnen Kernregionen, die aber nirgendwo so scharf abgrenzen, daß man immer scharf trennen könnte.

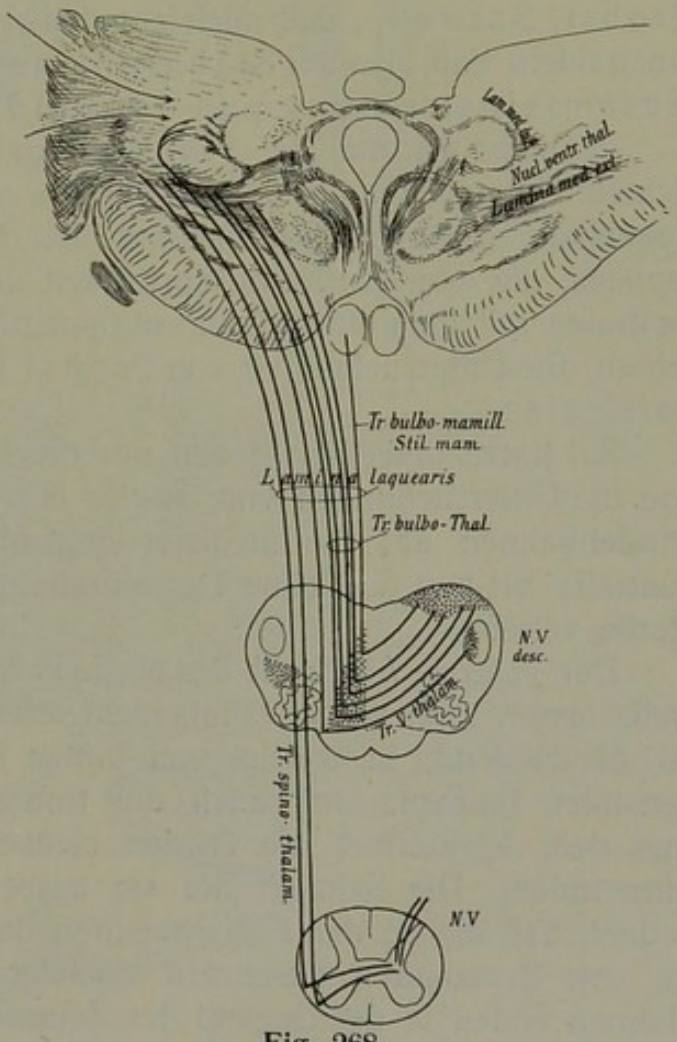


Fig. 268.
Schema der Einstrahlung in den Thalamus.

Da diese drei Kerngruppen alle den gleichen Zellaufbau haben, sohat Malone den Vorschlag gemacht, die ganze Gruppe als Nucleus communis thalami zusammenzufassen. Diesem Vorschlage diametral entgegengesetzt ist der von C. Vogt stammende, die im gleichen Areal je nach der Dichte der einstrahlenden Markmassen und ihrer Netze nicht weniger als 17 Teile abscheiden möchte.

Weiße, markhaltige Fasern, das Stratum zonale (Gürtelschicht), überziehen den Thalamus. Sie sind zu einem Teile in der Richtung nach der Hirnbasis in den Sehnerven hinein zu verfolgen, zum anderen scheinen sie aus den kaudalen Teilen der Capsula interna,

vielleicht aus der Sehstrahlung, zu stammen. Alle senken sich in die Tiefe des Thalamus, wo sie sich zwischen dessen Ganglien in Zügen sammeln und so diese scheinbar voneinander trennen. Die mikroskopische Untersuchung zeigt, daß sie in das feine Nervenfasernetz, das diese Ganglien erfüllt, eindringen.

Die Thalamusganglien atrophieren zu gutem Teile, wenn das Rindengebiet, aus dem sie ihre Einstrahlung empfangen, zugrunde geht. Deshalb kann man nach jeder Rindenverletzung entartete Fasern finden, welche in den Thalamus einstrahlen, um da zu enden. Nissl, v. Monakow u. a. Die Zerstörung des Thalamus selbst, zeigt — Probst, Sachs —, daß auch aus dem Thalamus Bahnen in die Rinde einstrahlen, daß also der Stabkranz des Thalamus, so heißt die Gesamteinstrahlung aus der Rinde, doppelläufig ist.

Monakows auf die Tractus cortico-thalamici speziell gerichtete Untersuchungen lehren, daß die am meisten frontal und medial liegenden Sehhügelabschnitte mit den Windungsgruppen des Stirnlappens, die lateralen Kerngruppen mit den Parietalwindungen und die ventralen mit dem Operculum zusammenhängen. Ungefähr das gleiche lehren die Untersuchungen von Probst über die Tractus thalamocorticales.

Bei Katze und Affen geben nur der laterale und der ventrale Kern, wie die Untersuchungen von Sachs mit aller Sicherheit lehren, solche Rindenbahnen ab; die medialer liegenden Kerne, auch der Nucleus centralis bleiben da ohne Degenerationsstellen, einerlei wo man die Rinde verletzt.

Der ventrale Abschnitt des Nucleus lateralis und der Nucleus ventralis lassen sich, wie erwähnt, nicht scharf voneinander trennen. Das ist die Gegend, in welche von hinten her die Züge der sekundären sensiblen Bahnen, aber auch die frontalsten Anteile der Bindearme aus dem Kleinhirne, die Tractus cerebello-tegmentales diencephalici einmünden. Die Bahnen, die sie aussendet, sind in der Weise geordnet, daß die zu den Fazialiszentren der Rinde gehenden ventral, die zu den Beinzentren ziehenden dorsaler liegen. Die meisten dieser Bahnen enden in der Gegend der Zentralwindungen und nach Sachs sind die vorderen Windungen mit mehr und stärkeren Fasern versorgt als die hinteren.

Vielfach findet die Einstrahlung der Thalamusfaserung in mehr oder weniger geschlossenen Bündeln statt, die man dann als vorderen, unteren, hinteren Thalamusstiel bezeichnete. Vgl. Fig. 269. Alle Thalamusstiele setzen sich zusammen aus den Fasern aus und zu der Rinde und aus denjenigen aus und zu dem Corpus striatum. Der untere Stiel läßt das am deutlichsten erkennen. Aus dem Schläfenlappen und aus dem Nucleus lentiformis stammend, muß er erst eine kurze Strecke das Gehirn medialwärts überqueren, wie Fig. 269 sehr gut erkennen läßt. Diese dicht vor dem Tractus opticus liegende Fasermasse,

in welcher ein Ganglion, Ganglion der Linsenkernschlinge, liegt, hat Meynert Substantia innominata genannt. Der Striatumanteil heißt Ansa peduncularis. Er bildet also, vereint mit dem ventralen Tractus cortico-thalamicus, jene Subst. innominata. S. Fig. 262 unten links und Fig. 270.

In den dorsalen Kern dringt von der Ventralseite her der Tractus mamillo-thalamicus aus dem Vicq d'Azyrschen Bündel ein. Dies ist Fig. 271 gut zu sehen, ebenso wie Fig. 270 Abschnitte dieses Bündels

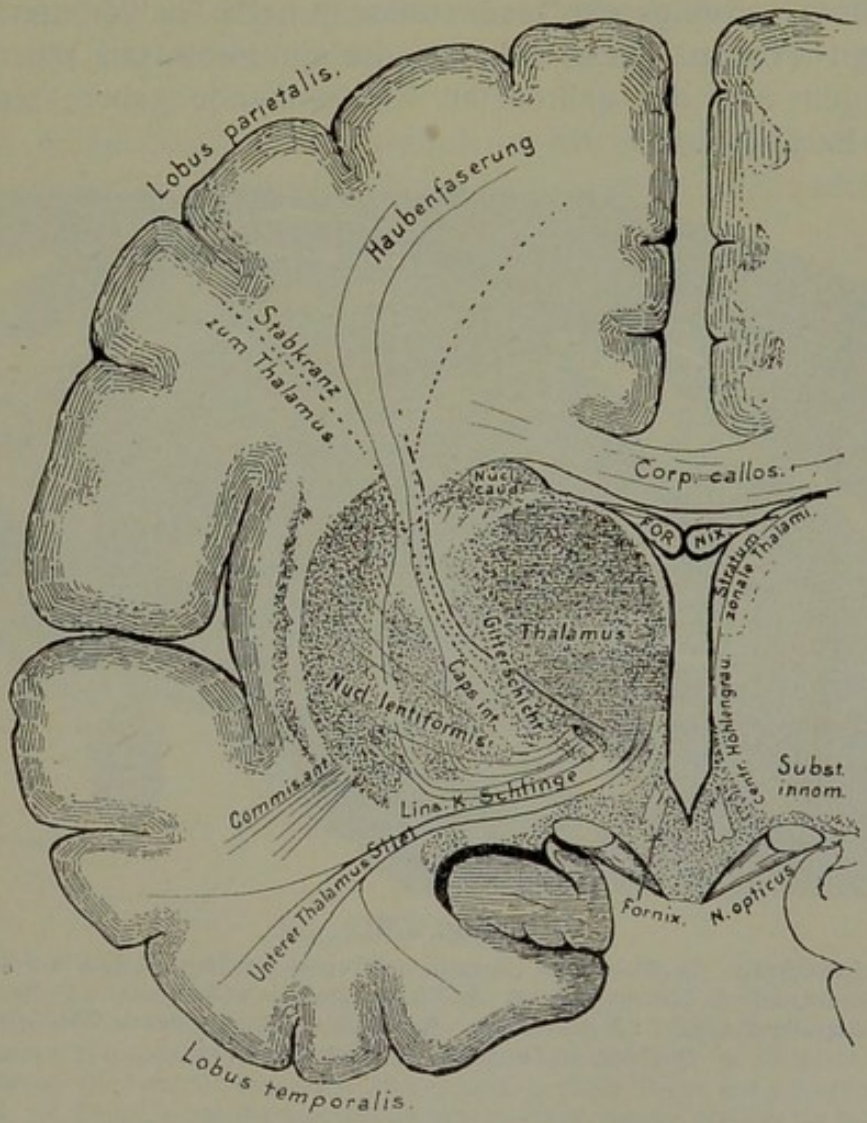


Fig. 269.

Schema eines Hirnschnittes mit der Einstrahlung in den Thalamus. „Thalamusstiele".

erkannt werden. Über die eigenen Bahnen der Thalamusganglien, über Verbindungen der einzelnen untereinander, und vor allem über kaudalwärts ausgesandte Faserzüge wissen wir noch sehr wenig. Die überaus sorgfältigen kleinen Läsionen, die in den Versuchen von Sachs benutzt wurden, lehrten, daß der Nucleus centralis und der ihm anliegende Nucleus arciformis keinerlei Fasern zur Rinde senden, wohl aber zu allen anderen Thalamuskernen, daß sie also Assoziationskerne sein müssen. Bei keinem dieser Versuche wurden zur Oblongata oder

dem Rückenmarke absteigende Fasern gefunden. Doch hat die Untersuchung sekundärer Degenerationen beim Menschen und Hunde zur Oliva inferior absteigende Bahnen, den Tractus Thalamo-olivaris (Bechterew) kennen gelehrt und es hat Wallenberg bei Kaninchen nach basalen Thalamusverletzungen kreuzende Fasern bis zu den Vorderseitensträngen des Rückenmarkes verfolgt. Bei derartigen Verletzungen wird leicht der Nucleus fasciculi longitudinalis an der Basis des Haubenwulstes angeschnitten und deshalb sind gelegentlich in diesem Bündel absteigende Degenerationen nach Thalamuszerstörungen beschrieben worden. Auch Bahnen, die zur Substantia reticularis der gleichseitigen und der gekreuzten Brückenhaube gehen, werden behauptet. Boyce u. a.

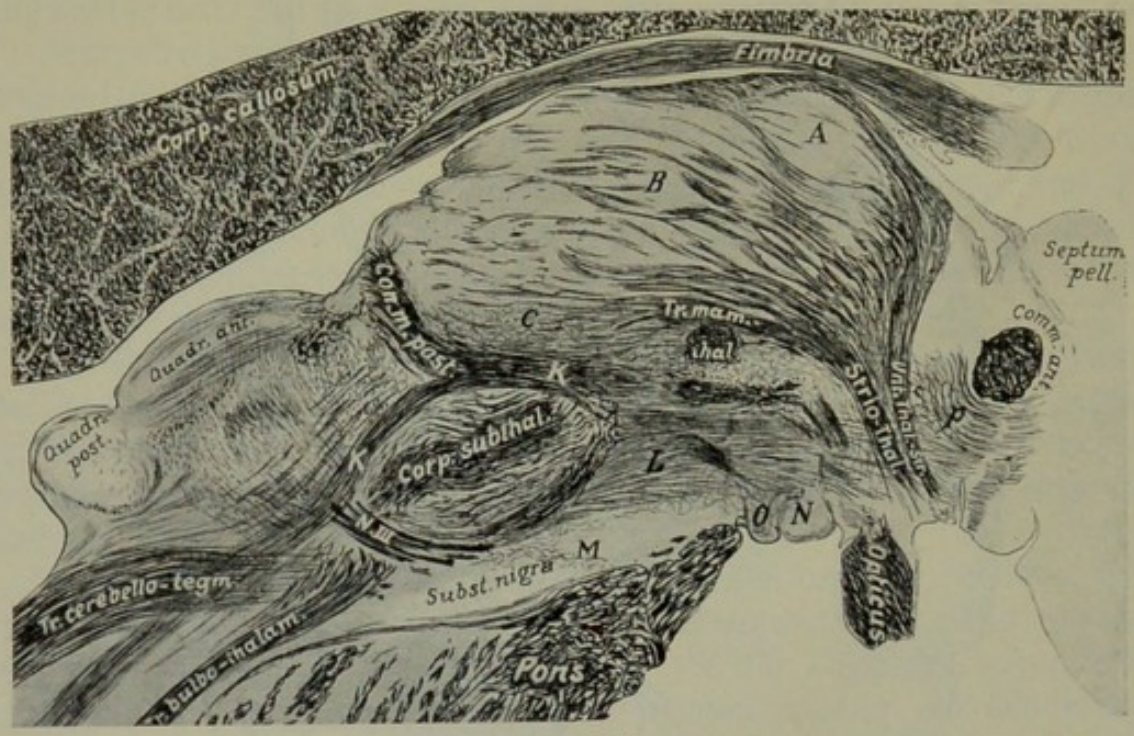


Fig. 270.

Der untere Thalamusstiel. Sagittalschnitt. Mensch. Die dunkleren Fasern gehen in das Striatum, die helleren zur Hirnrinde. *A*: Nucleus auterior. *B*: Nucleus medialis und Pulvinar. *C*: Nucleus ventralis. *K*: Centrale Trigeminusbahn? *L*: Riechfaserung. *M*: Caudalste Striatumfasern. *ON*: Corpus mamillare. *P*: Medialste Fasern der Radiatio strio-thalamica.

Stratum griseum centrale und Massa intermedia (Commissura mollis).

Die Innenseite des Thalamus ist mit dem zentralen Höhlengrau des dritten Ventrikels bedeckt. Dieses besteht aus einem zellreichen und von sehr vielen feinen, markhaltigen Nervenfasern in allen Richtungen durchzogenen Gewebe. An der medialen Fläche des Thalamus verklebt es auf eine ca. $^3/_4$ cm lange Strecke mit dem der gegenüberliegenden Seite zur Massa intermedia (Commissura mollis). Die Anatomie hat früher diesen beim Menschen nur gering entwickelten Thalamusabschnitt recht vernachlässigt. Seit man aber erkannt hat, daß er schon bei Reptilien auftretend, bei den niederen

Säugern einen recht komplizierten Aufbau erlangt, hat man sich mehrfach mit ihm beschäftigt.

Weithin sich lateral erstreckend liegt mitten zwischen den großen Ganglien des Thalamus eine überallhin sich ausbreitende Masse ziemlich gleichartiger Zellen, die in der Mittellinie mit der gleichartigen der anderen Seite verschmilzt. Das ist der Nucleus reuniens, der mindestens beim Menschen einen Hauptteil der Massa intermedia ausmacht. Über und unter ihm liegen im zentralen Grau, das den dritten Ventrikel überall auskleidet, noch eine ganze Reihe kleinerer Zellgruppen, die am besten bisher von S. Ramon y Cajal geschildert worden sind.

Ganz dorsal liegt in den frontaleren Ebenen der Massa intermedia ein beim Menschen minimaler, bei vielen Säugern aber recht beträcht-

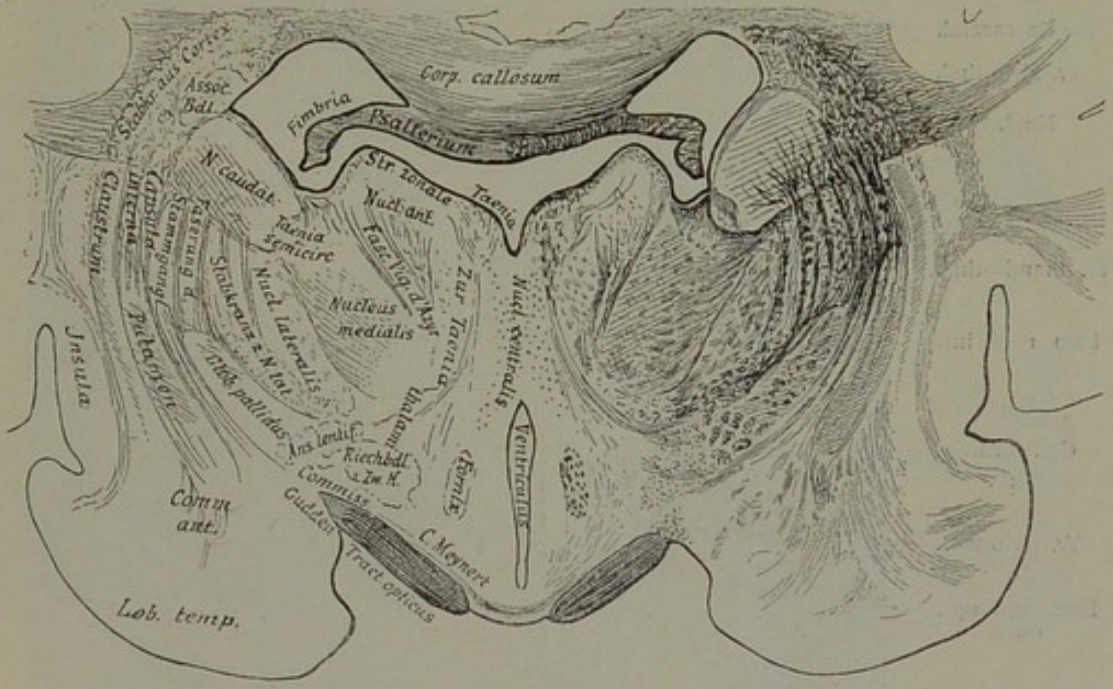


Fig. 271. Vom Hunde.

Frontalschnitt der etwa durch das vordere Thalamusdrittel geht. Er bedarf, da alle Bezeichnungen eingeschrieben sind, nur wenige Worte zur ergänzenden Erklärung. Aus dem Großhirne treten rechts oben die Fasern lateral vom Stammganglion herab zur Capsula interna. Sie treffen da auf die mächtige Faserung aus dem Nucleus caud., durchbrechen sie und strahlen zum Teile als Stabkranz in das laterale Thalamusganglion. Die Mehrzahl aber bleibt an der erwähnten Stelle liegen und zieht rückwärts. Dieser Teil muß von der Stammganglionfaserung umfaßt werden, wenn dieselbe einwärts zu ihrer Endstätte in den Zwischenhirnganglien tritt. Zu den umfassenden Zügen gesellen sich — nahe der Basis — die Züge aus dem Putamen und bilden mit ihnen zusammen die Ansa lentiformis. Medial von dem hier bereits getroffenen Bündel der Ansa liegt die zarte Strahlung aus dem Riechfelde zum Corpus mamillare. Aus der Riechstrahlung löst sich in dieser Höhe und weiter hinten das dorsalwärts aufsteigende Bündel der Taenia thalami los. Man sieht es bis zur Thalamusoberfläche ziehen und sich dann rückwärts zum Ganglion habenulae wenden. Zum Riechaparate gehört wahrscheinlich auch das Vicq d'Azyrsche Bündel das sich aus der Markkapsel des hier angeschnittenen, vorderen Thalamuskernes entwickelt.

licher Kern, der sich auch durch besonders starke aus der Linsenkernschlinge kommende Zuzüge auszeichnet. Cajal hat ihn Nucleus superior raphes genannt, es ist aber zweckmäßiger, ihn als Nucleus dorsalis massae intermediae zu bezeichnen. Leicht auffindbar ist dann ventral von der Massa intermedia eine dünne Platte

sehr großer Zellen, die in das zentrale Grau einen dicken markhaltigen Faserstrang senden. Sie liegen beiderseits von dem Ventrikel dicht unter seinem Epithel und heißen schon von den Fischen her Nucleus magnocellularis strati grisei.

Diese Apparate sind beim Menschen und Affen meist recht unbedeutend, wie denn auch da der Gehalt markhaltiger die Mittellinie überquerender Fasern in der Commissura mollis gering ist, aber bei

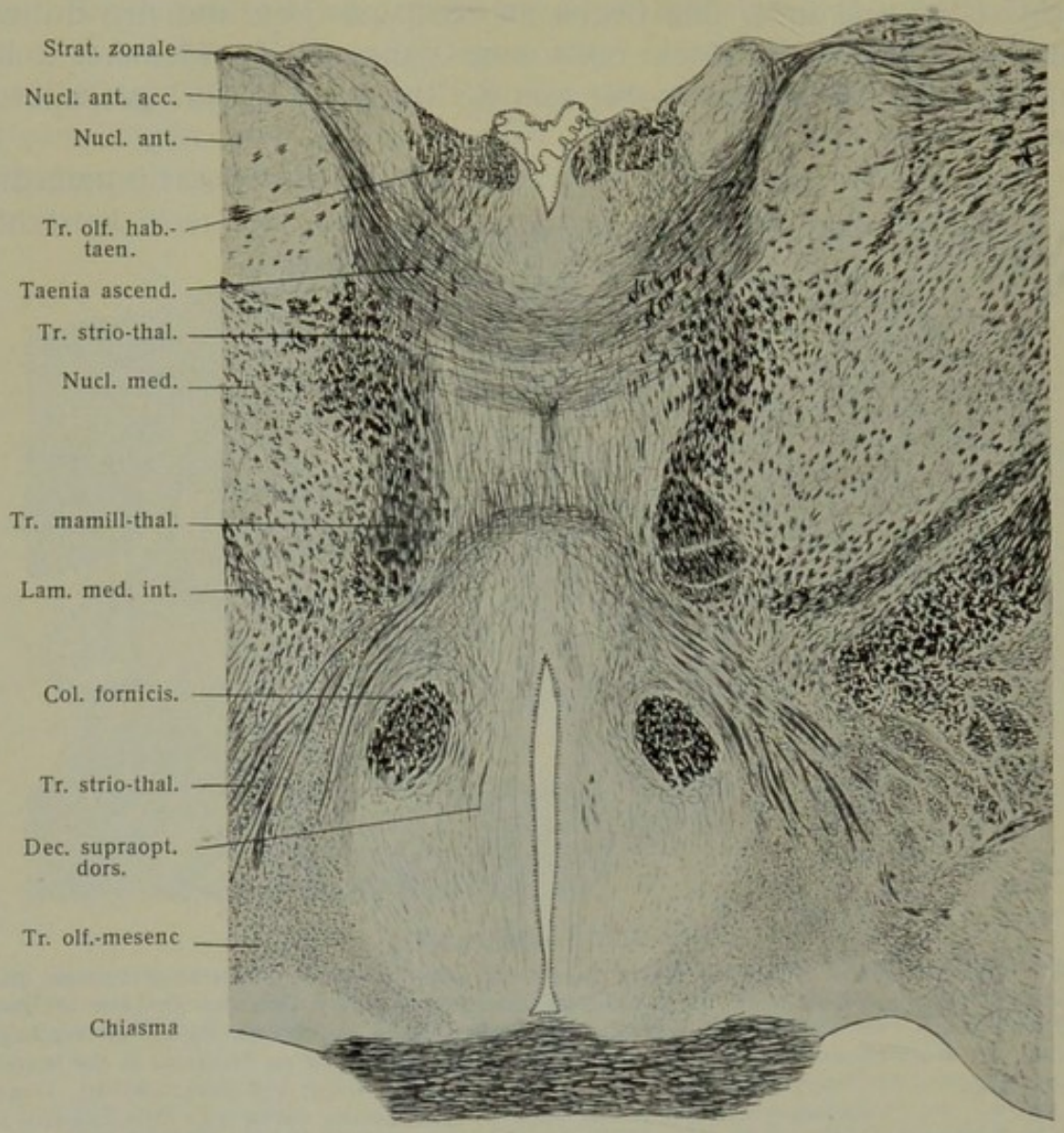


Fig. 272.

Die Massa intermedia von Hyrax capensis.

vielen kleinen Säugern sind sie viel mächtiger entwickelt und hier spielen dann auch die Mittellinie überquerende Fasersysteme eine ganz andere Rolle. So sehen Sie z. B. in der von Hyrax stammenden Fig. 272, wie mehrere Schichten transversaler Fasern, an deren Herkunft auch das Stratum zonale oder ganz dorsale Kerngruppen beteiligt sind, eine sehr starke Massa intermedia bilden. Bei der Maus und der Ratte ist es ebenso.

Niemand kennt heute die Bedeutung dieser Zellgruppen im zen-

tralen Höhlengrau. Nur eines wissen wir, daß die dort liegenden Zellen massenhaft feine markhaltige Fasern abgeben, die teils ventralwärts, teils kaudalwärts ziehen und nicht nur nach allen Thalamusganglien, sondern auch nach den Vierhügeln und noch weiter kaudal gelegenen Gebieten gelangen. Die älteren Untersuchungen von Schütz kann ich für den Menschen durchaus bestätigen und für die kleineren Säuger kann ich zufügen, daß dieses System des zentralen Höhlengraues da relativ noch sehr viel mächtiger ist. Fig. 273 gibt davon ein gutes Bild.

Da das System des zentralen Graues überall in der Oblongata mit den Hirnnervenkernen in inniger Verbindung steht und sich bis in das Rückenmark hinab verfolgen läßt und da Reizungen in der Gegend des Tuber die Pupillenweite beeinflussen, Störungen im Thalamus

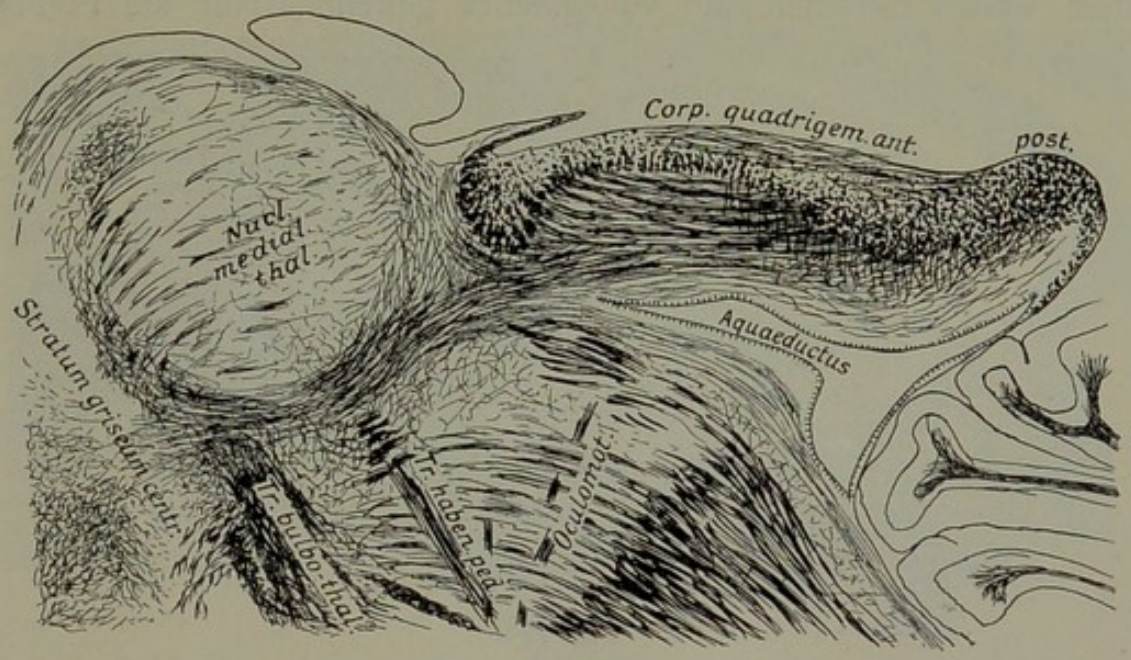


Fig. 273.

Mensch. Sagittalschnitt durch den Thalamus und die Vierhügelgegend zur Demonstration des Systemes des zentralen Grau.

medial auch Temperaturschwankungen auslösen, Störungen am Boden des Ventrikels Vasomotorenlähmung erzeugen können, so ist es nicht unwahrscheinlich, daß alle diese Kerne und Fasern ein Zentralapparat des Sympathikus sind.

Der Thalamus ist ein ungeheurer Eigenapparat, in welchen alle rezeptorischen Bahnen münden. Er sendet seine Fasern im wesentlichen in das Vorderhirn, wo aus allen Ganglien stammende im Striatum enden, während wesentlich aus dem lateralen und ventralen Kerne stammende in die Rinde gelangen. Von dorther empfängt auch das gleiche Kerngebiet Fasern.

In jedem Schnitt, der frontal von den Corpora mamillaria liegt, findet man beiderseits von der Mittellinie, mitten im zentralen Grau des

Thalamus, zwei übereinander liegende Bündelquerschnitte (Fig. 272). Der dorsalere gehört dem Tractus mamillo-thalamicus-Vicq d'Azyrsches Bündel an, jenem bereits bei Schilderung des Corpus mamillare erwähnten Faserzug, dessen aus dem medialen Ganglion des Corpus mamillare austretende Züge in zwei Teile zerfallen. Der kaudalere Teilast tritt als Haubenbündel zum dorsalen Haubenganglion, der frontale senkt sich in die Ventralseite des Nucleus anterior thalami ein.

Der dickere Faserquerschnitt unter dem Vicq d'Azyrschen Bündel entstammt den Fornixsäulen, die aus dem Großhirn wie Fig. 275 zeigt, zur Hirnbasis hinabziehen. Sie senken sich in das mediale Ganglion des Corpus mamillare ein. Auf dem sehr frontal liegenden Schnitte der Fig. 172 sind die beiden Bündelquerschnitte noch durch einen weiten Zwischenraum voneinander getrennt. Nur die Fornix-

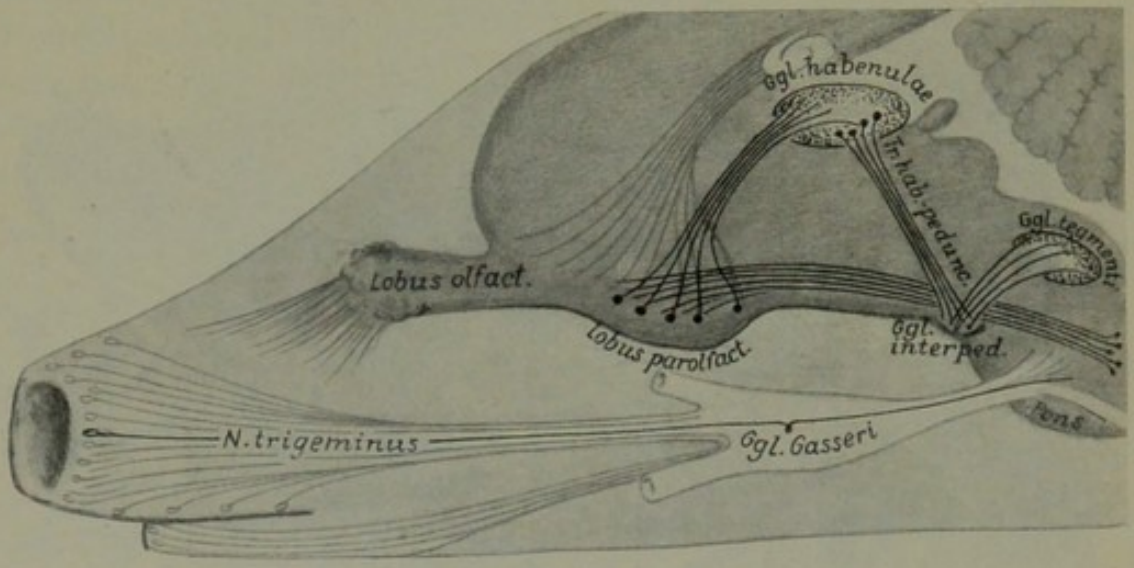


Fig. 274.

Schema der Verbindungen des Ganglion habenulae.
Das Gehirn in eine Kopfform eingezeichnet.

säule ist zunächst als geschlossener Zug sichtbar, die Fasern des Tractus mamillo-thalamicus liegen dicht unter dem Nucleus anterior. Je weiter man aber mit Schnitten kaudal kommt, je mehr man sich also dem Corpus mamillare nähert, um so dichter rücken natürlich die beiden Bündel aneinander, die ja im gleichen Ganglionkomplex aufgehen (Fig. 246). Am besten vergleichen Sie, um über die Lage dieser Fasern zueinander klar zu werden, den Sagittalschnitt (Fig. 245). Dort sehen Sie auch, daß es weiter kaudal noch einen dritten Zug aus dorsalen Thalamusgegenden zur Hirnbasis gibt, den Tractus habenulo-peduncularis, s. u.

Epithalamus. Ganglion habenulae.

Das Ganglion habenulae liegt am Dorsalrande des Thalamus. Noch bei den Vögeln, ja auch bei einigen niederen Säugern, ist es dessen frontalstes Ganglion, aber wenn sich mit der Einstrahlung in den

Nucleus lateralis der Thalamus vergrößert, quellen die anderen Ganglien gewissermaßen unter diesem allerältesten Teile des Palaeothalamus heraus frontal- und lateralwärts. Das Ganglion habenulae, das seinen uralten Platz dicht vor den Vierhügeln und der Epiphyse festhält, wird so bei dem Menschen zu einem der kaudalst liegenden Ganglien des Zwischenhirnes. Es besteht bei allen Vertebraten aus einem medialeren und einem lateralen Ganglion. Beide nehmen den Faserzug der Taenia thalami auf und entsenden kaudalwärts den Tractus habenulo-peduncularis.

Die Taenia thalami entstammt im wesentlichen dem Lobus parolfactorius an der Vorderhirnbasis, mit kleineren Teilen auch dem Lobus olfactorius. Sie ist bei den meisten Säugern stärker ausgebildet als beim Menschen und immer markhaltig. Um ihre Endstätte im



Fig. 275.

Mensch. Sagittalschnitt durch den Thalamus. Die Taenia thalami und das Ganglion habenulae, der Verlauf des Fornix im Thalamus.

Ganglion habenulae zu erreichen, muß sie an der Frontalwand des Thalamus, also dicht hinter den Kommissuren der Lamina terminalis, dorsalwärts steigen. Bei den niederen Vertebraten trifft sie dann auch direkt auf diese Endstätte. Wenn sich aber bei den Säugern der Neothalamus entwickelt, dann muß die Taenia, um zu dem kaudal, dicht vor der Epiphyse liegen gebliebenen Ganglion zu gelangen, auf der Höhe des dorsalen Thalamuskernes angelangt, kaudalwärts ihrer Endstätte zu abbiegen. Die beiden Taeniae sind, s. Fig. 42, direkt am Abhang des dritten Ventrikels jederseits als ein weißer Streifen sichtbar, der in dem keilförmig aussehenden Körper des Ganglions, am kaudalen Ende des Ventrikels, zu enden scheint. Ein Teil der Fasern kreuzt zu dem anderseitigen Ganglion hinüber, hinter den Ganglii habenulae eine markhaltige transversale Fasermasse bildend, die

Commissura habenularis. Diese verläuft meist als geschlossenes Band, Fig. 219, aber nicht selten liegt ein Teil ihrer Fasern auf der Vorderseite der Epiphyse als breite markfaserhaltige Platte. Es ist nicht sicher, ob einzelne Fasern, die man aus dieser Platte in die Epiphyse treten sieht, in dieser bleiben oder ob es, wie es mir wahrscheinlicher scheint, nur abgesprengte später wieder zur Hauptmasse der Kommissur zurückkehrende Fasern sind. Die Taenia liegt am Dorsalrande des Thalamus so nahe dessen Stratum zonale, daß wenigstens beim Menschen man den Eindruck bekommt, daß ihr Fasern aus jenem sich beimengen. Da, wo sie an der Frontalwand des Zwischenhirnes aus der Tiefe der Vorderhirnbasis emporsteigt, s. Fig. 245, kommt sie in direkte Nachbarschaft mit den Fornixsäulen. Es sollen da einige Fornixfasern in die Taenia eintreten. Lothringer.

Tractus habenulo-peduncularis.

Das aus einem markhaltigen und einem marklosen Anteil bestehende Bündel gehört jedenfalls zum Grundmechanismus des Gehirnes, denn es ist in gleicher Weise wie beim Menschen schon bei Petromyzon und den Selachiern vorhanden. Seine im Ganglion habenulae entspringenden Fasern ziehen schräg abwärts, rückwärts, medial am roten Kerne vorbei, Fig. 213 u. 223, zur Hirnbasis, wo sie gekreuzt in dem Ganglion interpedunculare enden. Meynert hat diesen Zug wegen seines Verlaufes Fasciculus retroflexus genannt und dieser Name ist heute der gebräuchlichere.

Aus der Ventralseite des Ganglion habenulae sieht man, besonders in den lateralen Partien, einige Fasern, die sich nicht sofort zum Fasciculus habenulo-peduncularis gesellen, austreten. Diese, die bei Reptilien und Vögeln auch schon da sind, bilden vielleicht eine spezielle habenulo-thalamische Bahn.

Das Ganglion habenulae, das wir bereits bei den Neunaugen kennen und bei keinem Tiere vermissen, ist vielleicht der einzige Hirnteil, der während der ganzen Phylogenese in Zusammensetzung und Verbindungen keinerlei Veränderungen erfahren hat. Immer und überall besteht es aus einem lateraleren und einem medialeren Körper, die dicht verwachsen sind, immer und überall mündet in beide die Taenia aus dem Lobus olfactorius und besonders aus dem Lobus parolfactorius und immer entläßt die Gangliengruppe kaudalwärts den Tractus habenulo-peduncularis zum Ganglion interpedunculare.

Der Ursprung der Taenia aus dem „Riechfelde“ des Gehirnes, der bei niederen Vertebraten noch viel deutlicher als beim Menschen ist, legte die Vermutung nahe, daß es sich bei diesem Faserzug, der bei allen Vertebraten nachweisbar ist, um irgendeinen Anteil des zentralen Riechapparates handele. Dem widerspricht aber, daß das Bündel nicht nur bei den Walen, wo der Riechapparat fast fehlt, vorhanden ist, sondern daß es gerade bei den Vögeln, wo der Apparat kaum ausge-

bildet ist, auch recht stark ist. Neuere eigene Untersuchungen brachten aber eine Aufklärung.

Das Ganglion ist ein zu dem Oralsinnapparat gehöriger Teil, dem S. 381 näher zu besprechenden Sinnesgebiete, das im wesentlichen die Schnauze und Zunge, den Rüssel und den Schnabel der Vögel innerviert.

Das Ganglion habenulae ist in die Bahn des Oralsinnes eingeschaltet. Da wir alle seine Verbindungen kennen, so sind wir hier einmal in der Lage, für eine bestimmte Funktion ohne jegliche Interpolation oder Hypothese den gesamten Apparat festzustellen. S. Schema Fig. 274. Aus der Gegend der Trigeminusendkerne stammt eine Bahn, die im Lobus parolfactorius endet. Aus diesem zieht der Tractus parolfacto-habenularis taeniae zum Ganglion habenulae und von diesem hinweggelangt der Tractus habenulo-peduncularis in das Ganglion interpedunculare. Dieses seinerseits entläßt dann Fasern, welche in den dorsalen Haubenganglien der frontalen Brückengegend ihr Ende finden. Näheres soll bei Besprechung des Lobus parolfactorius mitgeteilt werden.

Der Faserverlauf im Bereiche des Thalamus und der Regio subthalamica ist weniger sicher bekannt, als an den meisten anderen Stellen des Gehirnes. Auf diesem schwierigen Gebiete haben Meynert, Forel, Gudden, Flechsig, Ganser, Wernicke, Monakow, Kölliker, Bechterew, S. Ramon y Cajal, Probst, Wallenberg, Münzer und Wiener, der Verfasser u. a. gearbeitet.

Der Ursprung der Sehnerven ist wesentlich bearbeitet worden von Meynert, J. Stilling, Tartuferi, Gudden, Bellonci, dann von Monakow, dem wir die wesentlichsten Fortschritte verdanken, von Henschen u. a.

Der Thalamus ist selbst bei niederen Säugern ein mächtiger Hirnteil. Die Menge der einstrahlenden Faserung und die der von ihm ausgehenden kommt gar nicht in Betracht gegenüber der Gesamtmasse. Es muß deshalb dem Eigenapparat, den Zellen und den Verbindungen innerhalb des Thalamus eine wichtige Rolle zukommen. Unsere Beobachtungskunst hat aber bisher nicht ausgereicht, diesen wesentlichsten Anteil der Thalamusfunktion irgendwie klar zu ermitteln.

Weder die Reizversuche noch die erst neuerdings (Probst, Horsley und Sachs) geglückten isolierten Zerstörungsversuche des Thalamus haben bisher Symptome bei Tieren ergeben, die gerade nur vom Thalamus ausgehen müßten. Alles konnte ebensogut durch die hierher mündende oder hier vorbeiziehende Faserung bedingt werden.

Am ersten kommt man noch der Stellung des Thalamus im System näher, wenn man nicht den Eigenapparat, sondern die Faserbeziehungen berücksichtigt.

Nur von drei Anteilen dieser Faserung kennen wir die funktionelle Bedeutung, von den Fasern aus und zu dem Occipitallappen, von dem Zuge der Parietalrinde aus und zu dem ventralen Kern und von den Fasern zu dem roten Haubenkern. Die ersteren verbinden offenbar die Endstätten des Optikus mit dem mächtigen Assoziationsapparate des Großhirnes. Diese Sehstrahlung ist vielfach klinisch und experimentell studiert, sie gehört zu den bestgekannten Apparaten des Gehirnes. Wir wissen, daß ihre Unterbrechung, ganz wie die des Tractus opticus selbst, zu einer Art Heminanopsie führt. Noch aber kennen wir nicht genau die

Unterschiede in den Symptomen, welche eintreten, wenn der primäre oder wenn der sekundäre optische Leitungsweg gestört ist. Einiges ist allerdings ermittelt. Tiere werden jedenfalls nicht blind, wenn die zentrale Bahn zerstört wird, ihnen reichen die primären Zentren für vieles aus. Niedere Vertebraten sehen zweifellos mit den optischen Primärapparaten allein, sie können unterscheiden, erkennen, ihre Eindrücke verwerten. Ich habe das für die Fische, die ganz sicher keine Hirnrinde haben, festgestellt. Aber auch die Säuger — ausgenommen vielleicht die Affen, bedienen sich noch so weit des Primärapparates, daß der Ausfall seiner Rindenverbindung, den man ja experimentell erzeugen kann, nur vorübergehend ernste Sehstörungen macht. Man kann weder einen Hund noch ein Kaninchen durch Abtragen der Occipitallappen blind machen. Immerhin lassen sich, wenigstens für den letzteren, wie namentlich die schönen Untersuchungen von Hitzig zeigen, dann dauernde Sehstörungen, besonders seelischer Art, feststellen. Verliert aber ein Mensch den Endpunkt der zentralen Sehstrahlung, so wird er dauernd blind. Der neugeborene Mensch sieht ja auch, trotzdem ihm die Sehstrahlung noch fehlt; aber in dem Maße, wie diese sich entwickelt, wird sie für ihn immer wichtiger. Wahrscheinlich bedient er sich mehr und mehr des Sehens mit zugesellter Association Dies wird dann so wichtig, daß er es allein benutzt. Wenigstens war der Patient mit totaler Zerstörung der Hinterhauptlappen, welchen ich sah, ganz blind. Ich halte es aber für möglich, daß feinere Beobachtung oder längere Einübung gelegentlich bei einem solchen Unglücklichen lehrt, daß die primären Zentren, wie bei den Tieren, wieder gebraucht werden. Durch die Sehstrahlung steht aber der Endapparat des Optikus nicht nur mit der Occipitalrinde in Verbindung. Sie vermittelt vielmehr dessen Beziehungen zu dem gesamten mächtigen Rindenapparate, den Sie später kennen lernen werden. Die mannigfachsten seelischen Ausfallerscheinungen können deshalb durch Verlust der Sehstrahlung bedingt werden. Ich erinnere nur an das Erkennen von Gegenständen, von Farbe, von Schrift, an den Gebrauch der Werkzeuge — im weitesten Sinne, an die Beziehungen zur Außenwelt überhaupt und ihre Verwertung bei allen seelischen Prozessen.

Es ist überaus wahrscheinlich, daß dem Faserzuge, welcher aus den motorischen Rindenzentren stammend, in die Gegend des roten Haubenkernes einstrahlt, deshalb ein besonderer Einfluß auf die Bewegungssphäre zukommt, weil aus diesem Kerne der Tractus rubro-spinalis zu den motorischen Kernen des Rückenmarkes, wohl auch der Oblongata, stammt. Hier sind aber sicher die Ausfallerscheinungen nicht so beträchtlich, weil beim Menschen wenigstens, ein eigener kräftiger Faserzug, der Tractus cortico-spinalis, zu den gleichen Zentren herabzieht.

Schließlich wissen wir sicher, daß Zerstörung der im ventralen Thalamuskern endenden Faserung, wohl zumeist der Haubenfaserung, oft gekreuzte Anästhesie erzeugt. Das wird dadurch erklärt, daß ebenda, wo sie endet, auch die sekundäre Gefühlsbahn ihr Ende findet. Hughlings Jackson hat einen Fall von ganz isolierter Erweichung eines Thalamus beim Menschen ohne Beeinträchtigung der benachbarten Faserung gesehen. Die Symptome bestanden im wesentlichen in Beeinträchtigung des Tastgefühles, des Gehörs und des Sehens auf der gekreuzten Seite. Die Sehstörung trug natürlich hemianopischen Charakter.

Diese drei Beispiele lassen vermuten, daß im Thalamus ein mächtiger Apparat gegeben ist, welcher Eindrücke aus der Peripherie durch irgendwelche Umschaltung, vielleicht mit mannigfachen Assoziationen usw., dem Großhirn übermittelt und welcher Prozesse, die im Großhirn vorgehen, den tieferen Zentren zu übermitteln vermag.

Da einerseits mindestens für den motorischen Apparat auch direkte Großhirnbahnen existieren und da andererseits, worauf gar nicht intensiv genug hingewiesen werden kann, der Eigenapparat der niederen Zentren sehr komplizierte Verrichtungen selbständig auszuführen vermag, so wird es Ihnen klar sein, warum die Ausfallerscheinungen bei Thalamusherden — für unsere heutige Beobachtungskunst wenigstens — recht geringe sind.

Es ist wahrscheinlich, daß in dem zentralen Höhlengrau, nicht nur in demjenigen des Thalamus, ein Apparat für die Vasomotoren liegt. Dafür sprechen die Ergebnisse der Versuche und, wie es scheint, manche Beobachtungen am Menschen. Immerhin gibt es, namentlich für den letzteren, noch keine genügend reinen Fälle.

Stiche in das centrale Grau des Thalamus — Kaninchen — bringen die Körpertemperatur zum Steigen.

Die Sehhügel liegen so nahe überall der inneren Kapsel auf, daß nur selten Erkrankungen zur Beobachtung kommen, welche nur sie betreffen, und auch bei solchen bleibt es oft zweifelhaft, wieviel von den auftretenden Erscheinungen darauf zu beziehen ist, daß indirekt die benachbarten Fasern der Kapsel in ihren Funktionen gestört wurden. Deshalb ist es noch nicht möglich gewesen, die Symptome sicher festzustellen, welche von einer Erkrankung der großen Sehhügelganglien erzeugt werden. Nach Meynert werden dabei die Innervationsgefühle der oberen Extremitäten gestört. Dadurch sollen Wahnideen über die Haltung dieser Glieder und aus diesen wieder Zwangsstellungen entstehen. Gelegentlich entstehen nach Thalamusherden eigentümlich athetotische Bewegungen und auch Spasmen, besonders in der gekreuzten Hand, zuweilen auch in der ganzen gekreuzten Körperhälfte. Auch gekreuzte Chorea, Hemichorea posthemiplegica, wird danach beobachtet. Andere Male kommt es zu ataktischen Bewegungen, die an diejenigen der multiplen Sklerose erinnern. Alle diese Symptome haben aber nichts absolut Charakteristisches, weil sie auch nach Läsionen anderer Hirnteile — vielleicht von absteigenden Thalamusbahnen? — beobachtet sind und vor allem, weil mehrfach einseitige und doppelseitige Thalamusherde beobachtet wurden, die gar kein auffallendes Symptom boten. Auf Thalamuserkrankungen wird auch, mit einem durch Sektionen noch nicht gesicherten Rechte, eine merkwürdige, nach Apoplexien und Tumoren manchmal zu beobachtende Störung der Mimik bezogen. Die Gesichtszüge können von diesen Patienten willkürlich bewegt werden, aber sobald es sich um die unbewußte Mimik handelt, besonders um die, welche die Sprache begleitet, dann bleiben sie vollkommen ruhig. Es herrscht eine auffallende Starre.

Daß nach Affektionen der primären, optischen Endstätten, des Pulvinar und des Geniculatum laterale Hemianopsie, totale oder partielle, eintreten und so auf eine Thalamuserkrankung hinweisen kann, das ergibt sich aus den anatomischen Anordnungen leicht. Die meisten Autoren geben an, daß beim Menschen dann immer das zentrale Sehen erhalten bleibt, wenn das Geniculatum laterale intakt bleibt, daß dieses zentrale Sehen nicht von der Rinde aus gestört werden kann. Mein Fall, s. o., spricht dagegen.

Wahrscheinlich ist durch Thalamuserkrankung auch Hemianästhesie — gekreuzte natürlich, möglich, weil ja hier im ventro-kaudalen Abschnitt die sekundäre Gefühlsbahn die kortikale erreicht. Heftige Schmerzen nach Läsionen der hier einstrahlenden Rindenfasern sind wiederholt berichtet. In einem Fall meiner Beobachtung war die nach einer Apoplexie in den kaudalen Thalamus und seine Einstrahlung eintretende, von Hypästhesie begleitete Schmerzempfindung in der ganzen gekreuzten Körperhälfte so furchtbar und so wenig zu lindern, daß die Patientin Selbstmord beging, um sich ihr

zu entziehen. Nach solchen Herden kommt es außer zu Schmerzen — zentraler Schmerz! — die in die Peripherie lokalisiert werden, bald zu verminderter bald zu gesteigerter Sensibilität.

Dreiundzwanzigste Vorlesung.

Das Vorderhirn.

Lobus olfactorius, Lobus parolfactorius und ihre Verbindungen.

M. H.! Frontal vom Thalamus liegen die palaeencephalen Abschnitte des Vorderhirns, der Riechlappen, Lobus olfactorius, hinter ihm der Lobus parolfactorius und auf beiden das Corpus striatum. Beim Menschen sind alle diese Teile so überwuchert von dem hier mächtigen Neencephalon, daß sie ganz allgemein in den Lehrbüchern unter dem Großhirn als Teile desselben abgehandelt werden. Phylogenetisch und nach ihren Verbindungen sind sie aber von jenen durchaus verschieden.

Das Telencephalon oder Großhirn zerfällt eben in den basal bleibenden palaeencephalen Abschnitt und den dorsal sich mächtig ausbreitenden neencephalen.

Wir wollen dem bisher eingehaltenen Prinzip folgen und zunächst die palaeencephalen Abschnitte besprechen.

Bulbus und Lobus olfactorius.

Die Riechlappen studieren wir zur ersten Orientierung bei einem Tier, wo sie stärker entwickelt sind als beim Menschen. Wie alle Teile des Palaeencephalons entwickeln sie sich nach den Anforderungen, welche die Lebensweise stellt. Deshalb finden wir alle Übergänge von den riesigen Riechlappen des im Dunkel des Waldes lebenden Gürteltiers oder Igels bis zu den mikroskopisch kleinen Organen vieler Walfische. Ich lege Ihnen in Fig. 276 die Basis eines Kalbsgehirns vor. Die schwarz gehaltene Fovea limbica scheidet den hell gehaltenen olfactorischen Abschnitt vom schattierten übrigen Hirne. Hier sehen Sie nun vorn eine Menge feinster Fäserchen, die Nervi olfactorii eintreten in die Spitze des Riechlappens; diese schwillt dadurch zu dem Bulbus olfactorius an. Die Nerven stammen alle aus den Epithelien der Riechschleimhaut und sie enden alle im Bulbus. Fig. 277.

Durch das Zusammentreten und Aufsplittern der Riechnervenenden mit den prachtvoll verzweigten Dendritenausläufern im Bulbus liegender Zellen, entstehen kuglige, als Glomeruli olfactorii bezeichnete Gebilde überall an der Oberfläche des Bulbus olfactorius. Aus dem Bulbus entwickeln sich als sekundäre Bahn die als Tractus oder Striae olfactoriae bezeichneten Faserzüge, welche in der Rinde des Lobus olfactorius endigen. Aus dieser Rinde entwickelt sich ein in der Medianlinie zum Septum pellucidum hinaufziehender, auf der älteren Abbildung Fig. 276 mit Riechbündel bezeichneter Faserzug. Er wird

oft als mediale Olfactoriuswurzel bezeichnet, ist aber eine Verbindung zum Ammonshorne. Das hintere, sehr verschmälerte Ende des Lobus olfactorius gewinnt von der Stelle, wo in unserer Fig. 276 „Cornu Ammon“ steht, Anschluß an das Neencephalon. Der lange an der Basis des Gehirnes durch das Ineinanderfließen von Lobus olfactorius und Gyrus hippocampi des Neencephalon entstehende Lappen, heißt seiner Form nach Lobus pyramidalis. Er ist in seinem olfactorischen (palaeencephalen) Teile immer, in seinem ammonischen

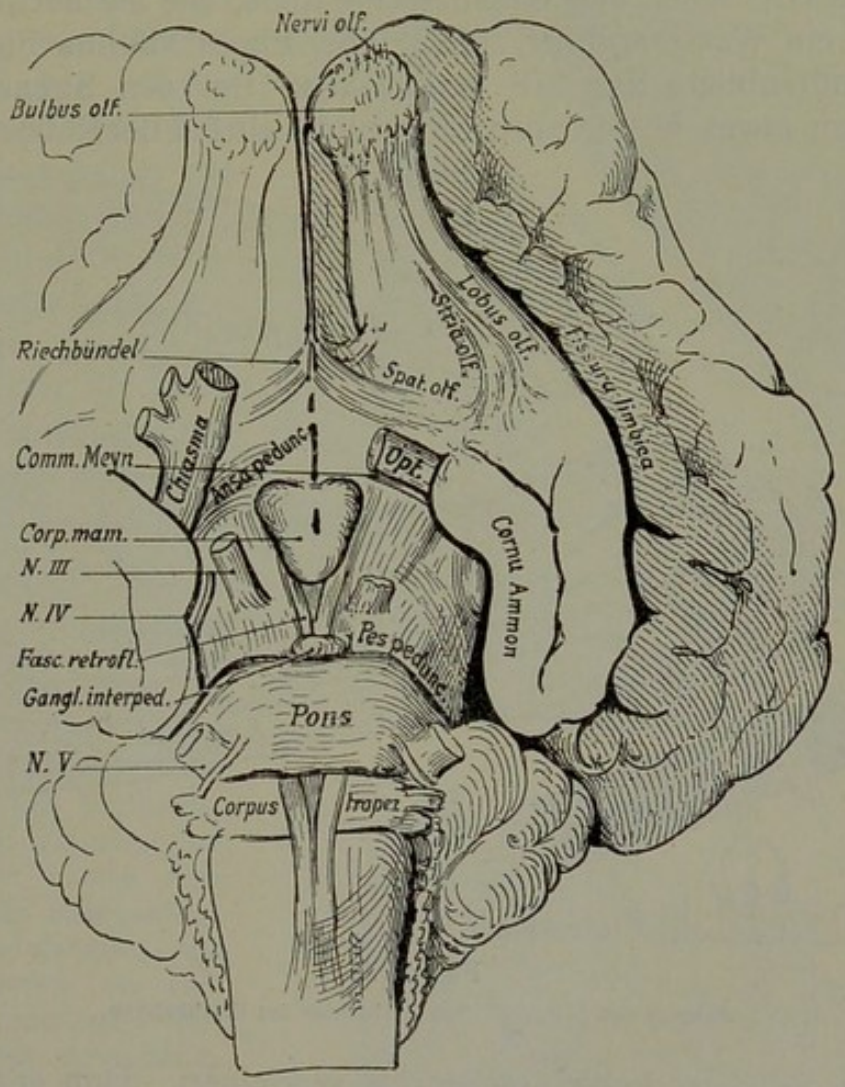


Fig. 276.

Basis des Gehirnes vom Kalbe.
Statt Spatium olf. lies Lobus parolfactorius.

sehr oft durch die Fovea limbica (in der älteren Abbildung Fig. 276 noch als Fissura l. bezeichnet) von dem übrigen Gehirn geschieden.

Der gesamte olfaktorische Apparat ist bei verschiedenen Säugern sehr verschieden stark entwickelt. Man unterscheidet deshalb makroosmatische von mikroosmatischen Tieren je nach der Wichtigkeit, die der Geruchsinn hat. Alle kleinen, mit der Nase nahe am Boden lebenden Säuger sind makroosmatisch — also die Edentaten, Marsupialien, Nagetiere usw. Eine mittlere Stellung nehmen die Wiederkäuer und

Raubtiere ein. Auch die Prosimier, die Lemuren usw. zeigen mittelgroße Entwicklung. Fig. 361. Aber bei den anderen Primaten, den Affen und Menschen tritt eine beträchtliche Rückbildung ein, die so groß ist, daß man den wahren Riechlappen des Menschen erst vor wenig Jahren erkannt hat und bei den Walen wird diese Atrophie so stark, daß selbst an ganz großen Gehirnen erst der mikroskopisch untersuchte Schnitt die Reste des Riechlappens erkennen läßt. Für die makroskopische Betrachtung scheint er fast immer ganz zu fehlen. Die Lebensweise im Wasser spielt hier offenbar eine Rolle, wie Sie auch erkennen, wenn Sie ein Wasserraubtier, die Robbe, Phoca vitulina Fig. 279 mit einem Landraubtiere Fig. 278 vergleichen. Bei den Sirenen ist der Riechlappen etwas besser noch ausgebildet als bei der Robbe. Fig. 323.

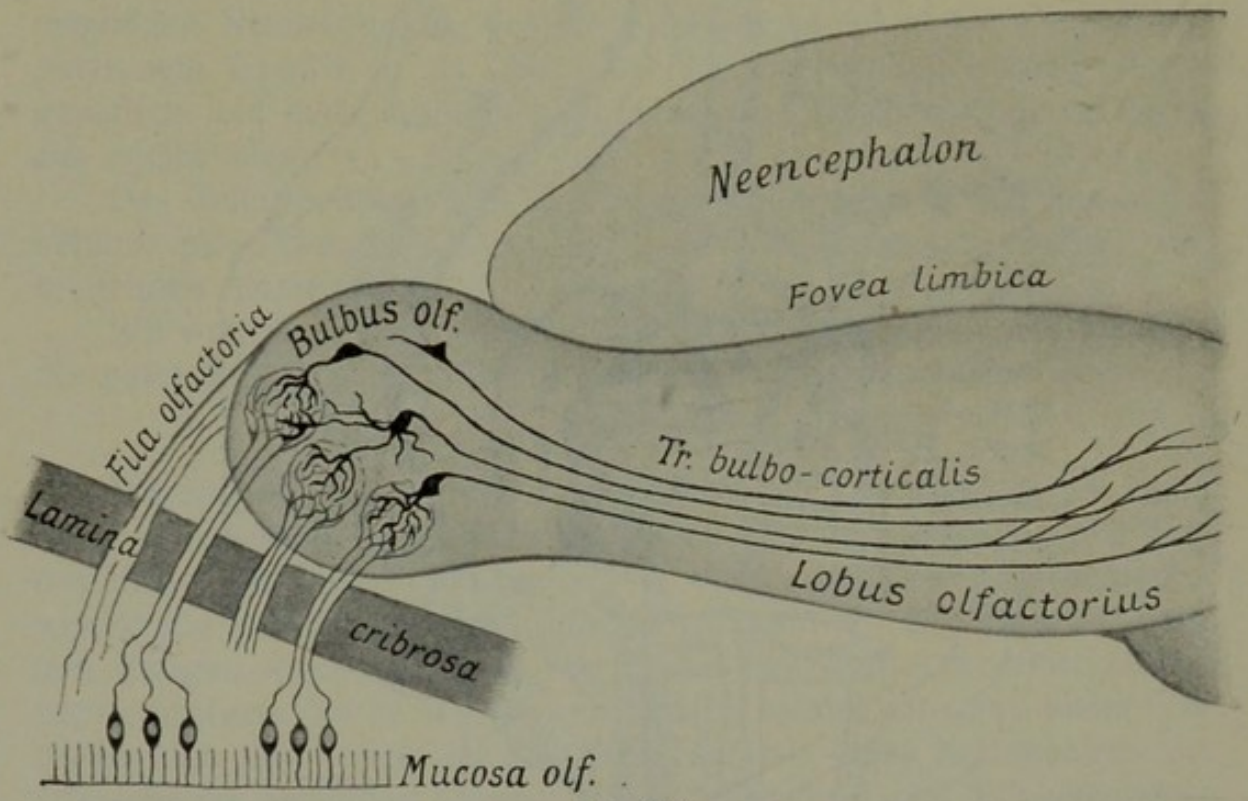


Fig. 277.

Schema des histologischen Verhaltens der Riechbahnen.

Wenn sich der Lobus olfactorius verkleinert, dann erleidet auch der kaudale Abschnitt des Lobus pyriformis, der Lobus hippocampi, eine gewisse Atrophie, er verschwindet aber nie ganz.

Der Bulbus olfactorius

ist die durch das Eindringen der Epithelendfäden aus der Nase stark veränderte Frontalspitze des Lobus olfactorius, eines rindenführenden Hirnteiles. Er enthält deshalb in seinem Innern einen Ausläufer des Seitenventrikel, darüber etwas Nervenbahnen und mehr oder weniger veränderte Hirnrindenzellen und an der Oberfläche die Formatio bulbaris.

Zu äußerst liegen natürlich die Riechnervenfäserchen, dann folgt

eine grauweiße Zone, in der zahlreiche kleine Kügelchen, Glomeruli olfactorii, schon mit bloßem Auge sichtbar sind, Glomerulusschicht. Nach innen von dieser liegt die graue Ganglienzellenschicht, die dann allmählich durch eine „Körnerzone“ in das Riechmark übergeht.

Untersuchungen von Golgi, S. und P. Ramon y Cajal, ferner solche von Gehuchten und Kölliker haben uns die Elemente dieser Schichten und den sehr interessanten Zusammenhang einiger dieser Elemente mit den Riechnervenfasern kennen gelehrt.

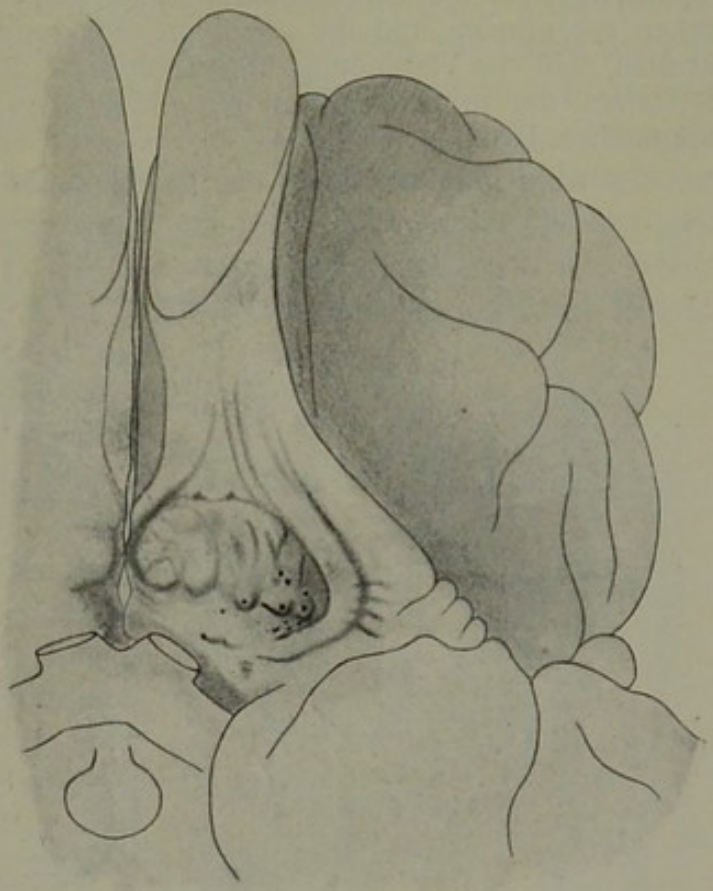


Fig. 278.
Riechlappen des Tigers (Beccari.)

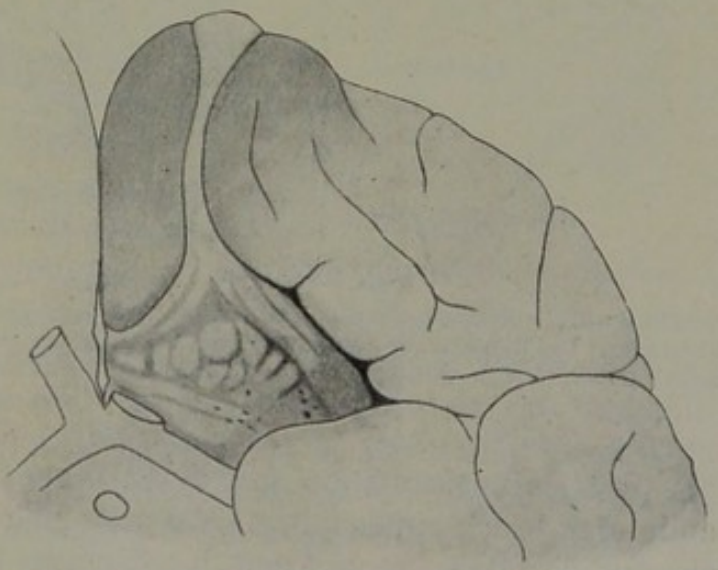


Fig. 279.
Riechlappen der Robbe Phoca vitul. (Beccari.)

Nachdem die Epithelendfäden die Siebbeinplatte passiert haben, gehen sie, an der ventralen Bulbusfläche angelangt, mehrfache Überkreuzungen ein und senken sich dann in die Hirnsubstanz. Dort zerfällt alsbald jeder Axenzylinder zu einem feinen Endbäumchen. Diese Aufzweigung trifft auf die dicken Äste eines ebenfalls aufgezweigten Dendritenfortsatzes, und beide Faserarten, die sich innig aneinanderlegen, bilden zusammen einen rundlichen Komplex, eben den Glomerulus olfactorius. Der Dendritenfortsatz stammt von einer Ganglienzelle ab, welche reichliche derartige Ausläufer entsendet. Nur einer tritt immer in die geschilderte Beziehung zu den Riechnervenfasern. Jede dieser Hirnzellen steht mit einer ganzen Anzahl von Olfactoriusfasern in Verbindung. Solche Zellen, mannigfach geformt, von wechselnder Größe, liegen in großen Mengen in der grauen Schicht unter den Glomerulis. Sie senden ihren Stammfortsatz zentralwärts, und man kann ihn

bis in das Lager der Markfasern verfolgen. Auf dem Wege gibt er zuweilen Kollateralen ab. Hier nun haben Sie einmal ein gutes Beispiel für das in der Vorlesung über die Gewebszusammensetzung der Zentralorgane Gesagte. Sie sehen die primäre und die sekundäre Olfaktoriusbahn direkt vor sich und erkennen, daß die Verbindung hergestellt wird durch Aufsplitterung des Stammfortsatzes der primären Bahn und Anlegen an die Dendritenfortsätze aus der sekundären Bahn.

Es wurden in der Rinde des Riechkolbens noch eine Anzahl anderer Elemente gefunden, deren nervöse Natur noch nicht über allem Zweifel ist. Zwischen den erwähnten Zellen und der Markfaserschicht, zum Teile auch innerhalb derselben, liegen die bisher als „Körner" bezeichneten Zellen, von denen ich in *a, b, c* drei verschiedene Typen in das vorstehende Bild eingezeichnet habe. Außerdem kommen an allen Stellen Zellen *e* mit sehr weit verzweigtem Axenzylinder vor.

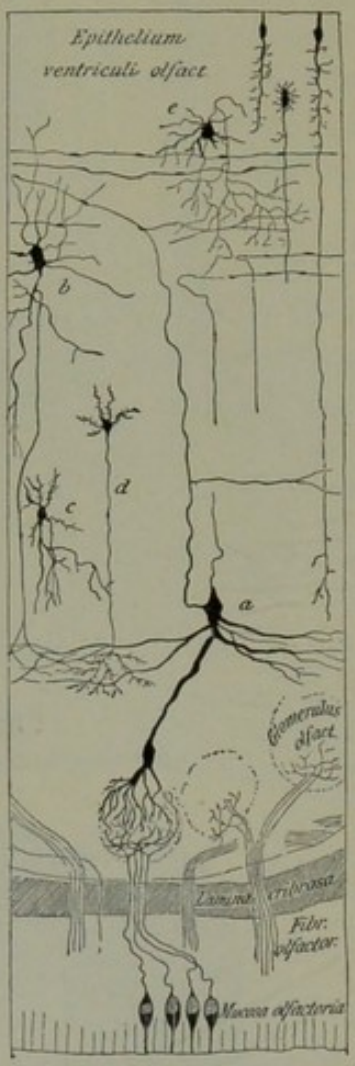


Fig. 280.

Schnitt durch die Riechschleimhaut, das Siebbein und den Bulbus olfactorius. Die Kombinierung ist schematisch, die Lage der einzelnen Elemente, namentlich auch ihre Verzweigung und Form nach Präparaten.

Das Faserwerk, welches alle diese Elemente bilden, wird dadurch natürlich noch sehr viel komplizierter, daß auch die Neurogliazellen überall zwischendurch liegen und daß die Ausläufer der Ventrikelepithelien weithin in die Substanz des Bulbus olfactorius hineinreichen. Die Abbildung, welche hier wesentlich aus Zeichnungen van Gehuchtens kombiniert ist, wurde möglichst einfach und übersichtlich gehalten. Sie müßten sich das alles sehr viel dichter, reicher an Fasern und Zellen vorstellen.

Die Bulbusformation überdeckt immer die Basis und das Frontalende der Riechlappenspitze. An den Seiten, besonders medial bildet sie nur einzelne, nach Arten wechselnde Inseln, Bulbi olf. accessorii.

Der Lobus olfactorius

ist ein länglicher Hirnlappen, dessen basale Seite überall von einer vielgeschichteten Rinde, der Cortex olfactoria überzogen ist. Von dem Neencephalon scheidet ihn die niemals fehlende Fovea limbica, (Fovea rhinalis ext.) lateral überall ab. Das kaudale Ende geht

in den Gyrus hippocampi des Neencephalon über. Eine scharfe etwa durch eine Furche oder durch den feineren Bau gebildete Grenze existiert nicht. Auf die verschieden starke Entwicklung des Lappens bei verschiedenen Tieren ist bereits hingewiesen. Auf Fig. 286 findet man in den mit I und II bezeichneten Hirnteilen noch einige Illustrationen hierzu. Es erübrigt noch einen Blick auf die Verhältnisse beim Menschen zu werfen. Hier und ebenso bei allen echten Affen ist der Bulbus sehr klein, der Lobus aber ist bis auf einen dünnen schmalen Strang geschwunden, den man unter der Spitze des Schläfenlappens enden sieht. Fig. 281. Man darf aber als ungefähre Grenze zwei kleine Höcker bezeichnen, die da liegen, wo die letzten Fasern der Riechstrahlung unsichtbar werden. Retzius, der sie zuerst abgeschieden hat, nennt den medialen Gyrus semilunaris, den lateraleren Gyrus ambiens. Sie sind gelegentlich komplizierter gefurcht (s. Fig. 211). Wenn beim Menschen der größte Teil des Riechlappens atrophiert, bleiben diese Höcker doch unter der Spitze des Schläfenlappens noch etwas nachweisbar. S. Fig. 354.

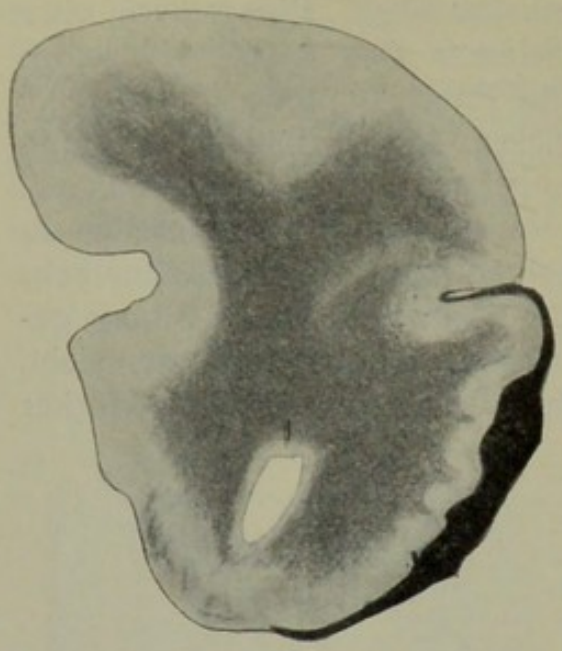


Fig. 281.
Der Lobus olfactorius des Menschen (Beccari).

Die Striae olfactoriae sind echte und reine Tractus bulbo-corticales. Aus den Axenzylindern der Mitralzellen entspringend treten sie direkt unter dem Bulbus frei auf die Hirnoberfläche um meist zu einem einzigen kräftigen Bündel vereint über den Lobus hinwegzuziehen. Dieses Bündel, die Riechstrahlung der Autoren, erschöpft sich immer mehr und verschwindet schließlich ganz in der Riechlappenrinde.

Ihre Hauptmasse liegt immer am Rande der Fovea limbica (Sulcus rhinalis lateralis) s. Fig. 282—84. So breit wie bei dem hier abgebildeten Erdferkel ist natürlich die Riechstrahlung nur selten entwickelt. Wenn der Lappen atrophiert, nimmt sie wesentlich andere Formen an, und die besonders starke Atrophie beim Menschen ist ja bereits erwähnt. Wie hier nicht ein Teil sondern der ganze Lobus olfactorius von Tractus bulbo-corticales überzogen wird, das zeigen die Schnitte der Fig. 285.

Die Tractus bulbo-corticales entspringen beim Menschen wie bei allen Säugern, aber da sie nicht einen breiten Lobus zur Endigung finden, überziehen sie die gesamte Oberfläche des dünnen Riech-



lappens. Am kaudalen Ende sieht man sie in mehreren weißen Zügen, den Striae olfactoriae der Autoren sich zu kleinerem Teile medial, zu größerem lateralwärts zu dem Gyrus semilunaris wenden. Dabei überziehen die letzteren Anteile die Substantia perforata anterior mit einem oder zwei Zügen.

Rinde und Mark des Riechlappens.

Die Tractus bulbo-corticales dringen von außen in die Rinde des Lobus olfactorius ein. Hier endet die Riechbahn zweiter Ordnung.

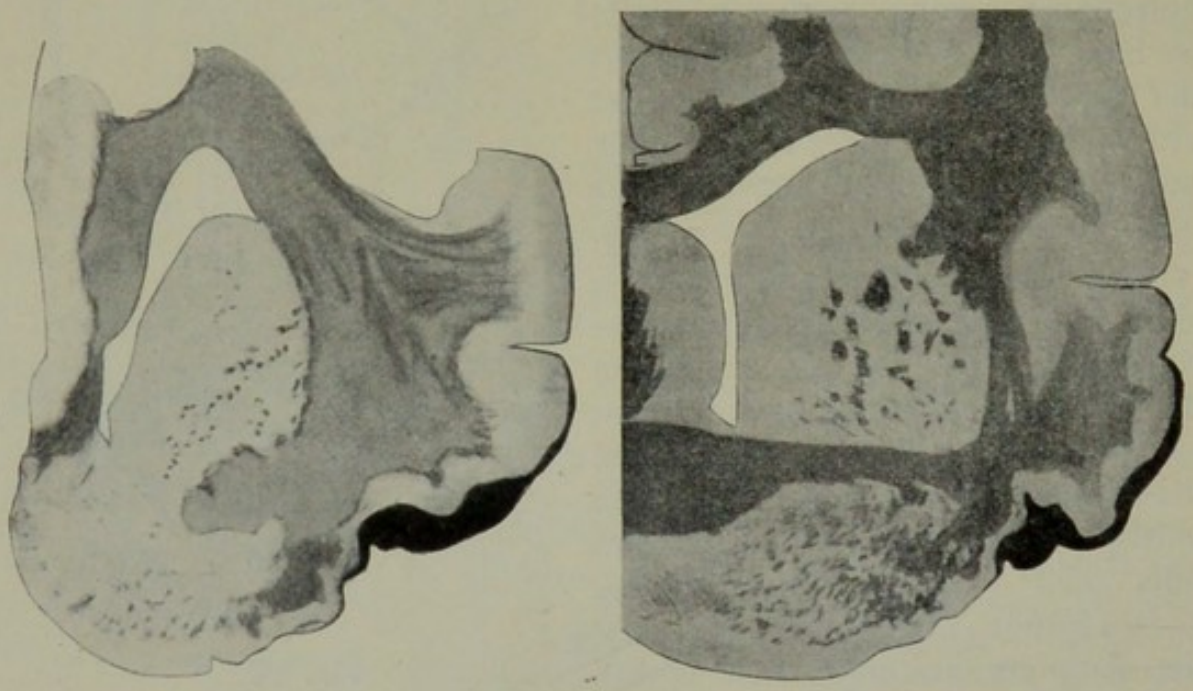


Fig. 282—284.

Drei Schnitte vom Erdferkel, Orycteropus, durch den Lobus olfactorius. Die Tractus bulbo olfactorii tiefschwarz, sind hier besonders stark entwickelt.

Sie treffen hier auf die in großen Büscheln ausgebreiteten apikalen Dendritenbüschel von Pyramidenzellen. Die Rinde, welche sie aufbauen — Palaeocortex hat sie Kappers genannt — ist natürlich beim Menschen sehr atrophiert (Fig. 307). Die basalen Dendriten der Pyramidenzellen sind spärlicher und die Axenzylinder begeben sich in das Innere des Lobus olfactorius, wo sie mit anderen Bahnen, wesentlich tertiärer Art und mit Kommissurenfasern zusammen das Riechmark bilden. Dieses endet zu gutem Teile im Lobus hippocampi. Auf der Fig. 292 sind die oberflächlichen Tractus bulbo-corticales, die

Rindenausläufer, das Riechmark, die Kommissurenbahnen und die Lagebeziehung zum Gyrus hippocampi gut zu übersehen.

Die dorsalsten Fasern des Riechmarkes, Fasern, die schon an der Grenze zwischen Lobus olfactorius und übrigem Gehirne liegen, gehören dem basalen Riechbündel an.

Das basale Riechbündel

besteht aus feinen, schon innerhalb des Bulbus entspringenden Fasern, die sich direkt kaudal wenden und in geradem Zuge mindestens bis in die Gegend des Corpus mamillare verlaufen.

Einzelne dieser Fasern gehen noch weiter kaudalwärts, bis in die Gegend des Ganglion interpedunculare.

Der bereits von Ganser gesehene, dann von mir studierte Zug ist zu-

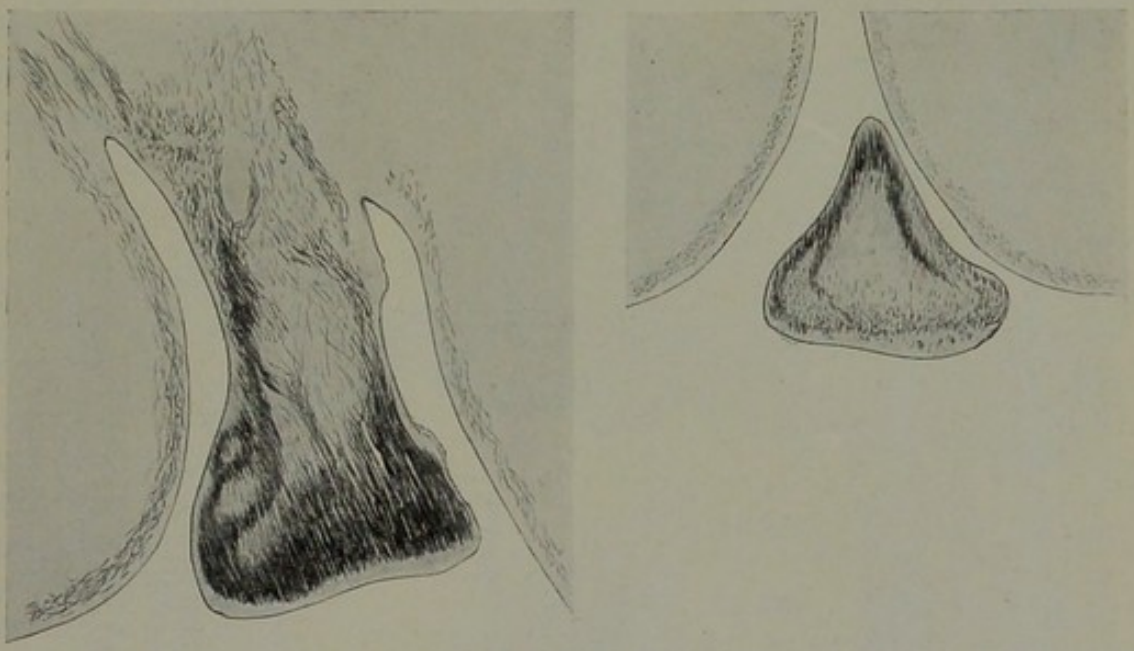


Fig. 285.

Frontalschnitte durch den Lobus olf. des Menschen links am Zusammenfluß mit der Hirnbasis, rechts dicht hinter dem Bulbus olfactorius.

letzt eingehend von Wallenberg untersucht worden. Er hat ihm den Namen basales Riechbündel gegeben (s. Fig. 271). Das Bündel entartet kaudalwärts schon, wenn nur der Bulbus abgeschnitten wird, stärker aber, wenn auch Teile des Lobus entfernt werden. Es ist Fig. 271 als „Riechstrahlung zum Zwischen- und Mittelhirn" bezeichnet und auch Fig. 289 und Fig. 272 zu sehen.

Dem Lobus olfactorius aller Säuger liegt etwa in der Mitte seiner Länge medial ein anderer Hirnteil an, der

Lobus parolfactorius.

Beim Menschen erscheint er nur embryonal von einiger Ausdehnung und liegt wegen der Atrophie des Lobus olfactorius an dessen kaudalem Ende. Die Anatomie hat ihn bisher als Lobus olfactorius posterior bezeichnet, die vergleichende Anatomie als Tuberculum olfactorium,

weil er bei vielen Tieren ein mächtiger Höcker ist. Das ganze Areal, in dem er beim Menschen mit seinen gering erhaltenen Spuren liegt, heißt auch Spatium olfactorium und Substantia perforata anterior. Alle diese Namen seien angeführt, weil die präzise Abtrennung vom Riechlappen erst neuerdings durch mich erfolgt ist und die alten Namen überall, auch in einigen der eigenen Abbildungen noch fortexistieren.

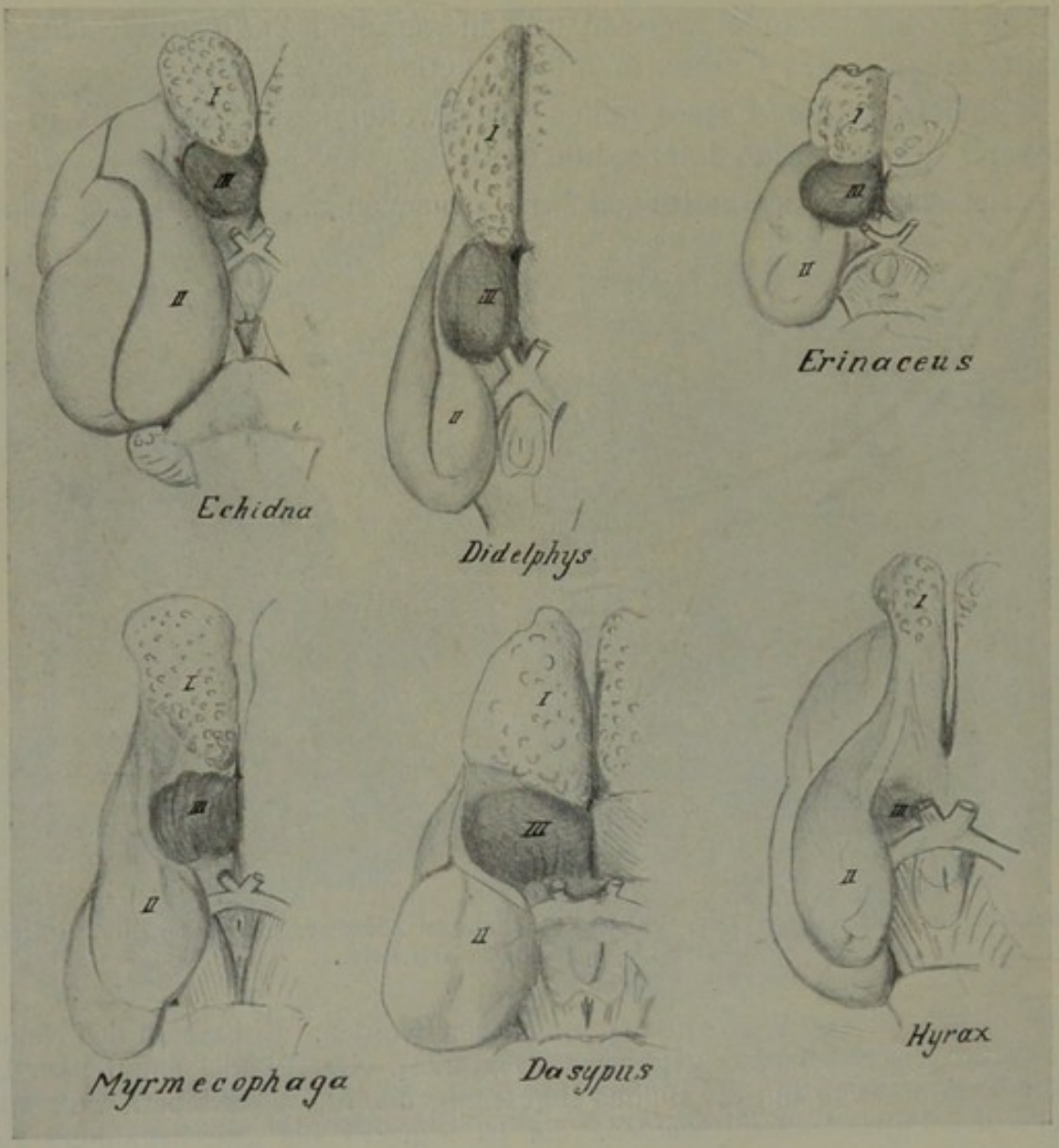


Fig. 286.

Ventralansicht des Gehirnes verschiedener Tiere. I Bulbus olf. II Lobus olf. III Lobus parolfactorius.

Der Lobus parolfactorius ist bei allen Tieren, die eine besondere Schnauzenentwicklung besitzen, sehr groß, so groß, daß er beim Maulwurf, Gürteltiere, Igel und einigen anderen ein Drittel der ganzen Gehirnlänge einnimmt. Ein Blick auf Fig. 286, wo er mit III bezeichnet und dunkler schattiert ist, zeigt das sofort. Sehr viel kleiner ist er bei den Raubtieren und eine mittlere Größe wird bei den Wiederkäuern

gefunden. Alle Tiere, bei welchen auf Fig. 286 der da schattierte Lappen sehr hervortritt, sind solche, welche der besonders reichlichen Schnauzeninnervation bedürfen. Das gilt natürlich auch für den Tapir, dessen großen Lobus parolfactorius Sie an der Basis des Fig. 287 abgebildeten Gehirnes hervorragen sehen.

Beim Menschen ist nur noch ein kaum linsengroßes Körperchen vorhanden, das mitten in der Substantia perforata liegt, es entspricht also nicht die ganze Substantia perforata anterior dem Lobus parolfactorius, wie die anatomische Nomenclatur annimmt.

Der Lappen ist in der ganzen Reihe der Reptilien, Vögel und Säuger nachweisbar und immer in seiner Größe von der Mundinnervation abhängig. Bei den Vögeln, wo der Schnabel ja eine so wichtige Rolle hat, ist er sehr groß.

Der Lobus parolfactorius zeigt einen eigenartigen Bau: eine Menge allerkleinster und größerer Inselchen liegen unter dem gewellten Zuge einer dünnen Platte grauer Substanz, alle von zahllosen Ganglienzellen und Nervenfasern erfüllt. Der Typus des immer — abgesehen vom Menschen und den Primaten — leicht auffindbaren Lobus parolfactorius ist ziemlich überall der gleiche. Fig. 288 zeigt einen Frontalschnitt. Diese eigenartige Rinde schließt sich lateral an die Rinde des Lobus olfactorius an. Auch diese zeigt manchmal, wie man es an Fig. 282 sieht, etwas gewellten Bau. Ein keiner Zwischenraum trennt sie von der parolfaktorischen Rinde.

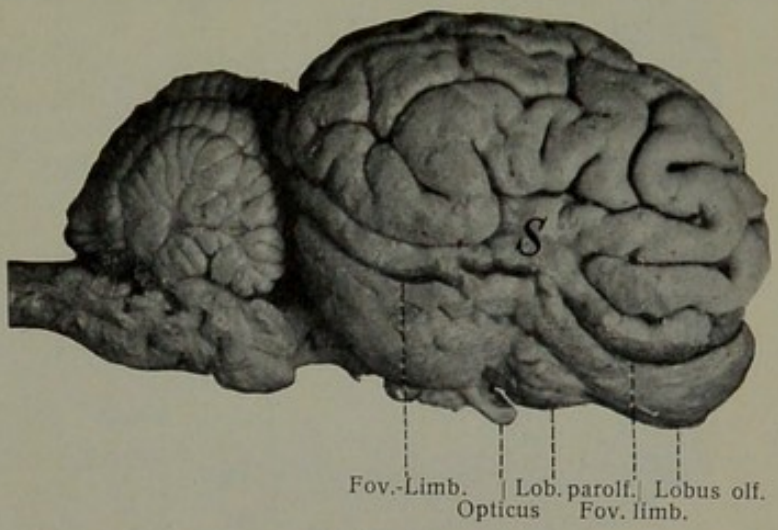


Fig. 287.

Lateralansicht des Gehirnes von Tapirus. S. Foss. Sylv.

Der Lobus parolfactorius erhält von hinten her einen mächtigen Faserstrang, der irgendwo in der Gegend der Brückenhaube entspringen muß. Das Verhalten eines ähnlichen Zuges bei Vögeln macht es wahrscheinlich, daß er aus den zentralen Trigeminusenden stammt. Er entartet bis in den Lobus parolfactorius, mit wenig Fasern auch in den Lobus olfactorius(?), wenn die Brückenhaube ganz frontal angestochen wird. Diese Fasermasse verläuft gemeinsam mit dem oben geschilderten basalen Riechbündel, dessen Degenerationsrichtung aber eine umgekehrte ist. Da die Größe des Lobus parolfactorius mit dem Innervationsgebiet des Trigeminus wechselt, wird es sehr wahrscheinlich, daß dieser Tractus bulbo-parolfactorius die Verbindung herstellt,

welche den erwähnten Lappen zu irgendeiner Art Zentralorgan für den Trigeminus macht.

Zusammenfassend können wir also sagen, daß der Lobus parolfactorius höchst wahrscheinlich mit der Innervation am Oralpol in Verbindung steht, weil er sich im wesentlichen mit seiner Größe nach der Entwicklung der dort liegenden Teile richtet, auch bei Chamaeleon (Zunge!) und allen Vögeln (Schnabel!) ganz enorm entwickelt ist. Bei den Säugern haben Igel, Maulwurf und Dasypus den größten, der Mensch den kleinsten Lobus parolfactorius.

Afferente Bahnen kommen aus dem frontalen Ponsende, der Gegend, wo der Trigeminus mündet. Efferente Bahnen sind die Zu-



Fig. 288.

Transversalschnitt durch den Lobus parolfactorius von Mus. Cajalversilberung nach Beccari. In die Inseln von Ganglienzellen treten von hinten oben her Faserzüge, zumeist aus dem Fig. 289 abgebildeten Bündel.

züge zum Ammonshorn, dann die Taenia zum Ganglion habenulae und die Taenia semicircularis zum Nucleus amygdalae, die in der nächsten Vorlesung zu besprechen sind. Diese Verbindungen sind bei Tieren mit starker Schnauzeninnervation immer stärker entwickelt als bei anderen, und stellen vielleicht mit dem Meynertschen Bündel und dem Ganglion interpedunculare den Apparat für einen Sinn dar, den ich unpräjudizierlich als Oralsinn bezeichnet habe. Diese sämtlichen Bahnen werden dann im menschlichen Großhirn vor allen andern markhaltig. Grenzt man sie alle, also den ganzen, dem Oralsinn gewidmeten Faserzug und Ganglienapparat von der übrigen Hirmasse ab, so gewinnen wir einen Einblick in die wahrscheinliche Funktion einer großen

Reihe bisher völlig unsicherer Gebilde, wie etwa des Ganglion habenulae, des Corpus interpedunculare, des Ammonshorns und anderer.

Die

Taenia thalami, Tractus-parolfacto-habenularis

ist in ihrem Gesamtverlaufe schon S. 369 dargestellt. Sie entspringt wesentlich aus dem feinen Innenmarke des Lobus parolfactorius, vielleicht durch Aufteilung von Längsbahnen; zieht dorsalwärts und endet im Ganglion habenulae gleichseitig und via Commissura habenularis gekreuzt. Das Faserbündel zieht dicht kaudal von der Commissura anterior aus der Basis zur Höhe des Thalamusinnenrandes.

An dem Präparat Fig. 289 sehen Sie sehr gut, wie die Taenia am Frontalpol des Thalamus aus der Tiefe kommt und dann rückwärts zum Ganglion habenulae zieht. Vergleichen Sie auch Fig. 244, 275, 313, um ein gutes Übersichtsbild über den Gesamtverlauf der Taenia zu gewinnen.

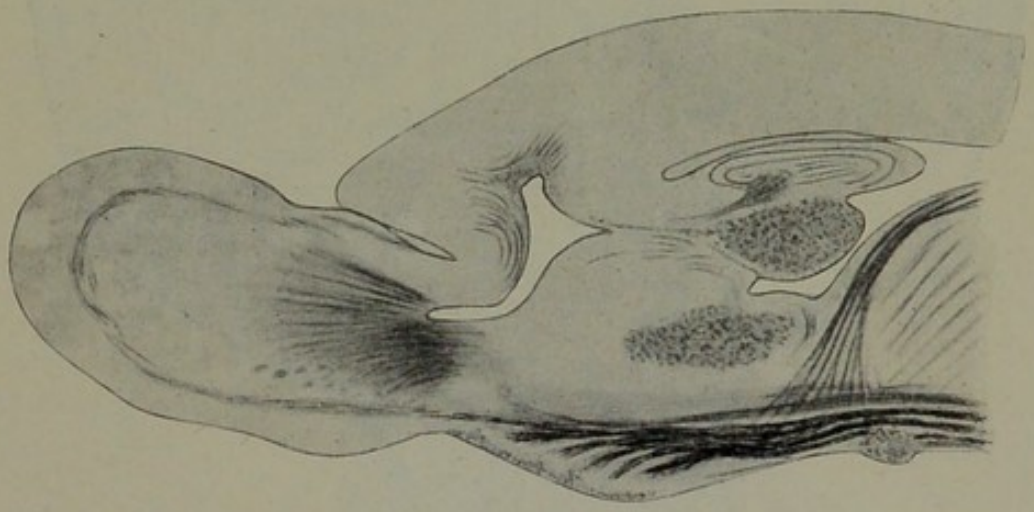


Fig. 289.

Sagittalschnitt von Didelphys marsupialis. Markscheidenfärbung. Das Bündel aus der Brückenhaube zum Lobus parolfactorius und der Ursprung des Tractus parolfacto-habenularis.

Auf Fig. 245 sehen Sie, daß Taenia und Fornixsäule sich gerade frontal am Thalamus begegnen und etwas überkreuzen. Hier treten, nach Lotheißen, Fasern aus dem Fornix in die Taenia über. Sehr wahrscheinlich bekommt sie auch (s. Fig. 312) Zuzüge aus den Ganglien des Septum. Bei der Fledermaus bilden sie sogar ihre Hauptmasse. Die Taenia thalami ist also ein sehr komplexer Faserzug, von dem Einzelteile auch im Stratum zonale thalami enden könnten, während die Hauptmasse sicher Tractus olfacto- et parolfacto-habenularis ist.

Bei einem Hunde, dem 18 Monate vor dem Tode der ganze Hirnmantel entfernt worden war, und dem infolge davon die ganze Strahlung aus dem Mantel fehlte, war nur der Basalteil des Gehirnes erhalten geblieben. Aus dieser konnte man sehr klar und deutlich die Riechstrahlung rückwärts zum C. mamillare und aufwärts die Taenia thalami zum Ganglion habenulae verfolgen. Die Fasern müssen in dem Basalgrau selbst ihre Ursprungsstätten haben, denn es war die Taenia nicht entartet, obleich sie dicht vor dem

Ganglion habenulae zufällig bei der Operation beiderseits sehr lädiert worden war.

Daß die Taenia auf ihrem Wege zum Ganglion habenulae aus dem Stratum zonale thalami, dann auch aus der Tiefe des Thalamus Zuzüge erhält und daß ihr Endapparat, das Ganglion habenulae, wieder Ausgangspunkt für neue Verbindungen ist, das wissen Sie aus früheren Vorlesungen.

Hinter dem Lobus parolfactorius liegt dicht vor dem Chiasma noch eine kurze Stelle atrophischen Bodengraues, die als Substantia

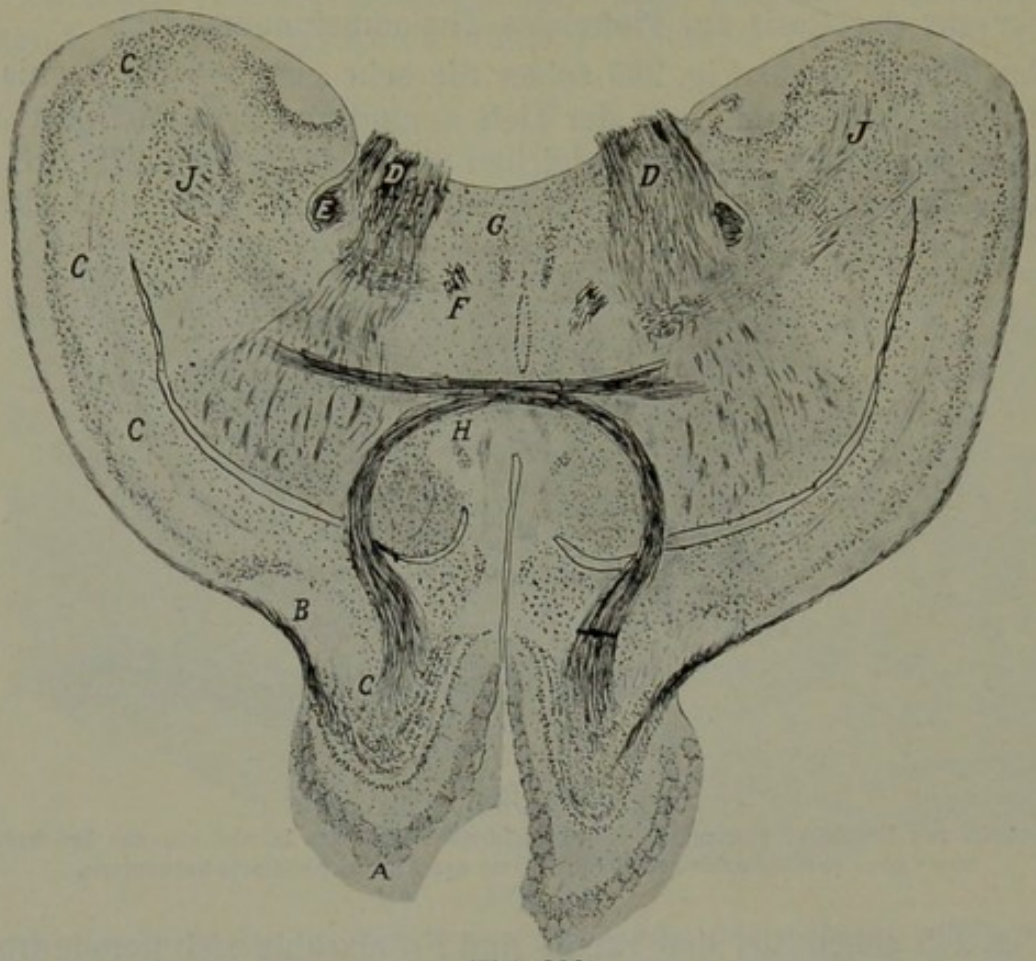


Fig. 290.

Maus. Horizontalschnitt durch die Basis des Vorderhirnes. *A:* Bulbus olfactorius mit der Glomerulusschicht. *B:* Tractus bulbo-corticalis, endet auf der Oberfläche von *C.* Lobus olfactorius. *D:* Tractus strio-thalamicus. *E:* Opticus. *F:* Fornix. *G:* Tr. habenulo-peduncularis. *H:* Tr. paralfacto-ammonicus. *J:* Nucleus amygdalae.

perforata anterior bezeichnet wird. Dorsal über sie hinweg ziehen in einem Bündel fast dreieckigen Querschnittes alle die Fasern, welche aus dem Riechlappen zu kaudaleren Abschnitten, speziell zur Mamillareregion gelangen und die, welche aus der Brückenhaube in den Lobus parolfactorius einstrahlen.

Alle Querverbindungen der olfaktorischen und parolfaktorischen Zentren liegen in der

Commissura anterior.

Diese besteht immer aus 2 ganz verschiedenen Abschnitten, die

sich auch durch ihren Markfasergehalt unterscheiden, einem frontalen, der zwischen den Bulbi und einem kaudaleren, der zwischen den Lobi olfactorii und den Gyri hippocampi beider Seiten einherzieht.

Der Frontalabschnitt bildet ein aus sehr starken Markfasern bestehendes Faserbündel, das sich aus dem Inneren der Bulbi olfactorii entwickelt und direkt in den anderseitigen Bulbus zu ziehen scheint. Ob bei Säugern, so wie es mir von den Fischen her gut bekannt ist,

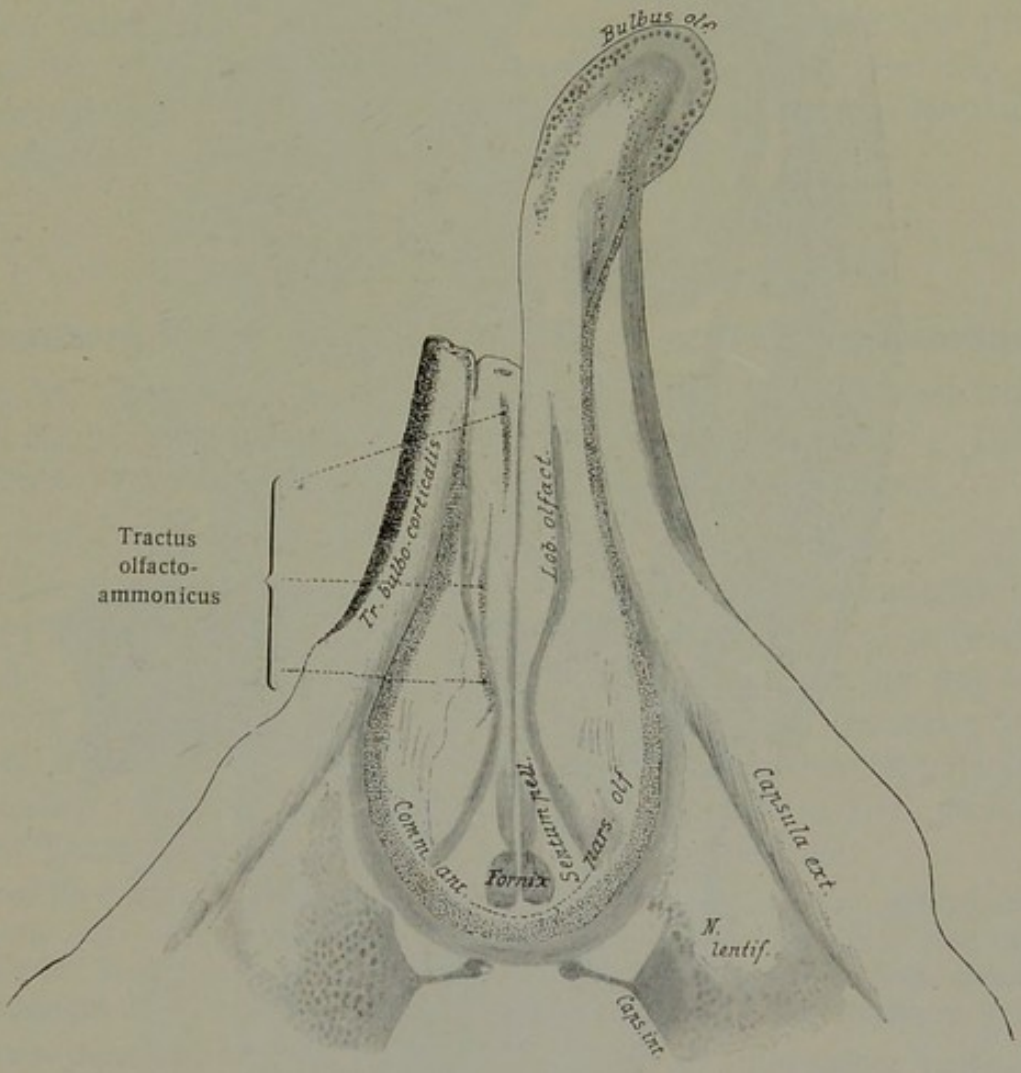


Fig. 291.

Horizontalschnitt durch das Gehirn eines Kaninchens, bei dem man 3 Wochen vor dem Tode einen Bulbus olfactorius mit einem kleinen Teile des vorderen Riechlappens abgetrennt hatte. Die degenerierten Fasern durch Osmiumsäure geschwärzt. Nach Löwenthal.

Fasern aus dem Bulbus einer Seite in den Lobus der anderen ziehen, ist mir neuerdings fraglich geworden. Bei Abschneiden eines Bulbus degenerieren außer den lateralen Fibrae bulbo-corticales, s. Fig. 291 noch medial die Fasern jenes Hufeisens der Commissura anterior.

Dieser bulbäre Teil ist bei mikroosmatischen Säugern recht klein, aber auch beim Menschen immer nachzuweisen. Der kaudale, mit dünneren Markscheiden versehene Abschnitt ist immer stärker vor-

handen und macht beim Menschen die Hauptmasse der Commissura anterior aus. Seine Fasern bilden ein nach hinten offenes Hufeisen und breiten sich jederseits in weitem Fächer in den basalsten und

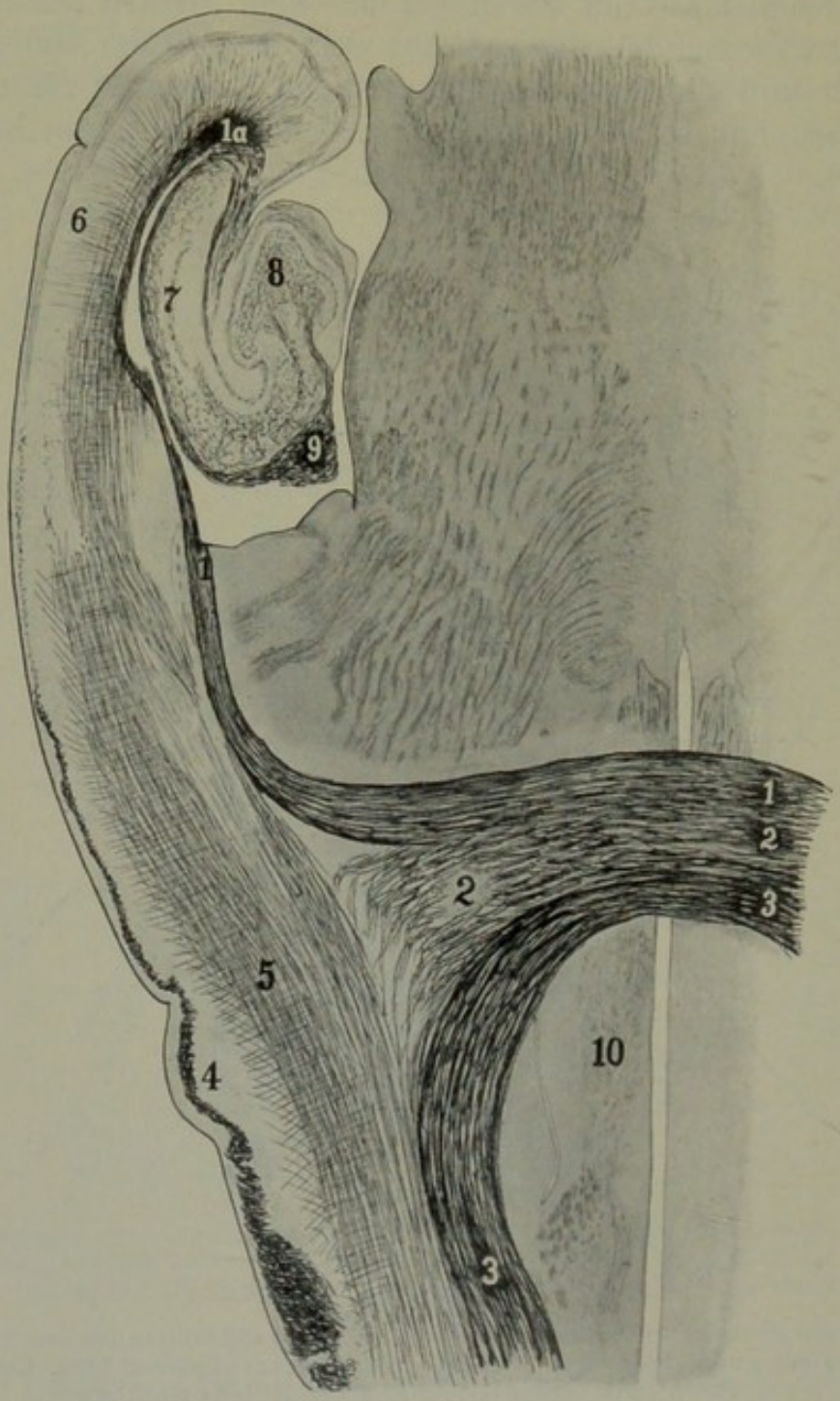


Fig. 292.

Horizontalschnitt durch die Commissura anterior von Didelphis marsupialis, Beutelratte. 1—3. Commissura anterior. 1. Horizontaler. 2. Aufsteigender Ast des hinteren Abschnittes zur Ammonsregion. 3. Frontaler Abschnitt. 4. Tractus bulbo-corticalis. 5. Mark des Riechlappens. 6. Gyrus hippocampi. 7. Cornu Ammonis. 8. Gyrus dentatus. 9. Fimbria. 10. Septum pellucidum.

medialsten Abschnitten des Lobus olfactorius und den lateraleren des Gyrus hippocampi aus. Auf Fig. 292 und Fig. 302 ist dieser bisher von den Lehrbüchern nicht anerkannte Verlauf gut sichtbar.

Bei vielen niederen Säugern verläuft zwischen dem vorderen und hinteren Abschnitt noch ein Querzug, dessen Schenkel sich dorsalwärts wenden, um in der Randwindung und den hier dorsal liegenden Teilen des Ammonshorns zu enden. Über ihn s. S. 399.

Die Commissura anterior zieht, wie Fig. 42 gut zeigt, beim Menschen als kräftiges Faserbündel nahe dem Boden des Ventrikels vor den Fornixschenkeln daher. Sie läßt sich nicht auf einem Querschnitte verfolgen, denn ihre Fasermasse krümmt sich, indem sie das Corpus striatum durchzieht, beiderseits im Halbkreise nach unten und hinten und verliert sich im Marke des Gyrus hippocampi. Auf Fig. 306 ist dieser Bogen rechts und links außen unter dem Nucleus lentiformis angeschnitten.

Vierundzwanzigste Vorlesung.

Die tertiären Riechzentren. Nucleus amygdalae, Ammonshorn.

M. H. Aus dem Lobus olfactorius und dem Lobus parolfactorius führen Bahnen zum Nucleus amygdalae und zum Ammonshorne. Diesen und ihren Verbindungen sei die heutige Vorlesung gewidmet.

Taenia semicircularis und Nucleus amygdalae.

Eröffnet man die Ventrikel des menschlichen Gehirns von oben, wie das in Fig. 42 abgebildet ist, so erblickt man medial von dem Nucleus caudatus, seinem ganzen medialen Rande folgend und ihn von dem Thalamus scheidend, ein starkes weißes Bündel, das von einer Vene bedeckt im Halbbogen über die großen Ganglien des Hirnstammes hinwegzieht. Dieses Bündel ist die Stria terminalis der alten Autoren, die wir heute meist als Taenia semicircularis bezeichnen.

Das Vorderhirn immer scharf vom Zwischenhirn abgrenzend, gehört dieser konstante Zug, das erweisen auch seine Beziehungen zur Tela chorioidea, dem idealen Boden des Hemisphäriums an. Als dieses in früher Embryonalzeit den Thalamus überwuchs, hat sich das Bogenbündel auf den Thalamus gelegt.

Aus dem Lobus olfactorius und Lobus parolfactorius nahe der Taenia thalami entspringend, tauchen die Fasern direkt an der Commissura anterior aus der Tiefe empor und bleiben nun immer am lateralen Rande des Schwanzkernes liegen, den sie bis in das Unterhorn begleiten. Schließlich enden sie frontal nahe ihrem Ursprung wieder angekommen in dem Nucleus amygdalae (Fig. 294), einem Ganglion, das gerade an der Stelle liegt, wo der Schläfenlappen sich in die Hirnbasis inseriert.

Beim Menschen ist bisher nur der oben beschriebene Zug bekannt, welcher, in weitem Bogen den Ventrikel umgreifend, endlich wieder frontal endet. Bei einigen Säugern aber kennt man auch einen kürzeren Verbindungsweg der gleichen Regionen mit dem Nucleus amygdalae, einen Weg, der längst bei den niederen Vertebraten bekannt, ganz

basal als Anteil des Markes der Lobi olf. und parolf. direkt hinein in den nahen Nucleus amygdalae führt. Der ganze Faserkomplex ist am genauesten von Röthig bei Didelphys und von Honegger untersucht und in Anlehnung an dieses und Eigenes gibt Fig. 293 ein Schema der Taenia semicircularis. Ein wechselnder großer Anteil der Taenia semicircularis tritt nicht direkt hinauf zur Linsenkernkante, sondern kreuzt vorher in der Commissura anterior. Er ist beim Menschen noch nicht nachgewiesen, macht aber bei der Maus die Hauptmasse der ganzen Taenia aus. Fig. 293 zeigt für dieses Tier den Verlauf des gesamten Bündels.

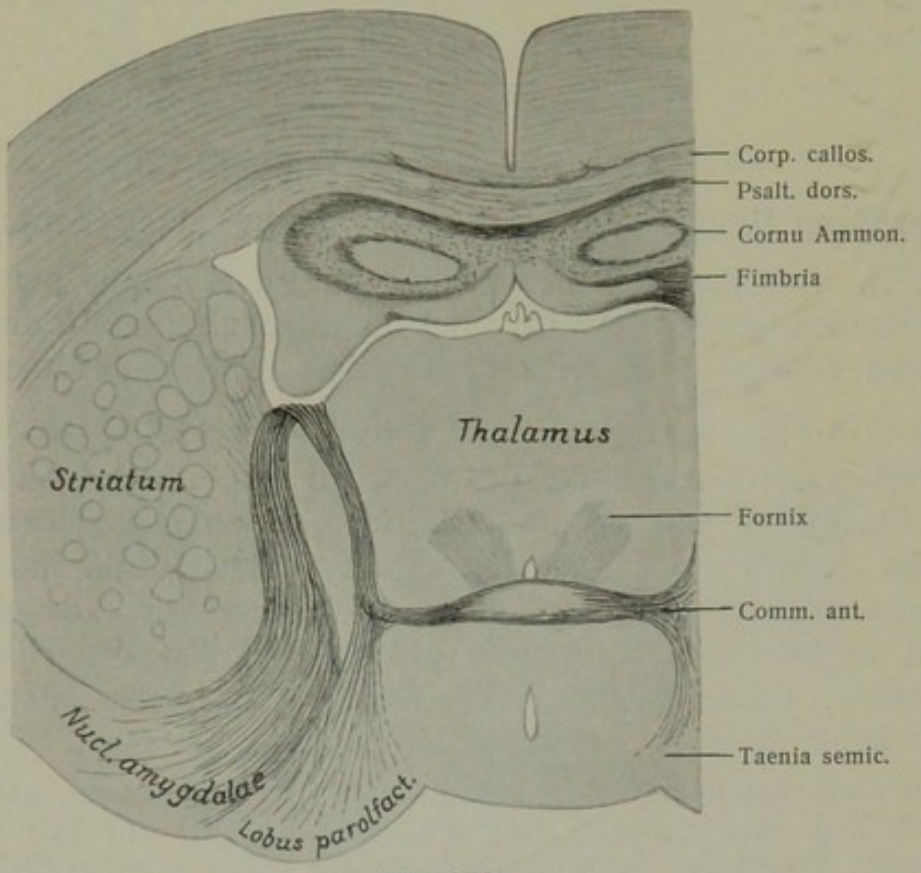


Fig. 293.

Maus. Verlauf der Taenia semicircularis. Projektion mehrerer Silberpräparate in eine Ebene. Die aus dem Lobus parolf. kommenden Fasern erreichen nach kurzem Verlauf am medialen Striatumrande basal liegend den Nucleus amygdalae.

Der Mandelkern fehlt, soweit ich sehe, keinem Säuger. Sein immer recht entwickelter Körper ist medial von einer etwas atrophischen, dem Temporallappen angehörigen Rinde — Mandelkernrinde — bedeckt. Kaudal grenzt er dicht an die Ammonsformation mit deren frontalstem Grau und deren Uncus er innig zusammenhängt. Die Oberfläche ist zum Teil unter dem Nucleus lentiformis verborgen, zum anderen tritt sie am Eingang der Sylvischen Spalte dicht am Gyrus semilunaris höckerartig frei hervor. Hier berührt sich der Nucleus amygdalae mit dem Lobus olfactorius, dessen Reste beim Menschen ja ebendahin reichen. Schnitte durch diesen Nucleus amygdalae sind Fig. 294, 307 und 308 abgebildet.

Bei vielen Tieren und auch beim Menschen macht der Mandelkern an der Decke des Ventrikelunterhornes einen in den Ventrikel hineinragenden Höcker.

Ganz lateral kann der Kern in nachbarliche Beziehung zu der oft weit ventral reichenden Vormauer — Claustrum — treten und dorsal können ihn Ausläufer des Putamen erreichen wie das aus Fig. 294 leicht erhellt.

Lateral und ventral liegen dem Nucleus amygdalae noch zwei kleinere Kerne an; sie werden von dem letzten Untersucher Völsch, der dem Kerne eine große Monographie gewidmet hat, zu ihm hinzugerechnet, so daß der zentrale und ziemlich großzellige Kern zusammen mit diesen aus drei Gruppen bestände. Hier ist noch viel klärende Arbeit zu leisten.

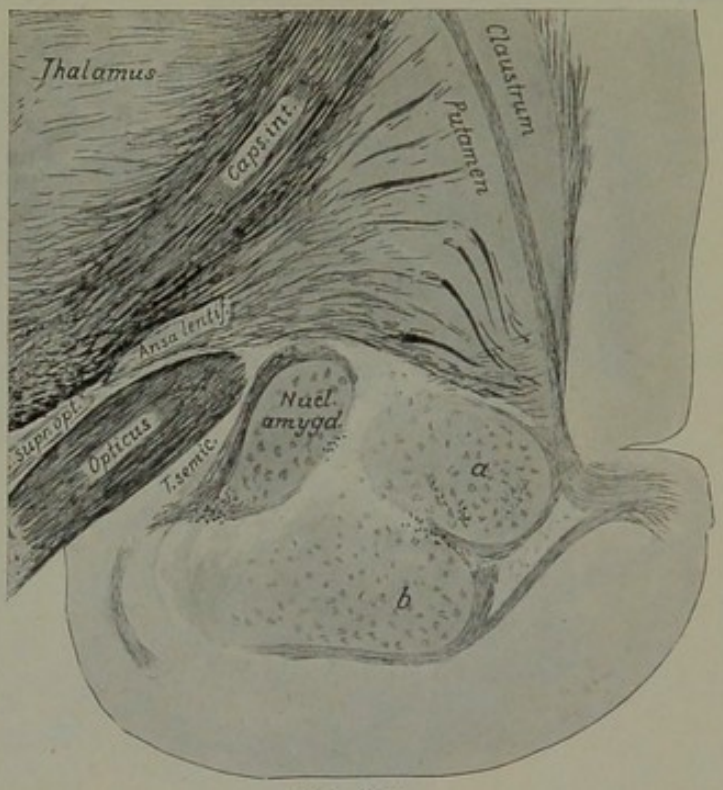


Fig. 294.

Frontalschnitt durch die Gegend des Mandelkerns bei Hyrax capensis *a*, *b*. Nebenkerne.

Der Nucleus amygdalae ist uralt. Unter dem Namen Epistriatum ist er im zweiten Bande eingehender bei den verschiedensten Wirbeltierklassen beschrieben. Auch die Taenia semicircularis ist ein uralter Zug, der schon zu den Grundmechanismen des Gehirnes gehören muß. Schon bei den Fischen und Reptilien vorhanden, Tractus olfacto-epistriaticus dort genannt, erreicht er bei den Vögeln eine enorme Ausdehnung. Öffnen Sie etwa den Schädel einer Gans, so finden Sie die ganze Gehirnbasis von einer dicken weißen Faserschicht überdeckt, die aus dem ventro-frontalen Hemisphärengebiet kaudalwärts zieht, um im Epistriatum — das ist unser Nucleus amygdalae — zu enden. Man kann den Verlauf bei den Vögeln deshalb so gut verfolgen, weil da der Thalamus — ganz wie beim menschlichen Embryo — nicht in das Hemisphärium hineingerückt ist, sondern kaudal bleibt. Schöbe man den Vogelthalamus frontalwärts, so würde er, ganz wie der Säugerthalamus, medial von dem Striatum zu liegen kommen und die Faserung der Hirnbasis würde ihn dann ganz wie die Taenia thalami überkreisen müssen, um zu ihrem Endpunkt zu gelangen.

Tractus olfacto- und parolfacto-ammonicus.

Sowohl aus dem Lobus olfactorius wie aus dem Lobus parolfactorius kommen reichliche Faserzüge, welche den Nasen- und den Schnauzenapparat mit dem ungeheuren Assoziationswerke in der Rinde des Neencephalons verknüpfen und so wohl erst die höhere psychische

Verwertung der von da kommenden Rezeptionen ermöglichen. Diese Fasern müssen um ihre Endpunkte in der Hirnrinde zu erreichen — es ist die Rinde der Ammonsformation — sich weithin dorsal begeben. Sie tun dies in zahlreichen über das Septum pellucidum hinwegziehenden Bündeln. Sie sollen zunächst bei einem Tiere demonstriert werden, wo sie fast in ihrem Gesamtverlaufe auf einem einzigen Schnitte sichtbar sind. Dies ist der Fall bei einer Springmausart, dem Makroskelides, von der Fig. 295 ein Bild gibt. Hier sehen Sie die Fasern des Bündels sich aus dem Lobus parolfactorius von der Basis direkt neben das Septum pellucidum A. hinweg in den Markbelag begeben, der die Ammonswindung umfaßt. Der Faserzug ist zuerst von Zuckerkandl als

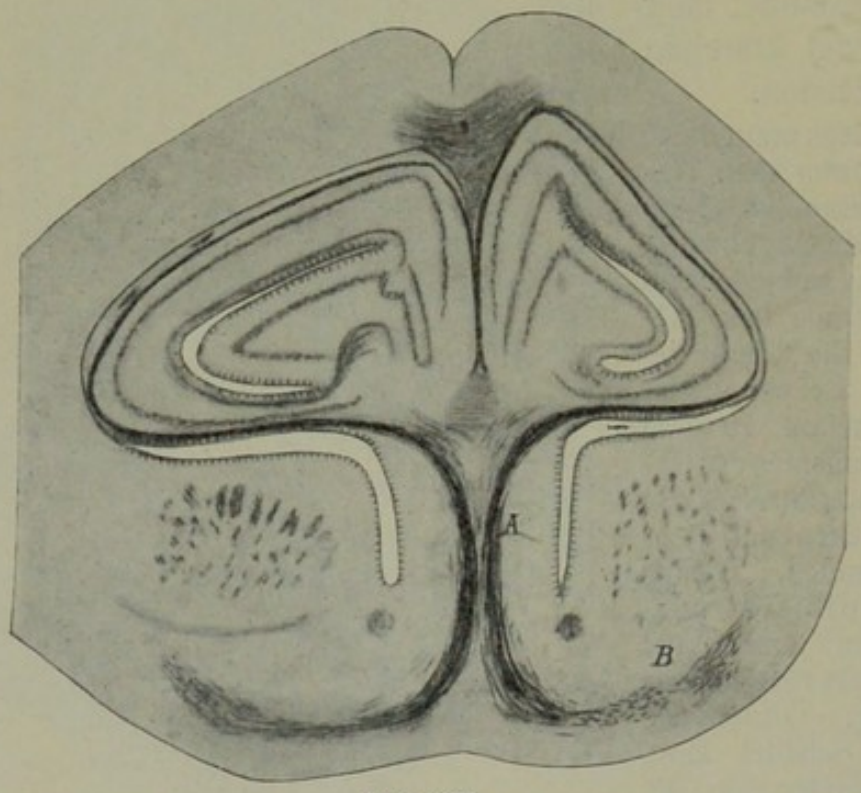


Fig. 295.

Frontalschnitt durch das Vorderhirn von Makroskelides. *A* Fasern aus Lobus olf. und parolfactorius zum Ammonshorn. *B*. Fasern aus dem Riechlappen (Riechbündel) und zum Lobus parolfactorius.

„Riechbündel zum Ammonshorne" beschrieben worden. Wir werden ihm nochmals bei Schilderung der Septumfaserung begegnen. Er ist der älteste Faserzug aus dem Palaeencephalon zum Neencephalon. Wenn sich im letzteren bei Reptilien eine Rinde ausbildet, dann tritt dieser in der Tierreihe neue Apparat zunächst nur mit Lobus olfactorius und parolfactorius eben durch den Faserzug in Konnex. Neben ihm kommen bei den Arten wechselnd noch andere analoge Verbindungen vor, die zu der frontalen Verlängerung des Ammonshornes und zu dem Gyrus fornicatus ziehen oder daher kommen. Sie liegen innerhalb der Faserung des Cingulum und des Fornix longus. Zuckerkandl.

Die Ammonsformation.

Die Ammonsformation gehört bereits dem Neencephalon (Pallium)

an. Sie heist, weil sie dessen ältester Teil ist, Archipallium. Eine Furche der Sulcus collateralis in Verlängerung der Fovea limbica grenzt sie fast immer von dem übrigen Neencephalon, beim Menschen also dem Schläfenlappen ab. Dieses letztere heißt, weil es bei den Säugern erst sich ordentlich entwickelt, Neopallium.

Wir sahen die sekundären Riechbahnen in der Rinde des Lobus olfactorius enden und haben erfahren, daß im Lobus parolfactorius eine sekundäre Bahn endet, die mit größter Wahrscheinlichkeit aus dem Trigeminus stammt. Wie diese beiden Zentren mit einer Rindenstation, dem Ammonshorne verbunden sind, das wurde gleichfalls dargelegt. Außerdem ist erörtert, daß aus dem Innern des Riechlappens wieder

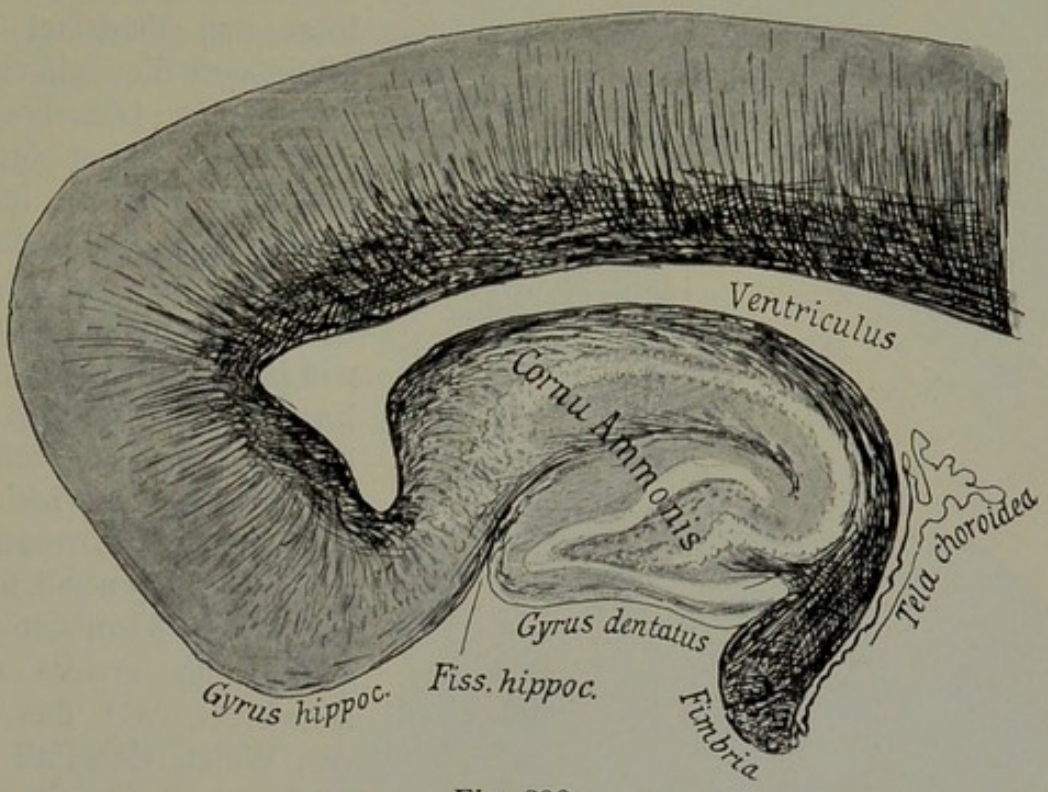


Fig. 296.

Sagittalschnitt durch den Kaudalabschnitt des Katzengehirnes. Zur Demonstration der Gebilde am Hemisphärenrand.

Züge des Riechmarkes eben dahin gelangen. Das Ammonshorn ist also die tertiäre Station für die aus der Nase und der Mundumgebung anlangenden, der Ernährung so überaus wichtigen Rezeptionen. Sein Bau zeigt, daß es die Möglichkeit zu einer unerhört großen inneren Assoziation gibt, daß es den Typus der großen Rindenzentren hat, die wir später zu besprechen haben. In einer späteren Vorlesung wird gezeigt werden, in welcher Weise dieser älteste Teil des Neencephalon schon früh von den auswachsenden späteren Teilen medial gedrängt und eingerollt wird. Im wesentlichen handelt es sich darum, daß die an der Basis und der Medialwand der Hemisphäre schon sehr früh auftretende Rinde des Gyrus hippocampi durch die Fissura hippocampi eingestülpt wird. Dadurch zerfällt sie auf ihrem ganzen

Wege in eine Pars libera, das Subiculum und eine Pars involuta. Um die letztere liegt eine bei niederen Säugern besonders kräftig entwickelte aber noch beim Menschen vorhandene Rindenpartie, eine Art Halbgyrus, der Gyrus dentatus oder die Fascia dentata. Sie wird so genannt, weil sie namentlich an ihrem Frontalende, das natürlich dicht am kaudalen Abschnitt des Lobus olfactorius zu suchen ist, immer mehrfache Einkerbungen aufweist, vielleicht nur Zeichen der atrophierenden Windung. Gyrus hippocampi und Gyrus dentatus zusammen bilden am Hemisphärenrande einen langen diesen begleitenden Wulst, das Cornu Ammonis. An ihrer Medialseite haben sie das ihnen zugehörige Mark, die Fimbria und dann folgt den Ventrikel abschließend die Tela chorioidea des Unterhornes und des Seitenhornes. Fig. 296. Das ist leicht auf dem Horizontalschema der Fig. 32 zu sehen. Alle diese Gebilde stehen, wie Broca und Zuckerkandl zuerst gezeigt haben in direkter Größenrelation zur Entwicklung des Lobus olfactorius und, wie ich beifügen will, auch des Lobus parolfactorius. Wenn der erstere verschwindet, wie das bei den Walen der Fall ist, bleibt nur noch ein kleiner Rest Ammonshorn übrig. Das ist durch einen Vergleich der Fig. 297 und 298 zu erkennen, die beide das ventrale Stück der Ammonsformation an Frontalschnitten demonstrieren. Bei der Katze, Fig. 297, ist es in allen Teilen wohl ausgebildet, bei dem Wal aber scheint der Gyrus dentatus zu fehlen, der sich um das freie Ende des Gyrus hippocampi herumzulegen hätte. Mir fehlen aber Zellpräparate, die allein es ermöglichen würden, mit Sicherheit auszusagen, ob das freie Stück nicht etwa doch etwas atrophische Dentatusrinde enthält.

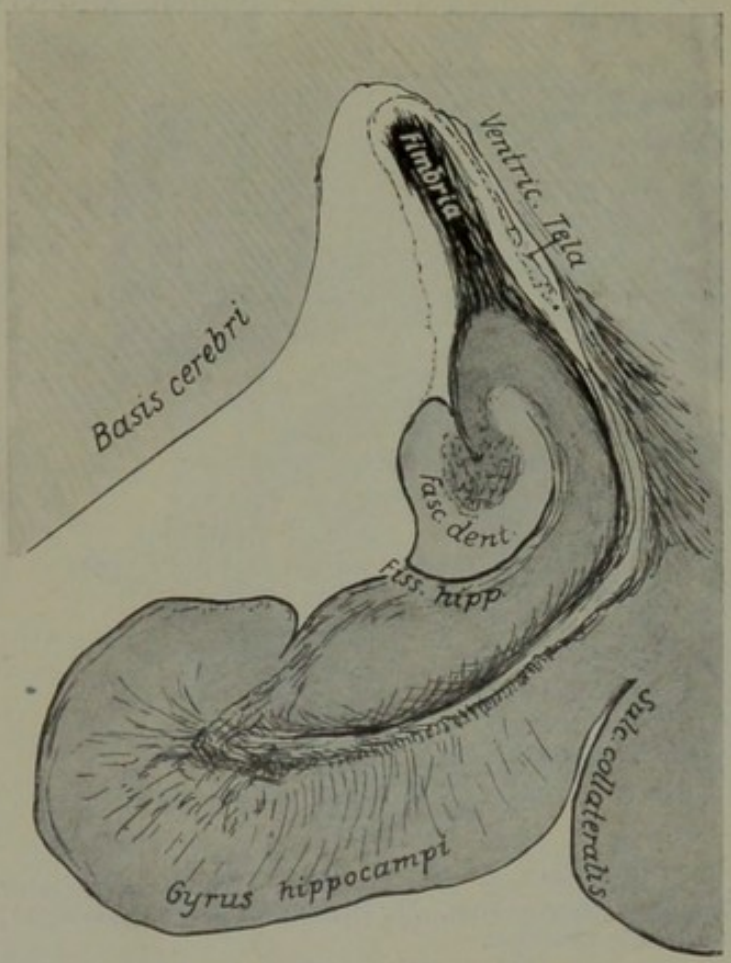


Fig. 297.
Ammonsformation, Frontalabschnitt von der Katze.

Nur bei den ältesten Mammaliern, den Monotremen und Marsupialiern, begleitet das Ammonshorn den ganzen Hemisphärenrand, so wie Sie es auf Fig. 299 sehen, wo die Ammonsformation von der Spitze

des Schläfenlappens an sich frontalwärts über die Ventrikel hinweg erstreckt und vorn, dicht vor der Commissura anterior, in dem Grau, welches diese umgibt, endet. Wenn sich bei den höheren Säugern allmählich das Großhirn mehr entwickelt, dann bekommt es — wohl zuerst andeutungsweise bei einigen Fledermäusen — eine eigene Kommissur, das Corpus callosum. Ihre Fasern kreuzen dicht über der Kommissur des Ammonskörpers, dem Psalterium, und drängen so die Ammonsformation kaudal. Was von ihr erhalten bleibt, liegt dann als dünner Streif, Stria longitudinalis Lancisii, dem Balken auf. An dem Fig. 300 abgebildeten Hundegehirn ist die Ammonsformation, die bei dem Beutler noch bis frontal an die Kommissurengegend reichte, samt

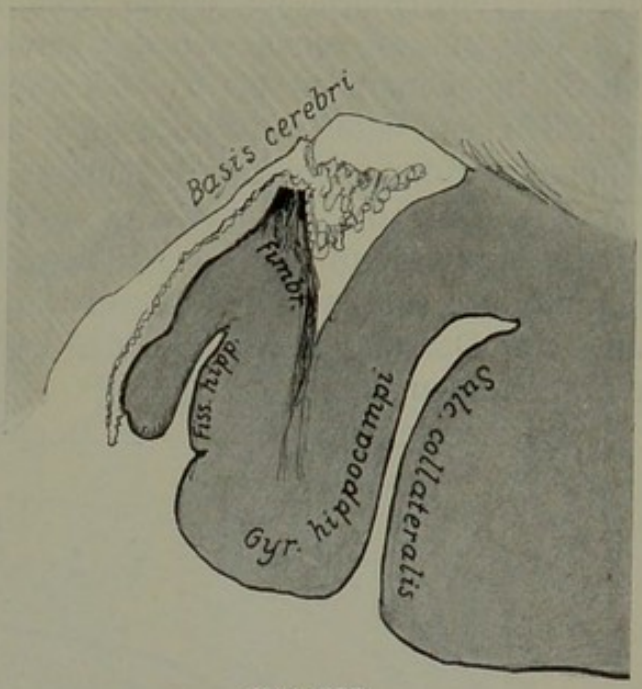


Fig. 298.
Dasselbe vom Braunwal.

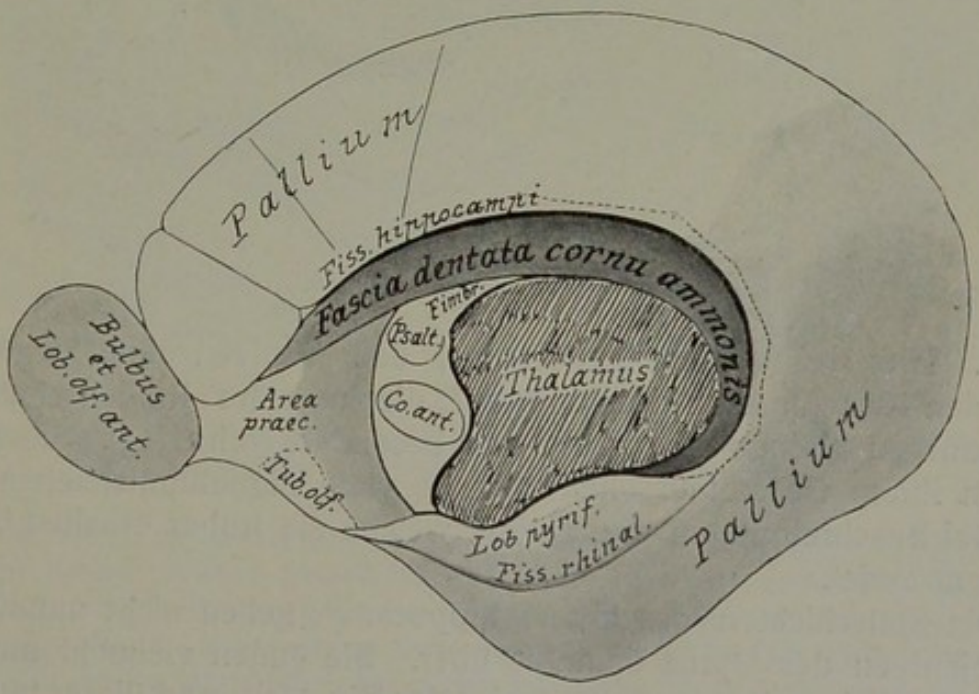


Fig. 299.
Medialansicht des Gehirnes von Ornithorhynchus, die Fascia dentata geschwärzt. Nach Elliot Smith.

dem Psalterium durch das Corpus callosum, den Balken, rückwärts gedrängt und nur ein atrophisches Stück des medialsten Windungszuges ist auf dem Balken übrig geblieben. Natürlich grenzt deshalb immer die Hauptmasse der Ammonsformation dicht an das kaudale Balkenende.

Nun ist aber bei fast allen Säugern der Balken sehr kurz und deshalb liegt die Ammonswindung, welche bei den Primaten auf das Stück im Unterhorne des Ventrikels beschränkt ist, sonst überall mit ihrem Frontalabschnitte dorsal vom Thalamus opticus. Das ist an Fig. 301 gut zu sehen, wo der ganze Bogen der Windung von dem Stück im Unterhorn bis zu dem dorsal liegenden Frontalabschnitt getroffen ist. Hier wäre auch zu beachten, daß in der Mittellinie die Ammonswindung den Gyrus dentatus umfaßt.

Die Ammonsformation, welche durch die Einstülpung des Gyrus hippocampi und das Einlagern des Gyrus dentatus zustande kommt, ist eine so komplizierte Bildung und es haben sich so viele mit ihrer Deutung beschäftigt, daß es sich lohnt, etwas näher auf das einzelne einzugehen.

Wir werden erst später den Bauplan der Hirnrinde zu besprechen

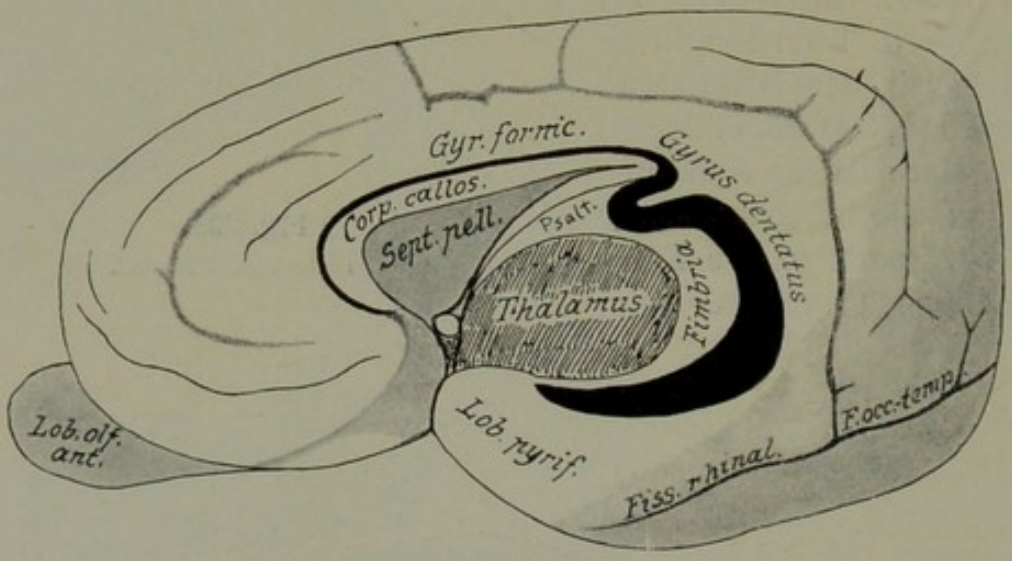


Fig. 300.

Medialansicht des Hundegehirnes.

haben. Hier sei vorweg genommen, daß wir jetzt ohne Zwang die Schichten der Ammonsformation auf die reguläre Rindenschichtung zurückführen können (Meynert und besonders Schaffer). Sie bieten aber in ihrem Gesamtaussehen doch so viele Eigentümlichkeiten, daß man bei Beschreibungen die Namen, welche sie früher erhalten haben, noch anwendet.

Die Zellschichten des Gyrus hippocampi gehen nicht unmittelbar in diejenigen des Gyrus dentatus über. Sie enden vielmehr unregelmäßig durcheinander geworfen (bei *a* der Fig. 302), und dieser unregelmäßige Haufen wird dann von dem Halbbogen der regelmäßig stehenden Zellen des Gyrus dentatus umschlungen.

Wollen Sie an der Abbildung Fig. 302, von unten nach oben gehend, zunächst die Rinde verfolgen.

Der Teil der Ammonswindung, welchem die eigentliche Aufrollung aufliegt, wird als Subiculum cornu Ammonis bezeichnet. Er ist von einer

ungewöhnlich starken Schicht von Tangentialfasern bedeckt, deren netzförmige Anordnung schon am frischen Gehirne auffällt. Viele von diesen Fasern scheinen, die ganze Rinde durchbohrend, bis in das Marklager der Windung zu gelangen. Da, wo die Einrollung beginnt, wird die Tangentialfaserschicht dünner, sie begleitet aber die ganze Ammonswindung weiter und liegt, wie ein Blick auf die Figur zeigen muß, der Rinde des Gyrus dentatus direkt auf. Auch diese besitzt eine Tangentialfaserschicht. Beim Menschen ist es schwer, die Tangentialfasern des Gyrus hippocampi von denen des Gyrus dentatus zu sondern. Sie bilden gemeinsam eine einzige Schicht. In diese tauchen, ganz wie es auf den späteren Abbildungen der übrigen Rinde gezeichnet ist, die Dendriten der Rindenzellen ein; von der einen Seite die aus der Dentatusrinde, von der anderen diejenigen der Ammonsrinde. Unter der Tangentialfaserschicht

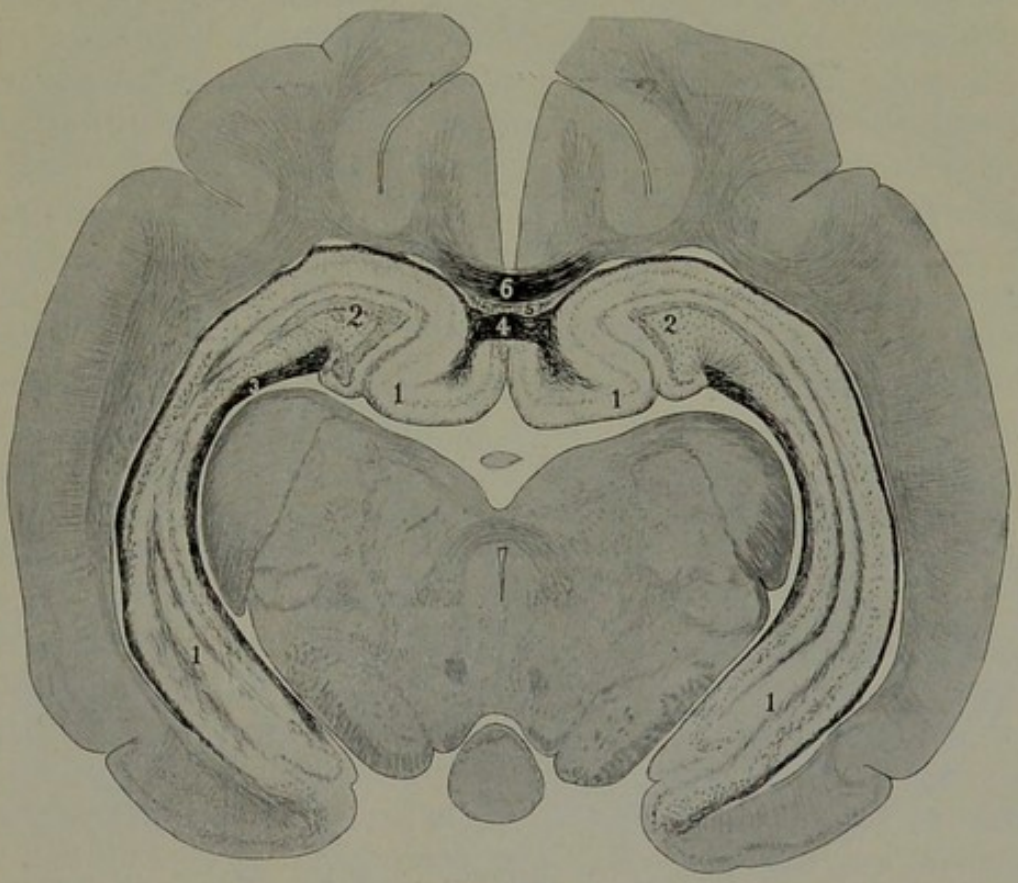


Fig. 301.

Frontalschnitt durch das Gehirn von Hyrax cap. Die beiden Ammonshörner in ihrem Ventral- und ihrem Dorsalabschnitt. 1. Gyrus hippocampi, 2. Gyrus dentatus.

liegt im Bereiche der Ammonswindung eine zweite mächtige Schicht markhaltiger Fasern. Diese gewundene Platte, Lamina medullaris circumvoluta, ist ein Assoziationssystem von Fasern, die im Ammonshorn entspringen und da enden, wo es vom Gyrus dentatus umfaßt wird. Sie müssen der Rinde selbst angehören und nicht erst dahin eindringen, denn bei einem Hunde, dem von der ganzen Hirnrinde nur die eine Ammonswindung geblieben war, ließ sich dieses System völlig erhalten nachweisen.

Die Lamina med. circumvoluta liegt schon im Bereiche der langen Dendritenfortsätze, welche die Zellen der Ammonswindung aussenden. Die Richtung so vieler langer Fortsätze nach außen gibt diesem Stratum ein leicht gestreiftes Ansehen auf dem Schnitte. Man hat es deshalb als Stratum radiatum bezeichnet. Die Zellen selbst scheinen an gehärteten Präparaten in großen Hohlräumen zu liegen. So erscheint ihr langer gewundener Zug als helle Schicht

und hat den Namen Stratum lucidum erhalten. Sie senden außer ihren Dendriten teilweise auch, ganz wie in der übrigen Rinde, ihre Axenzylinder hinaus zur Tangentialschicht. Der größere Teil der Axenzylinder aber tritt ventrikelwärts, und es bilden diese und andere Fasern dann ein richtiges Marklager, den Alveus, der dicht unter dem Ventrikelepithel liegt. Der schmale Raum zwischen dem Stratum lucidum und dem Alveus wird von zahlreichen, in das Ammonshorn eindringenden und aus ihm abziehenden Fasern erfüllt. Er enthält unzählige Faserteilungen und eine Anzahl sehr merkwürdiger Asso-

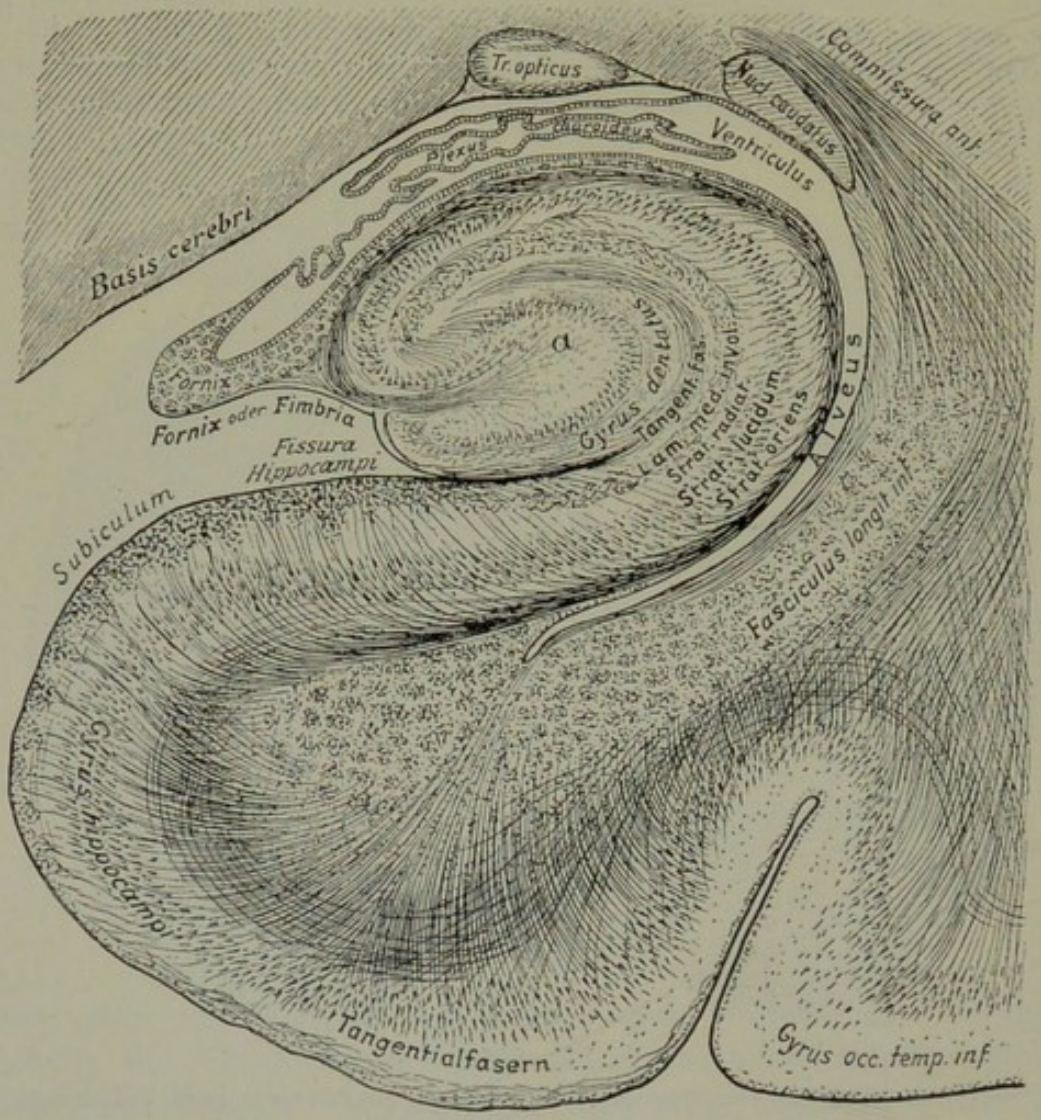


Fig. 302.

Schnitt durch die Hirnbasis und die unter ihr liegende Ammonswindung. Nach einem mit Hämatoxylin-kupferlack gefärbten Präparat. Der Plexus chorioides etwas einfacher gezeichnet, als er beim Erwachsenen ist. Man beachte, daß und wie er den Ventrikel vom Schädelraum abschließt.

ziationszellen, die wir erst neuerdings durch Ramon y Cajal kennen gelernt haben. Sie sind durch ihren vielverzweigten Axenzylinder, der in die Zellen des Stratum lucidum eindringt, geeignet, die Pyramidenzellen der Ammonswindung untereinander wohl zu verknüpfen (S. Fig. 25). Die ganze Lage wird als Stratum oriens bezeichnet.

Alle Untersuchungen der Ammonsrinde lehren, daß hier ein Zellreichtum, eine Mannigfaltigkeit der Faserbeziehungen existiert, welche in der ganzen übrigen Rinde, so weit wir wissen, nicht mehr seinesgleichen findet.

Näheres über den Zellaufbau der Ammonsformation wissen wir erst seit den Arbeiten von Calleja, Kölliker und ganz besonders den eingehenden Studien von S. Ramon y Cajal an Menschen und verschiedenen Säugern. Nach dem letzteren Autor hat der Gyrus hippocampi des Lobus pyriformis von außen nach innen mindestens vier verschieden gebaute Abschnitte, nämlich die der Schläfenlappenrinde ziemlich ähnliche Region nahe dem Sulcus collateralis, an der nur, wie auch Fig. 302 zeigt, die reiche Tangentialfaserschicht auffällt, dann das Subiculum, dann eine sehr kompliziert gebaute Region, das Praesubiculum, und schließlich das medialste Stück der Rinde, dasselbe, welches sich einrollend das Ammonshorn bildet (Pars tecta hippocampi Ell. Smith). Je mehr man sich von lateral kommend dem Ammonshorne nähert, um so reichlicher treten die nahe dem Sulcus collateralis nur erst in Inseln vorhandenen eigenartigen, mit ungeheuer reichen Dendritenfortsätzen versehenen Riesenpyramiden auf, welche diese ganze Gegend charakterisieren und im medialsten Stücke das ganze Bild beherrschen. Es sind eine Art Doppelpyramiden, deren apikaler Fortsatz zu einem enormen Büschelwerk in der Tangentialschicht aufsplittert und deren basaler Abschnitt außer dem Axenzylinderfortsatz eine ungeheure Menge von Dendriten nicht quer wie die Zellen der übrigen Hirnrinde, sondern zentralwärts in dichtem Büschel entsendet. Ganz ebensolche Zellen sind übrigens auch überall im Lobus olfactorius vorhanden, wo dann die apikalen Dendriten in die Riechfaserung aus dem Bulbus eintauchen. Die anderen Rindenelemente sind im wesentlichen die gleichen wie in der übrigen Rinde.

Wenn man medial gehend sich dem Subiculum nähert, treten an der Oberfläche massenhafte Faserzüge auf, Fig. 302. Sie stammen aus der Ammonseinrollung und der Fascia dentata. Zwischen sich lassen sie die Rindenelemente mehr oder weniger atrophiert in kleinen Inseln liegen. Riechnervenfasern gelangen hierher keine mehr, es scheint auch, daß überhaupt die Fasern des Subiculum und des ihm nahen Praesubiculum im wesentlichen aus der Ammonsformation selbst stammen. Namentlich die Kommissuren beider Ammonshörner, die Psalterien, senden viele Fasern hierher.

Beide Gyri hippocampi sind untereinander verbunden durch das kaudale Bündel der Commissura anterior, beide Cornua Ammonis durch das Psalterium.

Die Commissura anterior ist die Kommissurenbahn des olfactoparolfactorischen Apparates. Ihr vorderer Schenkel verbindet je die Bulbi olfactorii, s. S. 388, ihr kaudaler gehört dem Gyrus hippocampi. Dieser Anteil ist beim Menschen der kräftigere; bei den osmatischen Tieren hält er dem anderen etwa die Wage. Wenn der Balken gering entwickelt ist oder ganz fehlt, wie bei den Monotremen und Marsupialiern, dann ziehen Teile dieses Bündels hinauf zu dem ganz dorsal liegenden Ammonshorne wie das Fig. 303 zu sehen ist.

Elliot Smith u. a. bezeichnen diese Bündel als innerhalb des Commissura anterior Gebietes verlaufende Balkenanteile, weil sie annehmen, daß End- und Ursprungsstätten nicht in dem Archipallium, sondern in dem hier immer sehr benachbarten kleinen Neopallium liegen.

Das Psalterium enthält die Fasern, welche aus einem Ammonshorn in das andere ziehen, dann solche, die, aus einem Ammonshorn entspringend, zu Längszügen geordnet andere Bahnen — thalamuswärts gerichtete — einschlagen, die Fornixbahnen nämlich. An Frontalschnitten durch das menschliche Gehirn bilden die Fasern des Psalterium nur eine dünne Lage unter dem Balken, (Fig. 259). An dem Fig. 263 abgebildeten Hundegehirn sind sie fast so stark wie die Balkenfaserung selbst. Eröffnet man die Ventrikel eines Pferdegehirnes von oben, so imponieren sofort die mächtigen weißen Massen, die kaudal von dem Striatum den Thalamus fest bedecken, so daß man sich, zunächst an menschliche Verhältnisse denkend, gar nicht zurechtfindet, bis man dann erkennt, daß die Fasern in die Ammonshornauskleidung rückwärts verfolgt werden können und das Psalterium darstellen. Ich empfehle sehr, gerade am Pferde die Psalteriummasse zu studieren.

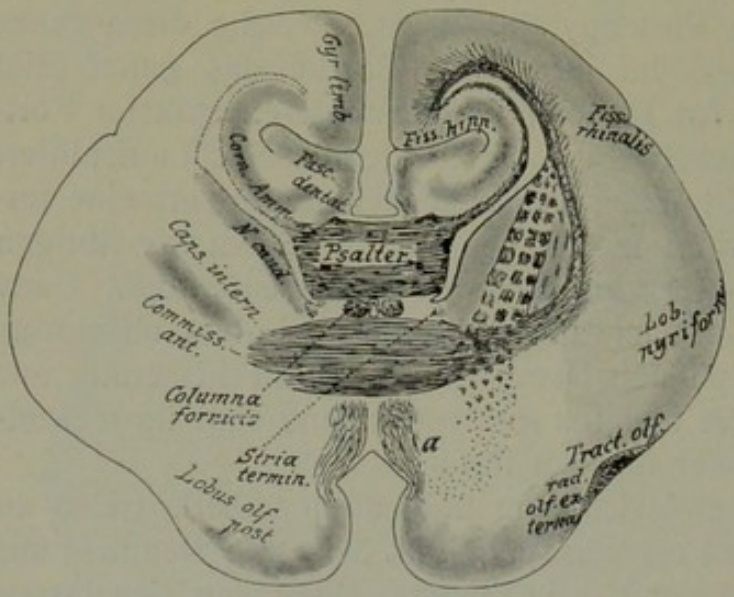


Fig. 303.
Frontalschnitt durch die Hemisphären von Perameles, nahe der Schlußplatte. Nach Elliot Smith.

Am besten aber kann man das Psalterium da studieren, wo noch gar keine Balkenentwicklung eingetreten ist, am Gehirne der Beutler und Monotremen. Auf dem Frontalschnitte durch das Vorderhirn eines Beuteltieres, den Fig. 303 abbildet, erkennen Sie, daß zwei mächtige Querstreifen die rechte und linke Hälfte verknüpfen. Der dorsalere, welcher zwischen den Ammonshörnern verläuft, ist das Psalterium, der ventraler gelegene ist die Commissura anterior. Wenn Sie den Schnitt etwa mit Fig. 259 vergleichen, so sehen Sie, daß die ganze mächtige Gehirnmasse dorsal von den Ammonshörnern dem Beuteltiere fast fehlt. Wir haben hier ein Neencephalon, das wesentlich aus dem Archipallium besteht, vor uns. Wenn wir uns in diesen Typus die Balkenfasern hineindenken, so müßten wir sie über das Psalterium zeichnen, wo dann das auf ihnen liegende Ammonshorn zu dem dünnen Streifen der Stria longitudinalis Lancisii reduziert würde.

Bei den niederen Säugern, wo das Archipallium fast noch die ganze

Hemisphärenmasse ausmacht, ist das Psalterium die dickste, auffallendste Kommissur der Hemisphäreninnenwand. Am menschlichen Gehirn ist es nur eine dünne dicht unter dem Balken liegende Faserschicht. Fig. 259.

Die Hauptmasse der Psalteriumfasern stammt aus dem Markbelag, der Fimbria, wie gerade Fig. 303 und 304 gut zu sehen ist.

Die ganze Ammonsformation ist also ein ungeheurer in sich selbst auf die mannigfachsten Weisen geschlossener Assoziationsapparat.

Seine Zufuhrwege zeigen ebenso wie seine relative Größen-

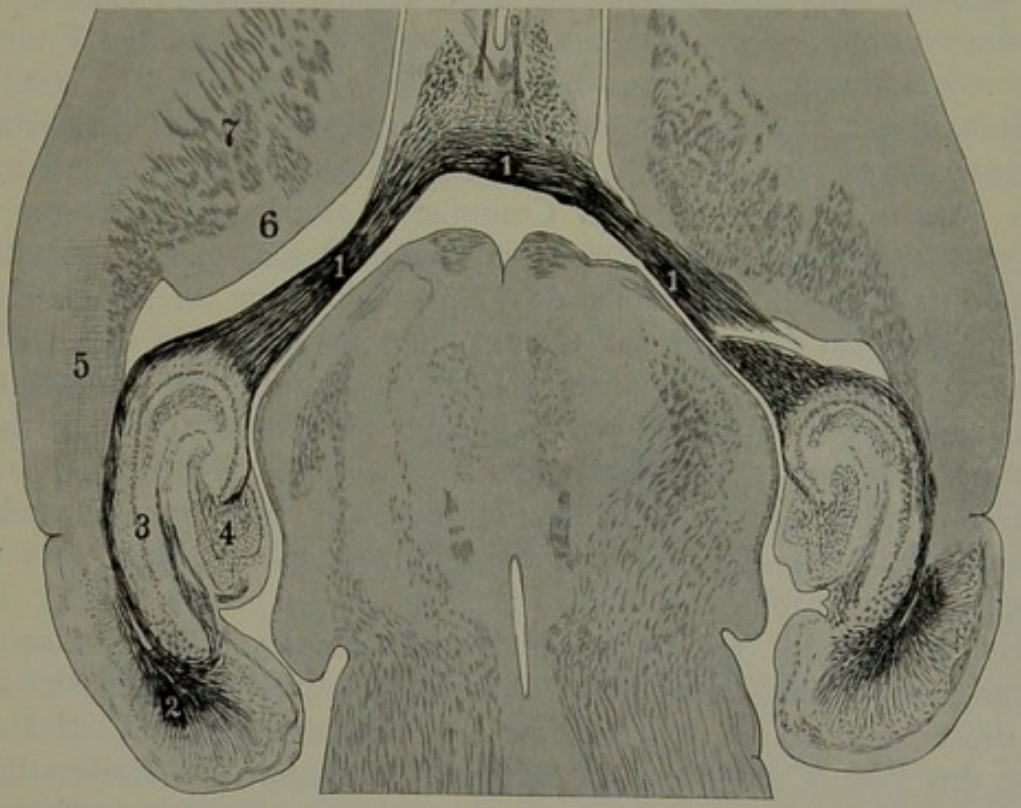


Fig. 304.

Horizontalschnitt durch das Psalterium und die Ammonshörner von Hyrax capensis. 1. Psalterium. 2. Mark des Lobus hippocampi, geht in die das Ammonshorn überziehende Fimbria hier über. 3. Aufrollung des Cornu Ammonis. 4. Fascia dentata. 5. Lobus hippocampi. 6. Corpus striatum. 7. Hemisphärenmarkbündel.

entwicklung, daß er im wesentlichen dem olfaktorischen und dem oralen Apparate dienen muß. Zwar wird er mit dem Verschwinden des ersteren bei den Walen kleiner, aber ganz geht er nicht zugrunde und das hängt mit dem Fortbestehen des Lobus parolfactorius zusammen.

Die Zufuhrwege sind bereits früher geschildert. Es ist zunächst das kräftige Bündel aus dem Lobus olfactorius und parolfactorius, das wir S. 392 als die älteste Verbindung zwischen Großhirn und Palaencephalon bezeichnet haben. Hier liegt offenbar der Hauptzufuhrweg. Dann erhält die Ammonsformation Fasern aus dem gleichseitigen kaudaleren Lobus olfactorius, die wesentlich innerhalb der perforierenden und tangentiellen Faserung der Subicularrinde verlaufen und Fig. 292

und 304 gut sichtbar sind. Schließlich bekommt sie ebensolche aus dem praesubicularen Gebiete des anderseitigen Lobus hippocampi (S. Ramon y Cajal). Diese folgen zunächst der Ammonswindung, legen sich aber dann dorsal auf sie und überschreiten dicht unter dem Balken als dorsalster Markbelag des Ammonshornes die Mittellinie, um in das anderseitige Ammonshorn einzutauchen. Diese Lage markhaltiger Fasern wird als Psalterium dorsale beschrieben. Sie ist Fig. 313 gut sichtbar.

Als Ausfuhrweg gilt ganz allgemein auf Grund der wiederholt gut konstatierten Degenerationen der Markbelag des innersten Abschnittes, die Fimbria. Ihre Fasern stammen wohl aus den großen Pyramiden der Ammonswindung. Sie kreuzen zu gutem Teile am frontalen Ende der Ammonswindungen, Psalterium ventrale, Fig. 304, 313, und aus der Kreuzung treten zusammen mit den gleichseitig gebliebenen Fasern die Columnae fornicis heraus, welche ventralwärts biegend in die graue Masse dicht hinter der Commissura anterior eintreten. Hier senken sie sich zusammen mit den Fasern des Fornix longus in die Tiefe, durchmessen das Grau des Tuber cinereum (s. Fig. 244) und wenden sich zur Gegend des Corpus mamillare (S. 331), wo viele im lateralen Ganglion enden. Ein kleiner nach der Tierart wechselnder Anteil zieht weiter und kreuzt dorsal vom Mamillare, um in noch unbekannte Haubenregionen einzutauchen.

Der Fornix ist der Teil des Markes aus der Ammonswindung, welcher, nicht zu Kommissuren verbraucht, dieses Mark mit dem Zwischenhirne verbindet.

Sie wissen (S. 395), daß die Oberfläche des Balkens von einer atrophischen Verlängerung der Ammonsformation bedeckt ist. Auch aus dieser entwickeln sich Fornixzüge. Sie müssen, um zur Hauptmasse des Fornix zu gelangen, entweder vorn um den Balken herum ventralwärts ziehen, oder auch seine mächtigen Massen durchqueren. Beides geschieht, und so sammelt sich an der Unterseite des Corpus callosum ein weiteres zumeist vor der Commissura anterior hinweg zum Fornix ziehendes Bündel. Es heißt Fornix longus, auch Fornix praeommissuralis. Seine Fasern liegen immer dicht unter dem Balken und wenden sich vorn als die medialsten Bündel der Fornixsäule hinab mit dieser zur Tiefe des Zwischenhirnes. Es ist fraglich, ob dieser Anteil der Fornixsäulen das Corpus mamillare erreicht. Wahrscheinlich endet er zu gutem Teil schon im Grau des Tuber.

Der Verlauf der Fornixteile ist bereits S. 331 geschildert. Für eine schematische Darstellung ist Fig. 312 zu vergleichen.

Für die Faserung und die Gesamtauffassung des Riechapparates liegen ältere Arbeiten von Meynert, Ganser, Bevan Lewis u. a. vor. Neuere wichtige Arbeiten stammen von Zuckerkandl, S. Ramon y Cajal, van Gehuchten, Kölliker, Elliot Smith, C. L. Herrick, Löwenthal u. a. Die Darstellung im Texte folgt durchweg eigenen Untersuchungen.

Fünfundzwanzigste Vorlesung.

Das Corpus striatum. Die Massa praecommissuralis.

Dorsal vom Lobus olfactorius und parolfactorius liegt, mit ihnen eng verbunden, das

Corpus striatum.

Dieses große und uralte Ganglion — schon bei den ältesten Fischen ist es vorhanden — wird, wenn es zur Auswachsung eines Schläfenlappens und einem Krümmen um die in der Insel gelegene Axe kommt, kaudal ausgezogen, so daß es, wie Fig. 350 zeigt, bis in die Decke des Unterhornes weithin mit seinem Schwanze hineinreicht.

Durch die aus der Rinde kommende Faserung wird das Striatum in zwei mächtige Anteile zerlegt, die unter sich noch durch zahlreiche graue Zellbrücken zusammenhängen. Der laterale Anteil Putamen gerät in die Tiefe der Hirnfaserung, der mediale, Nucleus caudatus, bleibt im Innern des Ventrikels immer sichtbar.

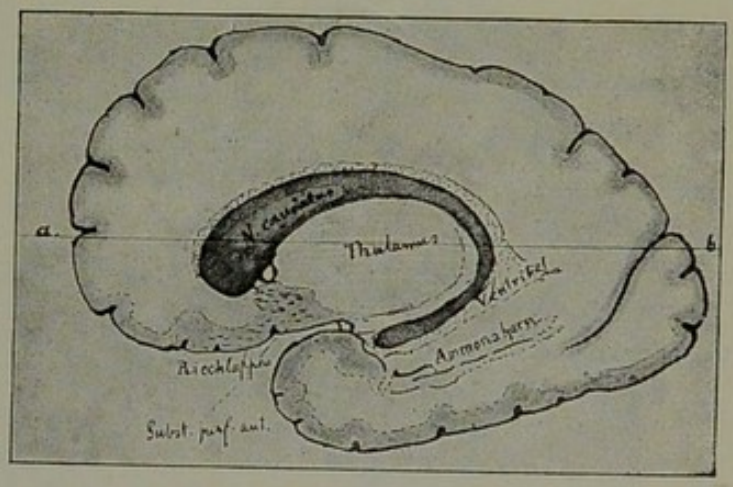


Fig. 305.
Nucleus caudatus in seiner ganzen Länge freigelegt (schematisiert).

Dem lateralen Anteil liegt medial ein mehrgeteilter, in seinem Wesen noch ganz unklarer Körper, der Globus pallidus, da an, wo er an die aus der Rinde strahlende Faserung grenzt.

Putamen und Globus pallidus zusammen bilden auf jedem Schnitte durch das Gehirn eine einheitliche Masse. Man bezeichnet sie im Gegensatz zu dem Nucleus caudatus als Nucleus lentiformis.

Ariens Kappers und De Vries sehen in dem Globus pallidus den ältesten bereits bei den Fischen vorhandenen und da vermutlich mit dem Riechapparat verbundenen Teil des Striatum und nennen ihn **Palaeostriatum**. Diesem soll sich erst von den Reptilien ab das bei Vögeln und Säugern besonders gut ausgebildete **Neostriatum** — Nucleus caudatus und lentiformis — zugesellen, das sich durch seine Faserbeziehungen zum Thalamus charakterisiert. Schließlich rechnen sie dem Stammganglion, wie ich das auch aus vergleichend anatomischen Gründen tat, den Nucleus amygdalae zu, weil er sehr wahrscheinlich dem Epistriatum entspricht und durch die Endigung der Taenia semicircularis charakterisiert ist. S. Bd. 2 dieses Buches. Sie nennen diesen Kern **Archistriatum**.

An dem Sagittalschnitt der Fig. 305 sehen Sie, daß der Kopf des

Schwanzkernes die Hirnbasis fast erreicht. Er ist in diesen frontalsten Abschnitten von dem Kopfe des Linsenkernes kaum getrennt, bei den meisten Säugern bildet er mit ihm eine einzige medial an das Corpus praeterminale grenzende Masse. Bei dem Menschen ragt der Kopf weithin in den Stirnlappen hinein. Hier ist sein mächtiger Frontalabschnitt allseitig von markhaltigen Fasern umgeben, die zum Stirnlappen ziehen oder aus ihm kommen, außerdem von den hier ausstrahlenden frontalsten Balkenfasern. Etwas weiter kaudal ruht der Kopf auf dem Lobus parolfactorius, von ihm nur durch die Faser-

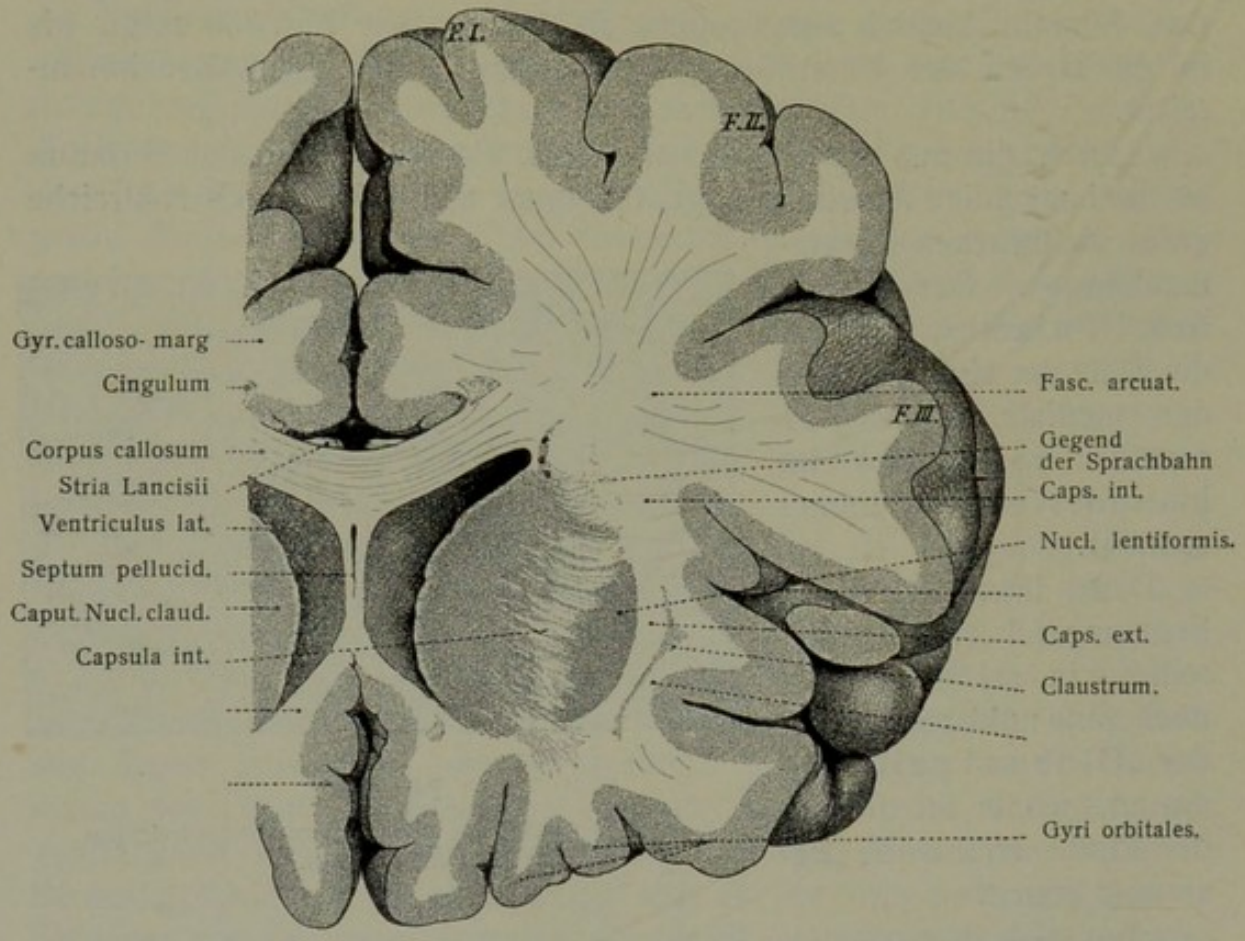


Fig. 306.

Frontalschnitt durch das Gehirn, der den Kopf des Striatum trifft.

massen getrennt, die in diesen und den Lobus olfactorius einstrahlen. Einen solchen Transversalschnitt stellt Fig. 307 dar. Auf dieser Figur ist auch zu erkennen, daß ein medianer Zipfel des Stammganglions — er ist bei verschiedenen Tieren von verschiedener Länge — sich an die Medialwand des Gehirnes, das Septum pellucidum, anlegt und eine Strecke weit an ihm in die Höhe zieht, Nucleus accumbens Ziehen. Außerdem wollen Sie beachten, wie hier das so atrophische Ende des Riechlappens und der ebenfalls atrophische Lobus parolfactorius sichtbar sind. Die letzten Fasern der Tractus bulbo-olfactorii treten eben ein. Der Schnitt liegt nahe dem Fig. 306 abgebildeten.

Ganz unten links sind lateral vom Lobus olfactorius helle Stellen, die dem Nucleus amygdalae angehören.

Weiter kaudal wird der Nucleus caudatus immer dünner, das Putamen größer und es trennen die immer mächtiger werdenden Fasern des Stabkranzes und des Balkens die frontal noch durch viele Züge grauer Substanz unter sich verbundenen Hauptmassen des Striatum mehr und mehr voneinander. Ein Bild in dieser Höhe gibt der dicht vor der Hypophyse angelegte Schnitt der Figur 308. Hier ist medial vom Schwanzkern bereits der Nucleus anterior thalami sichtbar.

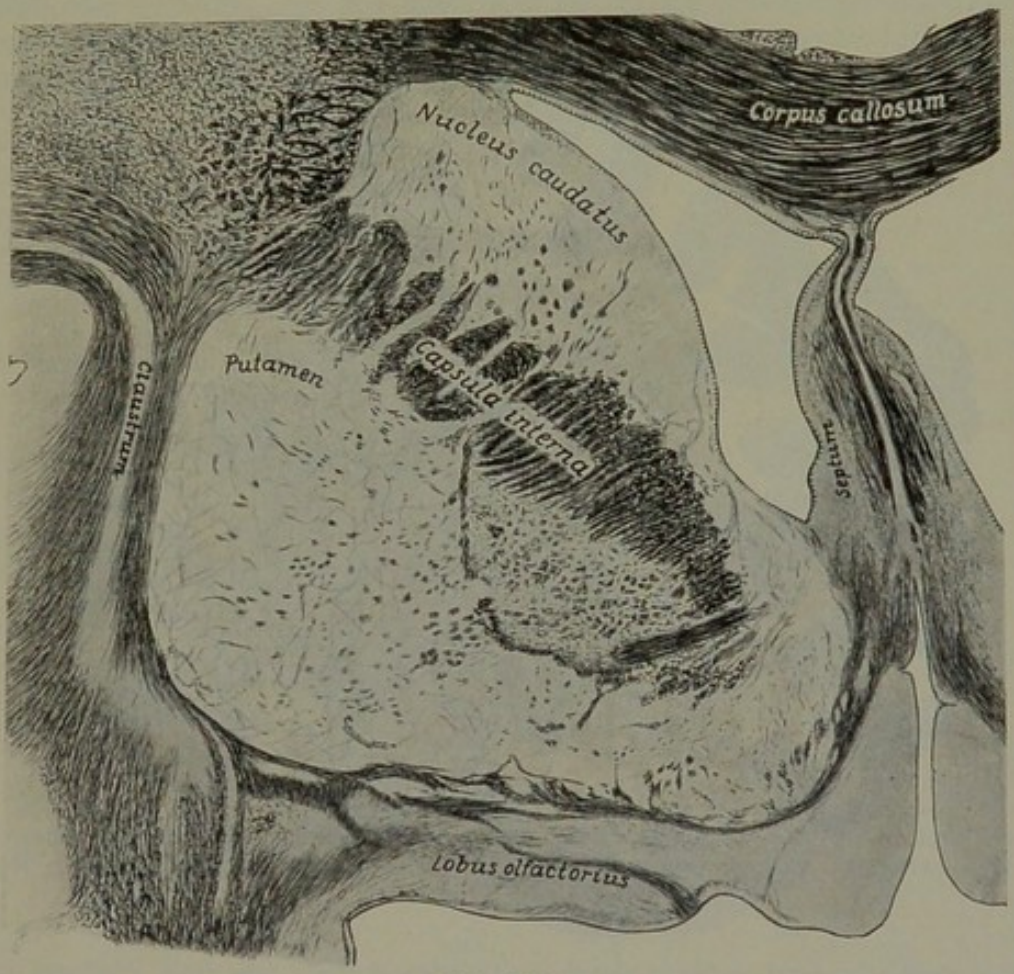


Fig. 307.

Frontalschnitt durch den Kopf des Corpus striatum. (Mensch). Sein Nucleus caudatus und sein Putamen sichtbar. Medial das Septum mit der Pars acumbens putaminis. Ventral das kaudale Ende des Lobus olf., in dem sich die letzten Tractus bulbo-corticales verlieren.

Frei in den — schwarz gehaltenen — Ventrikel ragt der Schnitt durch den Nucleus caudatus und von ihm durch die aus der Rinde abwärts tretenden Fasern, getrennt liegt in der Tiefe das Putamen mit dem ihm medial anliegenden Globus pallidus. Rindenfasern treten zwischen diese Glieder des Nucleus lentiformis, ebenso Eigenfasern aus den Ganglien, weiße breite Septa bildend. Lateral, wieder durch Rindenfasern getrennt, liegt das Claustrum und ventral der Nucleus amygdalae.

Aus dem Putamen und aus dem Nucleus caudatus entspringt die Eigenfaserung des Stammganglions. Außerdem wird der Kaudalabschnitt durchzogen von einer aus der Rinde entspringenden Faserung,

der Haubenfaserung. Die genannten grauen Massen entlassen ihre Eigenzüge in zahlreichen feinen, auf jedem Schnitt sichtbaren Zügen (Fig. 307 links im Putamen).

Die Eigenfaserung des Stammganglions verbindet dasselbe mit den Ganglien des Zwischenhirnes. Diese

Radiatio strio-thalamica und thalamo-striatica

ist bereits S. 351 beschrieben worden und es soll Fig. 309 nur nochmals kurz in Erinnerung rufen, wie sie alle Thalamusganglien mit den beiden zusammenhängenden Kernen des Striatum verbindet. Diese

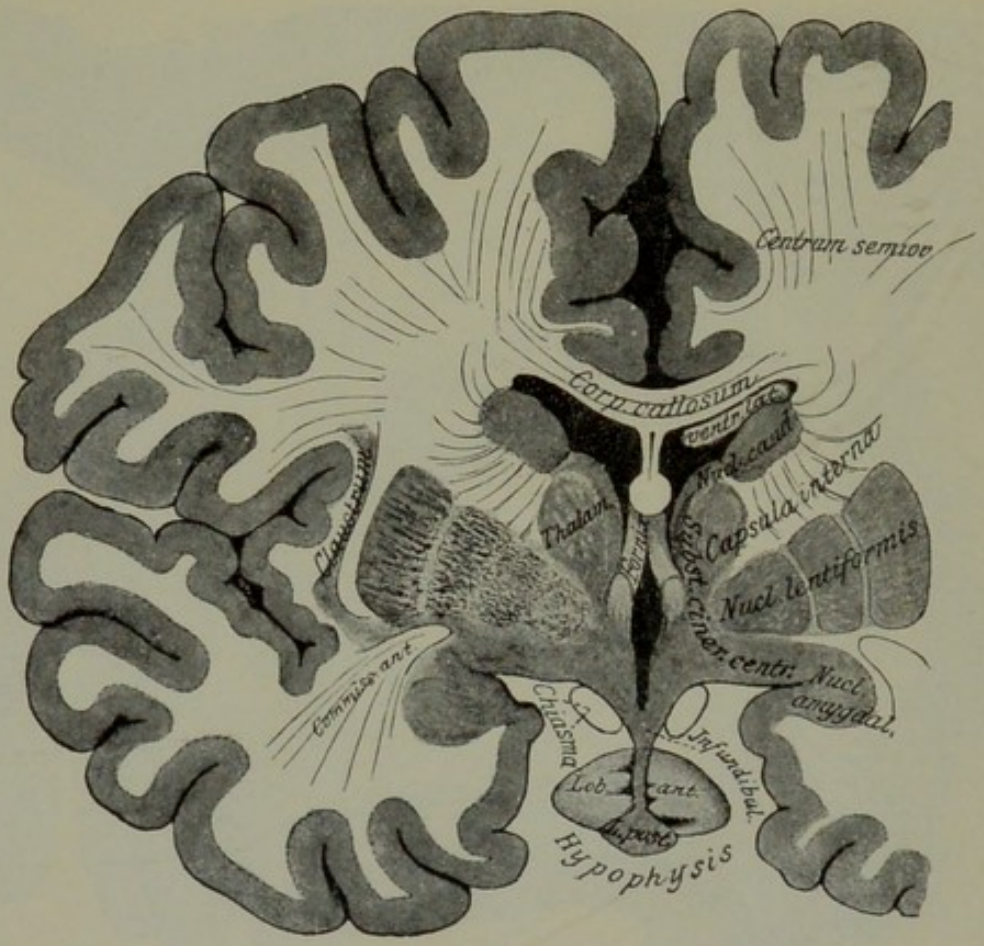


Fig. 308.

Frontalschnitt durch das Vorderhirn dicht hinter den Fornixsäulen. Das Corpus striatum durch die Kapsel in zwei sehr verschieden große Teile geteilt.

Faserung zieht zum Teile im vorderen Kapselschenkel, zum Teile — soweit sie aus dem Putamen kommt — unter der Kapsel an der Hirnbasis hinweg, dem Zwischenhirne zu. Dabei muß sie die Stelle, wo die Kapselfasern frei als Hirnschenkelfuß an die Hirnbasis gelangen, umgreifen. Dieser Teil wird als Linsenkernschlinge, Ansa lentiformis, bezeichnet. Er enthält wesentlich die Fasern aus dem Putamen. Fig. 269 ist ihr Anfang gut sichtbar.

Es ist sicher, daß es sich hier um einen sehr alten und offenbar für den Gesamtmechanismus des Gehirnes sehr wichtigen Faserzug handelt. Denn bei allen Wirbeltieren, von den Fischen bis hinauf zu den Säugern, läßt sich ein

starkes Faserbündel nachweisen, das im Corpus striatum entspringt und zum Teile in den Zwischenhirnkernen endet, zum Teile weiter hinabzieht. Beim Menschen ist es schwer aufzufinden, weil sich zu viele Züge aus dem Mantelgebiete, der Rinde, ihm zugesellen. Doch habe ich dieses basale Vorderhirnbündel bei frühen Embryonen erkannt, und es sind wahrscheinlich seine Fasern, die Wernicke und Flechsig, als aus dem Corpus striatum entspringend, beschrieben haben. Der letztere hat auch die Verbindung mit dem Thalamus erkannt. Es muß aber erwähnt werden, daß einzelne Züge dieses Systemes schon von Meynert richtig nach Ursprung und Ende erkannt waren.

An dem oben erwähnten, absolut entrindeten Hunde ist mir der volle Nachweis des Verlaufes der aus dem Stammganglion entspringenden Faserzüge geglückt. Bei diesem Tiere war die ganze aus der Rinde kommende Stabkranzfaserung sekundär degeneriert und fast verschwunden. Man erkannte da mit

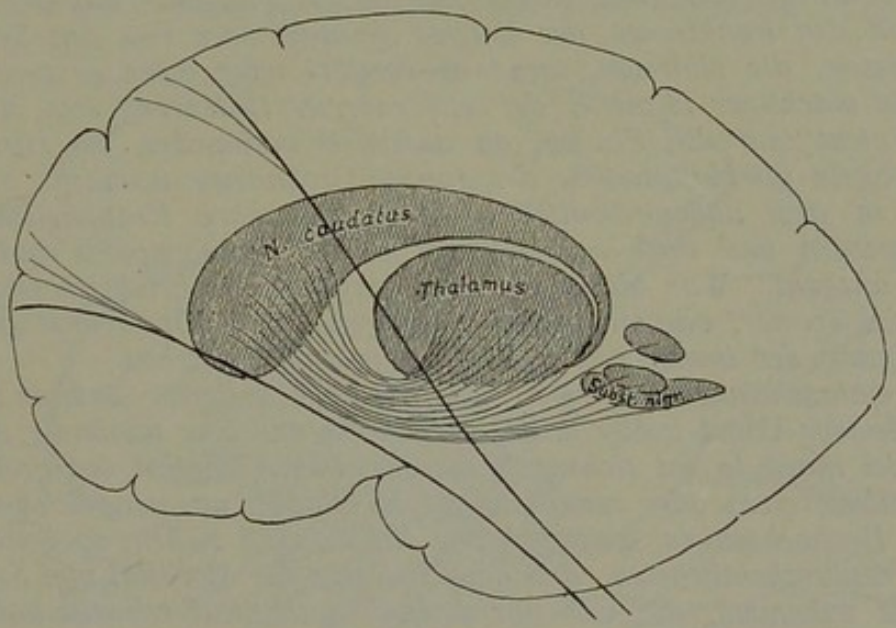


Fig. 309.

Die aus dem Schwanzende entspringende Faserung zu den Ganglien des Zwischen- und Mittelhirnes. Radiatio strio-thalamica. Die Linsenfaserung weggelassen, sie würde vom Beschauer nach dem Thalamus hin verlaufen.

aller Sicherheit, daß aus dem Kopfe des Schwanzkernes und aus dem Putamen sehr mächtige Fasermassen sich entwickelten, die im frontalen Abschnitte der Kapsel basalwärts und zugleich etwas kaudalwärts zogen. Der größte Teil dieser Fasermasse wendete sich rasch nach innen und löste sich in den Thalamusganglien auf; was weiter hinab gelangte, zog allmählich auch immer mehr medianwärts, um in den Ganglien der Gegend unter und hinter dem Thalamus zu verschwinden. Im Bereiche der hinteren Vierhügelgegend war die ganze vorn so mächtige Faserung in die Ganglien übergetreten. Ihre letzten Züge hatte die Substantia nigra aufgenommen. Die Arbeiten von Mahaim und von Monakow über sekundäre Degenerationen nach Erkrankung im Bereiche des Stammganglions zeigen, daß die dort entspringende Faserung auch beim Menschen sich so verhält, wie sie das Schema Fig. 309 wiedergibt. Das Ende eines unter die Vierhügel strahlenden Bündels, Fig. 262, ist unbekannt.

Die Faserung aus dem Globus pallidus ist bei Säugern noch nicht entwirrt. Es handelt sich um reiche, zumeist markhaltige Bündel, welche

gemischt mit denen aus dem Putamen dem medialen basalen Ende des Nucleus lentiformis zustreben, aber auch um zahlreiche innerhalb dieser Züge rückläufig gebogene Fasern. Durch Flechsig wissen wir, daß diese Fasern vor allen anderen des Vorderhirnes markhaltig werden und daß man diese markhaltigen Züge in den noch sonst von keinerlei markhaltigen Bahnen erreichten ventralen Thalamus verfolgen kann, daß also jedenfalls auch aus dem Globus pallidus ein Anteil striothalamischer Faserung entspringt. Eine Verbindung mit dem Riechlappen, wie sie die Kapperssche Annahme erfordern würde ist nicht sichtbar. Ganz dünne in ihm um diese Zeit bereits markhaltige spärliche Fasern scheinen der Taenia semicircularis zuzuziehen.

Es gibt kaum einen Punkt, der so sehr beweist wie weit bisher noch unsere Beobachtungsfähigkeit zurück ist, als der Umstand, daß wir bis heute weder von den Funktionen des Corpus striatum noch von den Symptomen etwas wissen, die eintreten, wenn es zerstört oder wenn es gereizt wird. Da ist ein mächtiger Hirnteil, der von enormer Bedeutung sein muß, sonst wäre er nicht von den Fischen an aufwärts vorhanden, ein Hirnteil, der bei den Vögeln die Hauptmasse des ganzen Großhirnes ausmacht, zudem ein Gebilde, in dem außerordentlich oft beim Menschen Krankheitsherde gefunden werden und doch hat niemals jemand ein Symptom entdeckt, das von ihm ausgeht. Was bisher als Striatumsymptome beschrieben wurde — Hemiplegie, Tremor, vasomotorische Störungen — das alles könnte auch durch Mitbeteiligung der immer nahen Capsula interna entstehen.

Am wahrscheinlichsten ist es noch, daß ein vertieftes Studium der Hirnphysiologie der Vögel weiter hilft, weil diese nur eine minimale Rinde besitzen. Bei ihnen lassen sich auch die einzelnen Ganglien des großen Komplexes isoliert reizen oder zerstören. Ist es erlaubt, aus vergleichend psychologischen Beobachtungen weitergehende Schlüsse zu ziehen, so erscheint mir noch am wahrscheinlichsten, daß dem Striatum für Motilität und Sensibilität eine Rolle zukommt, die wir nur deshalb noch nicht erkannt haben, weil unsere Untersuchungen an Tieren angestellt werden, welche neben dem Striatum noch einen mächtigen Rindenapparat besitzen.

Das Septum pellucidum — Massa praecommissuralis.

Das Septum pellucidum, der Ventralabschnitt der Medianwand des Vorderhirnes, ist bei allen makrosmatischen Säugern eine dicke graue Masse, die sich direkt vor der Lamina terminalis entwickelt und ventral in den Lobus parolfactorius übergeht. Fig. 316. An seiner Lateralseite ragt verschieden hoch hinauf die oben erwähnte mediale Fortsetzung des Striatum, dessen Pars accumbens. Wenn der Lobus parolfactorius stark entwickelt ist gesellen sich, s. Fig. 316 einzelne seiner grauen Inseln als dritter Bestandteil zu dem Septumgrau.

Kaudal wird es von den aus dem Ammonshorne herabziehenden Säulen des Fornix begrenzt. Der dorsale Abschluß gestaltet sich verschieden, je nach der Entwicklung des Balkens. Wo ein solcher kräftig ausgebildet ist, wie etwa bei den Raubtieren, den Wiederkäuern und vor allem den Primaten, da schließt seine Faserung das Septum dorsal von der Rinde des Neencephalon scharf ab. Fig. 310 ist das zu sehen.

In diesen Fällen liegt ein kaudaler Ausläufer auch weithin dem Fornix an.

Bei diesen Tieren mit relativ großem Balken atrophieren auch die Septumwände mehr und mehr, so daß der Name „pellucidum“ wohl gerechtfertigt erscheint. Anders aber ist es, wie die Untersuchungen von Elliot Smith zuerst genau dargelegt haben, bei den Tieren mit minimalem oder fehlendem Balken, den Fledermäusen, Beuteltieren oder gar den Monotremen und Edentaten. Hier, wo die Ammonswindung nicht von der Balkenentwicklung kaudal-ventral gedrängt ist, ragt sie bis zum Oralteil des Gehirns frontalwärts und verschmilzt mit der hier immer auch sehr mächtigen grauen Masse der Septalganglien, so daß der entstehende größere Körper wohl eher den Namen Massa praecommissuralis als Septum pellucidum verdient. Fig. 311.

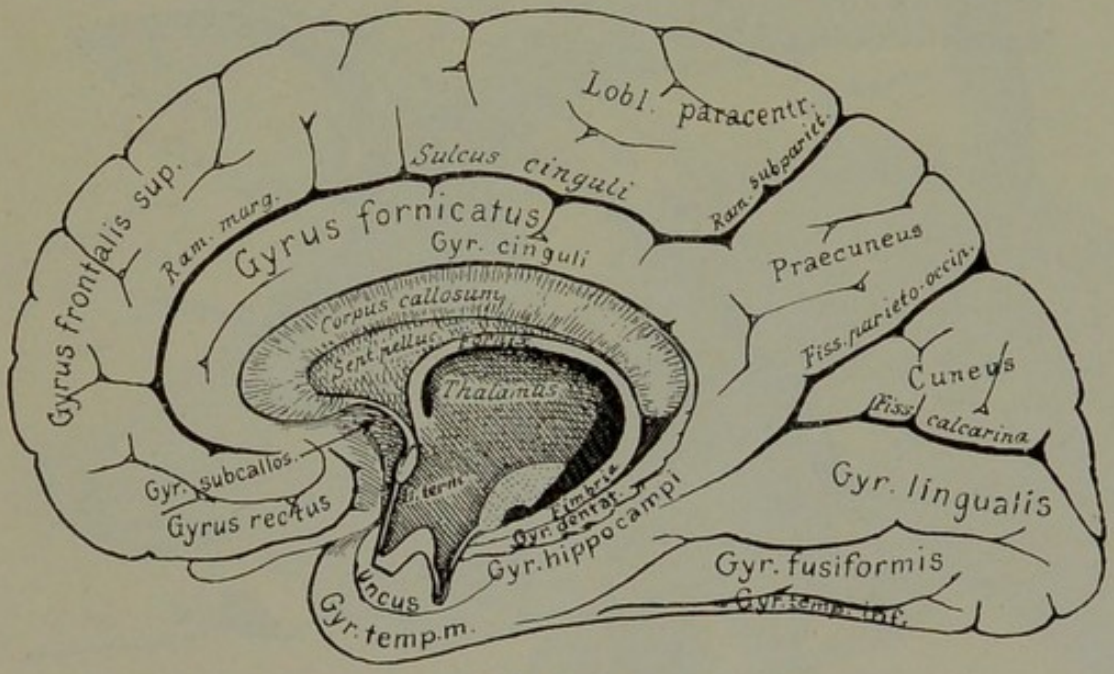


Fig. 310.

Medialseite der menschlichen Hemisphäre. Lage von Septum pellucidum und Fornix.

Und da eine Fornixsäule wegen der Nähe der Ammonsformation nicht existiert, ist auch die mächtige Kreuzung aus den Ammonshörnern, die sonst weit hinten im Gehirne liegt, das Psalterium, nun ganz frontal in den Kaudalabschnitt der Massa praecommissuralis gelagert. Deshalb bestehen, wie ein Vergleich zwischen beiden Abbildungen Fig. 310 und 311 lehrt, hier sehr erhebliche wesentlich durch die Balkenentwicklung bedingte Unterschiede.

Die graue Masse des Septum enthält Ganglienzellen, von denen die innerhalb der reichen das Septum überziehenden Fasern liegenden, wie alle, welche zwischen Fasern liegen, spindelförmig sind — Cajals Nucleus medianus, während die ventrikelwärts gelegenen sich zu reich verästelten Körpern entfalten — Nucleus lateralis Cajal. Dazu kommt noch eine kleine dem Psalterium dicht anliegende Gruppe, die als Nucleus triangularis von dem gleichen Autor, dem ein-

zigen, der die Zellformationen hier genau untersucht hat, bezeichnet wird. Die Axenzylinder mindestens der Zellen in der lateralen Abteilung gehen nach dem gleichen Autor, dessen Angaben ich hier bestätigen kann, ventral und lateral, um sich an der Hirnbasis kaudaler zu wenden. Sie entsprechen etwa dem mit 3 bezeichneten Bündel der Figur. Erst innerhalb der zahlreichen aus dem Lobus olfactorius kaudal- und in den Lobus parolfactorius frontalwärts ziehenden Fasern des Riechmarkes geht mir bisher das Bündel verloren. Es hat schwerlich langen Verlauf, dazu sind seine Ursprungszellen zu klein, seine Fasern zu dünn. Außerdem sieht man innerhalb des Septums zahlreiche

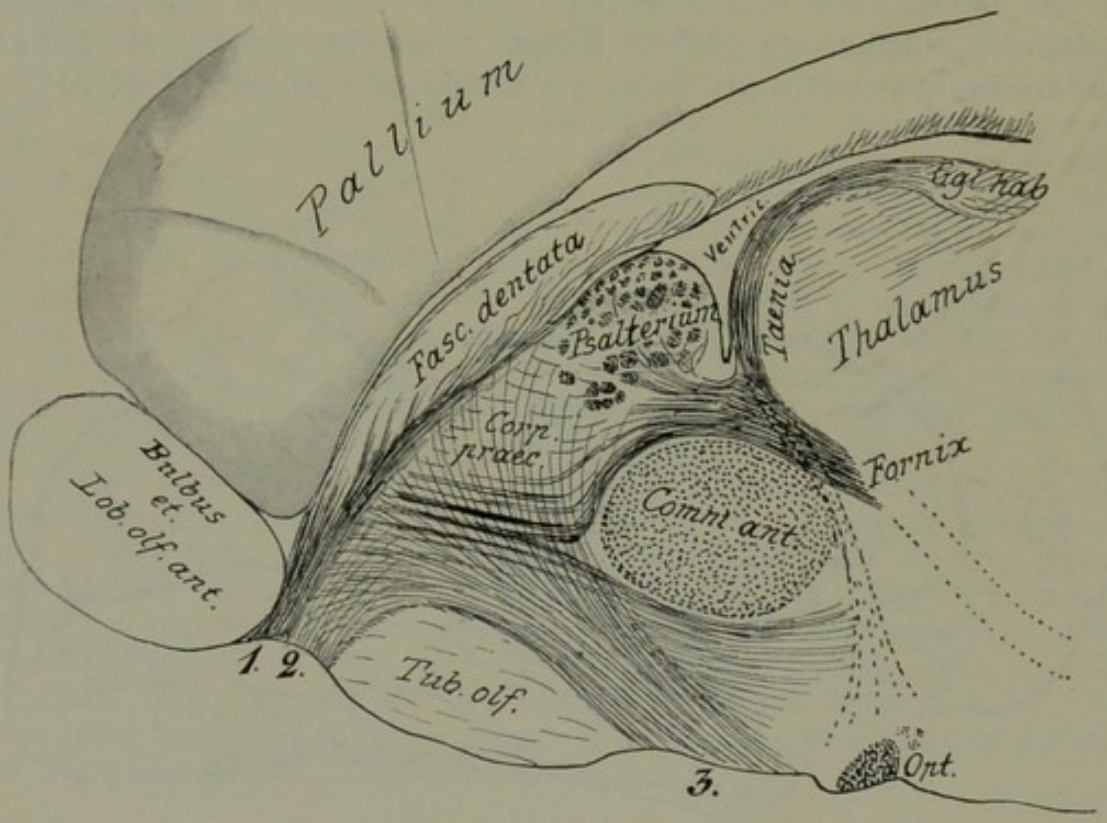


Fig. 311.

Mediale Seite des Gehirnes von Ornithorynchus paradoxus. Nach Elliot Smith. Der Faserverlauf auf dem Septum pelluc. (Massa praecommissuralis.) Statt Tub. olf. lies Lobus parolfactorius.

Kollateralen aus, wie es scheint, allen den Bahnen, die es überziehen.

Beim Menschen ist die graue Masse des Septum so dünn, daß es fast nur aus den über es hinwegstreichenden Fasern besteht, wie ein Blick auf Fig. 307 lehrt.

Das Septum wird von einer ganzen Anzahl der verschiedenartigsten Fasersysteme über- und durchzogen. Es ist beim Menschen noch nicht gelungen alle abzuscheiden, aber es haben die Arbeiten von Honegger, Cajal, meine eigenen und die von Röthig, dann besonders solche von Zuckerkandl, die alle an Tieren mit relativ großer Massa praecommissuralis angestellt sind, hier mehr Klarheit geschaffen.

Das Wichtigste ist, daß durch die Lage des Ammonshornes an der

Medialseite des Gehirnes alle aus ihm entstammenden oder zu ihm gehenden Fasern zu dem Septum in Beziehung treten müssen.

1. Der Fornix aus dem Ammonshorne zieht an der kaudalen Peripherie als Columna fornicis ventralwärts, um in die grauen Massen am Boden des Zwischenhirnes eintauchend im Mamillare und gekreuzt hinter demselben zu enden.

2. Der Fornixrinde liegt im ventralen Abschnitt ein Bündel an, das nicht direkt aus dem Ammonshorne stammt, vielmehr sich aus der Rinde der medialen Hemisphärenwand entwickelt und zum Teil über

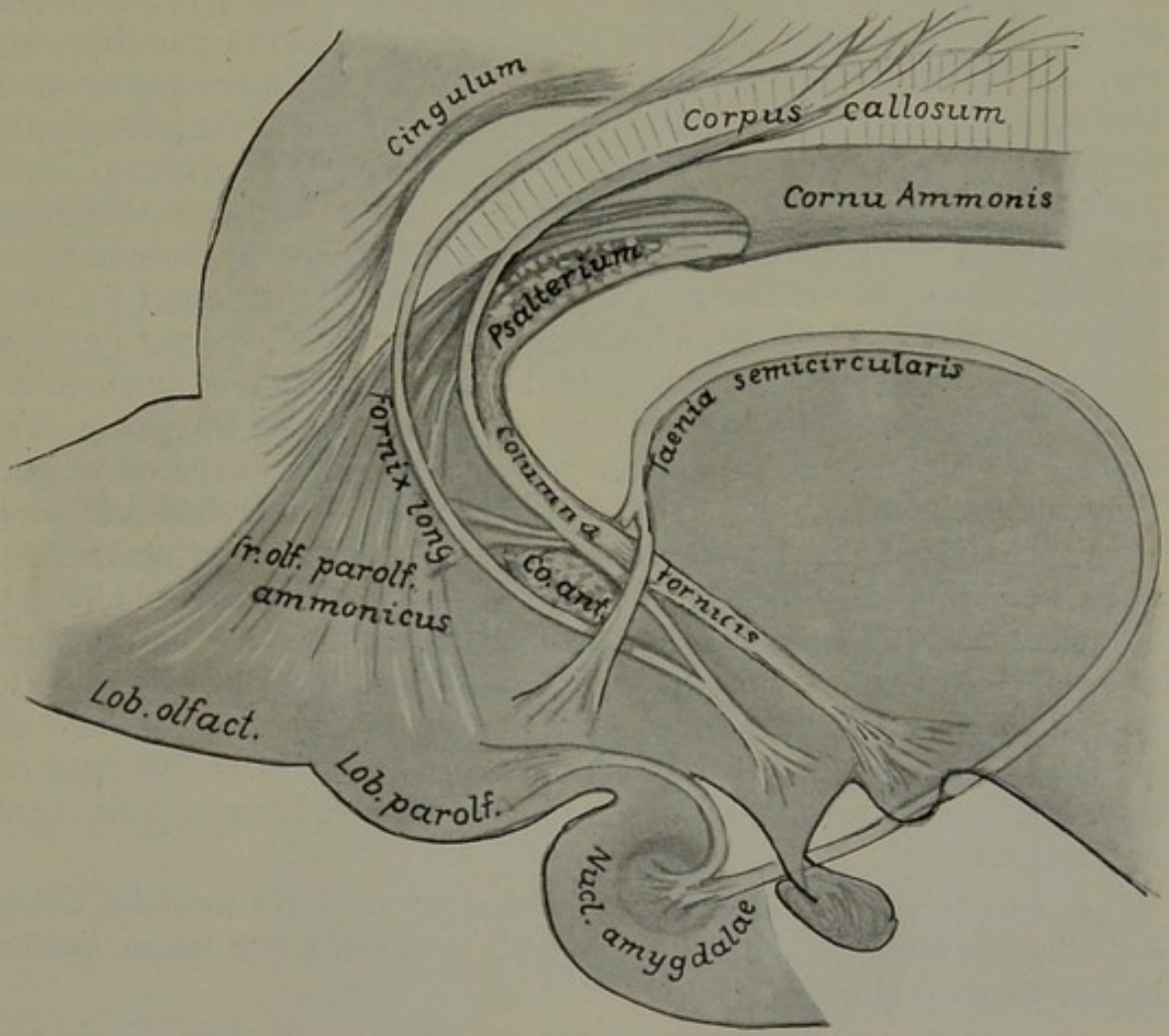


Fig. 312.

Das Septum mit den es überziehenden Fasersystemen. Schema.

dem Balken, zum Teil nach Durchbrechung desselben s. Fig. 245 frontalwärts zieht. Die Fibrae perforantes dieses Fornix longus treten schon dorsal zur Fornixsäule; die welche am frontalen Balkenende erst sich kaudal wenden, erreichen sie erst, indem sie frontal von der Commissura anterior sich über das Septum pellucidum begeben. Diese Fasern werden als Fornix praecommissuralis bezeichnet. Der Fornix praecommissuralis endet wahrscheinlich in den grauen Massen dorsolateral am Tuber cinereum.

3. Am frontalen Balkenende treten zum Septumgrau noch einige

markhaltige Fasern aus den Striae longitudinales Lancisii, Fig. 41, 313, den epicallosalen Ammonshornanteilen. Diese sind prinzipiell etwas gleiches wie die Fasern der Fornixsäule. Sie entstammen nur einem atrophischen Abschnitte des Ammonshornes.

4. Zu der Taenia semicircularis kommen vielleicht auch einige Anteile aus dem Septumgrau. Die in der Commissura anterior kreuzenden Fasern, s. Figur 293, legen sich ihr jedenfalls an.

5. Die medialsten Fasern auf dem Septum gehören wieder einem Bündel zum Ammonshorne an. Sie stammen alle aus dem Marke des Lobus olfactorius und kaudaler demjenigen des Lobus parolfactorius und ziehen direkt neben dem Psalterium in die Ammonsformation hinein, nachdem sie das Septum überzogen und seinen Ganglien Kollateralen (Cajal) gegeben haben. Bei diesem Tractus olfacto- und parolfacto-ammonicus, von dem Fig. 295 schon eine Abbildung gab, handelt es sich um eine tertiäre Verbindung der Riech- und Oralsinnzentren mit der Rinde des Neencephalons. Diese Fasern sind bei Mensch und Tieren an der Hirnbasis wohl sichtbar, weil sie nur von dünner grauer Schicht überzogen im Lobus parolfactorius durchschimmern. Man sieht, wie die von lateral sich sammelnden Bündel in dem Maße, wie sie sich der Mittellinie nähern, zu einem breiteren weißen Faserzuge werden, der als „Stiel des Septum“ sich in dem medianen Hemisphärenspalt zu begibt, um die Septaloberfläche zu überziehen. Beim Menschen, wo der Lobus parolfactorius fast verschwunden ist, kommen fast alle aus dem Lobus olfactorius. Ehe sie das Septum erreichen, sind sie hier von Rinde bedeckt, Gyrus subcallosus (Fig. 310). Sie galten früher (und werden heute noch in vielen Lehrbüchern so aufgeführt) als eine „mediale Riechnervenwurzel.“ Der Faserzug ist Fig. 307 und an manchen anderen Figuren abgebildet und immer leicht zu finden.

6. Frontal von dem Septum pellucidum zieht ein frontales Stück der Cingulumfaserung (Fig. 245) herab. Auch aus ihm treten Anteile in das Septum ein.

Man muß nun die Massa praecommissuralis nicht etwa für ein besonderes wichtiges Hirnzentrum halten, weil hier Fasern so mannigfacher Herkunft einherziehen. Es ist eben die Lage sehr nahe an wichtigen Hirngebieten des Palaeencephalon einerseits, des Neencephalon andrerseits, die es veranlaßt, daß deren Verbindungszüge gerade hier sich treffen und außerdem der Umstand, daß bei den aplacentalen Säugern die Formation des Ammonshornes mit der des in Rede stehenden Gebietes fast zusammenfließt, so daß hier auf besonders kleinem Raume gar mancherlei zusammenstößt. Je mehr sich der Balken entwickelt, um so unbedeutender wird die Septalregion, etwas, was schon an sich auf rein topographische und nicht auf funktionelle Wichtigkeit hinweist.

Ein Schnitt dicht hinter dem Septum zeigt die verschiedenen Faserzüge und Gangliengruppen, welche an dieser Stelle zusammenkommen. Die Balkenfasern decken die Ventrikel von oben zu, auf ihnen liegen die Striae Lancisii. Unter ihnen begegnet man dem Fornix longus und unter diesem, nahe dem Ventrikel, dem Psalterium, das sich sehr deutlich aus den beiderseits verlaufenden Fimbrien entwickelt. Es folgt der Ventrikel, beiderseits begrenzt vom Nucleus anterior thalami, an dessen Innenseite die Taenia thalami (Tractus parolfacto-habenularis),

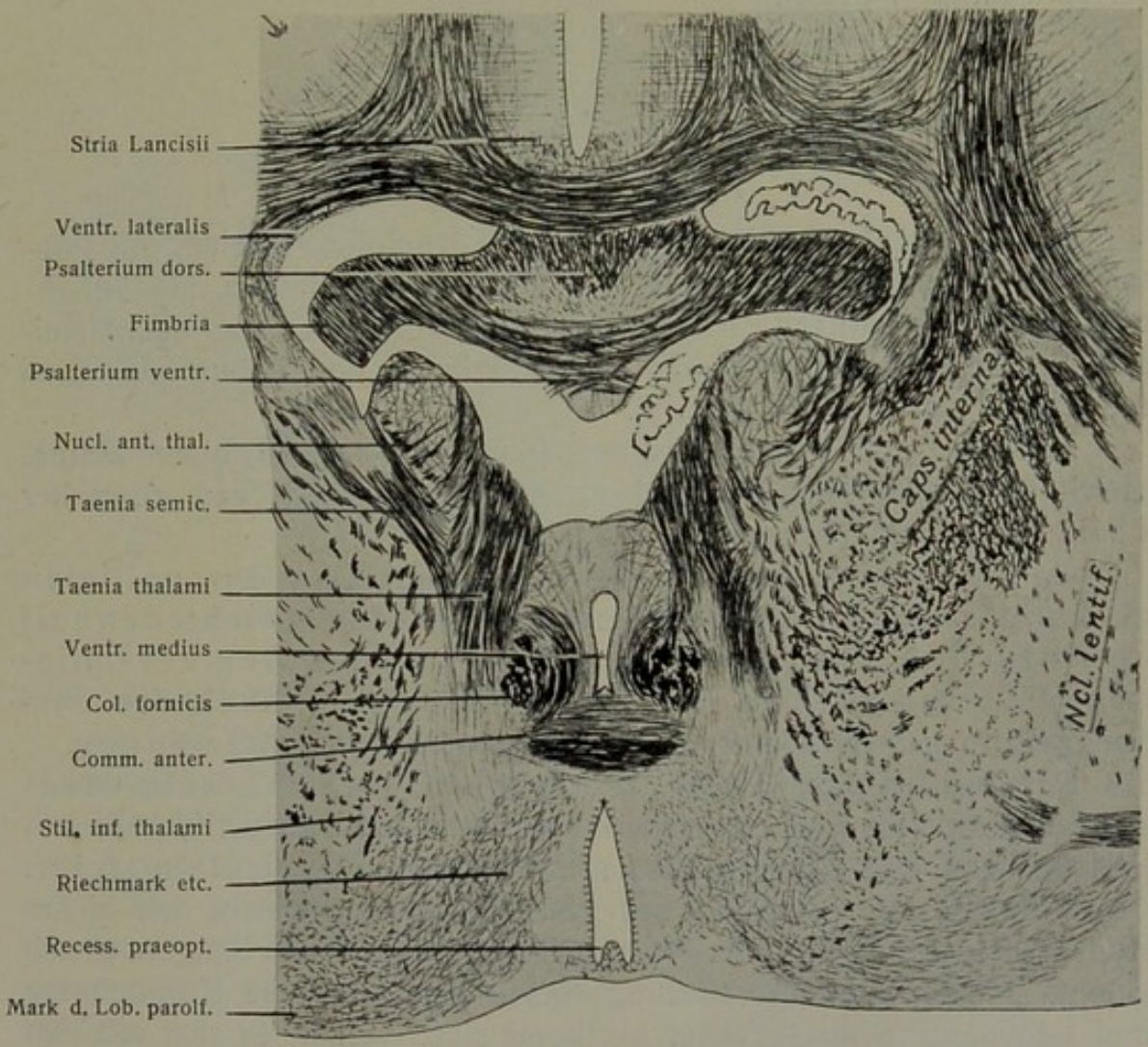


Fig. 313.

Frontalschnitt durch die Gegend hinter dem Septum pellucidum. Hyrax.

an dessen Außenseite die Taenia semicircularis emporsteigt. Die Mittellinie wird überquert von den Fasern der Commissura anterior, in der man 2 Gruppen wahrnehmen kann, eine dorsale und eine ventrale, die letztere die eigentliche Riechkommissur. Die starken markhaltigen Bündel beiderseits über ihr gehören den Fornixsäulen an; hier sind sehr deutlich die medialen Bündel des Fornix longus von den lateralen geschieden. Unter der Commissura anterior liegt der Recessus praeopticus des mittleren Ventrikels, von diesem beiderseits ein sehr feines

Mark, die Fasern von und zu dem Lobus olfactorius und parolfactorius, aus denen man mächtige Bündel dorsalwärts steigen sieht. Die feineren gehören der Taenia semicircularis, die gröberen, besonders rechts deutlich, der Taenia thalami zum Ganglion habenulae an. Der Schwanzkern ist sehr klein; es ist die helle dreieckige Stelle lateral von der Fimbria, rechts, wo die Tela chorioidea abgeht. Unter ihm liegt die Capsula interna und weiter nach außen der Linsenkern. In ihm werden rechts außen wieder Fasern des Hufeisens sichtbar, welches die Kommissura anterior bildet.

Sechsundzwanzigste Vorlesung.

Das Neencephalon.

M. H. Die Anatomie bezeichnet den Komplex, welchen am frontalen Hirnende Palaeencephalon und Neencephalon bilden, als Telencephalon, Großhirn. Dieses setzt sich zusammen aus den Hemisphären des Neencephalon dorsal, dem Striatum und Lobus olfactorius mit Lobus parolfactorius ventral.

Das Neencephalon liegt, wo es stärker entwickelt ist, einem Mantel gleich über dem Palaeencephalon. Es heißt deshalb von alters her Pallium oder Hirnmantel.

Auf der verschiedenartigen Entwicklung des pallialen also des neencephalen Teiles beruht die Verschiedenheit im Aussehen, welche die Hemisphären bei den verschiedenen Tieren bieten. Hierauf beruht aber auch die verschiedene Leistungsfähigkeit in psychischer Beziehung.

Die mächtigen Gehirnhemisphären, welche beim Menschen fast den ganzen Hohlraum des großen Schädels erfüllen, sind das Endprodukt einer langen Entwicklungsreihe.

Während alle die Teile des Zentralapparates, welche wir bisher studiert haben, nicht nur im wesentlichen bei sämtlichen Säugern gleich gebaut und in ihrer Entwicklung wesentlich durch die Körpermasse und Lebensweise ihrer Träger bestimmt sind, verhält es sich mit den Hemisphären durchaus anders. Schon die oberflächlichste Beobachtung lehrt, daß die Hemisphären sich im gleichen Maße vergrößern wie die geistige Gesamtleistungsfähigkeit eines Tieres zunimmt. Man hat den Eindruck, wenn man die Gesamttierreihe überblickt, als schalte sich über den Grundapparat des Zentralnervensystemes, denselben, welcher (Fische, entrindete Tiere) im wesentlichen ausreicht zum Rezipieren der Außenwelt und zu den notwendigsten Bewegungen, welche die Existenz ermöglichen, ein neues Organ, und man kann, wenn man die Stammesentwicklung überblickt, leicht erkennen, wie dieses neue Organ sich aus ganz kleinen Anfängen — Cyklostomen, Selachier — nur sehr allmählich zu dem mächtigen Gebilde entwickelt, welches die Stellung des

Menschen unter seinen Mitgeschöpfen bedingt. Innerhalb dieses Entwicklungsganges kommen die allergrößten Unterschiede zustande. Nicht nur die Gesamtmasse nimmt zu, sondern auch einzelne Abschnitte der Hemisphären können sich speziell entwickeln oder auch in ihrer Ent-

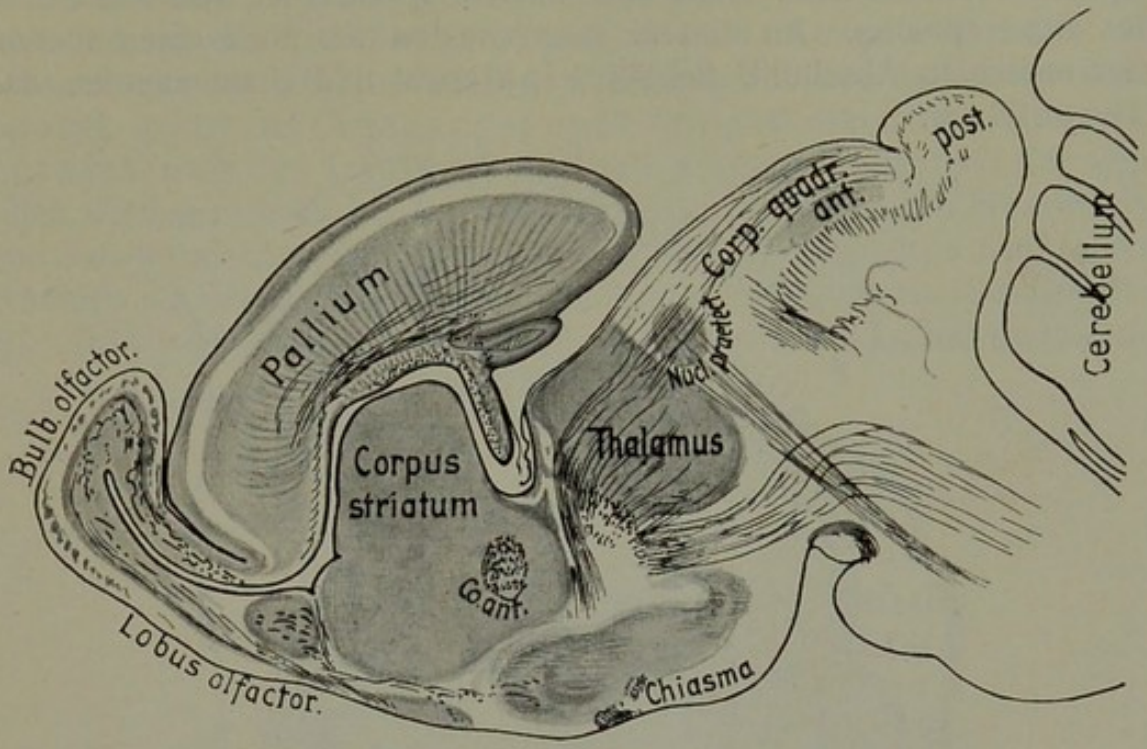


Fig. 314.

Sagittalschnitt durch das Gehirn der Fledermaus. Vesperugo noctula.

wicklung stehen bleiben oder gar sich zurückbilden.

Bei den niederen Säugern ist der ganze Apparat noch recht klein, kleiner als der Komplex des Palaencephalon. So sehen Sie z. B. bei dem Fig. 314 abgebildeten Fledermausgehirn, wie das Pallium von dem Vorderhirn nur einen kleinen Teil ausmacht. Der Riechlappen, der Lobus parolfactorius vor dem Chiasma und das Corpus striatum zusammen, sind hier größer als das Pallium.

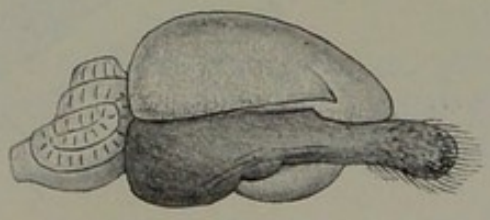


Fig. 315.

Das Gehirn des Gürteltieres, Dasypus villosus, von der Seite gesehen. Das Palaeencephalon schatliert. Hell gehalten das durch die Fovea limbica getrennte Neencephalon.

An dem Gehirn des Gürteltieres, das Fig. 315 demonstriert, sind Palaeencephalon und Neencephalon ungefähr gleich mächtig. Bei allen höheren Säugern aber entwickelt sich das Neencephalon so stark, daß es, von allen Seiten das Palaencephalon umgebend, die Hauptmasse des Gesamthirnes bildet. Das Menschenhirn besteht, soweit es unseziert sichtbar ist, ausschließlich aus dem ersteren, nur der kleine Riechlappen an der Basis ist vom Palaeencephalon sichtbar.

Fig. 316 demonstriert, wie auf einem Frontalschnitte sich die einzelnen Teile des Telencephalons zueinander verhalten. Sie sehen hier ventral den Lobus parolfactorius und lateraler auch den Lobus olfactorius mit dem ihnen aufliegenden Striatum zusammen die palaeencephalen Teile bildend. Die Fovea limbica scheidet sie von den Teilen des Neencephalon. An diesem unterscheiden wir noch einen älteren, hier medianen Abschnitt, das Archipallium und einen neueren, das Neopallium.

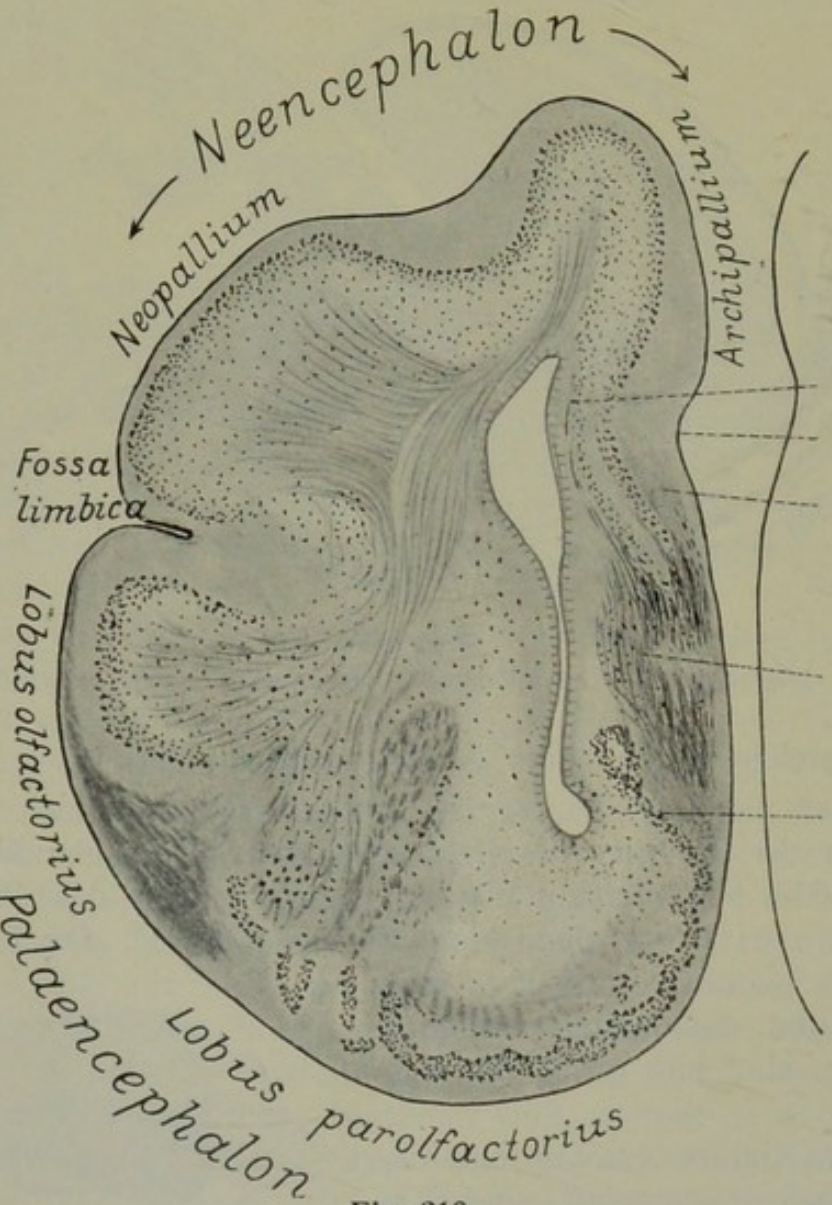


Fig. 316.

Frontalschnitt durch die Hemisphäre von Didelphis viriginiana. Zur Demonstration der einzelnen Teile, die das Großhirn zusammensetzen.

Die vergleichend anatomische Betrachtung lehrt nämlich, daß die Fische noch kein nervöses Pallium oder doch nur Spuren eines solchen haben, daß sich aber von den Amphibien an zunächst an der Medialseite der Vorderhirnblase hinten am Dach des hier hohlen Lobus olfactorius die erste Pallialanlage zeigt. Sie wächst schon bei den Reptilien beträchtlich und aus ihren Faserbeziehungen läßt sich zeigen, daß dieses älteste Pallium — Archipallium — direkt ein

Riechzentrum ist, wohl auch ein Zentrum für den Oralsinn. Es ist identisch mit dem Ammonshorne, s. o. Mindestens an der Basis hängt es ganz direkt mit dem Palaeencephalon zusammen, mit ihm den Lobus pyriformis bildend.

Das Gebiet, welches schon bei den Amphibien nachweisbar, aber hier und bei den Reptilien sehr klein, an der Lateralseite sich über das Palaeencephalon und die ventralen und medialen Teile des Archipallium schaltet, bildet den Ausgangspunkt für die mächtige Gesamtentwicklung des Großhirnes. Diese kleinen Rindenteile der Reptilien werden dereinst bei den Säugern, beim Menschen das Wesentliche von dem ausmachen, was man gewöhnlich die Hemisphären nennt. Wir scheiden sie mit dem Namen Neopallium von dem ältesten Erwerbe ab. Durch eine Längsfurche an der Lateralseite des Lobus pyriformis,

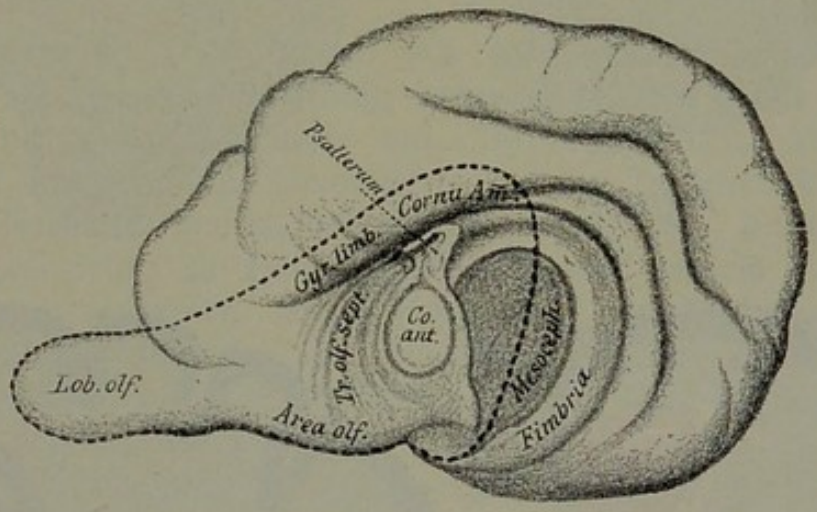


Fig. 317.

Die Kontur eines Reptiliengehirnes in die eines niederen Säugergehirnes (Thylacinus) eingetragen. Die Kommissuren decken sich. Medialansicht. Vom Neencephalon ist bei der Eidechse hier nur die als Cornu Ammonis bezeichnete Partie sichtbar.

die Fovea limbica, ist das Neopallium von dem Palaeencephalon und oft auch von dem Archipallium geschieden.

Auf Fig. 318 erkennen Sie leicht, wie das kleine Archipallium, wenn das Neopallium einmal ordentlich auswächst, immer mehr medial gedrängt wird und schließlich nur als ein unbedeutendes Anhängsel der Hauptmasse des Vorderhirnes erscheint.

Das Neopallium ist der mächtige rindentragende Mantelabschnitt, der in der Reihe der Säuger, allmählich zunehmend, diesen die geistige Präponderanz über alle niederen Vertebraten verleiht.

Man erkennt das Auswachsen des Hirnmantels, die Zunahme des Rindenareals gut, wenn man in die Kontur eines niederen Säugergehirnes einmal die Kontur eines Reptiliengehirnes einzeichnet. Hier an der Medialseite des Gehirnes sind bei dem Reptil nur die Teile des Archipalliums sichtbar. Fig. 317.

Der hier angestellte Versuch hat seine Bedeutung nicht allein nach der rein morphologischen Seite. Er soll auch zeigen, nach welchen Richtungen hin das Gehirn sich weiter entwickelt, wenn man von den Reptilien einmal ausgeht. Von dem Reptiliengehirne zu demjenigen der

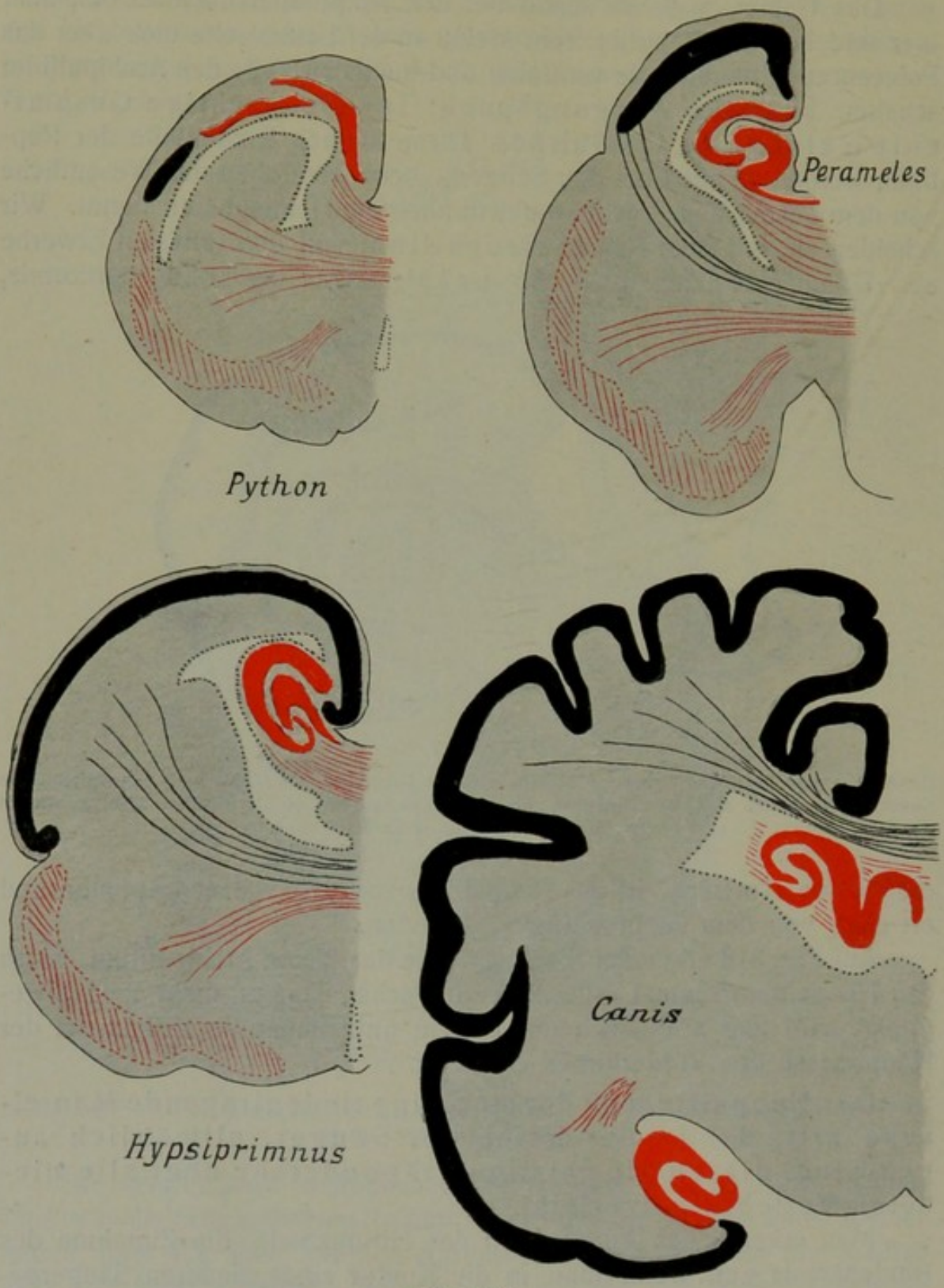


Fig. 318.

Entwicklung des Hirnmantels von Python (Riesenschlange) bis zum Hunde. Das bei Python nur in Spuren vorhandene Neopallium (schwarz) nimmt bei den Säugern enorm zu und rollt das Archipallium zum Ammonshorn (rot) auf.

Monotremen ist ein viel geringerer Schritt, als von da hinauf zu demjenigen des Menschen.

Findet man am Palaeencephalon eine große Konstanz aller Teile, so ist das ganz anders am Neencephalon. Dieser bei allen Säugern größte Teil der Hemisphären ist der variabelste Abschnitt des ganzen Nervensystemes.

Das Neopallium, der Hirnteil, welcher im wesentlichen das große Assoziationsorgan für alle die geistigen Prozesse ist, welche wir bisher am besten am Menschen und den höheren Säugern studiert haben, entwickelt sich wohl nur sehr langsam. Bei den Säugern des Eozän, z. B. Dinoceras, ist es nach Elliot Smith noch so klein, daß das Gesamthirn Reptilientypus hat und noch bei vielen lebenden niederen Säugern bildet es kaum mehr als die Hälfte der ganzen Hirnmasse. Vgl. Fig. 322.

Das Neopallium ist überall von der Rinde überzogen, und aus der mächtigen Rindenausbreitung kommt eine sehr große Menge von Fasern, andere münden darin aus. Ihre Gesamtheit, der Stabkranz also, zieht aus der Rinde kaudalwärts, um im Zwischenhirne, Hinterhirne und Nachhirne und im Rückenmarke zu endigen. Andere mächtige Bündel durchziehen die Hemisphären, einzelne Gebiete ihres Mantels miteinander verknüpfend. Diese Fasermasse, das Hirnweiß, ist bei kleinem Pallium nur dünn, nur ein feiner Belag zwischen Rinde und Ventrikelraum, s. z. B. die Abbildung Fig. 314; bei mächtiger Rindenentwicklung bildet sie die große weiße Masse, welche als Grundsubstanz jeder Hemisphäre beim Menschen Ihnen seit der 4. Vorlesung bekannt ist.

Schwankt nun schon das Verhältnis von Palaeencephalon zu Neencephalon in der Tierreihe ganz enorm, so gibt es auch wieder große Schwankungen des Verhältnisses zwischen Neo- und Archipallium, also zwischen Ammons- und Hemisphärenformation. Und diese letztere weist wieder die mannigfachsten Ausbildungsmöglichkeiten auf. Heute konnte ich Ihnen schon zwei Säugergehirne mit minimalem Großhirne zeigen, und im Laufe dieser Vorlesung werden Sie an weiteren Beispielen sehen, wie weit sich die Hemisphärenentwicklung von jenen noch aufwärts entfernen kann.

Das Neopallium variiert in seiner Entwicklung so sehr, daß noch bei so nahen Verwandten wie Mensch und Anthropoide mächtige Unterschiede bestehen. Ein Gorillagehirn ist ein Drittel so groß wie ein Menschengehirn. Das Charakteristikum des Menschenhirnes ist eben die enorme Entwicklung des Neopalliums, die weithin über diejenige hinausgeht, welche schon die höchsten Affen erreicht haben.

Wenn wir die enormen Unterschiede wohl verstehen wollen, die in der Ausbildung der Hemisphären bei den verschiedenen Säugern sich finden, so müssen wir auf einen Umstand Rücksicht nehmen, dessen

bisher noch nicht ausführlich gedacht ist. Das Neopallium ist nicht ein funktionell einheitliches Organ. Es setzt sich vielmehr zusammen aus einer ganzen Anzahl verschiedener Teile — Rindenzentren hat man sie genannt — und zahlreiche physiologische Versuche haben gelehrt, daß Bewegungen, die erlernt werden müssen, und wohl die meisten seelischen Kombinationen, durch die Existenz solcher Zentren erst möglich werden.

Die einleitenden Vorlesungen haben Sie nun darüber orientiert, daß die eigentlichen motorischen und sensiblen Zentren der peripheren Nerven im Palaeencephalon, vom Rückenmarke bis zum Mittelhirne, sitzen, und daß diese durch reichlich vorhandene, früh schon vorgebildete Verknüpfungsreihen zu zweckmäßiger Tätigkeit an sich schon ausreichend sind.

Die Experimentalphysiologie aber zeigt, daß viele der tiefen Zentren mit in dem Neencephalon gelegenen derart verbunden sind, daß Reizung des letzteren Bewegung auslöst. Darüber schwebt namentlich der Streit, von welcher Natur und Wichtigkeit der Einfluß der höheren auf die tieferen Zentren sei. Deshalb bemüht man sich, möglichst genau die Erscheinungen zu studieren, welche nach Wegnahme von Rindenpartien auftreten. Zweifellos ist die Dignität der Hirnrinde, bei verschiedenen Tieren eine verschiedene. Während Wegnahme des ganzen Großhirnes bei niederen Tieren die Fähigkeit, gröbere Bewegungen mit guter Kraft auszuführen, nicht aufhebt, treten bei Säugetieren nach Zerstörung zirkumskripter Partien der motorischen Zone rasch vorübergehende Lähmungen auf, und beim Menschen führt gar die Erkrankung auch relativ kleiner Teile der Rinde oft zu dauernden Lähmungen. Offenbar können alle motorischen und viele sensorisch-psychische Funktionen von tiefer liegenden Hirnteilen ausgeführt werden. Je höher man aber in der Tierreihe aufsteigt, um so mehr wird bei der Gehirntätigkeit die Rinde mit in Anspruch genommen.

Der Mensch hat in dieser Beziehung eine Stufe erreicht, auf der viele der betreffenden Funktionen gar nicht mehr ohne Teilnahme der Rinde des Neencephalon ausgeführt werden können. Bei den Säugetieren werden alle möglichen Übergangsstadien beobachtet. So erklärt es sich, daß zwar bei den letzteren durch Reizung der Rinde die einzelnen Muskeln usw. beeinflußt werden können, daß die betreffenden Rindenpartien aber für die betreffenden Bewegungen noch nicht unentbehrlich sind. Beim Menschen ist der größere Teil der Vorderhirnoberfläche unentbehrlich geworden.

Morphologisch verrät sich dies Verhältnis durch ganz verschiedene Entwicklung der einzelnen Teile der Hemisphären. Noch sind wir erst für wenige Tiere in der Lage, die wesentlichen Teile voneinander zu scheiden, doch erkennen wir schon, daß in der Säugetierreihe die Ausbildung der Rinde noch

in fortwährendem Flusse ist. Es existieren da die allergrößten Verschiedenheiten und die wechselndsten Größenverhältnisse. Aber für einige derselben kann doch schon heute die Wertigkeit gezeigt werden, welche sie im Gesamtplane einnehmen.

Schon das verschiedenartige Verhältnis, das überall zwischen Archipallium und Neopallium besteht, weist auf die funktionelle Inanspruchnahme hin. Denn eine auch nur oberflächliche Betrachtung der Säugergehirne lehrt, daß bei sehr vielen Arten der Riechlappen und die mit ihm zusammenhängenden Rinden- und Fasergebiete einen Komplex darstellen, der fast so groß ist wie das ganze übrige Gebiet. Das Gürteltiergehirn (Fig. 315) gibt ebenso wie das Igelgehirn (Fig. 322) dafür je ein Beispiel.

Auch an dem Gehirn des Kaninchens, der Maus, des Hundes (Fig. 332), sind die Riechlappen sehr stark entwickelt. Sie ragen weithin an der Unterseite des Neopalliums hervor. Bekannt ist ja auch, welche Rolle der Geruchsinn bei diesen Tieren spielt. Was wir gar von der Lebensweise der Tiere wissen, deren Palaeencephalon dem Neencephalon fast gleichgroß ist, stimmt gut mit dem überein, was ihr Hirnbau lehrt. So verbringt z. B. das kleine Gürteltier, dessen Gehirn abgebildet ist, seine ganze Existenz im Gemülm und unter dem Laube der tiefdunkeln Urwälder dahinkriechend. Für die Auswahl seiner Nahrung, für das Finden derselben, wird ihm kein Sinnesapparat so wichtig sein, wie der Geruch. Die gleichmäßigen kleinen Bewegungen des plumpen Körpers werden viel weniger erlernter und überlegter Handlungen bedürfen, als etwa die Greifhand eines Affen. Bei dem letzteren werden wir deshalb viel größere Entwicklung der eigentlich psychischen Zentren für die Oberextremitäten erwarten dürfen, als bei dem kleinen wühlend lebenden Wesen. Das trifft in der Tat zu. Ja noch mehr, man kann heute schon gelegentlich aus der Entwicklung einer bestimmten Rindengegend auf eine seelische Leistungsfähigkeit in besonderer Richtung schließen. Der Elephant z. B. besitzt in der Rindengegend, wo bei höheren Säugern das Facialisgebiet lokalisiert ist, ein besonders großes Rindenfeld, welches dem Nashorn und dem Tapir völlig fehlt. Wüßten wir gar nichts von der wunderbaren Fähigkeit des Tieres, seinen Rüssel zu den mannigfachsten Vorrichtungen einzuüben, so dürften wir doch aus dem Vorhandensein des erwähnten Feldes im Antlitzgebiete vermuten, daß von hier aus Muskeln innerviert werden, die ganz besonderer Einübung fähig sind. Dann aber, das ist viel deutlicher, ist bei dem Elephanten der Schläfenlappen ganz enorm entwickelt. Beim Menschen, Hund und Affen enthält er u. a. Gehörzentren. Jedermann weiß, wie weitgehend das Hörverständnis des mächtigen Tieres ist, wie der Führer es mit einem Worte zu den mannigfachsten Verrichtungen bringt. Auch bei Hunden, beim Pferde sind die Schläfenwindungen relativ stark entwickelt.

Man kann wohl sagen, daß der Hirnmantel sich in dem Maße vergrößert, als aufsteigend in der Tierreihe neue Zentren in ihm sich an-

legen, Rindengebiete, die zur Einübung von Bewegungen zum Zurückhalten, Erkennen und Wiederverwerten von Sinneseindrücken und — wohl in ihrer Hauptmasse — zur Assoziation verwendet werden.

Man fängt erst jetzt an, die physiologische Gleichwertigkeit der

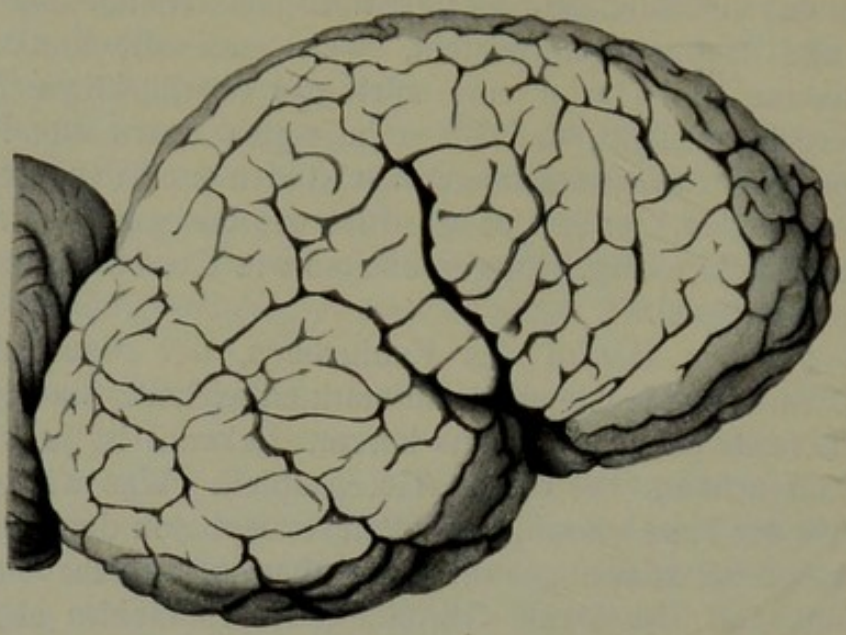


Fig. 319.

Das Gehirn des afrikanischen Elephanten. Nach Flatau und Jakobson. Hinter der tiefen Fissura Sylvii der Schläfenlappen.

einzelnen Windungen bei verschiedenen Tierarten zu studieren.

Neencephalon und Palaeencephalon sind an der Lateralseite durch die schon erwähnte Fovea limbica (Sulcus rhinalis ext. Autt.) an der Medialseite durch eine flachere Furche, den Sulcus rhinalis internus bis zu gewissem Grade voneinander getrennt.

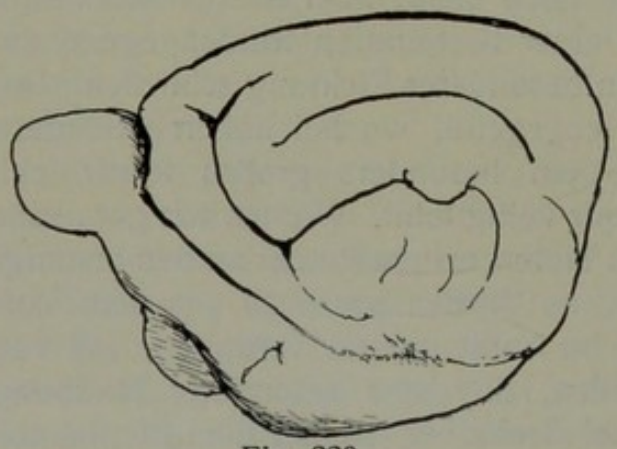


Fig. 320.

Das Gehirn von Manis, Schuppentier 2 mal vergr.

Die Fovea limbica verläuft in den allermeisten Fällen über die ganze Länge der Lateralseite des Gehines, ja sie schneidet nicht selten in den Occipitalpol ein. Dabei trennt sie natürlich im Kaudalabschnitt des Lobus pyriformis auch neencephale, dem Archipallium angehörige Teile vom übrigen Neencephalon. So ist es Fig. 320 sichtbar. Aber dieses kaudalere Stück ist oft genug, schon bei den Edentaten, ausgeglichen, fast verschwunden. Manchmal ist sie beim Embryo gut ausgebildet und verschwindet beim Erwachsenen — Mensch, Nager, Ungulaten usw. Dadurch kommt es, daß das Kaudalende des Lobus pyriformis, das Archipallium, vielfach lateral direkt in das Neopallium übergeht. Auf Fig. 324 sind die einzelnen Teilreste beim Tapir gut zu sehen.

An der Hemisphäre unterscheidet man die immer gewölbte und ausgedehnte Lateralwand von der sagittal gerichteten Medialwand.

Die Lateralwand zeigt fast immer an einer Stelle, dicht an der Fovea limbica, also in ihrem ventralen Gebiete, eine mehr oder weniger tiefe Grube, die Fossa Sylvii. Diese entsteht dadurch, daß das Säugergehirn die Tendenz hat, nach allen Richtungen hin um den festen Punkt auszuwachsen, welcher in seinem Inneren durch das mächtige Stammganglion gegeben ist.

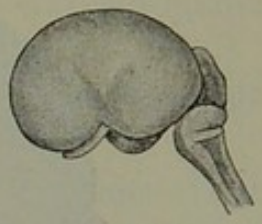


Fig. 321.
Gehirn eines menschlichen Embryo aus der 13. Woche. Erste Anlage der Sylviischen Grube.

Die Fossa Sylvii ist bei den niedersten Säugern nur eben angedeutet, beim Menschen aber, bei allen Affen, aber auch bei vielen andern Säugern ist sie, weil eben die Hemisphären ausgewachsen sind, eine tiefe Grube, zumeist mehr oder weniger bedeckt von benachbarten Palliumteilen „Opercula". Dadurch entsteht dann an der Seitenwand des Gehirnes ein langer Spalt. Der ventral von diesem Spalt liegende Hirnteil wächst frontal, die Grube umsäumend, es ist der Schläfenlappen. Er ist wohl in seinen Elementen, nicht aber in seiner morphologischen Erscheinungsform bei den menschlichen Embryonen und den niederen Säugern auch da vorhanden, aber dort liegt er nicht ventral, sondern kaudal von der Sylvischen Grube. Das wird an Fig. 321 leicht klar. Die Entwicklung und vor allem das Umbeugen des Temporallappens nach vorne läßt dann die limbische Spalte und

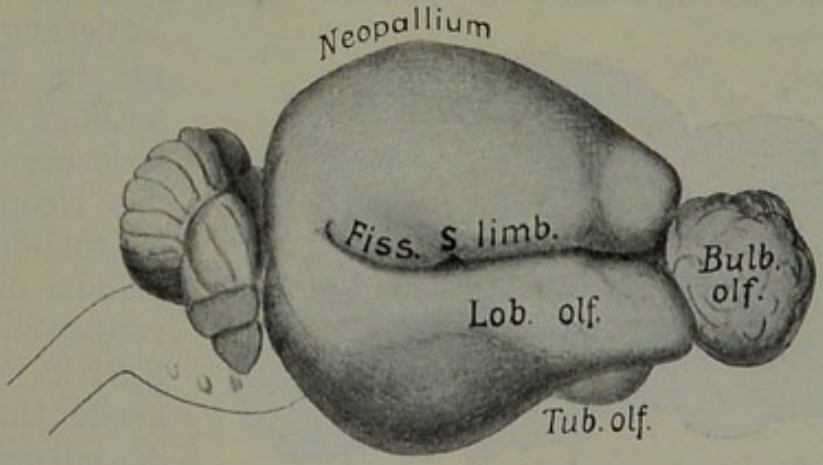


Fig. 322.
Gehirn des Igels. Erinaceus europaeus. 3mal vergrößert. Bei *S* Andeutung einer Fossa Sylvii.

oft auch den ganzen Lobus pyriformis in der Tiefe unter dem Neencephalon so verschwinden, daß er nur an der Ventralansicht, aber nicht mehr von der Seite her zu sehen ist. Diesen Typ bietet im Gegensatz zu Fig. 322 das Menschenhirn oder das Fig. 319 abgebildete Elephantenhirn besonders ausgesprochen.

In seltenen ursächlich noch nicht erklärten Fällen kommt es wohl zur Bildung eines starken Lobus temporalis, derselbe krümmt sich aber nicht ventral, sondern bleibt kaudal von der Sylvischen Grube liegen.

Wahrscheinlich liegt die Ursache in der Größe des Schädelraumes. Solche Beispiele bieten die Fig. 323 und 324 abgebildeten Gehirne von Manatus und vom Tapire.

Die Medialseite des Vorderhirnes wird an ihrem ventralen um den Thalamus herum gekrümmten Rande von den Gebilden der Ammons-

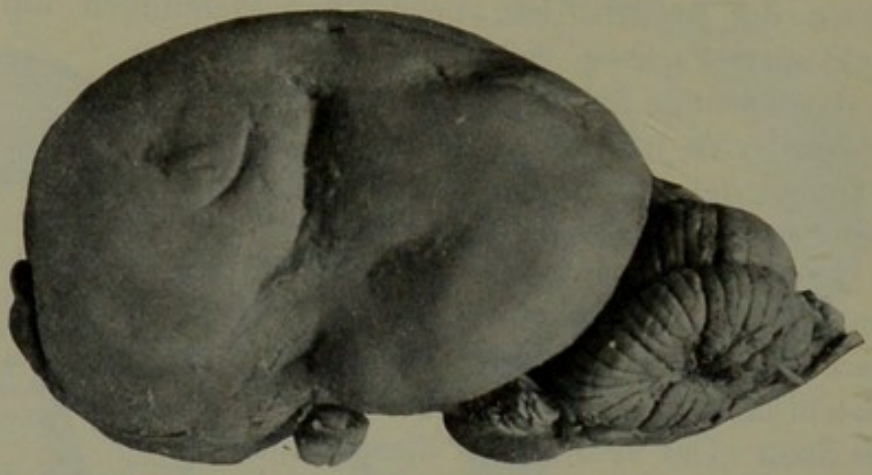


Fig. 323.

Gehirn der Seekuh. Manatus americanus.

formation begleitet. Fig. 325. An den Gehirnen vieler makrosmatischer Säuger und dann an denjenigen der balkenlosen Säuger, bei den Monotremen und Marsupialiern also, beherrscht diese Formation das Bild der ganzen Medialwand. Aber auch, wenn sich ein Balken entwickelt, bilden diese Gebilde am Hemisphärenrand, die wir in der vorigen Vorlesung ja kennen gelernt, immer noch wichtige Teile. Man sieht aber immer, wie das Neopallium das fast ringförmige Archipallium umgibt. Wir verdanken erst Elliot Smith eine eingehende Untersuchung der mit dem Auftreten der Balkencommissur hier einsetzenden Veränderungen. Er hat die aus dem Jahre 1843 schon stammenden Angaben von Owen wieder aufgenommen. Owen hat zuerst gefunden, daß im Beutlergehirn der Balken fehlt, und daß sich deshalb die Randwindungen anders gestalten, daß das Septum pellucidum ausfällt und die Formation des Fornix mit den schon dicht über der Commissura anterior entwickelten Kreuzungen des Psalteriums ein ganz an-

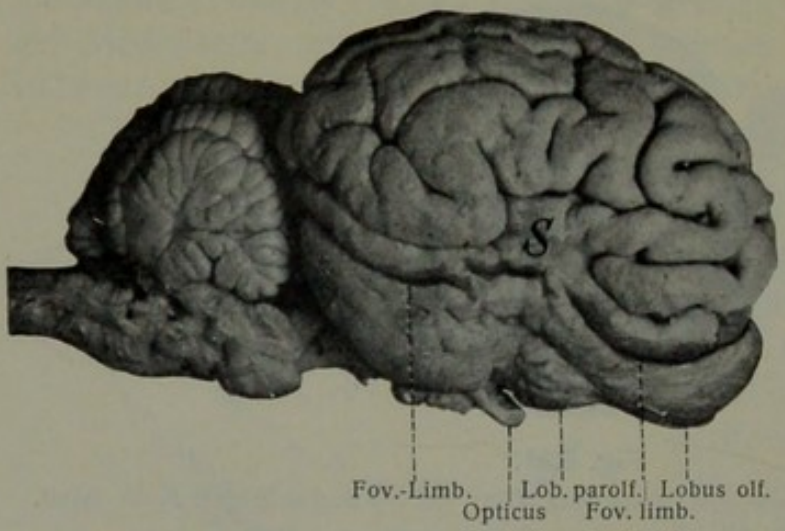


Fig. 324.

Gehirn des Tapir, Tapirus indicus.

deres Bild hier schafft, als es sich bei Vorhandensein des Balkens zeigt. Man vergleiche nur den Fig. 325 abgebildeten Sagittalschnitt von der Beutelratte mit der Fig. 353 vom Menschen um sofort zu erkennen, welche Umformung die Balkenentwicklung schafft.

Die Oberfläche des Gehirnes ist bei den kleineren Säugern zumeist völlig glatt. Nur bei Manis finde ich ein sogar besonders reich gefurchtes sehr kleines Gehirn. Bei den größeren aber tritt fast immer eine Faltung der Rinde ein.

Die Säuger mit glatten Gehirnen hat man auch als lissencephale im Gegensatz zu den gyrencephalen bezeichnet.

Die Anordnung der Falten, welche für die einzelnen Tiere in gewissen Grenzen konstant ist, hängt wohl im wesentlichen von zwei Faktoren ab: von der Ausdehnung der Hirnrinde, welche sich die betreffenden Arten im Laufe der Stammentwicklung erworben haben, und von den Maßverhältnissen des Schädelraumes, die natürlich mit jener nicht gleichen Schritt halten müssen, da sie auch noch von anderen Faktoren abhängig sind. Man kann deshalb auch keine aufsteigende Entwicklung der Hirnfurchung innerhalb der Tierreihe oder auch nur innerhalb einer einzelnen Familie erkennen.

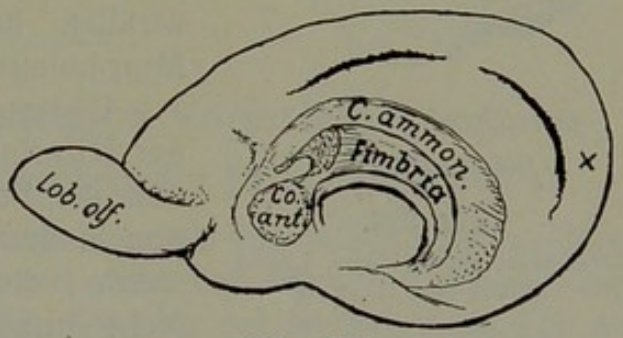


Fig. 325.
Medialseite des Gehirnes der Beutelratte Didelphys virginiana. 2mal vergr.

Bei den niederstehenden Monotremen hat Ornithorynchus ein ganz glattes, Echidna ein ziemlich reich gefurchtes Gehirn, Fig. 326. Das Gehirn der Wale ist, s. Fig. 327, ganz ungemein stark gefurcht, die ihnen nahestehenden Sirenen haben so gut wie keine Furchung. S. Fig. 323.

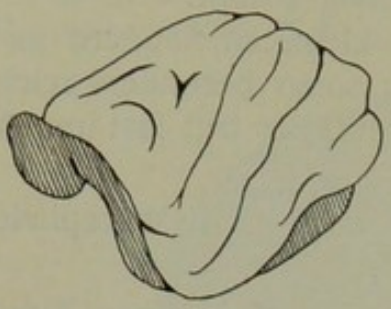
Ja, es gibt noch unter den Primaten einen Affen(-Hapale-), dessen Gehirn völlig windungslos ist. Die relativ kleine Schädelhöhle in dem riesigen Kopfe des Elephanten birgt ein sehr windungsreiches Gehirn. Fig. 319.

Nicht nur auf den Windungsreichtum, sondern auch auf den Verlauf der Windung haben die erwähnten Verhältnisse einen Einfluß.

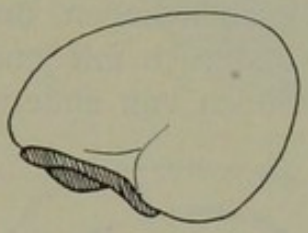
Sogar die Gesamthirnform und damit der Windungsverlauf wird so sehr durch die Schädelform bestimmt, daß die Gehirne zweier in der Reihe weit abstehender Tiere, des Chrysochlorus aus der Edentatenreihe und des Notoryctes, der zu den Beutlern gehört, sehr ähnliche und vom Gewöhnlichen ganz abweichende rundliche verschobene Formen aufweisen, weil beide als Grabtiere mit dem Kopf voran arbeitend die ganze Schädelstellung zur Wirbelsäule anders als ihre nächsten Verwandten haben. Diese Gehirne erinnern in der Außenform viel mehr an Vogel- als an Säugergehirne. Leche.

Bei allen Tiergehirnen variiert die Furchung sehr, ja kaum je sind

beide Hemisphären ganz gleich. Aber bei relativ einfachen Furchenlinien, wie etwa bei den Katzenarten, besteht doch eine größere Konstanz als bei den reicher gefurchten Gehirnen, wie sie etwa die Affen und der Mensch bieten. An Katzen und Hunden konnte Karplus auch das Vererben von Windungsvarietäten konstatieren, an Macacusaffen nicht.



Echidna hystrix



Ornithorhynchus paradoxus

Fig. 326.

Zwei Monotremengehirne, Lateralansicht, nach Ziehen.

Im ganzen nimmt der Hirnmantel in der Tat so zu, daß man wohl bei den intelligenteren Tieren einen größeren Mantel findet als bei den geistig besonders einseitigen und tief stehenden, und es wird Sache fortgesetzter Untersuchungen sein, nachzuweisen, wie die Einzelbestandteile wachsen. In dieser Fragestellung liegt auch das Interesse begründet, das die Untersuchungen über die vergleichende Anatomie der Hirnwindungen wirklich haben, vielmehr als im reinen Morphologischen.

Da nun die mikroskopische Untersuchung der Hirnrinde zeigt, daß ganz unabhängig von der Furchung die allergrößten Variationen in dem feineren Aufbau vorkommen, so werden die Fragen, die hier interessieren, nicht durch Vergleichung etwa der Furchen

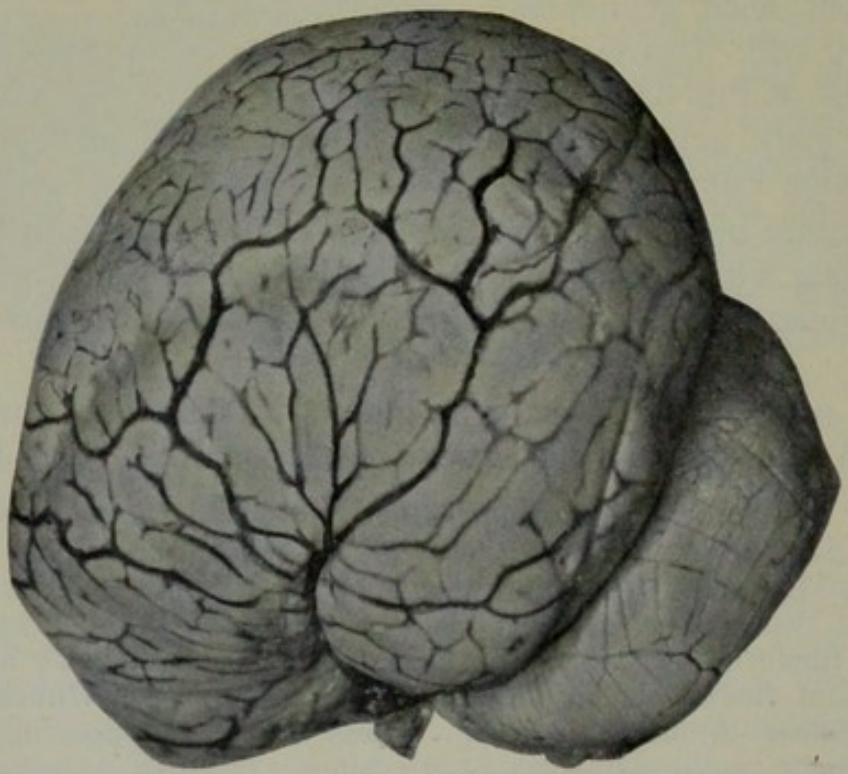


Fig. 327.

Delphinus delphis Dorsalansicht.

zweier verschiedener Gehirne zu lösen sein. Dieser Vergleichung hat man bisher ungemein viel und, wie mir scheinen möchte, fast überflüssige Arbeit gewidmet. Es ist sicher ein Problem, zu ermitteln, warum in dem einen Falle die Furchen an der Oberfläche so, im anderen anders verlaufen, aber dieses Problem ist nicht durch Vergleichung, vielmehr für jedes einzelne Säugetier speziell zu lösen, wobei die Gesamtgehirnentwicklung in bezug auf den Schädelbau zu prüfen ist. Gewiß kommen gewisse Ähnlichkeiten bei einzelnen Familien vor, wie denn etwa das Gehirn eines Hundes den allgemeinen Typ auch der Gehirne der anderen Raubtiere zeigt. Hier liegen aber auch die Bedingungen überall sehr ähnlich und deshalb muß es zu ähnlichen Endresultaten kommen. Aber in anderen Gruppen, bei den Affen z. B. oder bei den Nagern, kommen die allergrößten Differenzen vor, die zwischen ganz glatten Gehirnen (Hapale, Mus) und sehr gefurchten (Anthropoide, Coelogenys paca) alle möglichen Zwischenformen bieten.

Die psychische Gesamtentwicklung einerseits, die Schädelentwicklung andrerseits also bedingen die Hirnfurchung und die Hirnform.

Siebenundzwanzigste Vorlesung.

Die Windungen und Furchen der Hirnoberfläche.

Über den Verlauf der Hirnwindungen bei den verschiedenen Tieren besitzen wir schon zahlreiche und zum Teil sehr eingehende, auch reichlich illustrierte Arbeiten. Aus den in der letzten Vorlesung angeführten Gründen aber ist der Versuch, alle Hirnfurchen untereinander zu vergleichen, völlig gescheitert. Er hat uns nur mit einer Unmenge von kaum nützlichen Details beschenkt und trotzdem diese Versuche an vielen Orten noch fortgesetzt werden, trotzdem wir z. B. über die Occipitallappenfurchung der Affen schon eine kleine Bibliothek besitzen, werde ich es mir versagen, auf alle diese Dinge im einzelnen einzugehen.

Wohl aber müssen wir einige Grundlinien in der Furchungsweise kennen lernen, von denen aus ein guter Teil der Furchung sich auf einfachere Verhältnisse zurückführen läßt.

Es erscheint zweckmäßiger, zunächst nur einmal den Furchen, welche am häufigsten vorhanden sind, eine Betrachtung zu widmen. Dieselbe schließt sich direkt an die Darstellung an, welche der um die Erforschung des Säugergehirnes hochverdiente englische Gelehrte Elliot Smith veröffentlicht hat, nachdem er die in der Welt einzig dastehende Gehirnsammlung des Hunterschen Museums in London neu wissenschaftlich aufgenommen hatte. Dort standen ihm Gehirne von Vertretern fast aller Säugerfamilien zur Verfügung, auch Ausgüsse von Schädeln extinkter Säuger. Sie basiert weiter auf der sehr großen Sammlung des Frankfurter neurologischen Institutes.

Die erste Furche, der man an sonst glatten Gehirnen begegnet, ist meist eine dem Hemisphärenspalt parallel gerichtete, wenig lateral von ihm liegende des Sulcus lateralis, Fig. 328, wie denn überhaupt die häufigste Richtung die sagittale ist.

Der Sulcus lateralis erscheint oft nur in Teilstücken, von denen man das frontale als Sulcus coronalis, das kaudale als Sulcus occipitalis lateralis bezeichnet. Noch am Menschenhirn ist diese Teilung, des dort Sulcus interparietalis genannten Spaltes oft vorhanden.

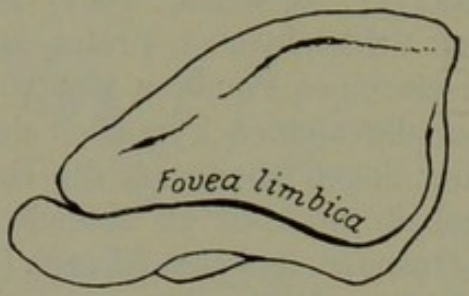


Fig. 328.
Dasyprocta aguti. Gehirn mit nur einem Sulcus lateralis.

Mit der Ausdehnung des Gehirnes, dem Wachsen des Mantels, wird die Sylvische Grube immer tiefer und es treten dann zumeist weitere Furchen in gleicher Richtung wie die erstgenannte, aber nunmehr um die Sylvische Spalte herum, gekrümmt auf.

Dadurch entsteht häufig, wie Fig. 330 gut zeigt, ein besonderer Windungstyp, eine Reihe aufeinander folgender paralleler Gyri, die man von der Sylvischen Spalte ausgehend nun als erste, zweite usw. Bogenwindung numeriert.

Namentlich die Delphine, die Raubtiere und auch die Wale lassen diesen

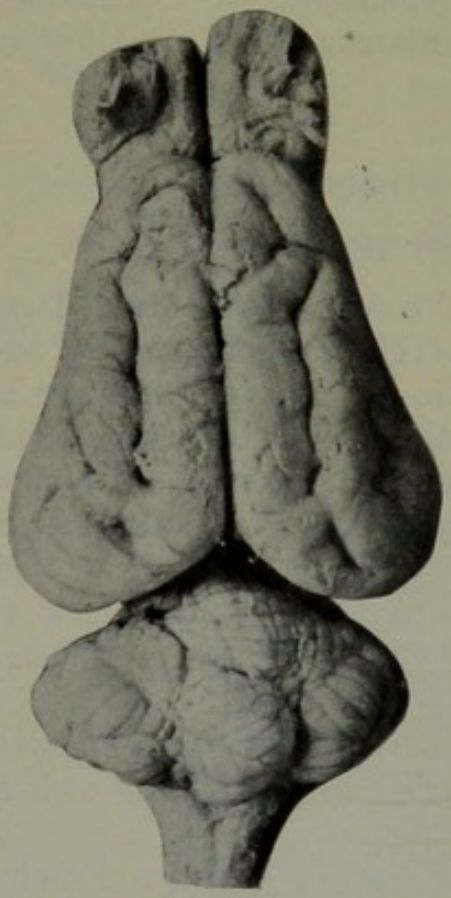


Fig. 329.
Gehirn von Orycteropus cap. von oben gesehen, mit mehreren sagittal gerichteten Furchen.

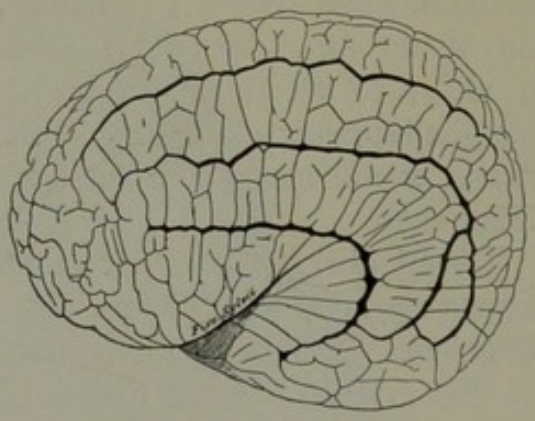


Fig. 330.
Gehirn des Narwal, Monodon monoceros. Nach Turner.

Vierwindungstyp, so nannte Meynert die Anordnung, ganz gut erkennen (vgl. Fig. 327, 330, 332). Sie finden besonders auch in physiologischen Werken, wenn es gilt, Läsionen am Hunde- oder Katzengehirn zu lokalisieren, deshalb oft die Bezeichnungen: erste, zweite usw. Urwindung. Aber diese Furchen sind nicht immer alle vorhanden.

Am häufigsten ist noch die der Sylvischen Spalte nächste, der Sulcus suprasylvius. Auch an ihm unterscheidet man wegen der Inkonstanz des Furchungsteils am besten eine frontale von einer kau-

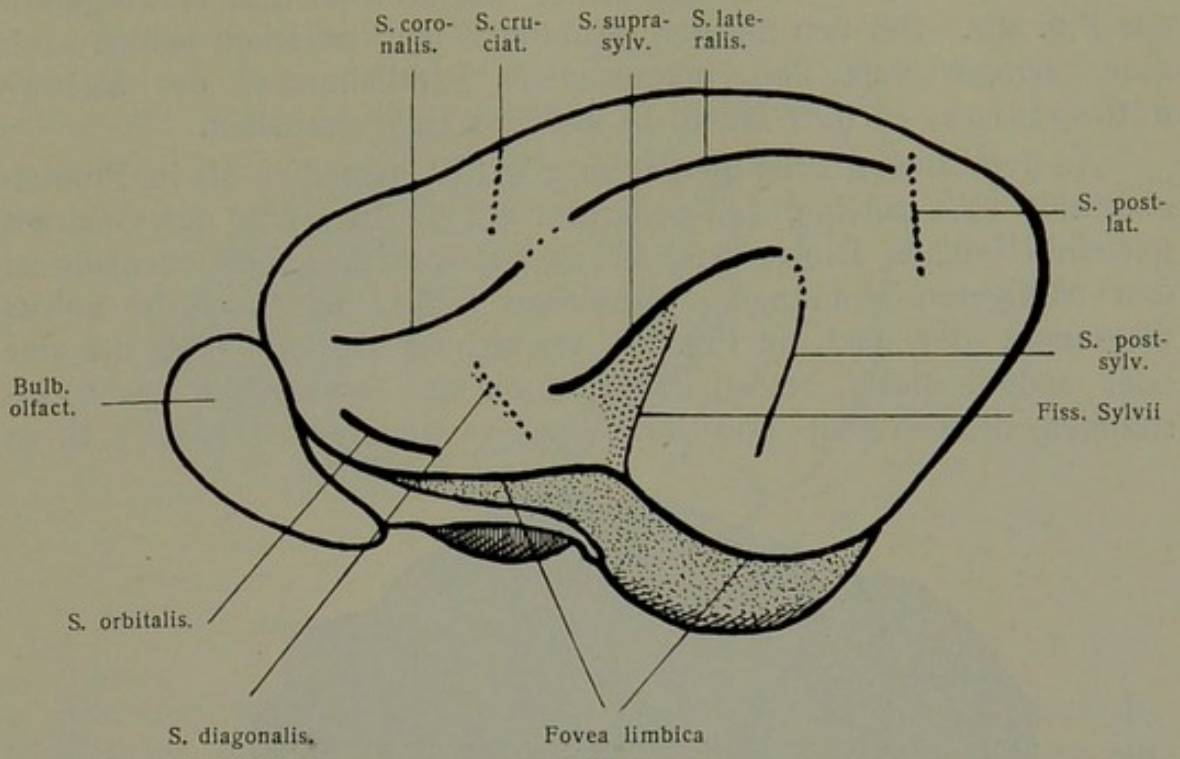


Fig. 331.

Die konstanteren Furchen an der Lateralseite des Säugergehirnes. Nach Elliot Smith.

dalen Abteilung, dem S. postsylvius. Nur die letztere bleibt als erste Temporalfurche bei den reicher gefurchten Gehirnen an der Oberfläche, die frontale Abteilung, die in die Tiefe der Sylvischen Spalte beim Auswachsen des Gehirnes gerät, wird zu einer Furche der Insel. Die Insel ist (Turner) nichts anderes als die erste Bogenwindung. Bis hinauf zur Insel der menschlichen Affen und also auch der des Menschen läßt sich die Entwicklung dieser Gegend an den mannigfachsten Beispielen verfolgen. Wir besitzen gerade über diesen Punkt eine sehr große Literatur. Die Hirnteile, welche die Insel überdecken, bezeichnet man als Opercula; sie werden aber erst am menschlichen Gehirn so groß, daß die Insel vollständig in der Tiefe verschwindet. Noch am Anthropoidengehirn ist wenig-

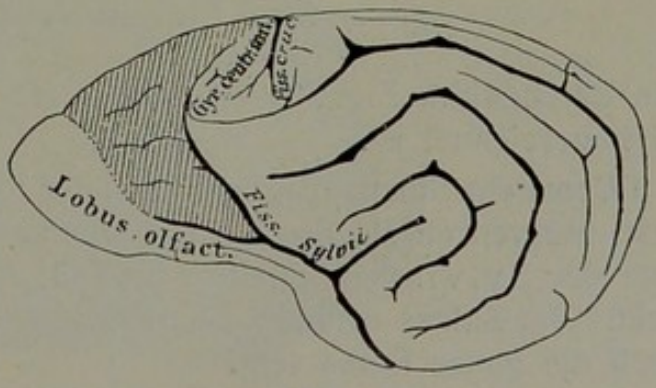


Fig. 332.

Hundegehirn. Die Stirnlappen schraffiert. Von Sylv. Spalte aufwärts: Sulcus suprasylvius, S. ectosylvius, S. lateralis. Der frontal aufsteigende Schenkel d. sylv. Spalte ist der S. coronalis.

stens der vordere Abschnitt der Insel frei, ja es kommen gelegentlich auch menschliche Gehirne mit solchen Verhältnissen noch vor.

Wenn alle Stücke des Sulcus lateralis vereint sind, dann erhält man eine schöne zweite Bogenfurche, wie etwa an dem Hundegehirn der Fig. 332. Bei den meisten Raubtieren liegt zwischen beiden noch eine weniger tiefe und inkonstantere Parallelfurche, der Sulcus ectosylvius, auch er ist oft in mehrere Teile gespalten.

An dem sonst glatten Igelgehirn (Fig. 322) bemerken Sie im Frontalabschnitt eine einzige, fast senkrecht auf die Längsaxe des Gehirnes gestellte Furche. Diese, der Sulcus orbitalis, gehört ebenfalls zu den häufigeren Windungen. Ähnlichen Verlauf hat noch der Sulcus diagonalis, der auch in Fig. 331 verzeichnet ist. Oft fließt die eine oder andere dieser beiden Furchen mit der Sylvischen Spalte zusammen, diese frontal- und dorsalwärts verlängernd. Das ist z. B. an

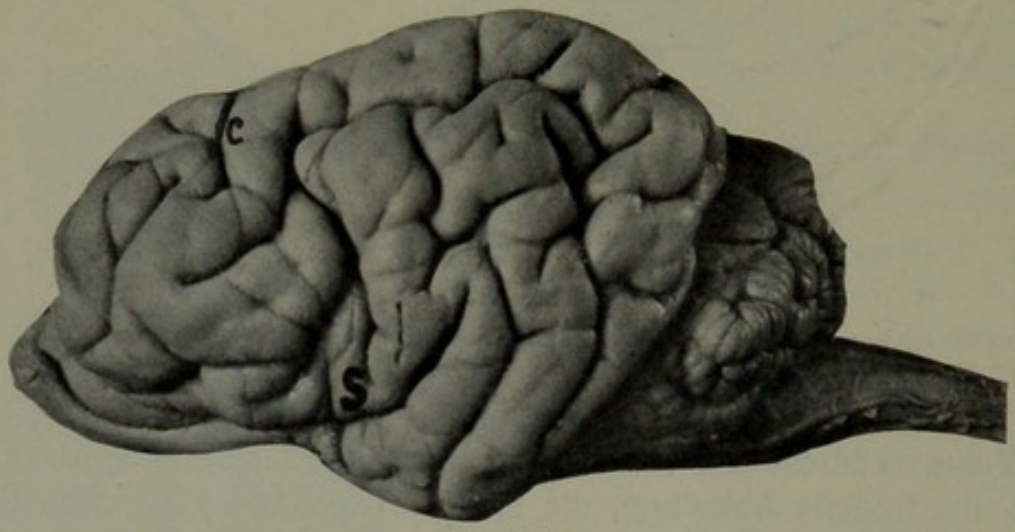


Fig. 333.

Gehirn des Tigers. S. g. Sylvische Grube. C. Zentralfurche.

dem Bärengehirn Fig. 334 zu sehen, wo das Ganze noch als Fissura Sylvii bezeichnet ist.

Wenn der Sulcus diagonalis mit der Sylvischen Spalte zusammenfließt, umgrenzen sie das vordere Operculum, welches die Insel in der Tiefe der Sylvischen Spalte zum Teil: Affen, oder ganz: Mensch bedeckt. Der Sulcus orbitalis ist phylogenetisch sehr alt, er variiert aber durch die ganze Reihe sehr.

Im frontalen Abschnitt der Hemisphäre liegt bei den Raubtieren, Wiederkäuern und den Primaten regelmäßig eine kleine, aber physiologisch sehr wichtige Furche, der Sulcus cruciatus. Er schneidet die Mantelkante so an, daß ein Gehirn, von oben gesehen, hier einen kreuzförmigen Einschnitt zeigt. Die schmalen Schenkel des Kreuzes werden von dem Sulcus cruciatus, der lange wird von dem Hirnspalt gebildet. Durch Zusammenfluß dieser Furche vielleicht mit einem Teile des Sulcus coronalis, entsteht beim Menschen und den Affen die

Zentralfurche, vor der der Gyrus centralis anterior mit allen motorischen Zentren liegt. Deshalb ist auf der Abbildung des Bärengehirnes und ebenso auf der des Hundegehirnes die Kreuzfurche gleich als Sulcus centralis bezeichnet.

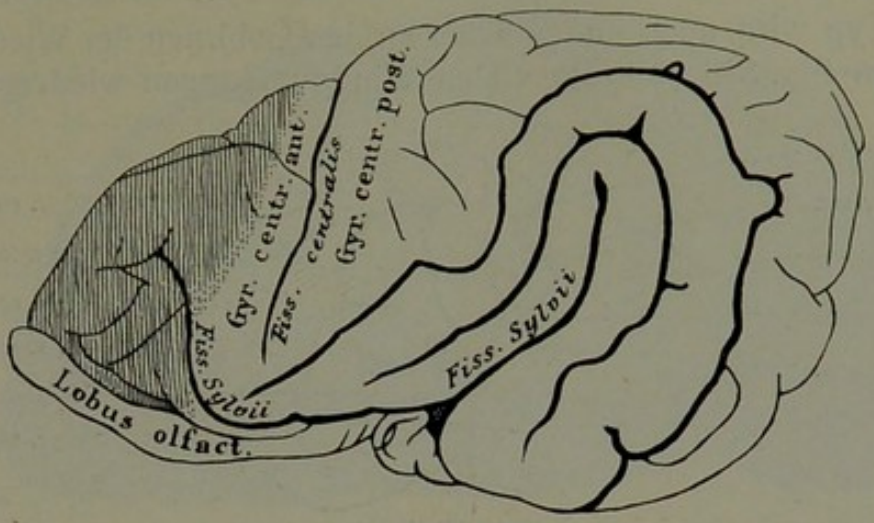


Fig. 334.

Bärengehirn nach Turner. Die Stirnlappen schraffiert.

Die Gesamtform des Gehirnes und vor allem die wohl durch die Schädelform bedingte Lage des Schläfenlappens beeinflussen die Windungsrichtung ganz außerordentlich. Das erhellt durch einen Blick auf das Fig. 324 abgebildete Tapirgehirn im Vergleich mit dem Fig. 335

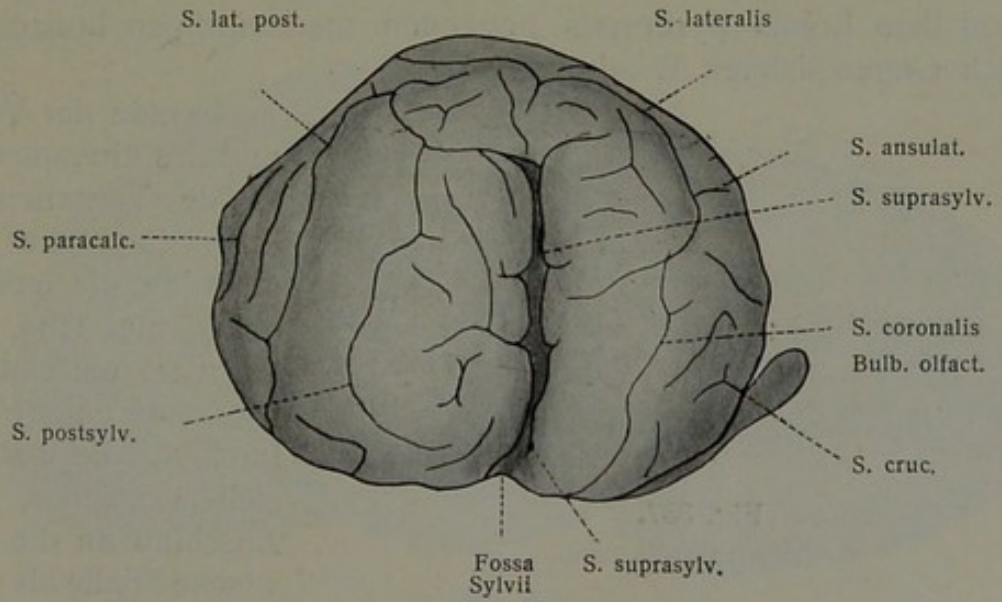


Fig. 335.

Das Gehirn des Walrosses Trichechus rosmarus, nach Elliot Smith.

abgebildeten Walroßgehirne. An dem letzteren steht die Sylvische Spalte senkrecht, an dem erstern ist sie, weil der Temporallappen sich nicht um die Sylvische Grube krümmte, überhaupt nicht entstanden.

Auch das Frontalende des Gehirnes ist bei dem Walroß, wie übrigens auch bei den anderen Walarten, ventralwärts gebogen, so daß der hier nicht bedeutende Sulcus cruciatus nicht vorn oben, sondern ganz ventral liegt. Nur noch ganz vage ist die typische Windungsrichtung zu sehen, die Bogenfurchen um die Sylvische Grube.

Der Typ wird noch undeutlicher an den Gehirnen der Wiederkäuer, von denen Fig. 336 eine der vielen Windungsformen wiedergibt, oder

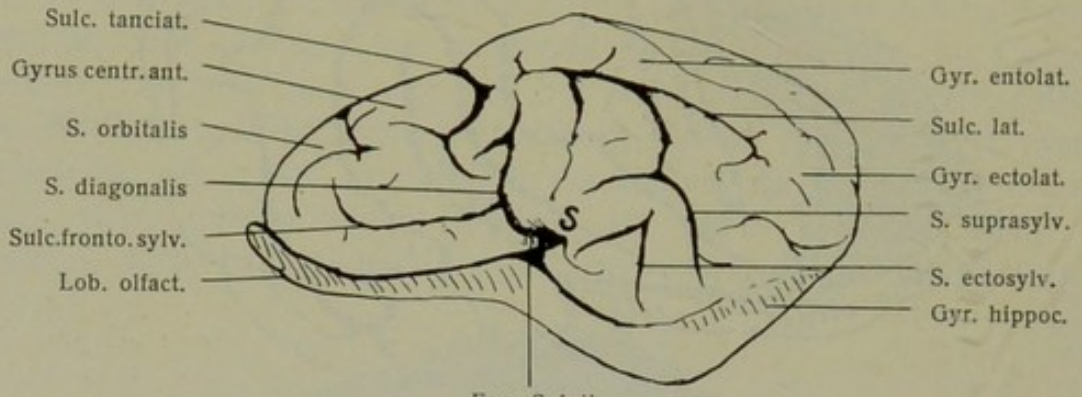


Fig. 336.

Das Gehirn des Schafes. Alle Furchenbezeichnungen ziemlich willkürlich.

am Gehirne der Equiden. Öfter, besonders klar an dem letzteren kommt z. B. eine horizontale frontale Furche vor, die aus der Sylvischen Spalte entspringend bis in den Stirnlappen geht, der Sulcus fronto-sylvius. Sie ist auch an dem Tapirgehirn sichtbar und an dem Fig. 339 abgebildeten Gehirne von Rhinoceros indicus begrenzt sie einen zwischen ihr und dem Lobus pyriformis liegenden merkwürdigen horizontalen vielfach eingewulsteten Windungszug.

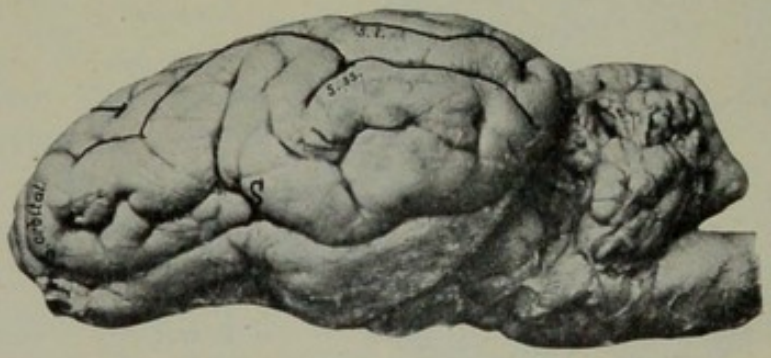


Fig. 337.

Gehirn von Gazella dorcas.

Gerade der Verlauf und das überaus wechselnde Verhalten der Sulci diagonales und orbitales, die bald nur angedeutet sind, bald so tief einschneiden wie kaum andere Hirnfurchen, die bald für sich existieren, bald Anschluß an die Sylvische Spalte als deren frontale Schenkel finden, machen das Aussehen der verschiedenen Gehirne so ganz verschieden. Man kommt immer wieder zu der Überzeugung, wenn man eine größere Anzahl von Säugergehirnen durcharbeitet, daß es nicht möglich ist, über ganz allgemeine Grundlinien hinaus der Einzelentwicklung anders gerecht zu werden als durch Einzelbeschreibungen.

Der bisher geschilderte Typus verwischt sich auch um so mehr, je reicher die Furchung wird und das geschieht ganz besonders, wenn sich vor dem Sulcus centralis ein größerer Stirnlappen entwickelt oder auch dadurch, daß — bei den Wiederkäuern, Pferden, Primaten — ein

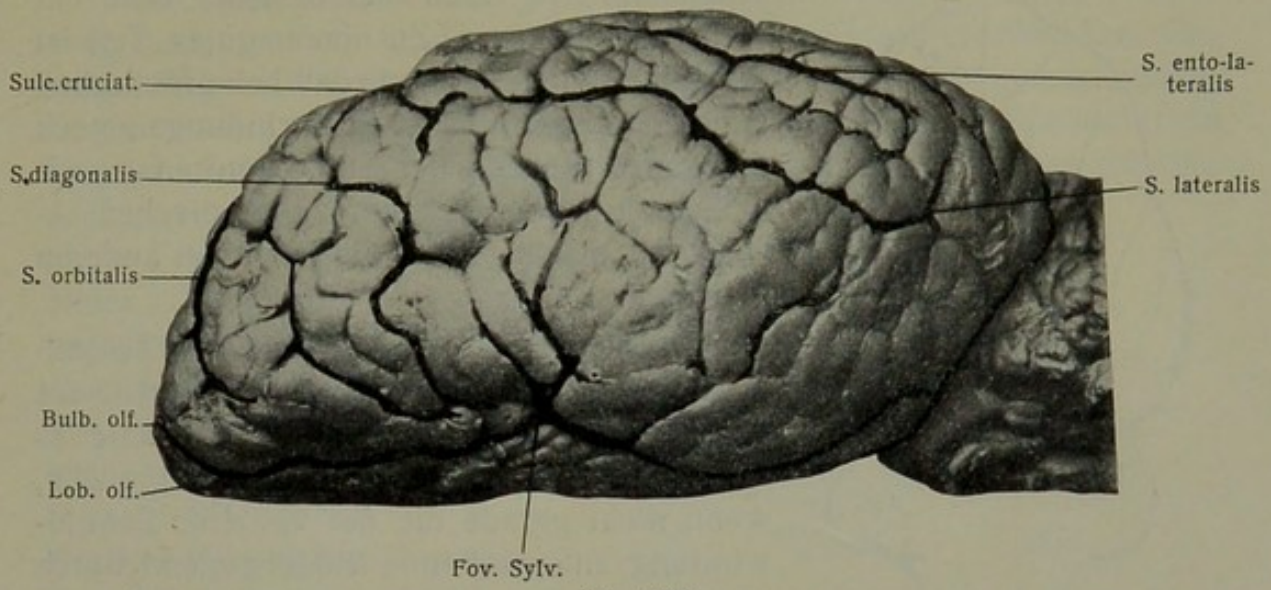


Fig. 338.

Gehirn des Pferdes. Alle Furchendiagnosen ziemlich willkürlich.

Occipitallappen sich anlegt, denn von beiden gehen Bahnen zu anderen Rindenstellen und vergrößern so wieder diese.

Der Stirnlappen ist das Areal, welches vor dem Gyrus centralis anterior sich nur sehr allmählich entwickelt.

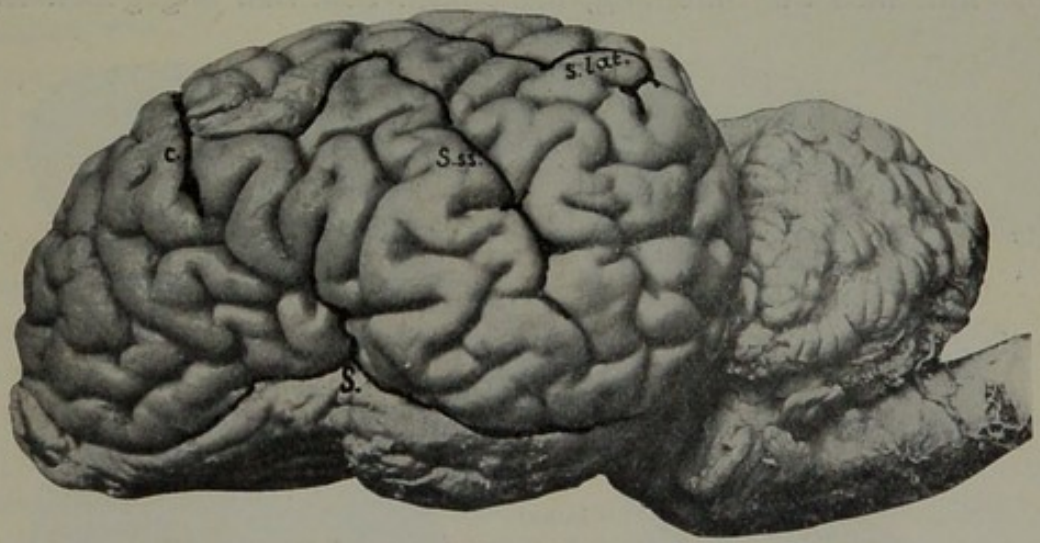


Fig. 339.

Gehirn von Rhinoceros indicus.

An dem Gehirn des fossilen Halbaffen, das Fig. 340 abbildet, liegt hier eine kaum noch nennenswerte Hirnmasse. Auch an dem Hunde- und Bärengehirn (Fig. 332 u. 334) ist das dort schattierte Stirnhirn noch recht klein.

Aber bei den lebenden Halbaffen, dann aber bei den Affen und besonders beim Menschen, entsteht an dieser Stelle, wie ein Blick auf Fig. 342 lehrt, ein mächtiger Hirnlappen. Immerhin ist der Unterschied, der zwischen dem Menschen und den menschenähnlichen Affen hier besteht, noch ein recht bedeutender. Zu einem guten Teil ist er auch dadurch bedingt, daß beim Menschen außer den eigentlichen Stirnwindungen noch die ganze Gegend der Sprachzentren — wir haben sie später genauer zu besprechen, — sehr viel mächtiger ist als bei allen anderen Primaten.

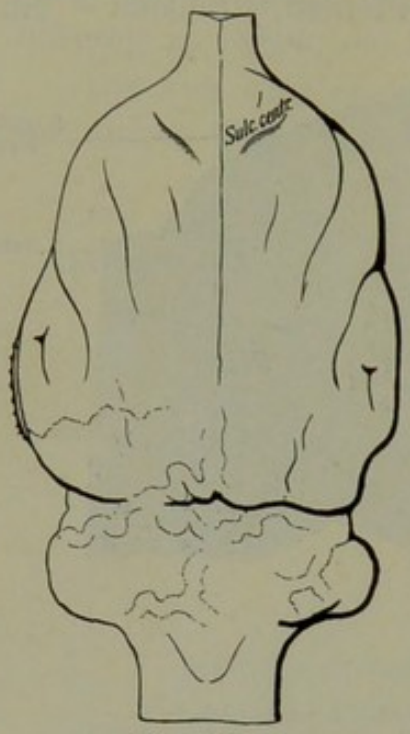


Fig. 340.

Gehirn von Megaladaspis madagascariensis. Nach R. Burckhardt.

Da nicht bei allen Säugern eine Zentralfurche existiert oder eine andere Furche als deren Analogon zu deuten ist, so wäre es sehr schwer, einen Stirnlappen abzugrenzen, wenn nicht gerade die der vorderen Zentralwindung entsprechende Rindengegend durch einen besonderen mikroskopischen Bau charakterisiert wäre. Nach Studien, die Brodmann über diesen Bau gemacht hat, habe ich in der Fig. 341 diejenigen Hirnteile schattiert, welche frontal von der betreffenden Rindenformation liegend als Stirnlappen anzusprechen wären. Nach dieser Figur wäre auch die Ausdehnung des Stirnlappens auf Fig. 332, welche nur nach der Furchung, nicht nach dem Bau angegeben ist, in

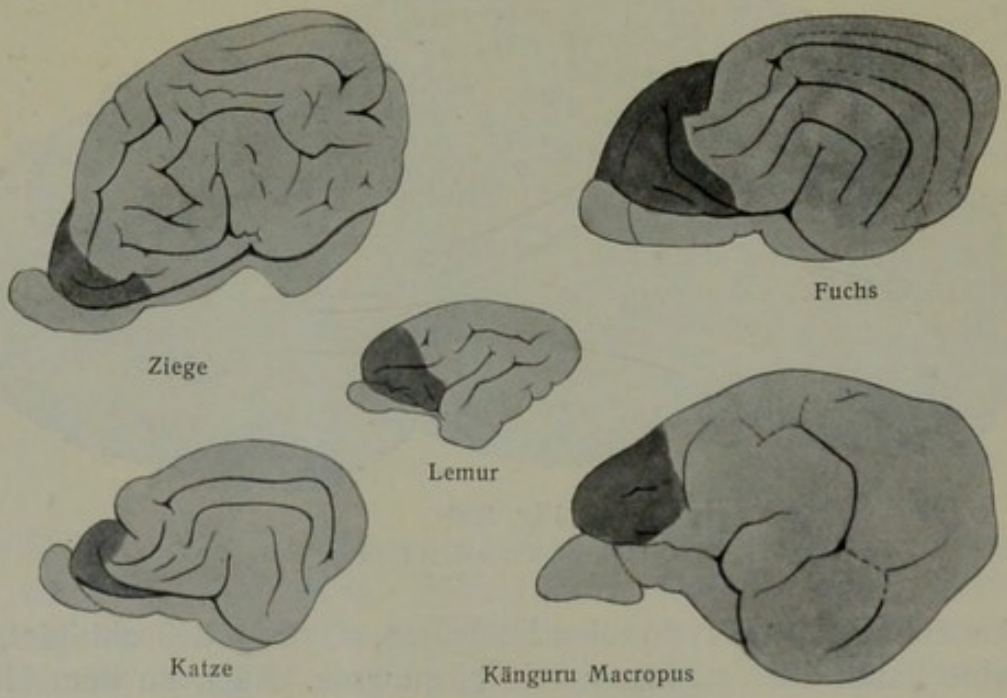


Fig. 341.

Die Ausdehnung des Lobus frontalis bei verschiedenen Säugern.

etwas zu korrigieren. Auch an der Fig. 336, wo beim Schafe die in der vorderen Zentralwindung liegenden motorischen Zentren experimentell festgelegt sind, läßt sich erkennen, wie klein der davor liegende Hirnabschnitt, eben der Stirnlappen, ist.

Auch der Lobus occipitalis ist schwer abzugrenzen. Wohl aber kann man ein bestimmtes durch seinen mikroskopischen Bau von dem übrigen Gehirne sehr verschiedenes Rindenareal an ihm erkennen. Es ist die bei den Primaten und den Raubtieren um die Calcarinafurche liegende Sehrinde, so genannt, weil bei ihrem Verluste sehr schwere Störungen im optischen Erkennen auftreten. Die Sehrinde entwickelt sich aus dem kaudalsten Abschnitte des Archipallium. Hier hat Ramon y Cajal an der kaudalen Spitze der Ammonswindung der Maus eine eigenartig geformte Rinde entdeckt, die er in Beziehung zum Riechapparate stellen möchte. Weitergehende Untersuchungen, die ich zusammen mit Miss Taft angestellt habe, ergaben, daß diese bei der Maus nicht stecknadelknopfgroße Rindenstelle genau die Struktur der typischen Sehrinde hat. Es ließ sich nun, als man ein größeres Säugermaterial durcharbeitete, erkennen, daß diese so merkwürdig gebaute Rinde sich schon innerhalb der Nagerreihe vergrößert, am Occipitalpole des Gehirnes in die Höhe zieht und bald eigene kleinere Furchen aufweist, von denen die zentralste eben der Sulcus calcarinus ist, um den herum die Sehrinde der Primaten usw. festgestellt ist.

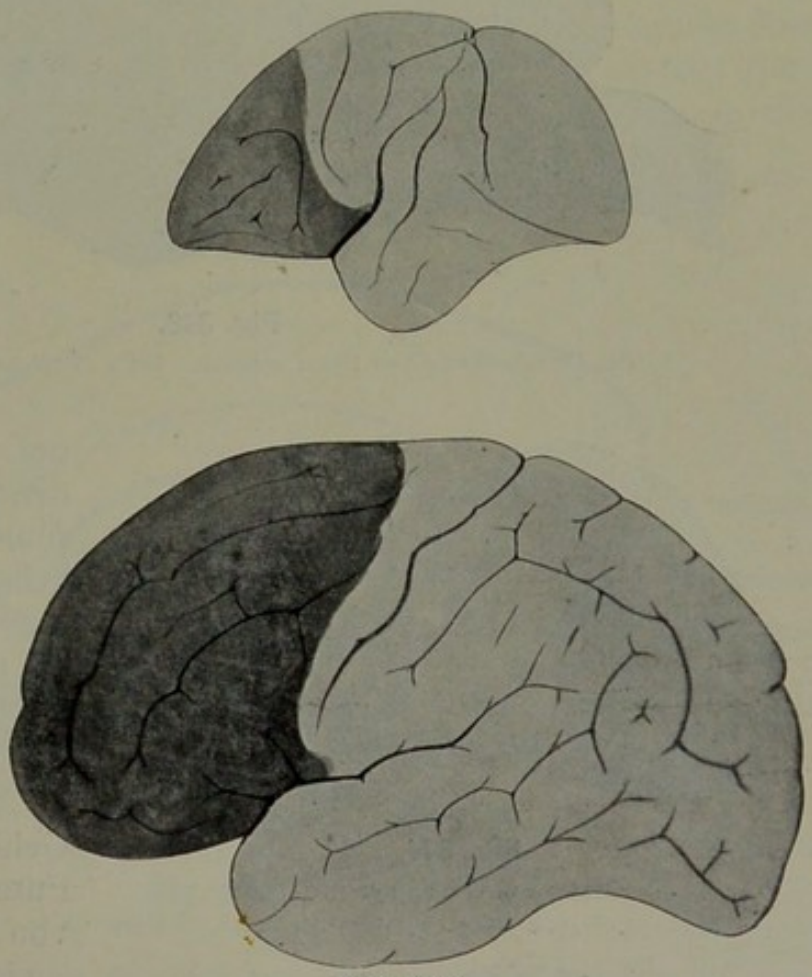


Fig. 342.

Dasselbe bei Primaten. Oben: Affe, Cercopithecus. Unten: Mensch.

Die Fovea limbica, welche bei geringer Entwicklung dieser Rindenteile sie noch ganz von dem Neencephalon abscheidet, verkürzt sich entsprechend, wenn sie zunehmen und sie bildet bei den meisten höheren Säugern nur noch einen kleinen Einschnitt am Occipitalpol.

An dem Fig. 343 abgebildeten Hyraxgehirne ist die mikroskopisch nachgewiesene Sehrindenstelle mit einem x versehen. Die Entwicklung der ganzen Sehrindengegend demonstriere ich an den zwei Nagergehirnen

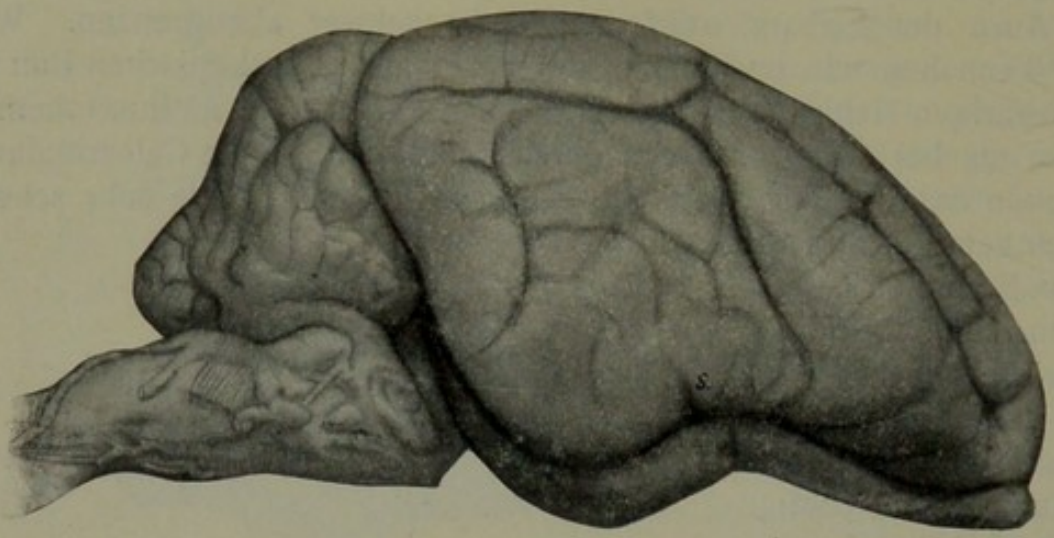


Fig. 343.

Die Hirnoberfläche von Hyrax capensis. Bei *s* die Stelle der Fovea Sylvii.

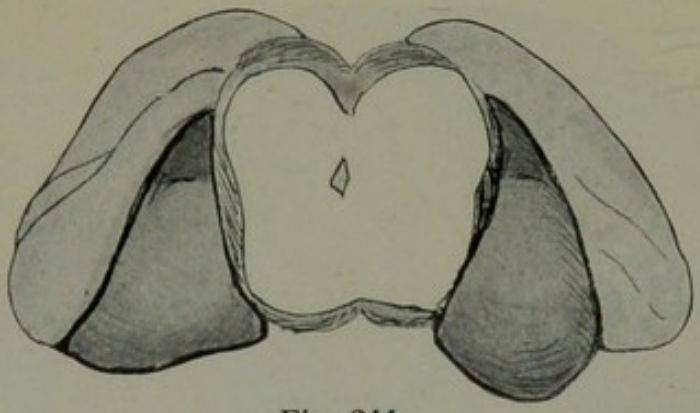


Fig. 344.

Gehirn von Coelogenys paca.

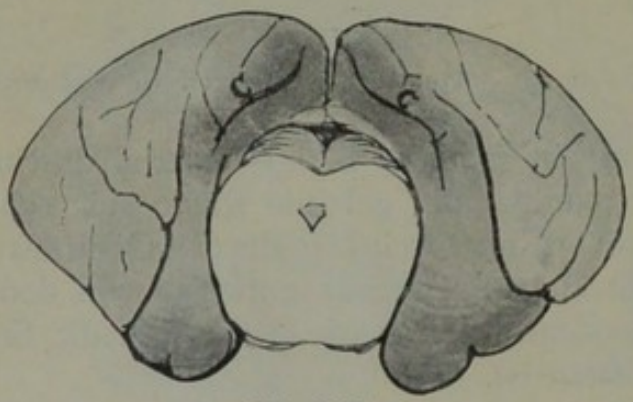


Fig. 345.

Gehirn von Lagostomus trichodactylus.

Die Ansicht von hinten — Mittelhirn abgeschnitten — läßt die Entwicklung der Sehrinde am oberen Pol des Archipallium, das dunkel schattiert ist, erkennen. C. Sulcus calcarinus.

der Fig. 344 und 345, an denen das Gebiet der Ammonswindung hervorgehoben ist. An seinem oberen Ende entwickelt sich die dunkler schattierte Sehrinde, in der s. Fig. 345, Furchen auftreten.

An der Medialseite des Gehirnes gibt es nur eine Furche, die — abgesehen von Ornithorhynchus — eigentlich überall vorkommt. Es ist dies ein langer Furchenzug, der in einiger Entfernung vom Hirnrande diesem parallel, wo ein Balken vorhanden ist, dorsal von diesem, dahinzieht, um mit einem nicht immer vorhandenen Frontalende sich basalwärts zu krümmen. Sein kaudaler Abschnitt, der auch isoliert vorkommt, ist der

tiefere; der ganze frontale kann so seicht sein, daß er fehlt. Diese Furche heißt Sulcus callosomarginalis. Die einzelnen Abschnitte dieses Furchungszuges, der vordere, Sulcus genualis, der mittlere, Sulcus intercalaris sind nicht immer gleich ausgebildet.

Wenn sich ein Occipitallappen entwickelt, entstehen in ihm gewöhnlich einige Furchen, über die Fig. 346 Auskunft gibt. Der konstanteste ist der Sulcus calcarinus. Er ist offenbar eine vollständig selbständige Bildung, nicht etwa ein drittes Stück der Randfurche, mit der er eigentlich nie ganz zusammenhängt. Dafür spricht auch die ganze Entwicklung der Sehregion. Gerade an Figur 346 sieht man auch leicht, wie die Sehrinde, welche bei den Nagern am kaudal-dorsalen Ende des Lobus pyramidalis liegt, also etwa da, wo der Einschnitt der Fovea limbica sichtbar wird, bei erster Ausdehnung die Gegend des Sulcus calcarinus erreichen muß.

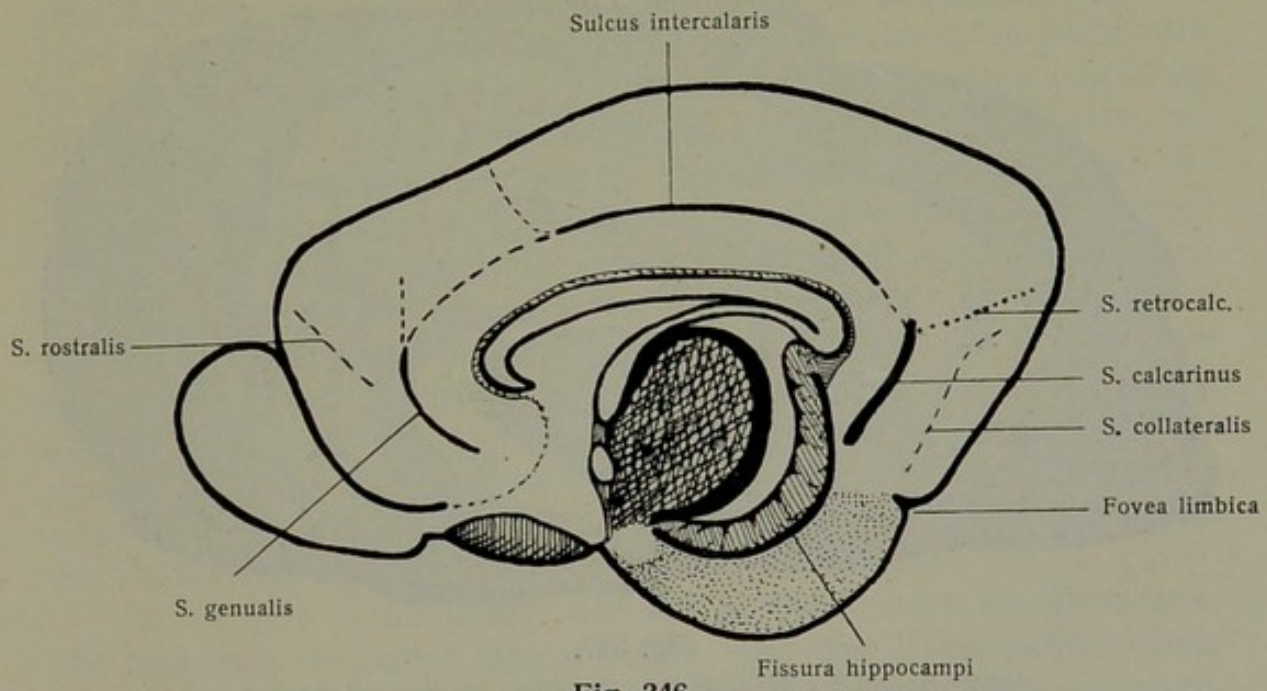


Fig. 346.
Die konstanteren Furchen an der medialen Seite des Gehirnes. Nach Elliot Smith.

Das Rindenstück, welches diese Furche von der Ammonsformation und besonders vom Balken trennt, der Gyrus calloso-marginalis, ist früher von Broca mit der Ammonswindung zusammen als Gyrus limbicus bezeichnet worden, weil beide Windungen den Hemisphärenrand umsäumen. Da dieser Gyrus limbicus — eine ganz unnatürliche Zusammenfassung von archipallialen und neopallialen Teilen — noch vielfach in der Literatur eine Rolle spielt, will ich in Fig. 347 ihn abbilden, auch weil diese Abbildung Gelegenheit gibt, die Formationen an der Medialseite der Hemisphäre im ganzen gut zu überschauen.

Von jeher hat es interessiert, die Ursache der Windungsbildung zu erforschen. Man hat mancherlei erwogen, vor allem oft die Gefäßversorgung der Rinde, aber die Blutgefäße laufen so oft quer über Windungen und Täler, daß sie nicht ernstlich in Betracht gezogen

werden können. Nun hat schon Dareste darauf aufmerksam gemacht, daß die größeren Gehirne innerhalb der gleichen Gattung gewöhnlich die reicher gefurchten sind und daß die ganz kleinen selbst bei so menschenähnlichen Tieren wie den Affen noch ungefurcht bleiben. Dieser Umstand und auch das Bestreben, gleichzeitig der so ganz andersartigen Lappeneinteilung im Kleinhirn, wo möglich, gerecht zu werden, hat dann zu mathematischer Betrachtung der Frage geführt. Es war namentlich Jelgersma, der hier voran ging. Die Überlegungen, die in Betracht kommen, sind die folgenden.

Die Vergrößerung des Gehirnes beruht einmal und zunächst auf der Vergrößerung der Rinde. Wenn man aber einen Körper im Verhältnis von 1 : 2 vergrößert, so wächst seine Oberfläche im Verhältnis von 1 : 2 mal 2 und sein Volum nimmt gleichzeitig um 2 mal 2 mal 2,

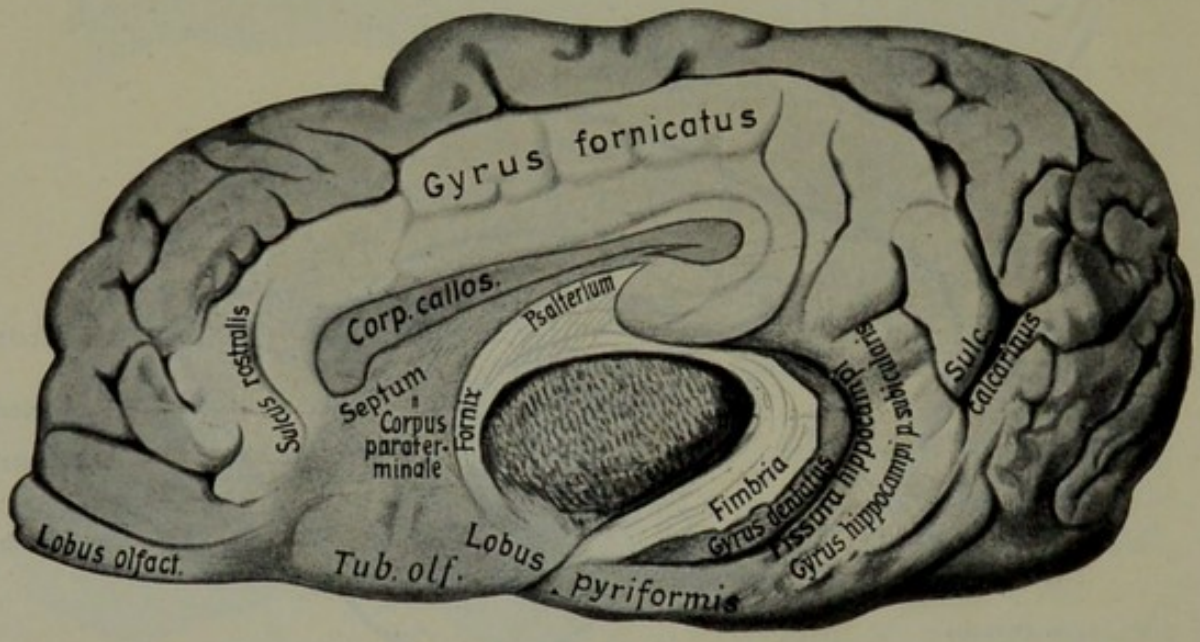


Fig. 347.

Mediale Ansicht des Kalbsgehirnes. Der Gyrus limbicus hell gehalten.

also um das 8fache zu. Das Gehirn eines Tieres von doppelter Größe hat also eine 4mal größere Oberfläche und ein 8mal größeres Volum als das Gehirn eines Tieres von der Größe 1. Eine solche Vergrößerung soll aber innerhalb des gegebenen Schädelraumes nicht anders stattfinden, als indem die Oberfläche sich faltet.

De Vries führt aus: Wenn ein großes Gehirn (z. B. vom Puma) etwa die doppelten Längendimensionen eines kleineren (z. B. von der Katze) hat, so muß es 8mal soviel Rindenmasse haben, worin 8mal soviel Pyramidenzellen liegen. Die weiße Substanz enthält dann beim Puma 8mal soviel Fasern wie bei der Katze. Diese Fasern müssen aber nun alle zweimal so lang sein, so daß das Volum der Fasermasse das 8 mal 2 = 16fache wird.

Nun ist aber die Rinde gar nicht mathematische Oberfläche, sie bildet oft genug in ihrer Gesamtdicke die Hauptmasse des ganzen Vorderhirnes, und es geht nicht an, sie in Gegensatz zu dem oft recht

kleinen Markkörper zu stellen. Deshalb kann diese mathematische Erklärung nicht ausreichend sein. Wohl aber läßt sich leicht erkennen, daß, wenn ein Körper von gegebener Form unter Beibehaltung derselben seine Oberflächenschicht vergrößern soll, dies, wenn nicht beliebige Ausdehnungsmöglichkeit gegeben ist, nur dadurch geschehen kann, daß die Oberfläche sich faltet. Wenn die Rinde sich vergrößert, dann wächst aber auch die Zahl ihrer inneren Verbindungsmöglichkeiten, also die Zahl der subkortikalen Nervenbahnen. Ein Telephonamt mit 100 Teilnehmern bedarf, damit jeder mit dem anderen sprechen kann, 100 mal 99 Anschlüsse, eines mit der doppelten Teilnehmerzahl braucht nicht die doppelten Verbindungen, sondern 200 mal 199, also ca. die vierfache Zahl von Leitungen. Der Markkern des Gehirnes nimmt also mit jeder Rindenvergrößerung noch aus speziellen Gründen zu und schon deshalb wird die Oberfläche sich falten müssen, wenn sie nicht eine beliebig große Gelegenheit zu beliebig großer Ausdehnung hat. Hier aber hemmt die Schädelwand, deren Entwicklung ja nicht vom Gehirnvolum allein abhängig ist, sondern durch die Gesamtentwicklung des Körpers, die Artform, die Kieferausbildung und durch zahlreiche Relationen zu anderen Körperteilen bestimmt ist. Man hat zwar gelegentlich den Einfluß der Schädelkapsel auf diese Verhältnisse in Frage gestellt, weil angeblich zur Zeit des ersten Auftretens der Windungen das Gehirn den Schädel noch gar nicht ausfülle, His. Aber abgesehen von der Möglichkeit, daß die mechanischen Verhältnisse sich ja nicht in jedem Fall neu zu wiederholen brauchen, daß auch durch Vererbung einmal mechanisch erlangte Furchen wieder auftreten könnten, so ist noch keineswegs nachgewiesen, daß die Prämisse richtig ist. Alle diese embryonalen Gehirne sind an der Leiche untersucht, wo außer der Blutfüllung auch der ganze Gewebsturgor wegfällt.

Es ist auch nicht richtig, daß alle größeren Tiere ein gefurchtes, alle kleineren ein glattes Gehirn haben. Der den Walen nahestehende große Manatus hat ein ganz glattes, die Wale haben ein ganz ungewöhnlich stark gefurchtes Gehirn und der kleine Klippsdachs hat ebenso wie das Fig. 326 abgebildete kleine Schnabelthier ein recht reich gefurchtes Gehirn. Es liegt deshalb nahe, diesen Umstand so zu erklären, daß die größeren Tiere, die nicht direkt am Boden leben, im allgemeinen im Kampf ums Dasein der besseren psychischen Entwicklung, — id est der größeren Hirnoberfläche mit dem dadurch bedingten größeren Reichtum von inneren Verbindungen bedürfen.

In Summa glaube ich, daß die Furchung dadurch entsteht, daß die Entwicklung des Gehirnes von einer Anzahl anderer Momente abhängt als die des Schädels.

Für die Richtung der Furchung kommt einmal das mechanische Moment der Ausdehnung ganz bestimmter und des Zurückbleibens anderer Partien, der Sylvischen Grube z. B. in Betracht, dann aber sicher auch die im Laufe der Stammesgeschichte erworbene Länge der

einzelnen Bahnen. Ändert sich diese, wie es etwa bei Ausfall der Balkenfaserung geschieht, so ändert sich der ganze Furchentypus total. Ebenso ändert er sich total, wenn etwa außen am Gehirne eine große Narbe sitzt, wie es in Fig. 357 gezeigt ist.

Die Fasermasse, welche das Pallium mit den tieferen Grundapparaten verbindet, ist nur ganz gering im Verhältnis zur Gesamtmasse der Fasern im Großhirne. Diese besteht vielmehr aus Eigenfasern, Apparaten, welche, in allergrößter Menge innerhalb des Großhirnes vorhanden, geeignet sind, jeden seiner Teile mit allen anderen zu verknüpfen. Was also am Großhirne so besonders entwickelt ist, das ist sein Eigenapparat. Dieser enorme Eigenapparat ist offenbar in sich zu vielen Leistungen befähigt, er vermag die auf relativ wenigen Bahnen ihm zukommenden Rezeptionen zu verarbeiten und auf weiteren, ebenfalls geringen Bahnen vermag er das durch die Verarbeitung Erreichte irgendwie auf den motorischen

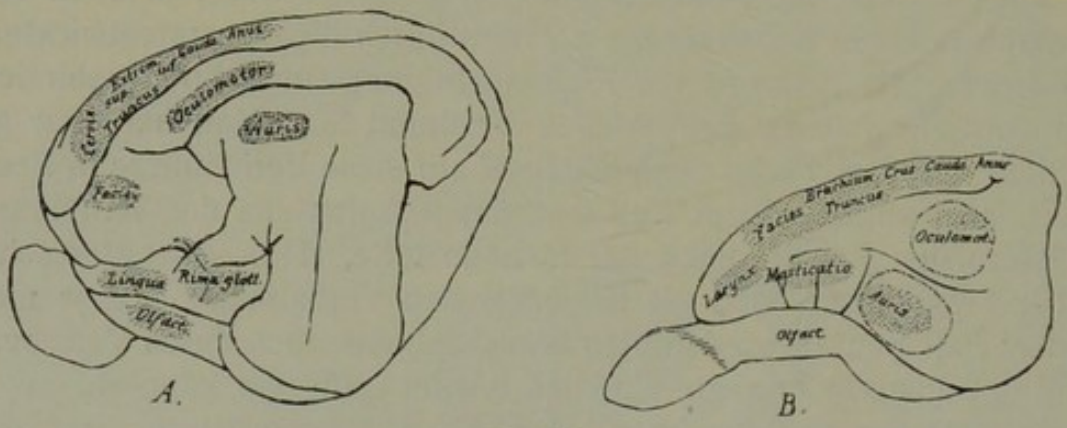


Fig. 348.

Die Rindenfelder, soweit sie durch Reizung nachweisbar sind. *A* von der Katze. *B* vom Kaninchen. Nach Mann.

Apparat wieder zu übertragen. Wir lernen gehen und stehen mit dem Rückenmarke, wir erhalten unsere Statik aufrecht durch andere Apparate, aber es können lange Gedankenreihen, Erwägungen, Hemmungen und Schlüsse gelegentlich nötig werden, um uns etwa zu einem freiwilligen Spaziergang zu veranlassen. Diesem letzteren Teil der Verrichtungen liegt die Arbeit des Großhirnes zugrunde.

Alle Untersuchungen über den Hirnmantel drängen zu der Annahme, daß er aus Einzelfeldern zusammengesetzt ist, welche an relativer Größe wechseln können. Ein Teil dieser Zentren steht in Beziehung zu motorischen und sensorischen Prozessen, ein anderer, bisher nur beim Menschen studierter, enthält nach Flechsig Assoziationsgebiete, die durch ihren Bau wohl geeignet sind, zahllose Verbindungen in sich und mit anderen Zentren einzugehen. Es ist nach Flechsig wahrscheinlich, daß auf der hohen Ausbildung der „Assoziationszentren" das geistige Übergewicht der Primaten beruhe. Die Assoziationszentren sollen später ihr Mark erhalten als die Rindenfelder, welche wesentlich

motorischen und Sinnesempfindungen dienen. Diese letzteren sind, wie wir wissen, durch Stabkranzfasern mit den tieferen Zentren verbunden. Den Assoziationszentren fehlten nun, meint Flechsig, im wesentlichen solche Stabkranzfasern. Diese Angaben sind ihrer Wichtigkeit entsprechend bald von vielen Seiten nachgeprüft worden. Dabei hat sich gezeigt, daß eigentlich alle Teile des Hirnmantels Stabkranzfasern aussenden, daß also reine Assoziationszentren nicht existieren. Es scheint aber in der Tat, daß bestimmte Rindengebiete, der Stirnlappen z. B., an Stabkranzfasern ärmer, an inneren Assoziationsbahnen reicher sind als andere und sicher ist überall im Gehirn die Summe der Assoziationsfasern sehr viel größer als die der Stabkranzfasern. S. u.

Ganz allmählich nimmt dann der Mantel in der Tierreihe aufsteigend an Umfang zu. In der Klasse der Primaten hat er bei den Affen eine Ausdehnung erlangt, welche nahe an die Verhältnisse beim Menschen grenzt. Aber noch unterscheidet ihn, außer unwesentlicheren Verhältnissen, ein wichtiges Moment von der beim Menschen erreichten Stufe. Der Stirnlappen, der bei den niederen Affen noch sehr klein ist, erreicht bei den höheren schon eine große Ausdehnung, bleibt aber immer noch sehr zurück gegen den Stirnlappen des Menschen. Ja beim Menschen ist dieser Entwicklungsgang noch keineswegs abgeschlossen. Es finden sich gerade im Stirnlappengebiete noch Differenzen, welche auf die Möglichkeit einer weiteren Vervollkommnung schließen lassen. Ganz besonders kommt hier das ventrale Gebiet in Betracht, welches, die Sprachzentren enthaltend, sehr wesentliche individuelle Verschiedenheiten in der Ausbildung zeigt.

Wo ein kleiner Mantel vorhanden ist, kann natürlich auch die von ihm ausgehende Faserung nur gering sein. In der Tat ist die Strahlung aus der Rinde bei vielen kleineren Säugern so gering, daß ein eigentliches Centrum semiovale gar nicht zustande kommt, daß vielmehr die ganze Faserung sich auf einen relativ dünnen Belag unter der Rinde beschränkt, der dann dicht an den Ventrikel angrenzt und von den Endfäden seines Epithels durchzogen wird.

So will ich denn diese Vorlesung abschließen, indem ich Ihnen eine Abbildung vorlege, die mehr als Worte zeigt, welchen Entwicklungsgang das Säugergehirn genommen hat. In Fig. 349 habe ich je einen Schnitt durch eine menschliche Hemisphäre und eine solche von Dasypus nebeneinandergestellt. Sie sehen, wie mächtig sich das hier dunkel schattierte Neencephalon beim Menschen aus den kleinen Anfängen entwickelt, welche das Gürteltier zeigt. Sie erkennen aber auch, wie atrophisch bei dem Menschen das wesentlich für den Geruchsinn bestimmte Palaeencephalon, der hellere ventrale Abschnitt beider Figuren geworden ist. Am besten vergleichen Sie beide, nachdem Sie die Fissura limbica aufgesucht haben. Die Größenverhältnisse stimmen nicht ganz, es hätte das Dasypusbild noch wesentlich kleiner gezeichnet werden müssen, aber dann hätte es an Klarheit verloren.

Die besten älteren Untersuchungen über die vergleichende Anatomie des Säugergehirnes sind die von Leuret und Gratiolet, von späteren wären besonders die von Stieda, Meynert, Gudden, Kölliker, Ganser, Turner zu erwähnen. Einzelne Teile, wie z. B der Riechapparat, sind besonders von Broca, Zuckerkandl, Elliot Smith und Retzius bearbeitet. Dann besitzen wir sehr viele Monographien über die Hirnoberfläche verschiedener Säuger; anthropomorphe Affen von Bischoff, Waldeyer, Bolk u. a., Lemuren von Flower und Gervais, Wale von Guldberg, Ziehen und Kükenthal, Ungulaten von Krueg, Ellenberger, Tenchini und Negrini, Raubtiere von Meynert, Spitzka u. a. Kritische Zusammenstellungen, Sichtung und

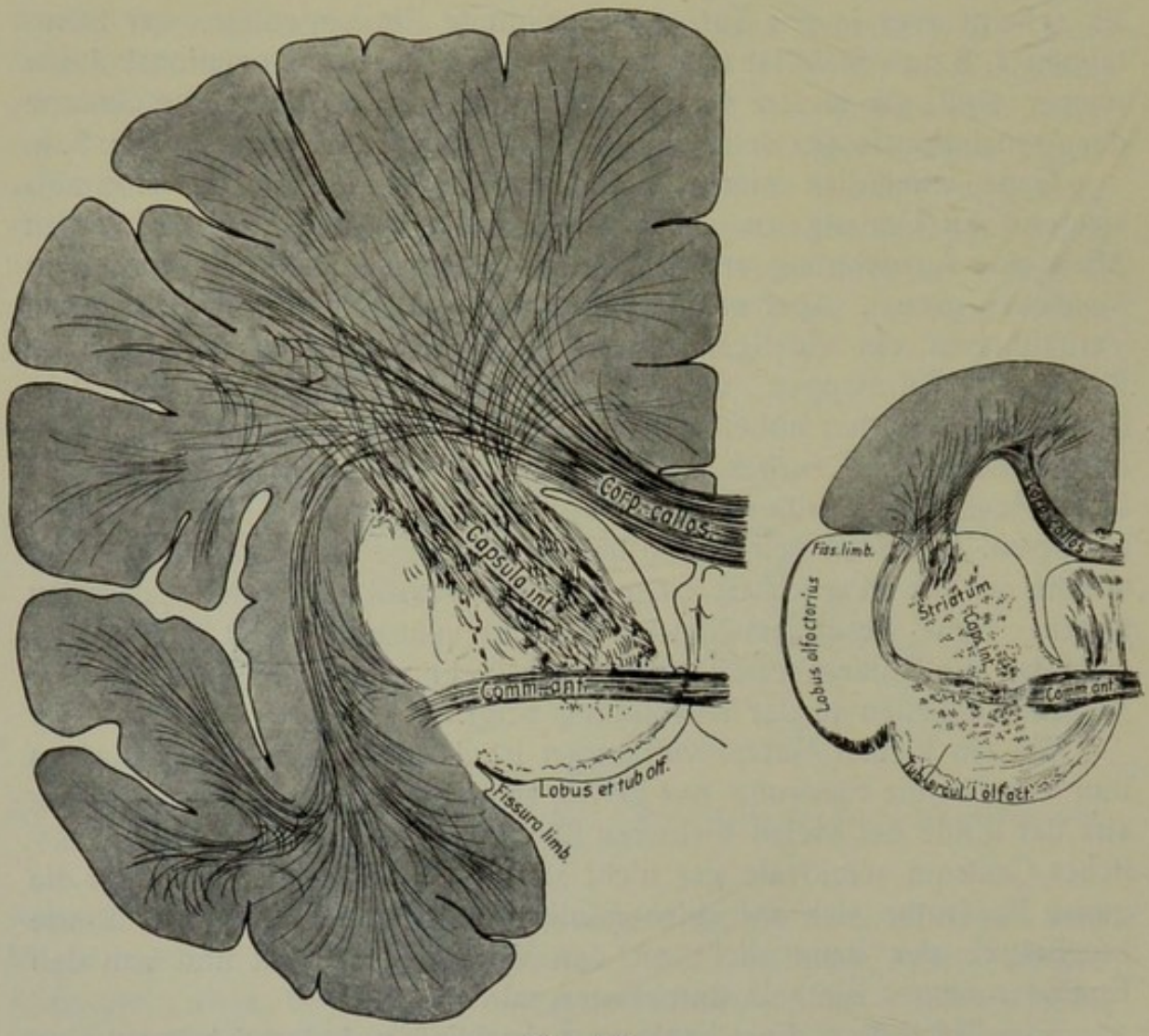


Fig. 349.

Die Entwicklung des Hirnmantels. Schnitt links durch ein Gehirn vom Menschen, rechts vom Gürteltiere.

Vergleichung verdanken wir in neuester Zeit namentlich Turner, dann Ziehen und Kükenthal. Die zahlreichen Abweichungen von dem beschriebenen Typus, wie sie normal oder durch Mißbildungen vorhanden sein können, haben von den meisten der oben erwähnten Autoren, dann aber auch von besonderen Bearbeitern, Richter, Sernow, Mingazzini u. a., Berücksichtigung erfahren. Für das Gehirn der niedersten Vertebraten sind besonders die zahlreichen Arbeiten von Elliot Smith und von Ziehen wichtig. Von der gesamten äußeren Form der Säugetiergehirne handelt ein monographisch angelegtes Werk von Flatau und Jakobsohn, ebenso ein Tafelwerk von Parker.

Achtundzwanzigste Vorlesung.

Die Hirnwindungen des Menschen und der Affen.

M. H.! Lassen Sie uns an einem menschlichen Gehirn die Windungen und Furchen der Großhirnoberfläche betrachten.

Es ist noch nicht so lange her, daß die Anatomen wenig und die Ärzte gar kein Interesse der Lehre von der Gestaltung der Hirnoberfläche entgegenbrachten; noch ist nicht gar so viel Zeit verflossen, seit Ordnung gebracht wurde in das anscheinend so unregelmäßige Chaos der Hirnwindungen, daß klare Abbildungen an die Stelle jener älteren Tafeln getreten sind, von denen ein Autor mit Recht sagt, daß sie eher eine Schüssel voll Makkaroni, als ein Gehirn darstellten. Für das menschliche Gehirn speziell ist das Interesse erst recht lebhaft geworden, als die Physiologie und bald genug auch die Pathologie gezeigt hatten, wie verschiedenartig Reizungen, Exstirpationen, Erkrankungen sich äußern, je nachdem sie die eine oder die andere Windung der Hemisphärenoberfläche treffen.

Die folgenden, rein schematischen Abbildungen haben nur die wichtigeren konstanten Windungen und Furchen aufgenommen. Das einfache Schema prägt sich leichter dem Gedächtnisse ein, als Abbildungen der wirklichen Hirnoberfläche, welche alle die kleineren Windungen, die seichteren Furchen, welche inkonstant sind, neben den tieferen konstanten Gebilden wiedergeben.

Suchen wir zunächst den mächtigsten Spalt an der Hirnoberfläche, die Fissura Sylvii auf. Zuerst war hier nur eine flache Grube (Fig. 35), die Fossa Sylvii, später aber, als der Hirnmantel weiter auswuchs, hat er jene Grube von allen Seiten zugedeckt. Ein langer Spalt, eben die Fissura Sylvii, der also keine echte Hirnfurche ist, führt in diese Grube hinein. Man kann ihn auseinander ziehen und findet dann am Boden der Spalte die Rinde der Insula Reili. Diese Rinde überzieht die Lateralseite des Nucleus lentiformis. Fig. 47.

Die Sylvische Spalte trennt den größten Teil des Schläfenlappens vom übrigen Gehirne. Man unterscheidet einen langen hinteren und einen oder zwei kurze vordere, nach oben gerichtete Schenkel an ihr. Die Windungsmassen, welche sie von dorsal her begrenzen, die Insel also von außen bedecken, heißen Operculum. Mitten in dieses mündet, wie Fig. 350 zeigt, die Zentralfurche Sc. und scheidet das Operculum frontale von dem Operculum parietale. Die Unterseite dieser Opercula ist stark gefurcht. Ein feiner Spalt, der Sulcus limitans superior insulae trennt sie von der Inselrinde. Auf Fig. 350 ist das Operculum hoch genug gezogen, um die Furchung an der Unterseite und die Grenzfurche der Insel zu demonstrieren. Man erkennt, daß die Insel durch 2 über sie ziehende Furchen in 3 Läppchen geteilt wird.

Die beiden Hauptfurchen der Insel liegen auf unserer Abbildung vor und hinter dem Worte „breves". Die kaudalere heißt Sulcus longitudinalis, die frontalere Sulcus centralis insulae. Der Lappen vor dem Sulcus centralis ist in mehrere kleine Gyri gespalten, er geht ventral in den beim Menschen sehr atrophischen Lobus olfactorius (I der Fig. 350) durch allerlei kleine, dieser Atrophie entsprechende Höcker über.

Der Abschluß der Insel von der Hirnoberfläche wird erst nach der Geburt, wesentlich durch das Wachsen der Opercula und der Schläfenwindungen, vollständig. Bei mangelhafter Ausbildung der Windungen überhaupt — Mikrocephalie — oder seltener bei mangelhafter Ausbildung der Sprach-Hörwindungen, etwa bei Taubstummen, auch bei krankhaften Prozessen in den erwähnten

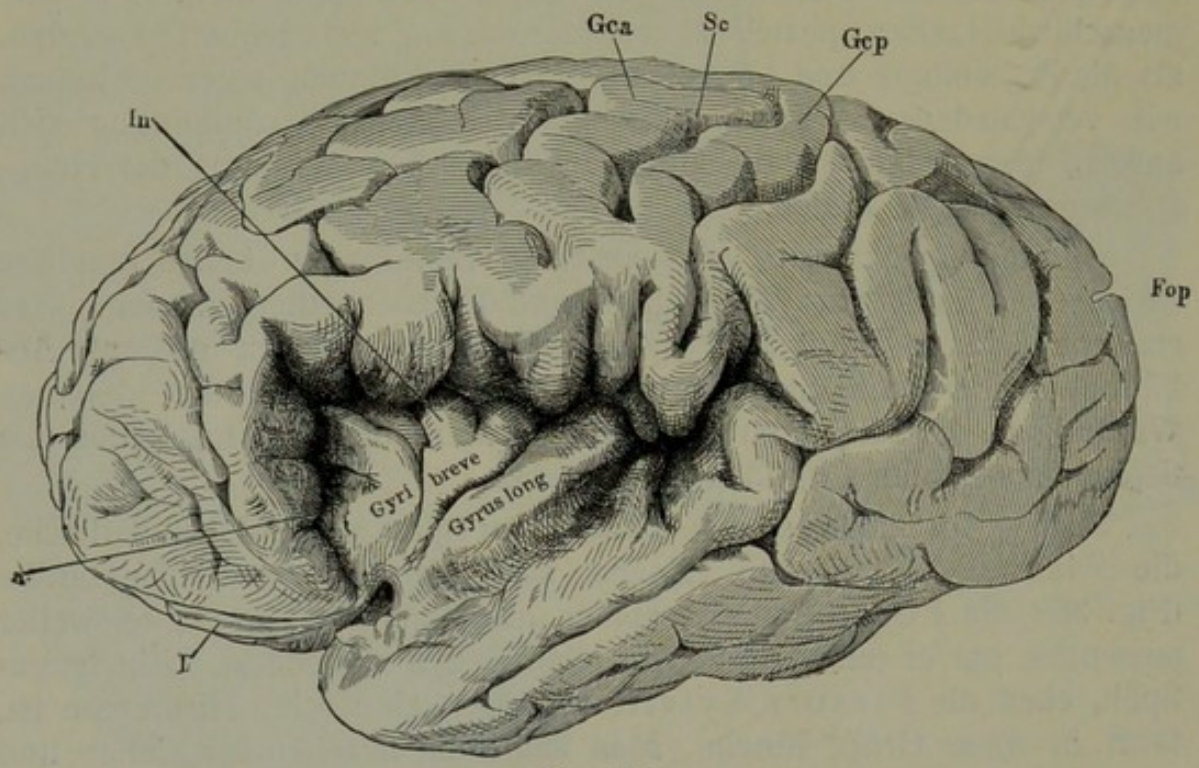


Fig. 350.

Die linke Hemisphäre mit auseinander gezogener Fissura Sylvii, um die Windungen der Insel *In* zu zeigen. *Sc* Sulcus centralis. *Gca, Gcp* Gyrus centralis anterior und posterior. *Fop* Fiss. parieto-occipitalis. Nach Henle.

Windungen, kann es dazu kommen, daß die Insel unbedeckt bleibt, also frei liegt. Bei den Affen liegt wegen mangelhafter Entwickelung der Sprachrinde im Operculum frontale der frontale Teil der Insel frei. Erst bei den menschenähnlichen Affen gerät auch er manchmal in die Tiefe (Marchand). Übrigens ist bei dem Menschen auch die ganze Insel größer als bei den Affen; namentlich der Abschnitt vor dem Sulcus centralis scheint (Bolk) sich erst beim Menschen richtig zu entwickeln. Was hinter ihm liegt, der Gyrus longus, ist z. B. bei Mensch und Orang ganz gleich. S. 429 ist erwähnt, daß sich die Insel aus den Teilen bildet, die um den Sulcus ectosylvius als Bogenwindung herumliegen. Diese Furche sieht man nach Holl in dem Sulcus longitudinalis der Primaten wieder. Der vordere Schenkel des so entstehenden Bogens ist mehrfach gefurcht und unter diesen Furchen ist der Sulcus centralis, der sich auch später entwickelt als der ältere S. longitudinalis die konstanteste. Nach Retzius

ist aber der Sulcus centralis die konstantere Furche und wird auch früher ausgebildet. Dieser Autor kann sich überhaupt auf Grund seiner Befunde an Affen und Halbaffen nicht mit Sicherheit für die wesentlich von Holl und Marchand durchgeführte Bogentheorie der Inselentstehung aussprechen.

In dem Operculum beginnt eine wichtige Furche, die von da zur Hirnkante aufsteigt, oft auch in diese einschneidet, der Sulcus centralis, die Zentralfurche. Nicht selten teilt eine kleine Übergangswindung in der Tiefe der Spalte diese in eine untere und eine obere Hälfte. Die neueren chirurgischen Operationen am Gehirne, ebenso die aus physiologischen Studien gewonnene Erkenntnis haben es wünschenswert gemacht, die Länge der Furche in Teile zu zerlegen. Als Anhaltspunkte dienen die beiden auf der Abbildung mit * bezeichneten

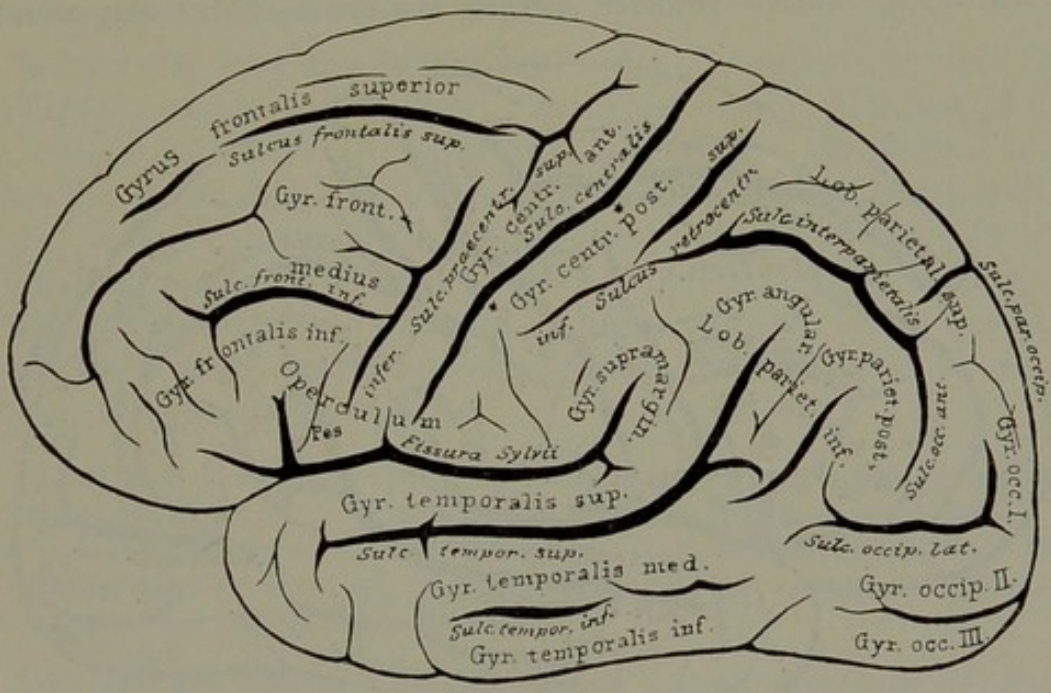


Fig. 351.

Seitenansicht des Gehirnes. Die Gyri und Lobuli sind mit Antiquaschrift, die Sulci und Fissurae mit Kursivschrift bezeichnet.

Kniee, das obere und das untere Knie der Zentralspalte. Suchen Sie sich die Furche in Fig. 351 auf. Sie trennt den Lobus frontalis vom Lobus parietalis. Was nach unten von der Sylvischen Spalte liegt, heißt Lobus temporalis. Vor dem Sulcus centralis liegt die vordere Zentralwindung[1]), hinter ihm die hintere Zentralwindung[2]).

Das Gebiet vor der vorderen Zentralwindung, der Stirnlappen, wird durch zwei Furchen, die obere und die untere Stirnfurche, in drei Windungen, die obere, mittlere und untere Stirnwindung, geteilt. Diese Stirnwindungen sind nicht immer in der ganzen Länge des Stirnlappens scharf voneinander geschieden, da die Stirnfurchen oft

1) Circonvolution frontale ascendente
2) Circonvolution pariétale ascendente } der französischen Autoren.

genug nach kurzem Verlaufe durch Querbrücken unterbrochen werden. Sie finden leicht an jedem Gehirne diese drei übereinander liegenden Teile des Stirnlappens und bemerken wohl auch, daß sie mit der vorderen Zentralwindung durch mehrere Übergangswindungen zusammenhängen. Geschieden werden sie von dieser Windung durch eine in ihrer Länge und Tiefe sehr veränderliche Furche, den Sulcus praecentralis, von dem neben einem konstanteren unteren zuweilen ein kürzerer oberer Abschnitt nachweisbar ist. Das Verhältnis, welches hier die Abbildung der Fig. 352 bietet, soll nach Untersuchungen von Schnopfhagen das häufigste sein.

An der sehr breiten mittleren Stirnwindung wird zweckmäßig ein medialer von einem lateralen Abschnitte unterschieden. Die untere Stirnwindung wird von den beiden kurzen vorderen Ästchen der Fissura Sylvii eingeschnitten.

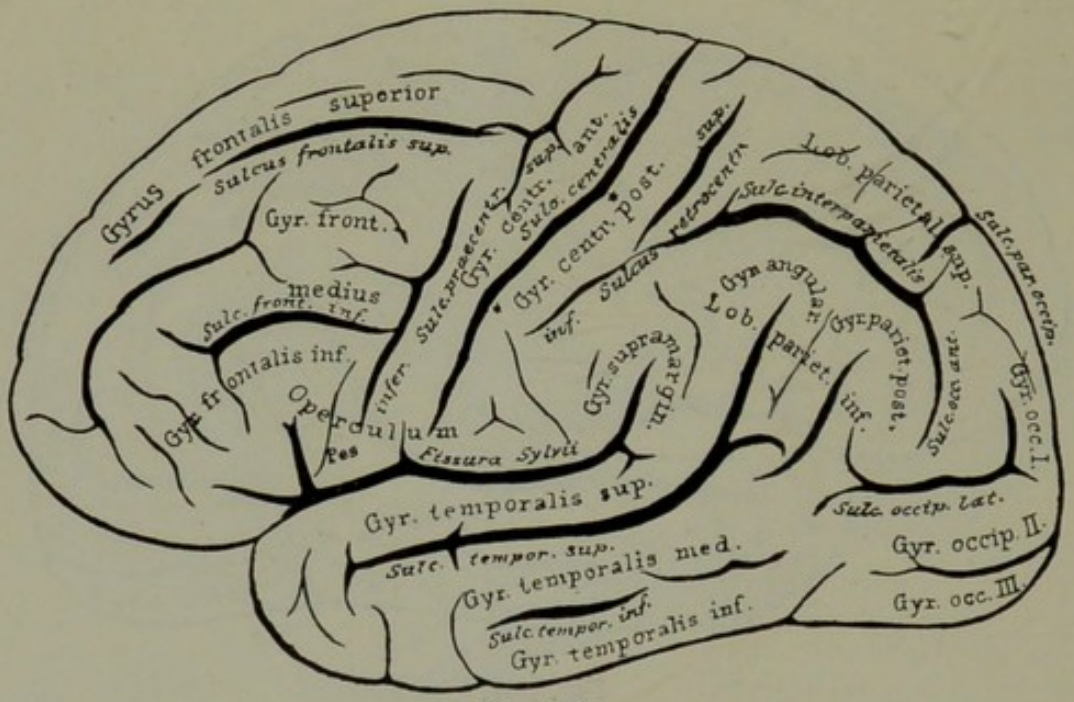


Fig. 352.

Seitenansicht des Gehirnes.

Sie vereinen sich in Form eines V am Hauptaste. Die Gegend dieses V gehört zum Operculum frontale. Hier kommen je nach der Höhe der intellektuellen Entwickelung nicht unbeträchtliche Variationen vor. Speziell der Abschnitt, welcher zwischen dem kaudalen Schenkel des V und der vorderen Zentralwindung liegt, der Fuß der unteren Stirnwindung, ein einfacher Windungszug, zeigt oft Einkerbungen, Verbreitungen u. dergl.

Der Schläfenlappen ist an der Lateralseite von mehreren Furchen durchzogen, welche parallel mit der Fissura Sylvii laufen und eine obere, mittlere und untere Temporalwindung mehr oder weniger scharf voneinander trennen. Meist sind nur die beiden ersten in ihrer ganzen Länge deutlich abscheidbar.

Die Dorsalseite des Schläfenlappens bildet den Boden der Sylvischen Spalte. Diese früher wenig studierte sehr große Rindenfläche

ist reich gefurcht und bei einer Breite von 3—4 cm fast 10 cm lang. Der frontale Abschnitt geht direkt in die Inselrinde über, der kaudalere ist in Kontinuität mit der Rinde der die Sylvische Spalte dorsal abschließenden Opercula. Der Frontalabschnitt enthält bereits einige flachere Querwindungen, die Gyri temporales transversi anteriores, der Kaudalabschnitt aber, der von jenem durch eine sehr konstante Querfurche geschieden wird, enthält immer 2—3 sehr kräftige Gyri temporales transversi posteriores. Diese zuerst von Heschl beschriebenen Windungen sind für die Lokalisation des zentralen Hörens sehr wichtig geworden — Flechsig — und deshalb gebe ich in Fig. 354 eine Abbildung der ganzen Oberfläche des Temporallappens — z. Teil nach Symington — an der auch andere bisher mehrfach erwähnte Verhältnisse gut zu sehen sind.

Suchen Sie jetzt das Gebiet hinter der Zentralfurche, nach oben vom Schläfenlappen auf; es heißt Parietallappen. In ihm wird durch eine Furche, Sulcus interparietalis, welche im Bogen um die Enden der Fossa Sylvii und der ersten Schläfenfurche herumläuft, ein oberer und ein unterer Parietallappen abgeschieden. Der obere ist durch nichts vom größten Teile der hinteren Zentralwindung geschieden, wenn nicht, was übrigens oft vorkommt, ein Zweig des Sulcus interparietalis nach der Hemisphärenkante hinaufsteigt und so die Verbindung bedeutend verschmälert.

Dieser Ast, Sulcus retrocentralis sup., kommt auch getrennt von der Interparietalspalte vor. Die Interparietalspalte läßt drei, gelegentlich auch gesondert auftretende Abschnitte erkennen. Der frontale Abschnitt wird als Sulcus retrocentralis inf., der kaudale als Sulcus occipitalis anterior oder perpendicularis bezeichnet.

Den Teil des unteren Scheitellappens, welcher das Ende der Fissura Sylvii umkreist, nennt man Gyrus supramarginalis, den dahinter liegenden Teil, welcher um die obere Schläfenfurche zieht, Gyrus angularis. Den ersteren sehen Sie an jedem Gehirne sofort, den letzteren Gyrus müssen Sie sich mit etwas mehr Mühe aufsuchen. Sie finden ihn in dem Raume, welcher von der Interparietalfurche nach oben, von der oberen Schläfenfurche, resp. deren Ende nach unten abgeschlossen ist; eben um dieses Ende schlägt sich ja sein hinterer Teil herum. Die Gegend des Gyrus angularis ist lokalisatorisch wichtig. Es ist deshalb vorteilhaft, sie gut begrenzen zu können. Der kleine Windungszug, direkt kaudal von derselben, wird als Gyrus parietalis posterior bezeichnet.

Der Occipitallappen ist lateral nicht in allen Gehirnen so gleichmäßig gefurcht, daß man immer die von den Autoren angegebene obere, mittlere und untere Occipitalwindung leicht und ohne Künstelei wiederfinden könnte. Von dem Scheitellappen ist er gewöhnlich durch die vordere Occipitalfurche, welche senkrecht hinter dem Lobus

parietalis inferior herabzieht, geschieden. Eine oder zwei etwas horizontal gestellte kleine Furchen trennen die kleinen Windungen unter sich.

Die vordere Occipitalfurche bietet ein ganz besonderes Interesse. Sie ist am Europäergehirn selten, aber an den Gehirnen einiger Afrikavölker, Fellachen, Sudanesen (Elliot Smith) ganz regelmäßig. Ebenso wird sie immer an Affengehirnen gefunden. Einen kleinen Bogen mit frontalwärts gerichteter Konvexität bildend hat sie von Elliot Smith den Namen Sulcus lunatus empfangen. Dieser Autor hat gezeigt, daß sie die frontale Grenze der besonders gebauten Sehrinde bildet, welche sich also bei den Sudanesen ganz wie bei den Affen bis auf die laterale Seite des Gehirnes erstreckt, während sie bei der Mehrzahl der Europäergehirne durch die stärkere Entwicklung des übrigen Hirnmantels bis auf die Medialseite zurückgeschoben ist, wo sie die Umgebung des Sulcus calcarinus einnimmt. Diese Furche ist auch schon mit der Affenspalte zusammengeworfen worden. Wir werden später sehen, daß diese nicht mit ihr, sondern der Interparietalfurche zusammenfällt.

Haben Sie alle diese Furchen und Windungen gefunden, so schneiden Sie das Gehirn, dem großen Längsspalte zwischen den Hemisphären folgend, mitten durch und studieren nun die mediale Seite desselben.

Sie erblicken auf dem Sagittalschnitte in der Mitte das Zwischenhirn, resp. seine laterale Wand, den Thalamus opticus. An der Grenze zwischen ihm und dem Großhirne zieht der zu einem weißen Markstreifen verdickte Hemisphärenrand, der Fornix, im Halbbogen dahin.

Die horizontale Masse quer durchtrennter Fasern über dem Fornix gehört dem Balken (Corpus callosum) an; an diesem erkennen Sie vorn das Knie, Genu, hinten das Splenium, den Wulst, und in der Mitte den Körper. Zwischen Balken und Fornix liegt das dreieckige Feld des Septum.

Die Hemisphärenwand, welche über dem Balken liegt, ist von wenigen und ziemlich konstanten Furchen durchzogen.

Zunächst zieht dem Balken parallel der Sulcus cinguli. Hinten wendet er sich nach oben zur Hemisphärenkante und endet dort in einem kleinen Einschnitte kaudal von der hinteren Zentralwindung.

Der Sulcus cinguli, welcher auch die Namen Sulcus calloso-marginalis und Sulcus splenialis führt, besteht eigentlich aus drei hintereinander liegenden, nicht selten wirklich getrennten Stücken.

Was nach vorn und oben von dieser Furche liegt, rechnet man zur oberen Stirnwindung; der Windungszug, welcher zwischen der Furche und dem Balken einherzieht, heißt Gyrus fornicatus. Ein Blick auf ein Präparat oder auf unsere Abbildung zeigt Ihnen, daß der Gyrus fornicatus sich in seinem hinteren Teile nach oben hin verbreitert und über die Hemisphärenkante hinweg direkt in den Lobus parietalis superior übergeht. Diese Verbreiterung heißt Praecuneus. Direkt vor dem Praecuneus liegt eine Rindenpartie, welche außen an beide Zentral-

windungen anstößt und diese untereinander verbindet. Sie wird als Parazentrallappen bezeichnet.

Hinten erreicht der Praecuneus sein Ende an einer tief einschneidenden, immer etwas auf die Außenseite der Hemisphäre übergreifenden Furche, dem Sulcus parieto-occipitalis. Der Sulcus greift manchmal sehr weit auf die Lateralseite über und verläuft dann in den Kaudalast der Interparietalfurche mündend — fast bis zur Basis des Occipitallappens, den er so vom Schläfenlappen trennt. Dies ist eine der Formen, wie die bei Affen ganz gewöhnliche durch Entwicklung der Region zwischen Scheitel- und Occipitallappen sich ausbildende Affenspalte entsteht.

In den Sulcus parieto-occipitalis mündet in spitzem Winkel der Sulcus calcarinus. Diese Furche liegt in der medialen Wand des

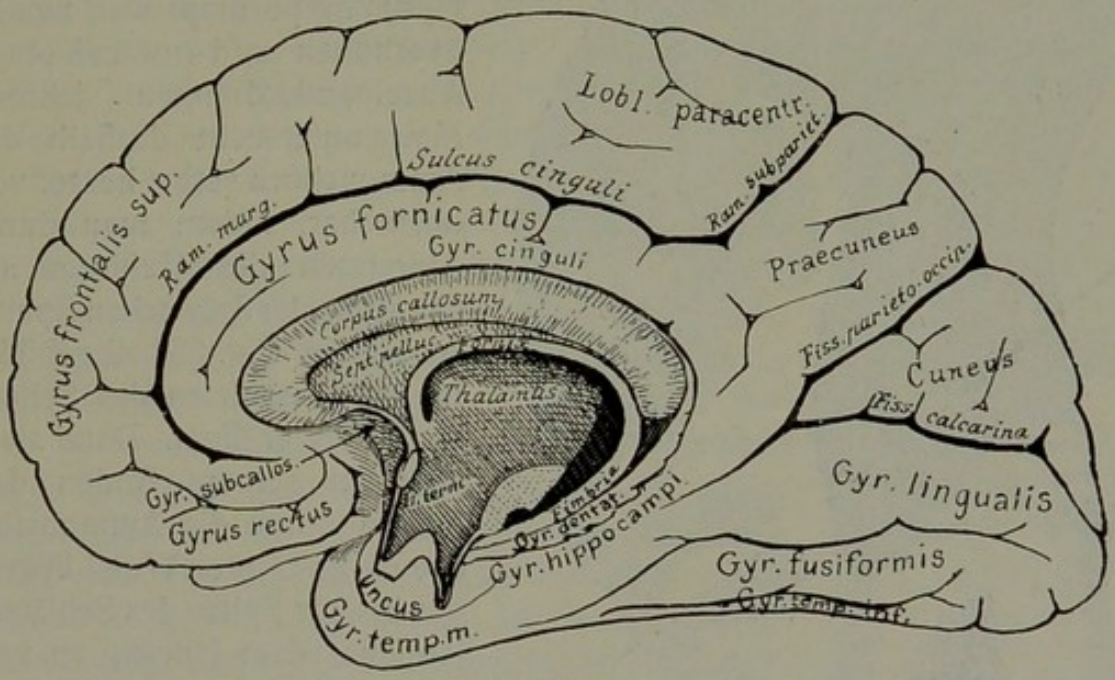


Fig. 353.

Längsschnitt durch die Mitte eines Gehirnes vom Erwachsenen. Der hintere Teil des Thalamus, die Hirnschenkel usw. sind abgetrennt, um die Innenseite des Schläfenlappens freizulegen.

früher genannten Hinterhorns des Seitenventrikels. Die durch sie eingestülpte Hirnwand markiert sich als länglicher Wulst, Calcar avis, in dem Hinterhorne. Der dreieckige, von den beiden letztgenannten Furchen eingeschlossene Rindenteil heißt Cuneus. Suchen Sie sich die Spitze desselben auf, so finden Sie oben oder auch mehr in der Tiefe einige kleine Übergangswindungen zum Ende des Gyrus fornicatus, der vorn an der Spitze des Keiles vorbeizieht. Behalten Sie diese ziemlich schmale Stelle, den Hilus des Gyrus fornicatus, im Auge. Hier liegen die Gyri callosi, einige kleine, zuerst von Andreas Retzius geschilderte, auch nach ihm benannte Windungszüge, die sich zum Teil unter das Balkenknie erstrecken, und dann setzt sich dieser ganze Windungszug als Gyrus hippocampi bis an die Spitze des Schläfenlappens fort.

Der Gyrus hippocampi zeigt auf seiner Oberfläche eine ganze Anzahl grauer und weißer Inseln, entstanden durch die zahlreichen Faserzüge, welche aus der Tangentialschicht, s. Fig. 302, in die Tiefe dringen.

An der Basis sichtbar ist von ihm nur die Pars subicularis; die Fissura Hippocampi, welche den Gyrus zum Ammonshorne einstülpt, ist ebenso wie die Pars involuta und die Fascia dentata an der Unterseite nicht ohne weiteres zu erblicken. Sie sind durch die Entwicklung des subikularen Teiles des Gyrus hippocampi weit medial geschoben und nur bei etwas Auseinanderdrängen sichtbar. Man untersucht deshalb das Ammonshorn selbst besser von oben her, indem man durch Abtrennen des Gehirnes auf der Höhe der Sylvischen Spalte, so wie es Fig. 354 abgebildet ist, das Unterhorn des Seitenventrikels eröffnet. Dann sieht man an seinem Boden den langen durch die Ammonsfurche eingestülpten Wulst liegen, der bis zur Spitze des Schläfenlappens, dem Uncus, zu verfolgen ist, wo er mit einigen kleinen Kuppen endet. Ihm liegt medial die stark eingekerbte Fascia dentata an. Sie endet mit einem feinen, den Uncus medial überziehenden Bändchen, der Taenia von Giacomini. Das Ammonshorn ist von der weißen Schicht der Fimbriafasern an seinem medialsten Rande begrenzt und dann folgt die Tela chorioidea, des Unterhornes. Lateral von dem Ammonswulste wird der Boden des Unterhornes immer etwas durch den Sulcus collateralis einwärts gewölbt. Der so entstehende Höcker ist die Eminentia collateralis.

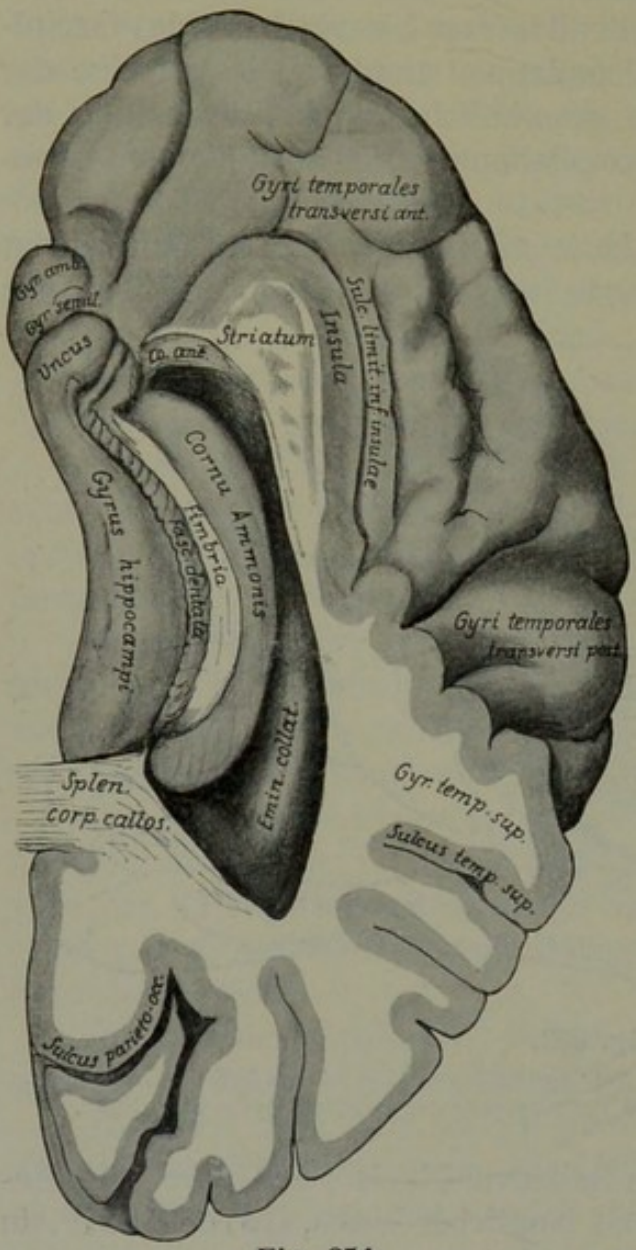


Fig. 354.

Der Ventrikel von oben her durch Abtragung der Hirnmasse über der Sylvischen Spalte eröffnet. Die Ammonsformation und die Windungen auf der Dorsalseite des Temporallappens gut sichtbar.

Manchmal zeigt der Gyrus dentatus noch eine Längsfurchung, so daß zwischen ihm und Fimbria noch eine kleine schmale Windung zu liegen scheint,

die bis auf die Balkenoberfläche zu verfolgen ist. Von G. Retzius, der sie zuerst bei allen Säugern beschrieben hat, empfing sie den Namen Gyrus fasciolaris.

Der Hemisphäreninnenrand ist also zunächst von der Fimbria umzogen, dann folgt weiter lateral der Gyrus fasciolaris, dann der Gyrus dentatus, mit der Pars tecta des Gyrus hippocampi in seinem Inneren, der um die Fissura hippocampi herum in die Pars subicularis übergeht.

Die Ammonsformation hört übrigens auch beim Menschen nicht ganz am Balkenende auf, sie legt sich vielmehr als dünner zweigeteilter Streif, also als atrophische Rinde und Faserung, dorsal auf den Balken. Das sind die Striae longitudinales Lancisii (Fig. 41), deren Entstehung Fig. 300 gut zeigt. Sie sind im wesentlichen die Fortsetzung des Gyrus fasciolaris (Retzius) und der Fascia dentata (Fig. 353). Gewöhnlich kann man jederseits zwei solcher Streifen auf dem Balken unterscheiden. Der medialere ist dünn und nicht konstant, der laterale — Taenia tecta d. Aut. und Fig. 41 Tt. — kann bis in den der Dentatusformation angehörigen Gyrus fasciolaris verfolgt werden.



Fig. 355.

Frontalschnitt durch die Ammonsformation. Der Gyrus hippocampi durch die Fissura hippocampi eingestülpt, zerfällt in einen freien Teil, Pars subicularis und einen verdeckten. Um das Ende des letzteren legt sich der Gyrus dentatus. Ihr Markweiß bedeckt, in den Ventrikel hineinragend, als Fimbria die ganze Ammonsformation.

An unserem Sagittalschnitt durch die Hemisphären wollen wir noch etwas näher die Spitze des Schläfenlappens studieren. Wir sehen, daß hier die Ammonswindung und der ihr medial anliegende Gyrus dentatus hakenförmig rückwärts biegen. Dadurch entsteht dort der Uncus (Fig. 354). Biegt man ihn um, so daß man seine Innenseite besser sieht, so erkennt man leicht die Höcker, welche jeder der in ihn eingehenden Teile erzeugt.

Eine feine Furche, an Fig. 353 nicht sichtbar, aber direkt unter dem Worte Uncus gelegen, ist beim Menschen der letzte Rest der bei osmatischen Tieren so mächtigen Fovea limbica. Das Gebiet direkt medial von ihr, ist, wie Elliot Smith gezeigt hat, der atrophisch gewordene Rest des bei jenen Säugern so mächtigen Lobus pyriformis. Es erstreckt sich denn auch, was auf Fig. 353 nicht zu sehen ist, weil die Schlußplatte usw. erhalten blieb, direkt in den atrophischen Riechlappen fort.

Die Pars subicularis bildet den Übergang des Archipalliums zu dem Neopallium. Sie setzt sich ganz direkt in die Windungen des Neopalliums, welche den Hirnrand umsäumen, fort. Als laterale Grenze gilt der Sulcus collateralis.

Von hinten mündet, wie Sie an der Figur gut sehen, ein kleiner länglicher Gyrus des Occipitallappens in den Gyrus hippocampi; er heißt Gyrus lingualis (zungenförmige Windung).

Der Sulcus collateralis trennt Gyrus hippocampi und Gyrus

lingualis von dem weiter lateral liegenden Gyrus fusiformis. Diese Furche wird aber (Retzius) sehr häufig durch Übergangswindungen zum benachbarten Gyrus fusiformis und Gyrus lingualis unterbrochen.

Wir legen jetzt unsere Hemisphären so, daß die Basis uns sichtbar wird.

An der Basis des Gehirnes finden sich außer der Fissura hippocampi, die eigentlich der Innenseite angehört, nur noch wenige wichtige Furchen. An der Unterfläche der Stirnlappen liegen die Sulci orbi-

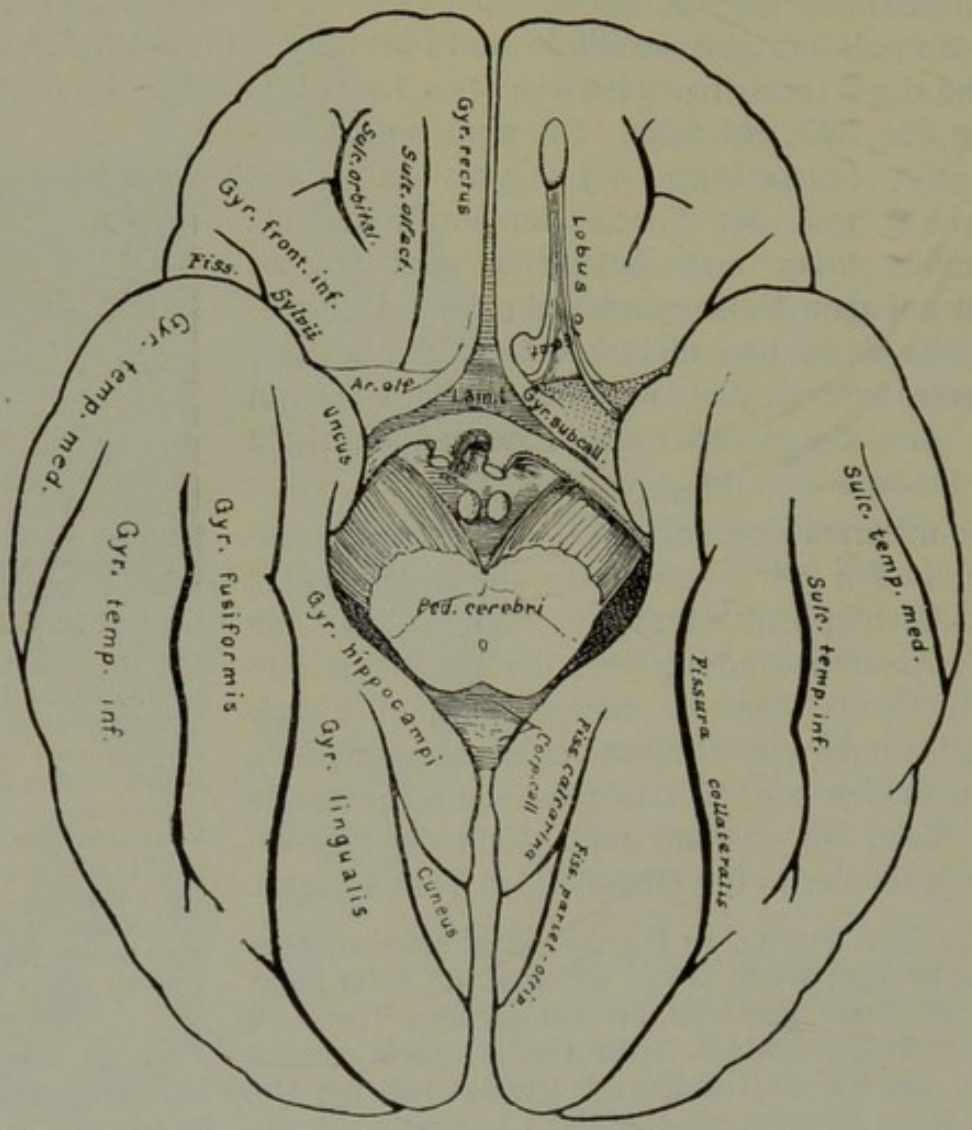


Fig. 356.

Die Windungen an der Hirnbasis (schematisiert). Das Chiasma zurückgeschlagen.

tales und olfactorii. Die Windungen zwischen ihnen werden als Fortsetzung der Stirnwindungen mit dem Namen der betreffenden an sie grenzenden Windung bezeichnet. Bei geringerer Entwicklung des Stirnlappens, wie sie mehrfach von Urvölkern beschrieben ist, sollen diese Sulci olfactorii besonders ausgeprägt sein.

Schläfenlappen und Hinterhauptlappen lassen sich an der Basis nicht voneinander trennen. Längsgerichtete Furchen in geringer Zahl durchziehen das gemeinsame, im wesentlichen dem Temporallappen zu-

gerechnete Gebiet. Die mittlere Temporalwindung reicht nur zu geringem Teil nach der Basis; was sichtbar ist, gehört fast ganz der unteren — dritten — Schläfenwindung an. Diese wird durch eine fast immer mehrgeteilte und ziemlich flache Furche, den Sulcus temporalis inferior, abgeschieden von einem langen, spindelförmigen Windungszuge, der, immer gut nachweisbar, als Gyrus fusiformis bezeichnet wird und bereits erwähnt wurde.

Die beiden Hemisphären sind nie ganz gleich gefurcht, aber es sind doch, wie namentlich die Untersuchungen von Retzius zeigen, die Unterschiede immer nur relativ geringe im Verlaufe einzelner Furchen. Am variabelsten sind immer die Windungen des Stirnlappens und die lateralen des Occipitalpoles. Es ist wiederholt behauptet worden, daß der Stirnlappen bei Frauen weniger entwickelt sei als bei Männern, aber einige Kontrolluntersuchungen haben auch das Gegenteil schon ergeben. Immerhin scheint die Furchung bei Frauen und gerade im Stirnlappen im ganzen etwas einfacher, typischer, weniger variiert. Retzius.

Man kann die Hirnfurchen besonders leicht dem Gedächtnisse einprägen, wenn man sie, statt am reifen Gehirne, einmal am werdenden Organe studiert. Dabei ergeben sich noch als Nebengewinn einige morphologisch sehr interessante Dinge.

Die von His als erste beschriebene Furche des menschlichen Gehirnes ist die Fig. 34 abgebildete Fissura arcuata, in welche schon sehr früh eine Calcarinafurche mündet. Das entspricht ganz den Verhältnissen bei niederen Mamaliern, z. B. s. Fig. 325. Aber diese Bogenfurche scheint inkonstant. Ihr Vorkommen wird sogar für frische Gehirne überhaupt bestritten. (Hochstetter, Goldstein.) Auch andere, meist radiär gestellte Furchen an der Innen- und Außenseite embryonaler Gehirne, die man früher als „transitorische Furchen“ bezeichnete, weil sie nicht in die dauernde Furchung übergehen, sind nach diesen Autoren bei ganz frischen Embryonen nicht zu finden.

Gegen Ende des fünften Monates beginnt die Entwicklung der Furchen, welche wir vom reifen Gehirne kennen gelernt haben. Die Sylvische Grube, deren Entstehen früher dargelegt wurde, wird enger, die Hirnwand um sie herum wächst uud hängt bald von allen Seiten über sie hinab. Die Insel fängt an in der Tiefe zu verschwinden, die Ränder der Grube nähern sich mehr und mehr, und gegen Ende des Fötallebens berühren sie sich; die Fissura Sylvii mit ihren Ästen vermittelt allein noch den Zugang in die einstmals breit offene Grube über der Insula Reilii.

Es ist schon früher erwähnt worden, wie die Sylvische Grube wesentlich dadurch entsteht, daß der Stammteil des Gehirnes festliegt, während sich um ihn herum der Mantel ausdehnen kann. Dieser Umstand ist natürlich auch für die Anlage vieler Furchen wichtig. Entsteht etwa statt der Sylvischen

Grube an gleicher Stelle ein Krankheitsherd, so können alle anderen Furchen zu ihm konvergieren und so das Abhängigkeitsverhältnis besonders klar zeigen.

Schon am Ende des fünften Monates ist dorsal von der Sylvischen Grube die Anlage der Zentralfurche aufgetreten.

Allmählich, im Laufe des sechsten und siebenten Monates gesellen sich nun zu diesen wenigen Furchen alle anderen. Aber sie sind noch so wenig verzweigt, noch so einfach angelegt, daß ein Blick auf das Fötalgehirn vom Ausgange des siebenten Monates, welches ich hier vorlege, genügt, um mit einem Male die wichtigsten Teile der Hirnfurchung zu übersehen. Es ist wie ein Schema der Hirnfurchen, was hier vor uns liegt. Die Zentralwindungen vor und hinter der Zentralfurche, die drei Stirnwindungen, noch recht unvollkommen voneinander getrennt, der obere und der untere Teil des Scheitellappens, zwischen denen die drei Komponenten der Fissura interparietalis sichtbar sind, und schließlich der dreigeteilte Schläfenlappen, das alles springt hervor und ermöglicht Ihnen — einmal gut begriffen — sehr leicht ein Zurechtfinden später am reifen Gehirne.

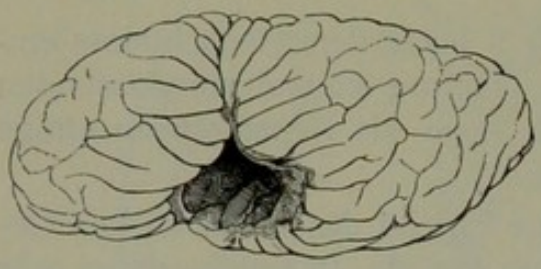


Fig. 357.

Große Narbe an der Außenseite eines Großhirnes nach Ziegler. Alle Windungen konvergieren nach dem Punkte, wo sich das Gehirn nicht ausdehnen konnte.

Der Furchentypus scheint vererbbar. Karplus hat 26 Gruppen von Gehirnen untersucht, deren Inhaber durch enge Familienbande verbunden waren, Geschwister, Mutter und Kinder usw. Dabei haben sich auf den gleichseitigen Hemisphären wiederholt die gleichen Modifikationen der Furchung gefunden.

Das hohe Interesse, welches man der Ausbildung der Hirnfurchen schenkt, ist aber nicht durch das rein Morphologische bedingt. Seit man überhaupt das Gehirn wissenschaftlich studiert, hat man die Frage zu beantworten gesucht, ob etwa in der Ausdehnung der Großhirnoberfläche sich die geistige Bedeutung ihres Trägers irgendwie wiederspiegele. Gall schon glaubte sich berechtigt, den Satz aufzustellen, daß geistig besonders hochstehende Menschen ein größeres und windungsreicheres Großhirn hätten als andere, und daß vorwiegend die Stirnlappen bei den ersteren besser entwickelt seien.

Hier handelte es sich aber mehr um einen allgemeinen Eindruck als um das Ergebnis exakt messender und vergleichender Beobachtung. Wirklich ernste Studien in dieser Richtung datieren erst von dem Tage an, wo Rudolf Wagner 1860 der Göttinger Gesellschaft der Wissenschaften den Bericht über die Untersuchungen vorlegte, welche er an dem Gehirne des berühmten Mathematikers Gauß und an einigen anderen Gehirnen von Gelehrten und Denkern angestellt hatte. Seitdem sind wir in den Besitz einer sehr großen Anzahl von Windungsschilderungen gekommen.

Es gibt kaum eine Furche, kaum eine Windung, die nicht schon eine eigene kleinere Literatur aufzuweisen hätte. Von allen sind die typischen Verlaufsverhältnisse und eine gewisse Anzahl von Variationsmöglichkeiten gut bekannt. Wir besitzen Schilderungen der Hirnoberfläche nicht nur von Europäern,

sondern auch von Angehörigen vieler fremder Völker; die anthropoiden Affen sind zum Gegenstande sehr zahlreicher Arbeiten gemacht, und auch den anderen Affen ist ein sehr eifriges Studium von vielen Seiten gewidmet worden. Wir kennen für den Menschen und für viele Affen auch die Entwickelung der Windungen nun ganz genau. Bei diesen Studien hat sich herausgestellt (Cunningham), daß keineswegs bei allen Individuen die embryonalen Furchen und Windungen gleichzeitig auftreten oder auch nur gleiche Konfiguration haben, wenn sie einmal deutlich vorhanden sind. Diese Tatsache ist deshalb sehr wichtig, weil sie den Beweis enthält, daß die Hirnrinde, der Träger der höheren Seelentätigkeit, schon in der Anlage für verschiedene Individuen verschieden ausgedehnt ist.

Wenn ich Ihnen nun bei der Schilderung der Hirnwindungen des erwachsenen Menschen gar keine Mitteilung von allen diesen zahlreichen Untersuchungen gemacht habe, welche uns die Variationen kennen lehrten, denen die einzelnen Windungen unterworfen sind, so geschah es, weil diese Dinge einstweilen einfach nur zu registrieren und noch in keinerlei Zusammenhang mit der Ausbildung der einzelnen seelischen Fakultäten zu bringen sind. Denn es fehlt noch sehr

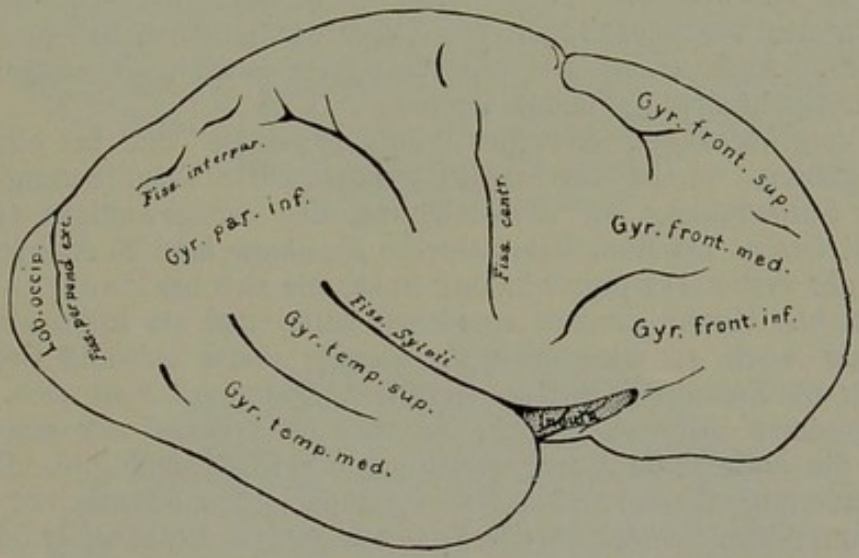


Fig. 358.

Gehirn aus dem Ende des siebenten Monats.

an Hirnuntersuchungen, welche gleichzeitig mit der Windungsausbildung das geistige Wesen eines einzelnen Individuums berücksichtigen. Selbst jetzt, wo zahlreiche fleißige Arbeiten endlich eine gewisse Übersicht geschaffen haben, wird man an derlei noch kaum herangehen können. Aber man wird jetzt schon versuchen müssen, für die bekannt lokalisierbaren Fähigkeiten die entsprechende Rindenentwicklung zu untersuchen.

Wir sind gewöhnt, die geistige Bedeutung eines Menschen nicht nach ihrer Gesamtheit, die ja nicht prüfbar ist, sondern zumeist nach irgend besonders hervorragenden Eigenschaften zu messen, welche dem Individuum Ansehen, Stellung usw. gaben. Solche Eigenschaften können sehr wohl auf besondere Zunahme eines einzelnen Rindengebietes zurückführbar sein, ohne daß dies gerade in dem Gesamthabitus der Windungen oder in der Wägung sich ausdrückt. Ein großer Redner, ein energischer Mann und ein genialer Führer muß nicht geradezu ein größeres Hirn besitzen. Jene Eigenschaften können sehr wohl auf ganz kleine lokale Vergrößerungen einzelner Rindenfelder basiert sein. Gambettas Gehirn z. B., von dem wir die Sprachgegend als ungewöhnlich entwickelt bezeichnen müssen

(Hervè) wog kaum mehr als der Durchschnitt kleinerer Gehirne, aber der große Volksführer wäre vielleicht nie zu einem „großen Mann“ geworden, wenn sein Leben nicht in eine Zeitperiode gefallen wäre, wo ein energischer redebegabter Mann an die Spitze einer Regierung treten konnte. Es ist ganz denkbar, daß er unter anderen Umständen unbekannt dahin gelebt hätte. Von besonderem Interesse sind aber die neuerdings sich mehrenden Arbeiten, welche sich mit dem Typus des Gehirnes von Menschen beschäftigen, die während des Lebens gut bekannt und beobachtet, sich durch irgendwelche Eigenschaften besonders ausgezeichnet haben. Im allgemeinen hat sich bei besonders hervorragenden Menschen vornehmlich eine Komplikation der Furchung des Stirnlappens herausgestellt, welche dann durch die Assoziationsbahnen auch zur Vergrößerung anderer Furchungsgebiete geführt hat. Man braucht, um das einmal zu erkennen, nur einen Blick auf das Gehirn von Helmholtz zu werfen und es mit dem einfach gefurchten Papuagehirn, das ich nach Spitzka abbilde, zu vergleichen. Die Gegend links von der, hier dicker gezeichneten Zentralfurche, ist nach Größe und Furchung in Fig. 359 zu vergleichen.

So war es auch bei dem Mathematiker Lovèn (Retzius), bei Menzel, Mommsen, Bunsen und Helmholtz (Hansemann). Dazu fand sich bei Menzel an den ventralen Teilen der Zentralwindungen links eine besondere Komplikation. Auch einseitige Vergrößerungen bestimmter Region sind bei solchen Untersuchungen gefunden worden.

Auch Vergrößerungen einzelner Windungsgebiete sind bei einseitig besonders Begabten, bereits beschrieben worden. Die Vergrößerung der Basis der dritten Stirnwindung an dem Gehirne des redegewaltigen Gambetta (Hervè) ist bereits erwähnt, bei mehreren Musikern fand S. Auerbach Vergrößerung der ersten Temporalwindung links, die sich bei Hans von Bülow zu einer solchen Kompliziertheit entwickelt hatte, daß sie kaum als einzelner Windungszug noch zu erkennen war. Gerade solche einseitig Begabte versprechen für die Zukunft wichtigere Resultate, doch wird man auch hier nicht immer Besonderes erwarten dürfen, es wird eben darauf ankommen, ob es gerade für die betreffende Art der Begabung ein Rindenfeld gibt. Der mittelbegabte Sonderling, dessen Gehirn Stieda untersuchen konnte, bot gar nichts von der Norm Abweichendes in den Sprachgegenden, trotzdem er 54 Sprachen voll beherrschte, ja in den meisten derselben dichten konnte! Aber auch hier war der Stirnlappen wieder besonders reich gefurcht. Spitzkas sehr sorgfältige Untersuchungen des eigenen Materiales und des ganzen in der Literatur niedergelegten lassen ihn zu der Überzeugung kommen, daß bei philosophierenden Naturen die Stirnteile, bei optisch-assoziativ arbeitenden Menschen die Occipitalgegend praevalieren. Entsprechend der Vergrößerung, namentlich des ersteren Gebietes, ist natürlich immer auch der Balken verdickt, dessen Fasern ja zwischen den Hirnlappen einherziehen.

An dem Helmholtzschen Gehirne, das Hansemann und ich, unabhängig voneinander untersucht haben, findet sich die Gegend des Praecuneus, aber, worauf auch Flechsig hinwies, die Gegend um den Gyrus angularis herum ungewöhnlich windungsreich. Die letztere entspricht dem kaudalen Ende der Hörsphäre, über die Bedeutung des Praecuneus fehlen ausreichende pathologisch-anatomisch gewonnene Erfahrungen. Anatomisch gehört er — Flechsig — zu den Hirnteilen mit vorwiegend ausgebildetem Assoziationsapparat.

Meinem † Freunde Perls ist zuerst aufgefallen, daß eine verhältnismäßig große Anzahl geistig bedeutender Menschen nach dem Gesichtstypus den Eindruck machen, als wäre bei Ihnen in früher Jugend ein Hydrocephalus abgeheilt. Er äußerte die Vermutung, daß, wenn ein mäßiger Hydrocephalus in Rückbildung übergehe, dem Gehirnwachstum durch den einmal erweiterten Schädel

ein verhältnismäßig geringerer Widerstand entstehen werde. Ich habe diese mündliche Anregung später verfolgt und in einer nicht ganz kleinen Anzahl von Fällen Belege für ihre Richtigkeit gefunden. Beispielsweise zeigte Rubinsteins gewaltiger Schädel bei der Sektion nach Zeitungsberichten ganz deutliche Zeichen alter Rachitis, und von Cuvier wissen wir sogar, daß er, der ein ungewöhnlich schweres Gehirn hatte, in der Jugend hydrocephalisch gewesen war. Ebenso war Helmholtz in seiner Jugend leicht hydrocephalisch.

Wer ein gutes Porträtwerk durchstudiert, dem werden, wenn er mit mir der Perlsschen Anregung folgen will, zahlreiche Stirnen von offenbar hydro-

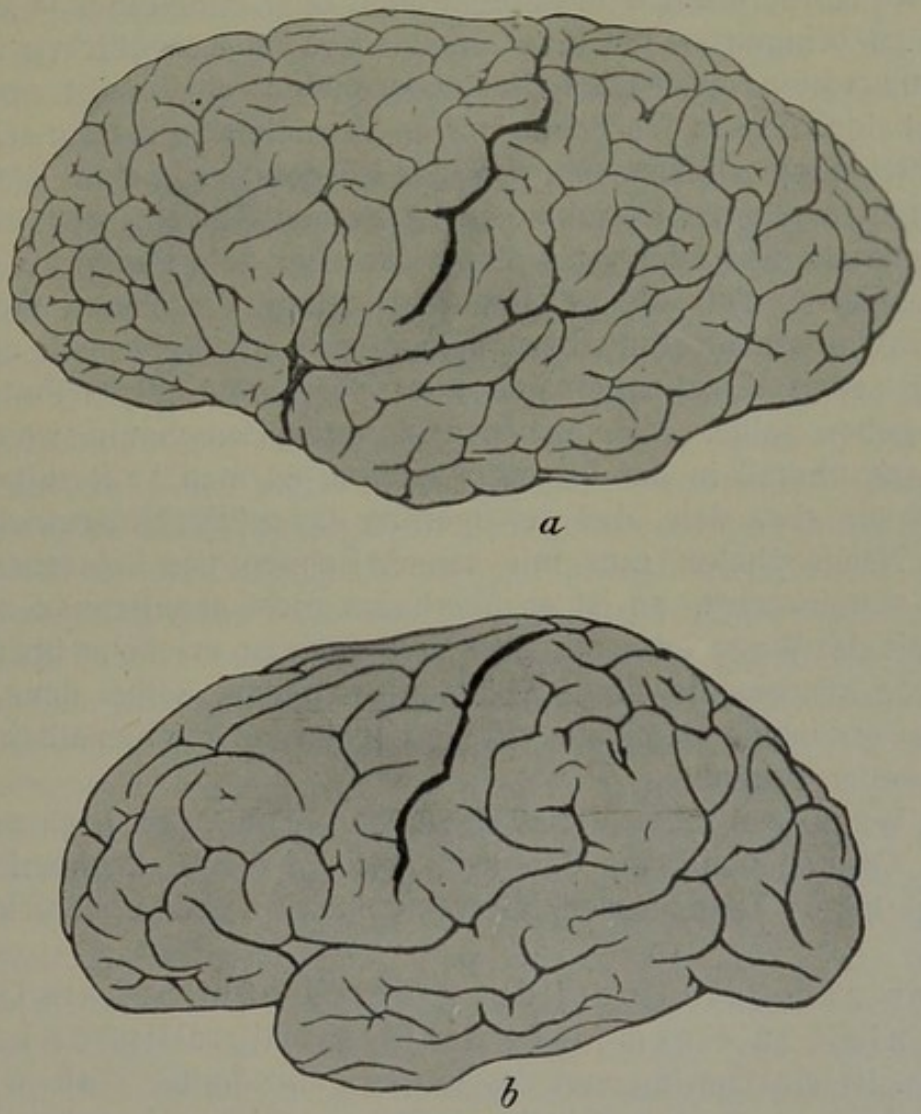


Fig. 359.

a Gehirn von H. v. Helmholtz. *b* Papuagehirn nach Spitzka.

cephalischem Habitus gerade bei geistig besonders bedeutenden Menschen begegnen. Natürlich sind nicht alle geistig hochstehenden Menschen abgeheilte Hydrocephalen, so wenig, wie jeder abheilende Hydrocephalus bessere Entwickelung des Gehirnes zur Folge haben muß.

Hirngewicht.

Nun hat man zwar auch versucht, durch Wägung und Volummessungen die Frage zu entscheiden, ob der größeren Intelligenz etwa ein größeres Gehirn entspräche. Tausende und Abertausende

solcher Wägungen sind gemacht worden, aber auch das große Material, welches hier gewonnen worden ist, birgt gar keinen oder doch nur sehr geringen Wert in sich. Zunächst ist immer völlig unberücksichtigt geblieben, daß das Gehirnvolum und damit auch das Hirngewicht sich ändert, je nach den Krankheiten, an denen das Individuum verstorben ist. Die Untersuchungen von Reichard haben da erstaunliche Unterschiede erkennen lassen. Dann aber — das gilt auch für die Tiergehirne und die unsinnigen Reihen, die man aufgestellt hat, um etwa das Volum des Körpers mit dem Hirngewichte oder Hirnvolum in eine Beziehung zu bringen — hat man niemals das im wesentlichen von der Körperinnervation abhängige Palaeencephalon abgetrennt von dem Neencephalon, dessen Wachstum nur im Verhältnis zu diesem schwankt. Es leuchtet ohne weiteres ein, daß das Körpergewicht eines Walfisches vielleicht in meßbaren Beziehungen zu dessen Nerven, vielleicht auch zu Rückenmark und Oblongata steht, daß aber kein Grund zu der Annahme existiert, daß die geistige Entwicklung des Tieres, die ja auf seiner Großhirnentwicklung beruht, in irgendeiner Weise mit der Ausdehnung seines Knochengerüstes oder der Größe seines Fettpolsters parallel gehen sollte. Mit solchen unsinnigen Berechnungsweisen, die leider noch überall in der Literatur spuken, ist man zu Resultaten gekommen wie etwa dem, daß der Sperling das größte Hirngewicht habe. Da das Neencephalon nun mit seinen Bahnen das Palaeencephalon vielfach durchwächst, so ist es überhaupt nicht abzutrennen und alle Arbeit mit der Wage oder mit dem Volummesser erscheint überflüssig, weil diese Instrumente das Problem nicht treffen, selbst dann, wenn man die erreichten Resultate mit den schönsten mathematischen Methoden weiter behandelt.

Die Wägungen oder Volummessungen sind auch noch aus dem weiteren Grunde völlig unzulänglich, weil sie die Rindenoberfläche ja nur zu geringem Teile messen, alle versenkten Furchen unberücksichtigt lassen.

Aber auch die Ausbildung des Großhirnes als Ganzes ist gar nicht zu einem Maße der Gesamtintelligenz brauchbar. Es ist ein Gewinn erst des letzten Jahrzehntes, daß wir gelernt haben, daß verschiedene Gehirne im mikroskopischen Bau ganz verschiedene Entwickelung ihrer Einzelterritorien haben können. Noch aber können wir diese Rindenterritorien nicht so voneinander abscheiden, daß man sie morphologisch oder wägend vergleichen könnte. Das Hirngewicht schwankt für die Mehrzahl der Männer zwischen 1300 und 1450 Gramm, für Frauen ist es um ein weniges geringer. Nun kommen ungewöhnlich schwere Gehirne gelegentlich bei geistig nicht besonders hoch Entwickelten vor, und umgekehrt hat man bei Menschen, die sehr hervorragend waren, relativ niedere Gewichte gefunden. Es könnte jemand mit enormem Sehgedächtnisse, Sehphantasie usw. versehen und mit aller geistigen

Begabung, die den großen Maler kennzeichnet, eine geradezu einzige Stellung einnehmen, und doch würde die Vergrößerung des Occipitallappens, oder nehmen wir einen Musiker, wo wahrscheinlich der Schläfenlappen in Betracht käme, des Schläfenlappens also, bei einer Wägung dann keine wesentliche Abweichung vom Durchschnittsgewichte erzeugen, wenn etwa andere Zentren auch nur um ein geringes weniger entwickelt wären. Was noch völlig fehlt und heute auch noch gar nicht realisierbar ist, das ist eine Messung oder Wägung getrennter nach dem Bau unterschiedenen Rindenterritorien. Sie werden es bei diesem Stande der Dinge begreiflich finden, wenn ich Ihnen von den Gewichtsverhältnissen des Zentralnervensystemes heute nichts Näheres mitteile.

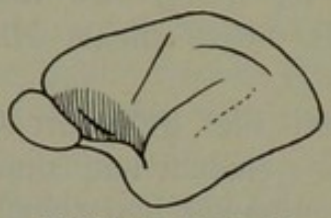
Es ist erstaunlich, wieviel unnütze Arbeit hier gefördert wurde, unnütz, weil man sich die Probleme nie klar gemacht hat, und dem Reiz der Zahl vertraute, die hier nur eine Pseudoexaktheit schafft.

Auch mit der Untersuchung der Hirnoberfläche verschiedener Volksstämme hat man sich wiederholt beschäftigt. Es ist nun ungemein schwer, ganz reine Typen hier zu bekommen und die Angaben, ob wirklich innerhalb des Genus homo je nach Stämmen wesentliche Differenzen in der Furchung vorkommen, schwanken sehr. Nach Weinberg ist das Europäergehirn mehr Schwankungen in der Furchung unterworfen als die Gehirne der mehr ursprünglichen Rassen. Aber bei den Javanen, übrigens auch einem alten Kulturvolke, von deren Gehirne Kohlbrugge viele untersucht hat, wurde gar nichts gefunden, was nicht an jedem Europäergehirne ebenso vorkommt, wenn man nur auch von diesen eine genügende Zahl untersucht. Ebenso haben die Untersuchungen einiger weniger reiner Negergehirne bisher kaum wesentlich vom Europäertyp Abweichendes ergeben. Dagegen scheinen in der Tat die bisher beschriebenen Papuagehirne wesentlich einfacher gefurcht zu sein als die nun einmal als bestbekannt zum Type genommenen Europäergehirne. Fast immer war z. B. an den von Flashman untersuchten Gehirnen australischer Ureinwohner der Occipitallappen durch einen deutlichen Sulcus lunatus von dem Temporallappen an der Lateralseite geschieden. Da bei den Affen die typische Sehrinde bis zu eben diesem Sulcus auf die Außenseite hinüberreicht, so ist das gleiche auch hier wahrscheinlich. In gleicher Richtung weisen für diesen Punkt Untersuchungen von Elliot Smith an Fellachen und von Brodmann an Singhalesen. Die beiden letzteren haben direkt den Rindenquerschnitt auf Vorkommen der die Sehrinde charakterisierenden Verhältnisse untersucht. Diese alten Volksstämme hätten dann größere oder doch lateral weiter ausgebreitete Sehsphären als die Europäer. Es liegen bereits ziemlich viele gute Abbildungen vor, die verschiedene Volksstämme betreffen, aber zu sicheren Schlüssen reicht das Material längst nicht aus. An niedere Säugergehirne erinnert bei den Australiern das Verhalten des Riechlappens, der durch eine

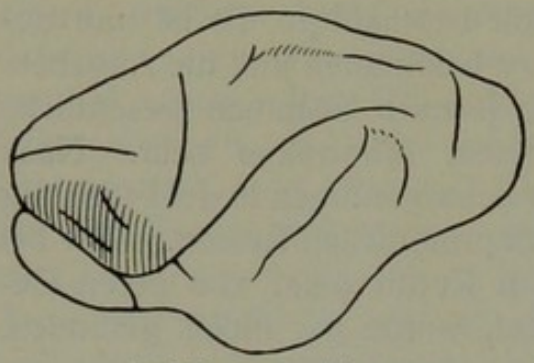
sehr deutliche Furche, die beim Europäer zu den größten Seltenheiten gehört, von dem Neencephalon gut abgetrennt ist.

Anhang: Das Affengehirn.

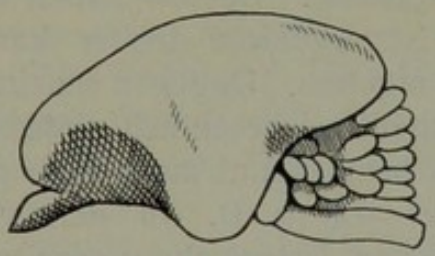
Es ist kein Zweifel, daß der Gesamttypus des menschlichen Gehirnes der gleiche ist wie bei allen Primaten, und da innerhalb der Affenreihe eine sehr interessante Komplikation der Furchung eintritt, die hinauf führt bis zu den Gehirnen der Anthropomorphen, die sich nur noch wenig von dem menschlichen Gehirne unterscheiden, so lohnt es sich, einige Affengehirne vorzuführen.



Propithecus Verrauxii.



Lepidolemur mustelinus.



Tarsius spectrum.

Fig. 360.

Drei Halbaffengehirne nach Elliot Smith.

Bei den Halbaffen hat offenbar die Schädelform, welche derjenigen der Primaten nahe steht, zu Gehirnformen geführt, die in der Furchung den gleichen Typ wie jene zeigen. Schon bei dem glatten Gehirne von Tarsius fällt Fig. 360 die tiefe Sylvische Grube auf und an dem Gehirne des Lepidolemur hat sich eine richtige tiefe Sylvische Spalte ausgebildet. Auch ein Sulcus interparietalis und eine Andeutung der Zentralfurche sind vorhanden. An dem Lepidolemur der Fig. 360 beginnt eine deutliche Längsfurchung im Schläfenlappen und auch die Gegend vor der Zentralfurche fängt an sich zu furchen. Die Interparietalfurche, welche hier in mehrere Stücke zerfällt, zieht als senkrechter Spalt vor dem Occipitallappen herab und dieser Spalt ist es, der gemeinhin Affenspalte heißt, wir werden ihm bei den echten Affen viel deutlicher begegnen.

Was aber diese Halbaffengehirne sehr von den echten Primatentypen unterscheidet, das ist die offenbar durch die Lebensweise bedingte starke Entwicklung des Riechapparates. Das Fig. 361 von der Basis her abgebildete Lemurgehirn zeigt mächtige Lobi olfactorii und parolfactorii und einen Lobus hippocampi, wie er bei Primaten sonst nicht vorkommt.

Das hier Fig. 362 abgebildete Hapalegehirn hat zwar noch keine Furchung, aber es zeigt sonst gerade die Charakteristika des Affengehirnes, die fast senkrecht aufsteigende Sylvische Spalte, den spitzen Stirnteil, der an der Basis noch besonders ausgebuchtet ist und die

außerordentlich geringe Entwicklung des Frontalabschnittes verglichen mit dem menschlichen Gehirne sehr gut. Wegen Fehlens der Furchen sieht man die glatte Oberfäche von zahlreichen Gefäßen überzogen. An dem Gehirne von Saimiris sciureus Fig. 363 hat sich der Schläfenlappen stark entwickelt und das hat nicht nur zu einer das ganze Gehirn durchquerenden Sylvischen Spalte, sondern auch zu einem ersten Sulcus im Schläfenlappen geführt. Außerdem sind in dem frontaleren Abschnitte einige Furchenanfänge schon angedeutet.

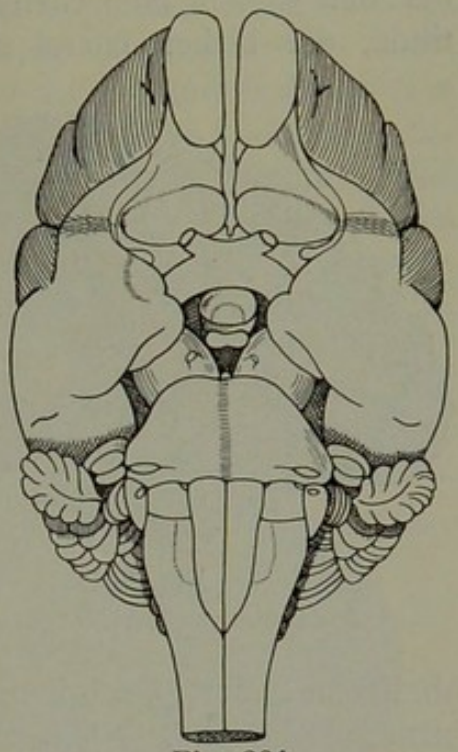


Fig. 361.
Basis des Gehirnes von Lemur fulvus nach Elliot Smith.

An dem Fig. 364 abgebildeten Macacengehirne erinnert der Furchungstyp doch schon sehr an die beim menschlichen Fötus der Fig. 358 vorhandenen Verhältnisse. Eine sehr deutliche Zentralfurche und auch eine präzentrale sind vorhanden, der kleine Stirnlappen weist bereits eine, manchmal auch noch eine flachere zweite Furche auf, der Schläfenlappen hat mindestens die erste Schläfenfurche ausgesprochen und andere bereits angedeutet und um das dorsale Ende der erstern schlingt sich eine Interparietalfurche, zwei allerdings recht kleine Scheitelläppchen abscheidend. In diese Furche mündet hier die Parietooccipitalfurche ein. So entsteht dann wieder die bei Affen so häufige Abtrennung des Occipitallappens durch eine fast über die ganze Außenseite verlaufende Furche. Hier ist nun auch bereits der Beginn einer Furchung im Occipitallappen eingetreten. Es würde vieler Seiten und zahlreicher Abbildungen bedürfen, wenn man die mannigfachen Formen der Occipitallappenfurchung schildern wollte. Am konstantesten noch ist eine horizontale Occipitalfurche, wie sie z. B. an dem Fig. 365 abgebildeten Paviangehirne zu sehen ist. An diesem wie an dem Macacengehirne wollen Sie noch konstatieren, wie sich vor der Zentralfurche eine präzentrale anlegt und wie nun im Stirnlappen selbst eine Furchung eintritt. Noch aber fehlt

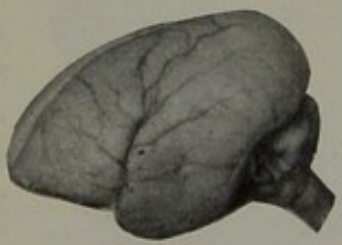


Fig. 362.
Gehirn von Hapale jacchus natürl. Größe.

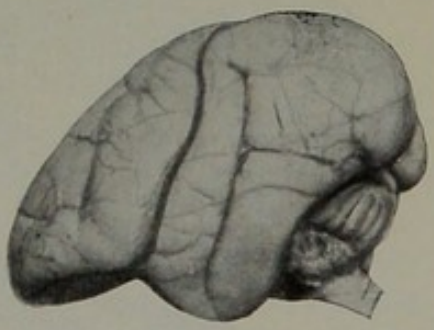


Fig. 363.
Das Gehirn von Saimiris sciureus. Nach Retzius.

die ventrale Abteilung des Stirnlappens, welche dem menschlichen Gehirne seine charakteristische frontale Abrundung gibt und es enden die beiden Gehirne wie alle Affengehirne mit spitzem Schnabel. Erst bei den großen menschenähnlichen Affen ändert sich das. Die Inselrinde, die bisher lateral vom olfactorischen Gebiete ziemlich frei dagelegen hatte, verschwindet nun fast ganz unter der Zunahme des dem unteren Stirnlappen angehörigen Operculum. Der Stirnlappen selbst furcht sich reicher. Nur an der Basis füllt er sich noch nicht so aus wie der gleiche Lappen des Menschen. Auch sonst wird die Furchung überaus menschenähnlich. Nur der hintere Schenkel der Interparietalfurche schneidet noch auf eine lange Strecke tief in die Hirnoberfläche, den Occipitallappen als Affenspalte vom übrigen Gehirne abtrennend. Nicht immer, aber oft, mündet oben in ihn die Parietooccipitalfurche. Die Furchung des Occipitallappens ist überaus einfach, da eine horizontale Occipitalfurche einen dorsalen von einem ventralen Abschnitt trennt, in denen einige wenige Unterfurchen verlaufen.



Fig. 364.
Das Gehirn von Macacus cynomolgus.

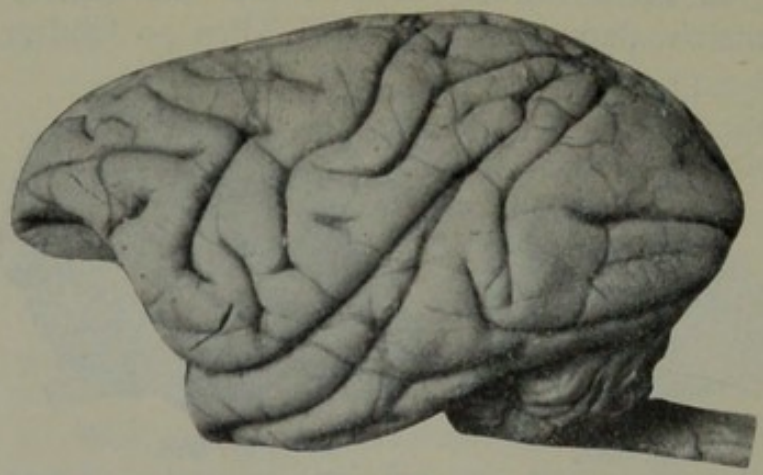


Fig. 365.
Gehirn von Cynocephalus anubis nach Retzius.

Was das Anthropoidengehirn aber auf den ersten Blick von dem menschlichen Gehirne unterscheidet, das ist seine Kleinheit. Selbst bei riesigen Exemplaren, wo das Rückenmark, die Oblongata und die Nerven weit die gleichen Teile vom Menschen übertreffen, erreichen die Hemisphären nicht die Größe eines Kindergehirnes. Ich habe, um das zu veranschaulichen, die Gehirne großer Menschenaffen in fast natürlicher Größe abgebildet. Diese Kleinheit entsteht weniger durch mangelhafte Ausbildung der Sinneszentren in der Rinde als durch geringe Entwicklung des Stirnlappens und der nicht zu den Sinneszentren rechnenden Windungszüge. Außerdem dadurch, daß gerade die Sprachgegend, die Basis der dritten Stirnwindung kaum

entwickelt ist. Die Hörrinde und die Occipitalrinde sind kaum geringer entwickelt als beim Menschen. Darauf mag es beruhen, daß diese Tiere, wie übrigens auch Hunde, Elephanten und Pferde, alles Tiere mit großem Temporallappen, unsere Sprache wohl verstehen und vielleicht auch einzelne Laute nachahmen lernen. Es würde mich jedenfalls nicht wundern, wenn ein geduldiger Dresseur auch einen Menschenaffen zum Sprechen einiger Worte bringen würde. Da aber die Unterlagen für eine besondere Verstandestätigkeit, vor allem ordentliche Stirnlappen fehlen, so würde ein sprechender Affe immer noch himmelweit von einem Menschen abstehen. Was ich vom Gebaren solcher Menschenaffen gesehen und gelesen, das drängt immer wieder zum Vergleiche

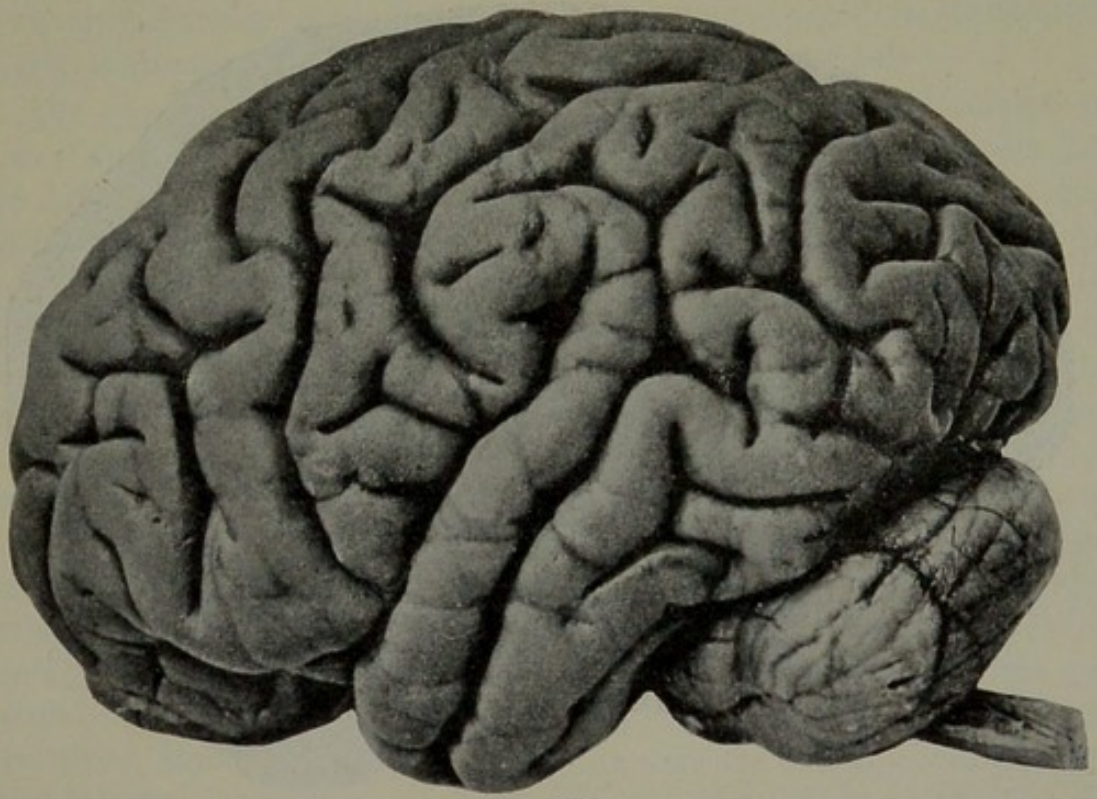


Fig. 366.

Gehirn des Orang, Simia satyrus nach Retzius.

mit menschlichen Idioten. Dieselbe Rastlosigkeit, das gleiche Vorherrschen der triebartigen Handlungen und die Unfähigkeit Affekte durch den Verstand zurückzudrängen werden beobachtet. Die Erfindungsfähigkeit reicht kaum je zur Schaffung irgend eines Werkzeuges und die Handlungen, wenigstens die, welche wir an den Gefangenen beobachten, die Handlungen, welche das Tier von selbst ausführt, nicht etwa die angelernten, überschreiten an Überlegtem kaum die menschlicher Idioten. Das, was man ihnen beibringen kann, ist doch nur gering. Die Menge freilich läßt sich durch die Menschenähnlichkeit des Gesichtsausdruckes gern täuschen. Ein gutes Beispiel für die völlige Unfähigkeit, eine häufige Erfahrung durch Abstraktion zu verstehen, wurde von F. Edinger an einem großen Chimpansen (Consul Peter)

beobachtet, der als besonders intelligentes Tier galt und mit vielerlei Angelerntem dem Publikum lange Jahre vorgeführt wurde. Dieses Tier hatte gelernt, mit einem Streichholz ein Licht anzuzünden und an diesem sich eine Zigarre anzubrennen. Als nun der Wind das Streichholz wiederholt auslöschte, hielt der Affe ruhig das nicht brennende angekohlte Holz an die Kerze und versuchte dann an der nicht brennenden seine Zigarre zu entzünden. Zieht man die anerzogenen Züge ab, so bleibt außerordentlich wenig Menschenähnliches von den in der Gefangenschaft lebenden Menschenaffen zu berichten. Sicher werden aber Beobachtungen im Freien, die zeigen, wozu die Tiere fähig sind, wenn sie unter den Verhältnissen leben, für die sie sich

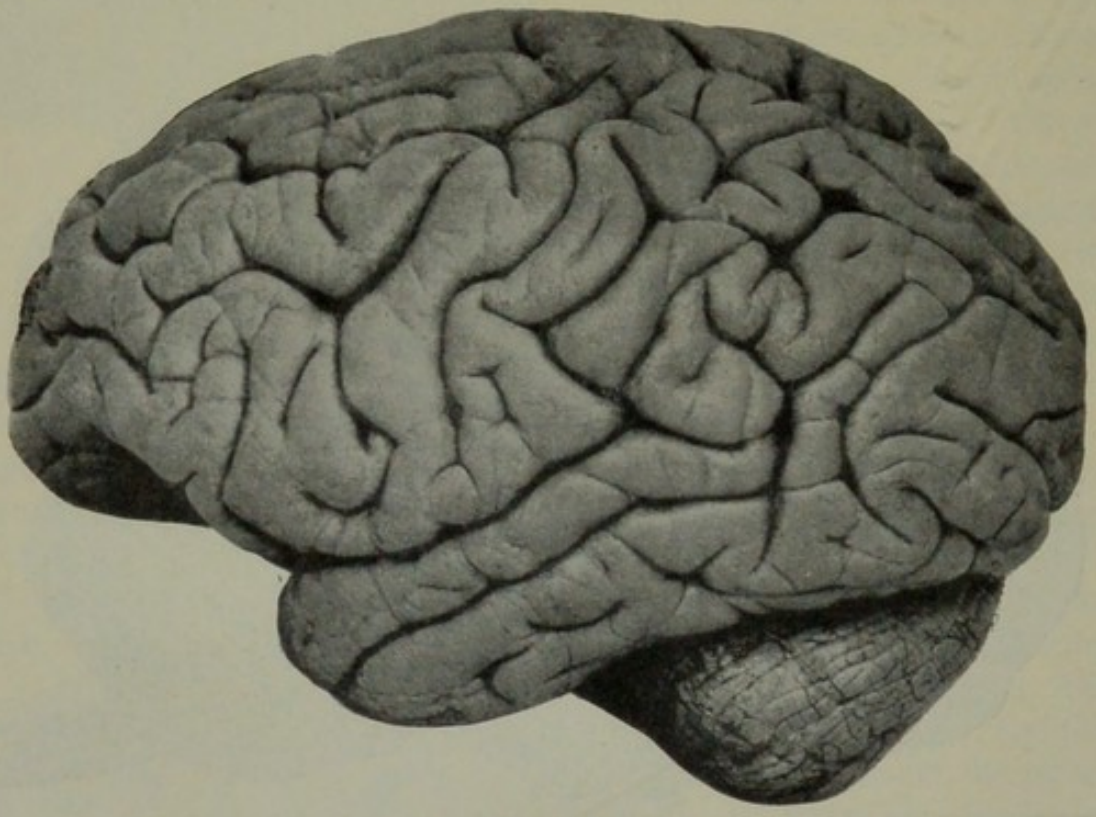


Fig. 367.

Gehirn des Chimpanse, Troglodytes niger nach Retzius.

entwickelt haben, uns mehr lehren als die an den gefangenen und im Interesse der Schaustellung durch Erziehung verbildeten Tieren.

Die Hirnfurchung des Menschen ist wissenschaftlich zuerst durch Bischoff und Ecker, dann durch Pansch eingehend bearbeitet worden. Auf deren Arbeiten fußend sind später zahlreiche eingehendere Darstellungen erschienen, von denen als die umfassendsten die von Cunningham und G. Retzius zu nennen sind. Wir besitzen hier bereits eine so große Literatur, daß fast jede Furche, jeder Hirnlappen monographisch geschildert ist. Neuerdings wächst auch das Material, welches Gehirne einzelner Rassen oder auch einzelner bekannter Individuen darstellt.

Über das Affengehirn besitzen wir eine enorme Literatur. Die Gehirne fast aller Arten sind abgebildet und die Furchung ist bis in so kleine Details studiert wie etwa die Übergangswindungen in der Tiefe der Furchen. Die wichtigsten neueren Arbeiten stammen von Cunningham, Symington, Retzius, Elliot Smith, Bolk, Zuckerkandl, Holl, Marchand. Fast alle diese Arbeiter versuchten Vergleiche mit dem Menschengehirn zu ermöglichen.

Neunundzwanzigste Vorlesung.

Die Hirnrinde.

M. H.! Sie haben nun einen allgemeinen Überblick über die äußeren Formverhältnisse des Gehirnes bekommen. Die heutige Stunde soll Sie näher bekannt machen mit dem Baue der Hirnrinde. Es unterliegt kaum noch einem Zweifel, daß wir das Ganze der Hirnrinde als den Ort ansehen dürfen, wo sich die meisten derjenigen seelischen Prozesse abspielen, die uns zu klarem Bewußtsein kommen.

Wir kennen den feineren Aufbau der Rinde nur erst in seinen Elementen. Noch fehlt uns das Wissen von den Verbindungen dieser Elemente untereinander und damit leider noch das eigentliche Verständnis für die anatomische Grundlage des großen Seelenorgans.

Die ganze Hemisphäre ist von der Rinde überzogen. Dieselbe hat an der Konvexität nicht überall genau den gleichen Bau. Wenn auch eine Art Grundtypus existiert, so lassen sich doch je nach der Hirnregion, die man untersucht, geringere oder größere Differenzen an den Schichten auffinden, in welche die Ganglienzellen und Nervenfasern der Rinde angeordnet sind. Das kann man auf einem Schnitte schon mit freiem Auge leicht konstatieren, wenn man etwa die Rinde des Occipitallappens mit der des Stirnlappens am frischen Gehirne vergleicht und es lassen sich nach Elliot Smith nicht weniger als 28 Rindenfelder von verschiedenem Baue so unterscheiden. Ursache ist, daß überall von unten her weiße markhaltige Fasern in die graue Masse eindringen und nicht nur nach der Oberfläche hin verschieden weit ausstrahlen, sondern auch sich untereinander durch feine Flechtwerke, die in der Richtung der Windungen selbst laufen, verbinden, Flechtwerke, die zum Beispiel in vielen Teilen des Occipitallappens sehr viel dichter als im Stirnlappen sind. Schon hiernach könnte man die Rinde in verschiedenartige Bezirke einteilen und O. Vogt, der speziell das Verhalten der markhaltigen Fasern hier untersucht hat, findet nicht weniger als 66 verschiedene Felder allein im Stirnlappen, die sich durch das Verhalten der markhaltigen Fasern unterscheiden ließen. Auch die Anordnung und sicher die Form der Zellen wird von den eintretenden oder austretenden Fasern bedingt und es ist deshalb zweckmäßig, diese zunächst zu betrachten. An dem Fig. 378 abgebildeten Schnitte lassen sich als ganz natürliche Unterabteilungen dieser Faserung unterscheiden 1. Radii, Markstrahlen, 2. interradiäres Flechtwerk, zumeist aus zur Oberfläche parallelen Fasern bestehend, 3. superradiäres Faserwerk und 4. Tangentialfasern. An der Grenze zwischen dem superradiären und dem interradiären Flechtwerke verdichtet sich das letztere besonders stark. Diese überall auch mit bloßem Auge als weißer Streif sichtbare Schicht ist namentlich im Bereiche des Cuneus so dicht, daß sie dort besonders leicht erkannt wird. Man bezeichnet sie als Gennarischen

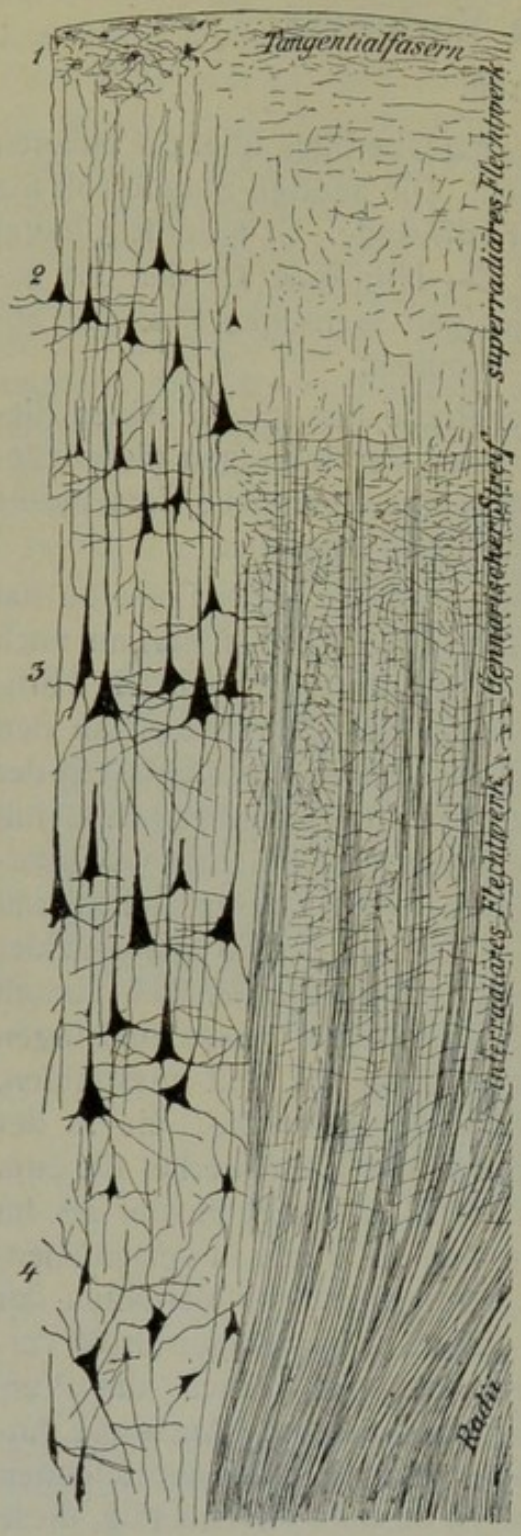


Fig. 378.

Schema eines Schnittes durch die Rinde einer Stirnwindung. Rechts nach einem mit Weigertschem Hämatoxylin gefärbten Präparate, links nach Präparaten, die nach Golgi mit Sublimat behandelt waren. Rechts sind nur die Fasern, links nur die Zellen deutlich. Der letzteren sind mehr vorhanden, als gezeichnet wurden. Da sich bei der Golgischen Methode auch Hohlräume um Zellen und Ausläufer erfüllen, so erscheinen die Zellen größer, als sie wirklich sind.

Streifen oder nach ihrem späteren Wiederbeschreiber meist als Baillargerschen, speziell im Cuneus als Vicq d'Azyrschen Streifen. Doch liegt im Occipitallappen der Streif etwas tiefer in der dritten Schicht, näher der vierten, nicht so hoch oben, wie er in Fig. 378 für den Stirnlappen abgebildet ist.

Die Markscheiden im superradiären Flechtwerke entstammen wohl zumeist den in die Rinde ausstrahlenden Fasern. Sehr fraglich ist, ob die Zellen mit verzweigtem Axenzylinder markscheidenhaltige Ausläufer haben. Die transversale Faserung wird fast ganz von Seitenzweigen aus Pyramidenaxenzylindern gebildet. Das interradiäre Flechtwerk besteht ebenfalls aus Axenzylinderkollateralen gleicher Herkunft, vielleicht auch aus dem Geäste der Zellen mit verzweigtem Axenzylinder.

Man darf nun nicht erwarten, daß man alle diese Streifen usw. immer wohl ausgebildet finde. Abgesehen davon, daß sie je nach der Rindenzone verschieden stark entwickelt sind, ergeben auch entwickelungsgeschichtliche Untersuchungen, daß ganz erhebliche Unterschiede je nach dem Alter bestehen können. Wahrscheinlich wird sich, wenn wir nur erst einmal für alle Rindenteile und für alle Altersstufen einen gewissen Typus kennen, auch herausstellen, daß bestimmte Beziehungen zwischen der Intelligenz und dem Faserreichtume in der Rinde bestehen.

Die zahlreichen Ganglienzellen, die übereinander angeordnet, das Grau der Hirnrinde bilden, liegen auf dem größten Teile der menschlichen Hirnoberfläche — eigentlich überall außer im Paleencephalon und

den Ammonswindungen — im wesentlichen in 6 schon beim späten Embryo unterscheidbaren Schichten, die wir an Hand der Fig. 379 zunächst einmal besprechen wollen; ich folge hier Brodmann, dessen Arbeiten die letzten und ausführlichsten sind:

1. Dicht unter der Pia, noch bedeckt von einer dickeren Neuroglialage, liegt ein dichtes Flechtwerk von meist parallel zur Oberfläche dahinziehenden feinen, markhaltigen Fasern, Lamina zonalis, Schicht der Tangentialfasern. Ihr sind Zellen in relativ geringer Menge eingelagert. Direkt unter ihr aber beginnt

2. die Lamina granularis externa, kleinere meist triangulare und rundliche Zellen enthaltend, zum Teil vom Pyramidentyp, die unmittelbar in

3. die Lamina pyramidalis, die Schicht der mittleren und darunter der großen Rindenpyramiden übergeht. Alle diese senden nach der Oberfläche und nach verschiedenen Seiten ihre Dendriten als Spitzenfortsatz, Lateralfortsätze usw. und zumeist nach der Tiefe des Marklagers ihren Axenzylinder. Die Schicht der großen Pyramidenzellen ist im Stirn- und Scheitellappen die breiteste der Rinde. Die einzelnen Zellen sind um so größer, ihr Spitzenfortsatz um so länger, je tiefer die Zelle von der Oberfläche abliegt.

4. Die vierte, unter den Pyramiden liegende Zellage, die Lamina granularis interna, besteht wieder aus kleineren, nicht regelmäßig liegenden Zellen. Sie sind eingeklemmt zwischen der Masse in die Rinde eindringender Markfaserstrahlungen. Zwischen diesen Markstrahlungen, die alle sehr dicht beisammen liegen und sich erst nahe der Oberfläche zu dem in Schicht 3 liegenden superradiären Flechtwerke auflösen, bestehen zahlreiche feine, wohl aus Kollateralen hervorgehende Querverbindungen, die in dieser Schicht der Rinde, wie Fig. 378 zeigt, ein feines Geflecht bilden. Ein etwa zwischen Schicht 3 und 4 liegender dichterer Streifen dieses Geflechtes ist der Gennarische Streif.

Die 5. Schicht, die Lamina ganglionaris und eine 6. die Lamina multiformis bilden kaum präzis scheidbare Schichten, es handelt sich viel eher um durch die hier besonders dicht einstrahlenden Nervenbahnen deformierte kleinere Pyramidenzellen und Zellen anderer bis zur Spindelzellform wechselnder Arten.

Es ist seit Meynert bekannt, daß die Hirnrinde nicht überall gleichen Bau hat, aber erst neuerdings haben mit allen Mitteln der Technik angestellte Studien von S. Ramon y Cajal und Arbeiten über die Zellen allein von Nißl, Hammarberg, Mott, Campbell, Brodmann u. a. Näheres darüber gelehrt. Soweit ich sehe, besteht nirgendwo ein Widerspruch zwischen den zuletzt genannten und den Cajalschen Arbeiten.

Beim Menschen sind reichlich $^3/_4$ der Hirnoberfläche sechsschichtig nur treten gewisse Unterschiede nach Zelldichtigkeit, Zellgröße, Breitenverhältnissen der Rinde auf, wodurch eine Reihe verschiedenartig aus-

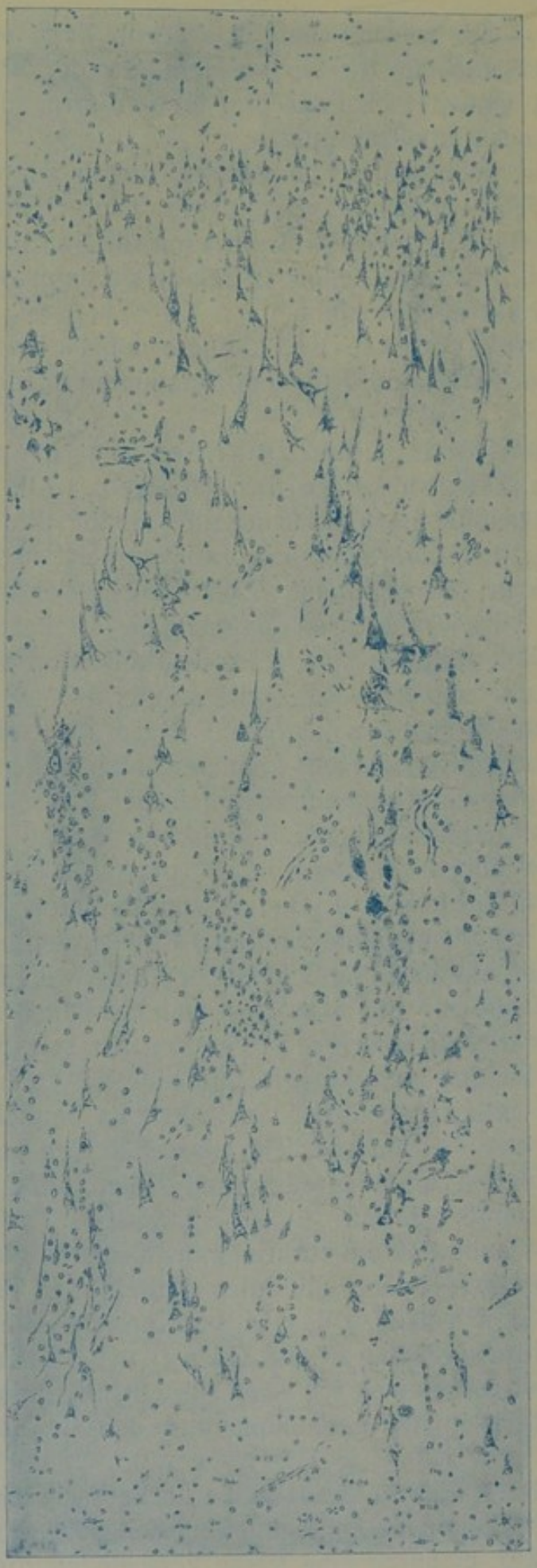


Fig. 369.

Schnitt durch die Rinde eines gesunden 20jähr. Mannes in der Mitte der rechten oberen Stirnwindung nach Nissl. Nur die Zellen gefärbt.

sehender Felder entstehen. Bei vielen Tieren sind nur relativ kleine Rindengebiete nach diesem reinen Type aufgebaut — homotyp. Heterotype, also anders geordnete Rinde entsteht entweder durch Verschmelzung einzelner Schichten, also Vereinfachung oder wie in Fig. 370 gut zu sehen ist, durch Auftreten neuer Schichten zwischen denen des Grundtypus. Derlei begegnet man im Occipitallappen, in der Gegend der Zentralwindungen, dann dicht frontal von diesen, in der Insel und dicht hinter dem Balken; das sind merkwürdigerweise gerade solche Regionen, deren Zerstörung Ausfall in ganz bestimmten Sinnesgebieten macht. Am meisten von dem Aussehen der Gesamtrinde weicht die Rinde in nächster Umgebung des Sulcus calcarinus ab, ein Typ, der sich am Occipitalpol auch etwas auf die Lateralseite



Fig. 370.

Aus der Gegend des Sulcus calcarinus. Die links homotype sechsschichtige Rinde geht rechts durch Auftreten neuer Schichten von Zellen — man vergleiche die Zahlen rechts und links — in den vielschichtigen Calcarinatyp über. Nach Brodmann.

des Gehirnes erstreckt. Bei vielen Säugern spaltet sich hier die Schicht 4 in drei Unterabteilungen, wie das an Fig. 370 zu sehen ist. Die Rinde ist ungemein markreich und es sammeln sich besonders viele dichte, plexusartig geordnete Fasern in ihr zu dem von Vicq d'Azyr entdeckten, ihre Faltungen überall hin begleitenden Streifen, der ja mit bloßem Auge schon diese Rindenpartie — Brodmann hat sie Area striata genannt — von aller übrigen Rinde abscheiden läßt. Sie umgibt im wesentlichen die Ränder der Fissura calcarina, erreicht eben den Occipitalpol, den sie bei Affen und wie es scheint, bei einigen Naturvölkern weiterhin auf die Lateralseite überschreitet. Elliot Smith.

Zwischen den Fasern des Vicq d'Azyrschen Streifens liegen eigentümliche, der Sehrinde allein zugehörige sternförmige Zellen, deren aufgezweigter Axenzylinder viel zu dem engen Maschenwerk

beiträgt. Ebenda verzweigen sich eintretende Fasern von Typus e der Fig. 376, die, vielleicht aus den primären optischen Zentren stammend, hier in einen mächtigen Assoziationsapparat eintreten.

Das Bild, welches die Sehrinde infolge ihrer der Oberfläche parallelen Streifung bei Markscheidenfärbung gibt, hat es mir ermöglicht, die ersten Anfänge der Sehrinde aufzufinden. Es ist schon S. 436 beschrieben worden, wie am kaudalen Ende des Gyrus hippocampi bei der Maus ein nicht stecknadelkopfgroßes Feldchen von diesem Bau auftritt und wie dieses bei anderen Nagern sich etwas vergrößert, um schließlich um den Occipitalpol herumgreifend die Gegend zu erreichen, wo sich die Calcarinafurche ausbildet. Die älteste Sehrinde, eine typisch gestreifte Rinde, liegt also noch im Archipallium, sie geht erst später auf das Neopallium über, wenn sie sich vergrößert. Vgl. Fig. 344, 345, 371, 372.

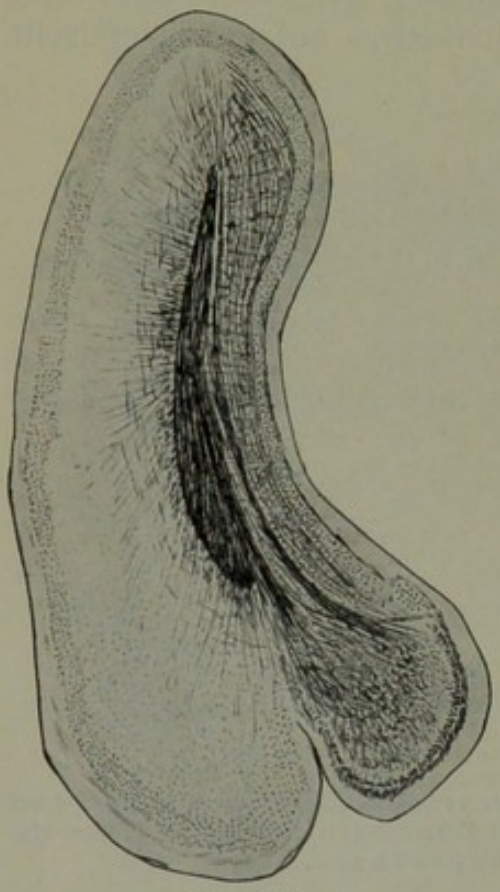


Fig. 371.

Frontalschnitt von Cavia, Meerschweinchen. Am ventro-kaudalen Ende des Lobus pyriformis ist die mehrgestreifte Sehrinde.

Die Rinde der vorderen Zentralwindung, auch eines Teiles des Parazentrallappens ist durch Fehlen der Körnerschicht 4 der Fig. 369 und durch mächtige Pyramidenzellen in Schicht 5 ausgezeichnet. Diese letzteren, die Betzschen Riesenpyramiden, sind nach den Arbeiten von Kolmer und G. Holmes zweifellos die Ursprungszellen der Pyramidenbahnen. Diese Regio praecentralis, die übrigens auch nach ihren Markfaserverhältnissen durchweg gleichartig gebaut ist, entspricht bekanntlich der motorischen Rindenzone. Da vor dem Gyrus centralis gelegene Rindenpartien nach Mott, Halliburton, Brodmann, Vogt, Campbell u. a. auch bei Affen und Halbaffen ganz ebenso gebaut sind, dürfte man von ihnen die gleichen Funktionen annehmen, selbst wenn nicht inzwischen Versuche das Übereinstimmen von Funktion und Rindentyp hier bewiesen hätten. Man wird aber nun weiter gehen können und das gleiche da annehmen dürfen, wo man genau dem gleichen Bau etwa in gleicher Hirngegend auch bei anderen Säugern begegnet.

In der hinteren Zentralwindung fehlen die großen Pyramiden und ist die Körnerschicht wieder deutlich vorhanden. Nach Brodmann entwickeln sich, was psychologisch sehr interessant wäre, diese Unterschiede erst nach der Geburt in der vorher ganz gleichartigen Rinde. Auch die transversalen Fasernetze sind hier nur gering ausgebildet,

fehlen fast. Die Formation ist übrigens am unteren Teil der vorderen Zentralwindung auf die Kaudalwand derselben beschränkt, erreicht hier nicht die Oberfläche.

Die Rinde im Schläfenlappen — die Hörrinde — zeigt im allgemeinen den Haupttypus, aber sie enthält doch einige Besonderheiten. So kommen z. B. in allen Schichten große eigentümliche Zellen vor, deren dicker horizontaler Fortsatz in großer Menge gleich einem Kandelaber Äste peripherwärts sendet, während der Axenzylinder gleich dem der anderen Pyramidenzellen in den Markstrahl eintritt.

Wenn man alle diese Unterschiede im Rindenbau berücksichtigt, kann man natürlich auf der Oberfläche des Menschen- und Tiergehirnes

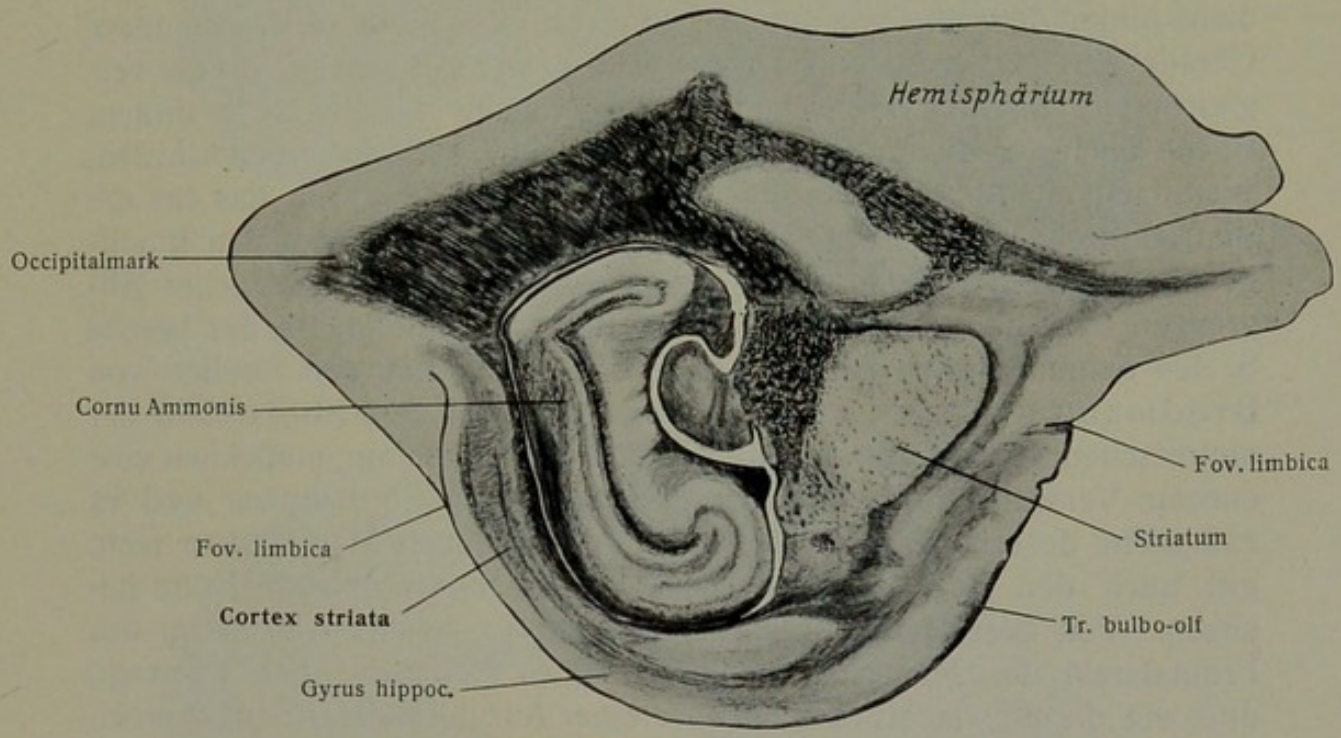


Fig. 372.

Sagittalschnitt durch das Gehirn von Hyrax cap. An dem kaudalen Ende des Lobus pyriformis tritt ein kleines Stückchen Sehrinde auf.

eine größere oder geringere Zahl von Feldern abscheiden. Da es noch nicht möglich war, diese bei verschiedenen Tieren untereinander durchweg zu vergleichen, so sei hier aus rein praktischen Gründen nur das Ergebnis der Oberflächenfelderung beim Menschen, zu dem Brodmann gekommen ist, mitgeteilt. Die beistehenden Abbildungen Fig. 373 erlauben das Wesentliche zu übersehen.

Bei Zell- und Faseruntersuchungen der Rinde zeigt sich, daß unter einer gewissen Anzahl benachbarter Felder eine Ähnlichkeit des Baues besteht, so daß man außer der Feldereinteilung auch noch eine solche nach Regionen vornehmen könnte, wie ich sie auf den beiden Brodmannschen Figuren durch Schattierung angedeutet habe.

Alle diese sorgsamen Untersuchungen über die Verschiedenheit der

Rindenfelder nach ihrem Zellaufbau haben uns aber bisher, soweit die Erkenntnis der Funktionen in Betracht kommt, nicht wesentlich voran geführt. Wir haben aber erfahren, daß die bisher als allein wichtig geltenden Furchengrenzen der einzelnen Regionen nur recht bedingten Wert haben und es hat sich eine Aussicht eröffnet bei Tieren auf anatomischem Wege Funktionen dadurch zu erschließen, daß Rindenfelder gefunden werden, die den gleichen Bau haben wie solche, deren Funktion bei anderen Tieren bereits bekannt ist. Ja, es haben die Arbeiten von Mott, Campbell und Brodmann solche Übereinstimmungen bereits in recht großer Zahl aufgedeckt. Am sichersten steht es natürlich um die wohl charakterisierte optische Region und um die motorischen Rindenzentren, diese beiden sind am Occiput und dicht hinter dem Stirnpol nun bei mindestens 15 Arten wiedergefunden. Gerade der letztere Befund ermöglicht ein, wie mir scheint, für die vergleichende Psychologie wichtige Konstatierung. Bereits ist in diesem Buche auch auf die Bedeutung des Stirnlappens hingewiesen worden. Wenn wir ein Maß hätten ihn abzugrenzen, dann würde das für die Beurteilung der Größe des Hirnteiles, von dem die wichtigsten Intelligenzhandlungen abhängen, ungemein wichtig sein. Ein solches Abgrenzen wird aber durch die Rindenstruktur ermöglicht. In der bereits S. 434 demonstrierten Fig. 341 habe ich auf Grund von Studien von Brodmann das Areal, welches frontalwärts von dem Strukturbild der motorischen Rinde liegt, schattiert. Dadurch erhellt augenblicklich eine enorme Verschiedenheit in der Ausbildung des Stirnlappens und es entspricht dessen relative Größe bei verschiedenen Mammaliern recht gut auch den Erfahrungen, welche wir über ihre geistige Höhe besitzen. Von besonderem Interesse ist es, zu sehen, wie enorm das Frontalareal des Menschen noch das eines kleineren Affen überragt, und wie dieser wiederum hoch über einer Anzahl anderer Säuger steht.

Markscheidenfärbung der Rindenfasern und Zellfärbungen der Rinde lehren uns also wohl Unterschiede in den einzelnen Regionen kennen, aber sie sagen uns bisher außerordentlich wenig über die Bedeutung der einzelnen Felder.

Offenbar bringen uns diese Methoden zwar zu einer gewissen Geographie und Stratigraphie, die für die vergleichende Psychologie und vor allem auch für die Klinik ihre Wichtigkeit haben, sie führen aber, wie feinere Methoden zeigen, noch weit ab von dem Ziele der Erkenntnis aller Rindenbestandteile und ihres Zusammenhanges untereinander. Ihm kommen bisher am nächsten die Resultate der Silbermethoden. Schon als vor 30 Jahren Golgi seine ersten Rindenschnitte veröffentlichte, sah man, daß hier an Zellfortsätzen und Faserbeziehungen unendlich mehr vorhanden war, als man je zu ahnen gewagt hatte. Aus den Zellstümpfen, welche in den damaligen Bildern die Hirnrinde erfüllt hatten, wurden weitverzweigte zierliche Apparate, Bilder, ähnlich wie Fig. 369, wandelten sich in solche um, die Fig. 375 glichen. Von

allen Seiten begann man dann hier zu arbeiten. Martinotti, Schaffer, Retzius, Kölliker, später Bielschowsky und viele andere, alle untersuchten die neu entdeckten Zellformen der Rinde. Aber es gelang

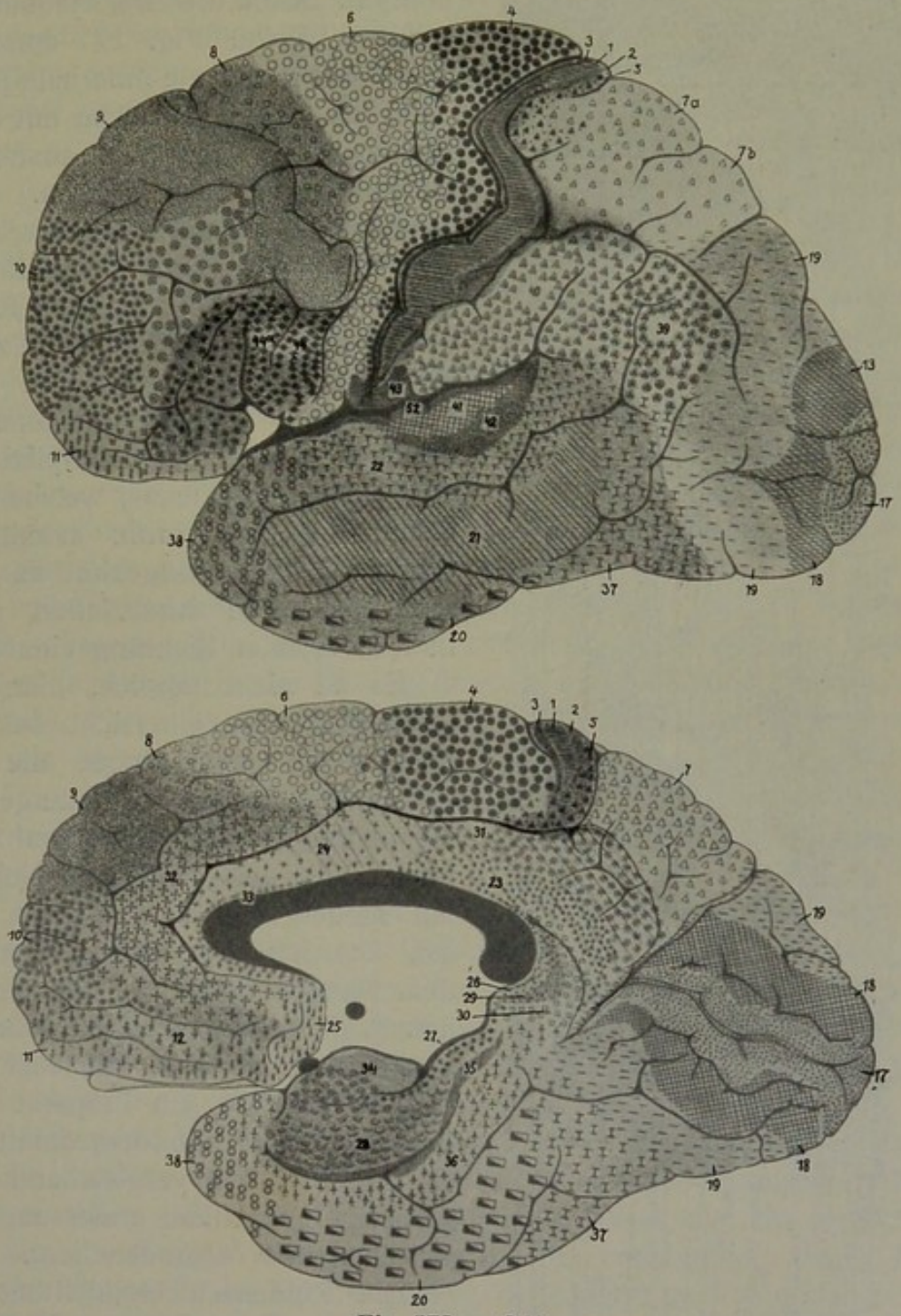


Fig. 373 u. 374.

Die laterale und mediale Seite eines menschlichen Gehirnes mit Angabe der Unterschiede des Rindenbaues durch Zahlen — die Brodmannschen Rindenfelder. Nach Brodmann.

erst S. Ramon y Cajal in einer Reihe wahrhaft klassischer Arbeiten über das Gehirn des Menschen und einiger kleineren Säuger, Arbeiten, welche ebenso wunderbar durch die vollendete Technik wie durch das sind, was sie entdeckten, den Faden aufzuweisen, welcher in dem Ge-

wirre von Zellen und Fasern, das die Rinde erfüllt, einigermaßen den Weg weist. Seine Silberbehandlung deckt an Zellfortsätzen und Fibrillen eine ungeheure Komplikation auf. Schon die zwei Pyramidenzellen, welche Fig. 17 darstellt, lassen erkennen, wie innerhalb jeder Zelle die Fibrillen, welche mit dem Axenzylinder ein- oder austreten, besonderen Verlauf nehmen. Gelungene Fibrillenfärbungen zeigen, wie dann auf jeder dieser Zellen unzählige Fasern aus anderen Zellen sich anlegen, so daß sie wohl zahlreiche Erregungen von den verschiedensten Seiten bekommen können. Und noch komplizierter sind die engen Plexus, welche, bei Benutzung der vorhin erwähnten Methoden, ganz ungeahnt da und dort die Rinde durchziehen, alles in transversaler Richtung einend.

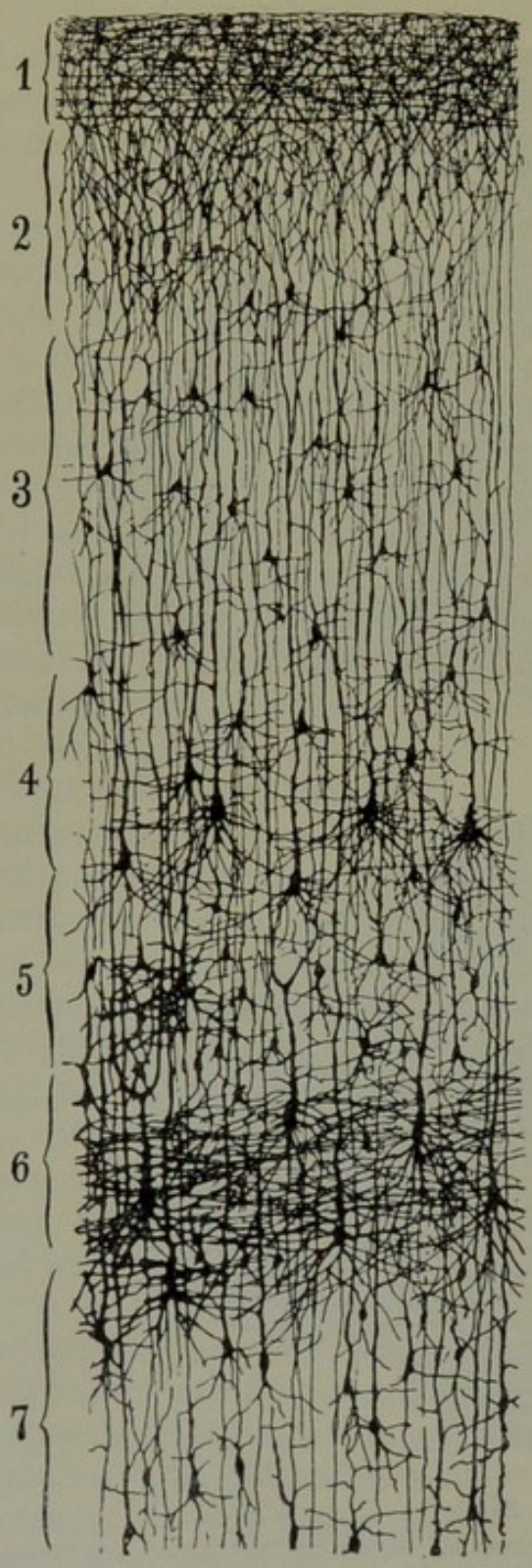


Fig. 375.

Schnitt durch die vordere Zentralwindung eines einmonatlichen Kindes. Imprägnation der Rindenpyramiden mit Chromsilber. Nach S. R. y Cajal.

Es ist nicht möglich, hier, wo wesentlich eine Übersicht des Erreichten zu geben wäre, alle die zahlreichen Details wiederzugeben, die in den Monographien und dem Handbuche des spanischen Gelehrten niedergelegt sind. Doch will ich, ehe ich eine etwas eingehendere Darstellung der in den einzelnen Schichten bekannt gewordenen Verhältnisse vorlege, zunächst einmal in Fig. 375 ein Präparat von S. R. y Cajal abbilden, damit Sie es mit Fig. 369 vergleichend den ganzen Unterschied ermessen, der zwischen den Methoden liegt.

Die Rindenschichteinteilung ist nicht ganz die gleiche wie sie S. 369 gegeben wurde, weil hier als Ausgangspunkt die vordere Zentralwindung gewählt ist, die ja gerade einen eigenartigen Typ zeigt. Aber es lassen sich doch im allgemeinen die Ergebnisse vergleichen.

Als Stützpunkt für die weitere Beschreibung soll Fig. 376 dienen.

Die äußerste Schicht — Cajal nennt sie Zona plexiformis — enthält zahllose, zumeist in tangentialer Richtung verlaufende Nervenfasern. Diese stammen aus Ganglienzellen *a*, *b*, *c*, welche alle mehrere Axenzylinder besitzen, und aus kleinen, spindelförmigen Zellen *d*, einer tiefer liegenden Schicht. In diese äußerste Zone aber treten noch zweierlei Elemente ein; dicke, zum größten Teile von Markscheiden umgebene Fasern *e*, welche aus dem Marklager in die Rinde treten, werden in ihren äußersten Verzweigungen bis dahin verfolgt. Sie müssen Ganglienzellen entstammen, welche an anderen Stellen des Gehirns liegen. Für ihre Herkunft aus der Ferne spricht namentlich ihr Faserkaliber. Dann enden dort in reichen und dichten Verzweigungen die Dendritenausläufer der tiefer gelegenen Pyramidenzellen *f*. Jedem einzelnen Ästchen sitzen noch zahllose feine, in Kölbchen auslaufende Nebenästchen auf. Die Verzweigung ist eine so dichte, daß überaus reichliche Gelegenheit zu Kontakten der Dendritenausläufer tiefer Zellen mit den gleichen Ausläufern und den Axenzylindern der an Ort und Stelle liegenden Zellen gegeben ist. Solch einen Reichtum an Verbindungsmöglichkeiten zwischen den Ausläufern ganz verschieden gelagerter Zellen, wie er hier enthüllt worden ist, hat selbst die kühnste Phantasie sich kaum träumen lassen. Und dennoch ist und bleibt nicht nur hier, sondern auch sonst überall in der Rinde jede Zelle als selbständiges Individuum bestehen. Nirgendwo erkennt man direkte Verbindungen, überall zeigen sich nur Anlagerungen.

Unter der Tangentialfaserschicht liegt die Schicht der kleinen Pyramidenzellen. Sie geht ganz allmählich in 3, die der großen Pyramiden über.

Diese durch ihre Form gut charakterisierten, zum erstenmal von Golgi richtig beschriebenen Hauptzellen der Hirnrinde senden basal mehrere sich bald aufzweigende Dendriten aus und einen, seltener zwei apikale Dendriten. Diese letztere spalten sich unter- und innerhalb der äußersten Schicht in mehrere Ästchen. Allen sitzen wie ihnen selbst kleine Knöpfchen, die Dornen auf, von denen man noch nicht ganz sicher ist, ob sie intravital vorkommen. Die zahlreichen Neurofibrillen, welche das Innere der Zelle nach allen Richtungen durchmessen, teilen sich in den Dendriten immer mehr auf, bis sie schließlich als eine einzige feinste Faser ganz frei auslaufen. Diese Axenzylinder ziehen in der Richtung nach dem Marklager. Sie geben zahlreiche Nebenästchen ab. Viele spalten sich nahe dem Marklager in einen horizontalen und in einen absteigenden Ast. Aus diesen Fasern werden die Züge, welche die Hirnrinde mit tiefer liegenden Zentren, und diejenigen, welche sie mit ferner liegenden Rindenstellen verbinden.

Die auffallend großen und reichen Granula dieser Zellen sind Fig. 13, die merkwürdigen Golgiapparate innerhalb ihres Protoplasmas sind Fig. 15, die Neurofibrillen Fig. 17 abgebildet.

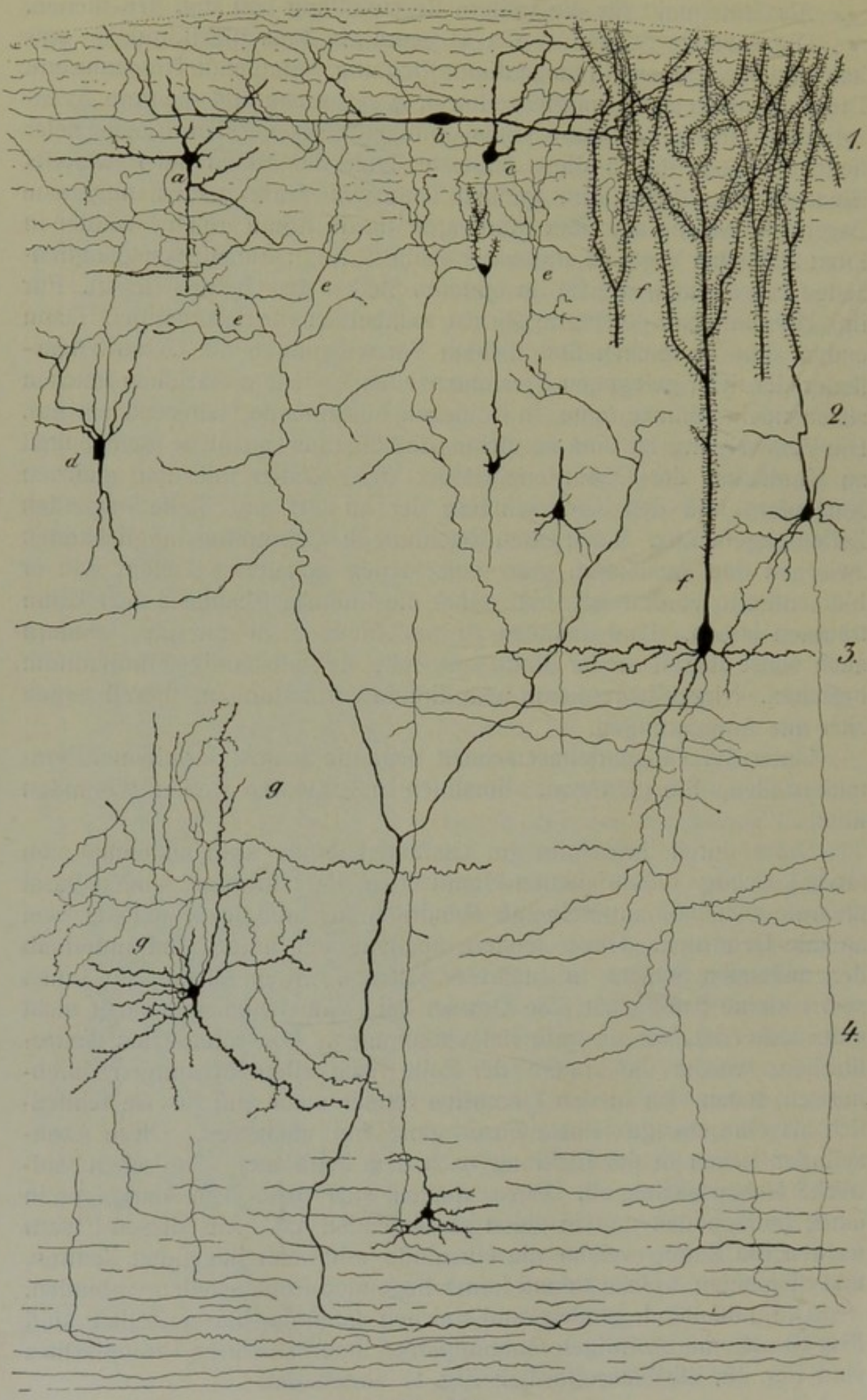


Fig. 376.

Einige Elemente der Hirnrinde. Kombiniert nach Präparaten von S. Ramon y Cajal.

Alle diese Pyramidenzellen, von denen die vordere Zentralwindung und ein kleines Gebiet vor ihr die größten enthält, sind von einem merkwürdigen außerordentlich dichten Fasernetz eingeschlossen. Man hat an Präparaten, wie Fig. 377 eines wiedergiebt, den Eindruck, daß es sich hier um Fasern ferner Provenienz handelt, die Eindrücke auf die Pyramidenzellen übertragen können. An sehr vielen Pyramiden sind sie ganz multipler Herkunft.

Nahe dem Marklager, unter den wohlausgeprägten Pyramiden, liegen zahlreiche Zellen von unregelmäßiger dreieckiger, auch kleinpyramidaler Form. Sie verhalten sich im Verlaufe ihrer Axenzylinder wie in dem ihrer Dendritenfortsätze analog den Pyramiden, bieten nur unregelmäßigere Formen und ärmere Verzweigung. In dieser tiefsten Schicht findet man dann noch zahlreiche multipolare Zellen *g*, deren Axenzylinder in den verschiedensten Richtungen, horizontal, auf- und absteigend verlaufen kann. Er zeichnet sich aber immer dadurch aus, daß er nach kurzem Verlaufe sich in ein weites, kompliziertes Geäst auflöst, dessen Fäserchen alle frei enden. Solche Zellen kommen übrigens auch noch in fast allen anderen Schichten der Hirnrinde vor. Auch sie sind mit ihrer weiten Auszweigung wieder sehr geeignet, andere Zellgebiete untereinander physiologisch zu verknüpfen.

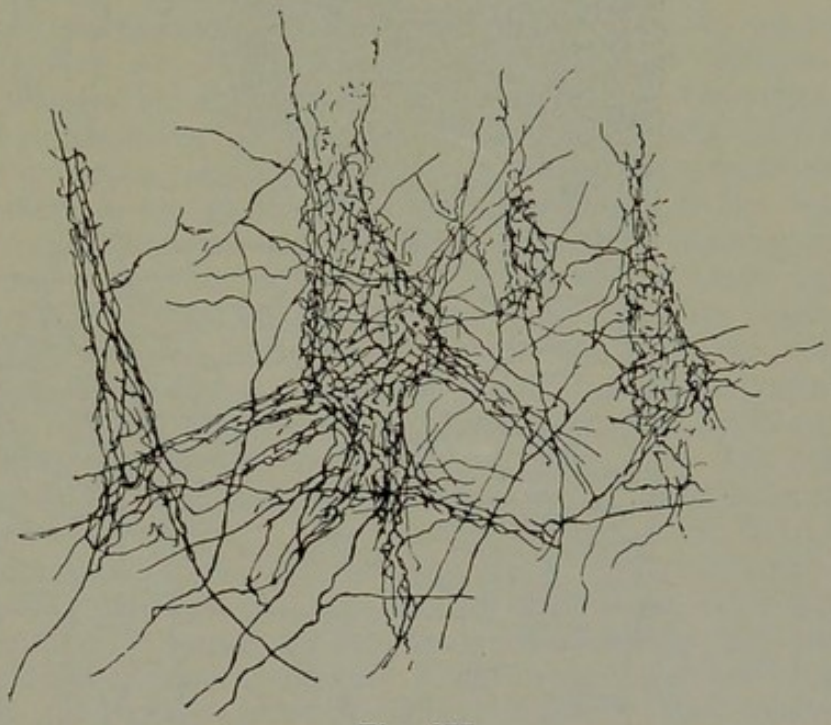


Fig. 377.

Fasernetze um die Zellen der Pyramidenschichten, Kind von 25 Tagen. Nach S. R. y Cajal.

In diesen so komplizierten Gesamtapparat münden nun aus der inneren Kapsel kommend zahlreiche dickere Fasern — Kölliker hat sie ihrem Entdecker zu Ehren Cajalfasern der Rinde genannt — ein. Sie stammen höchst wahrscheinlich aus den Ganglienzellen des Thalamus. In den tieferen Rindenlagen teilen sie sich schon und ihre Hauptzweige erreichen dann die höheren Schichten, wo sie, vorwiegend innerhalb der Lamina granularis externa zu ungemein feinen Endaufzweigungen sich auflösen. Deren Gewirr ist so dicht, daß es für die vorhandene Methodik nicht zu entwirren ist, zumal die Fasern natürlich mit anderen

vielverzweigten Axenzylindern in Konnex geraten. Diese Aufzweigungen beteiligen sich auch am Aufbau der Querbänder der Rinde und sie sind ebenso wie diese an verschiedenen Stellen der Oberfläche ganz

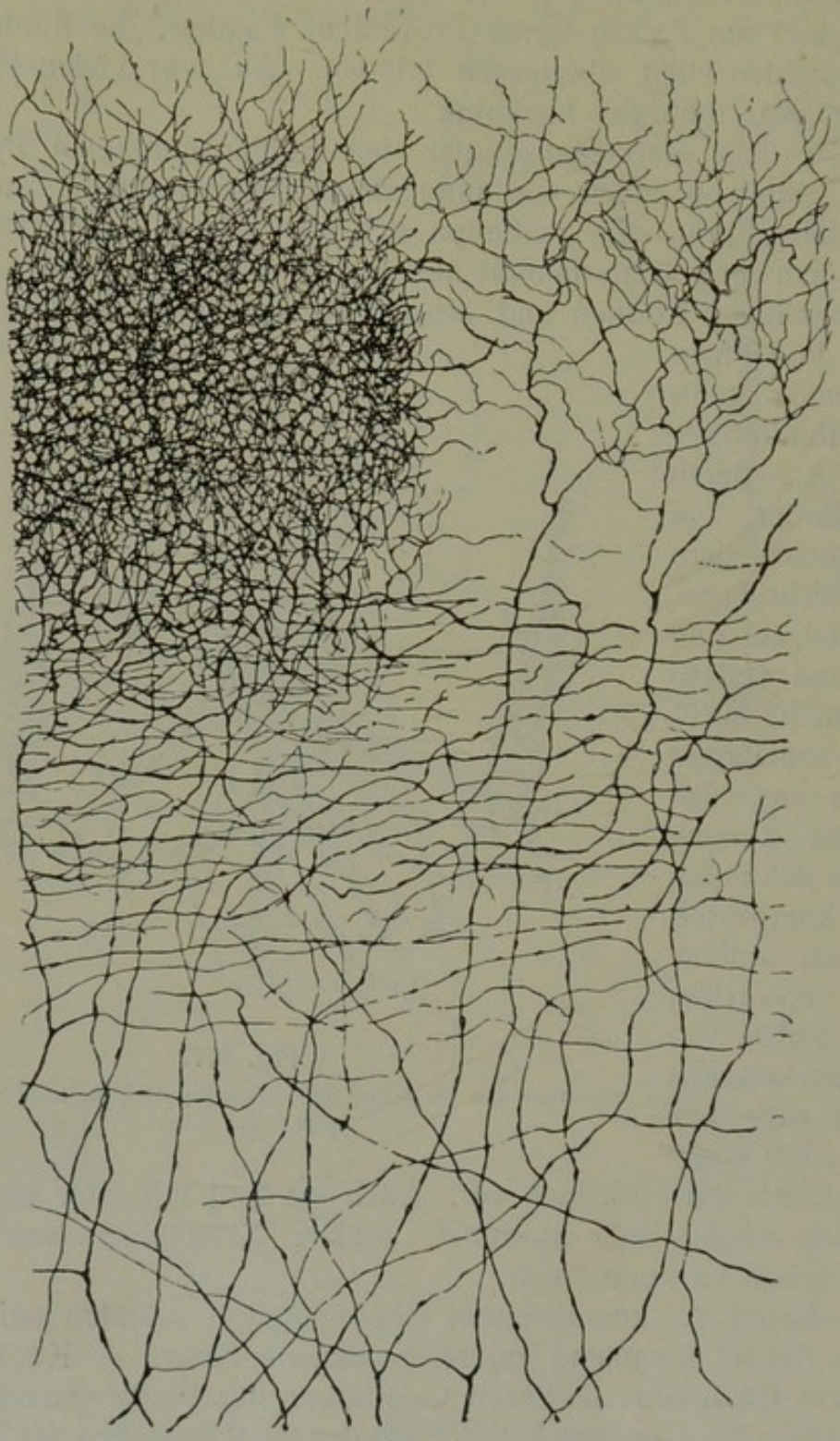


Fig. 378.

Endplexus ankommender Fasern in der vorderen Centralwindung. Nach S. R. y Cajal.

verschieden angeordnet. In diesen Fasern müssen diejenigen enthalten sein, welche aus anderen Stellen der Hirnrinde kommen, aus gleichseitigen und aus gekreuzten via Corpus callosum. Jedenfalls zeigen die

Präparate, besonders die von den kleinen Säugern, Fasern, die aus den Rindenzellen in das Mark treten und solche, die aus dem Mark kommend, in der Rinde aufzweigen.

Die Nervenfasern in der Hirnrinde bekommen erst sehr spät ihr Mark. Es tritt am 8. Fötalmonate zuerst im oberen Scheitellappen und der hinteren Zentralwindung auf, im 1. Lebensmonate kommen hierzu einzelne Fäserchen in der vorderen Zentralwindung, später, im 2.—3., beginnt im Occipitallappen die Markbildung der Rinde. Es ist wahrscheinlich, daß diese Verhältnisse mit der Zeit in Beziehung stehen, in der der Mensch in den einzelnen Hirngebieten Erinnerungsbilder abzulagern beginnt, daß sich mit dem Erwerben von Sehvorstellungen z. B. die Rinde der Sehsphäre entwickelt.

Im späteren Leben werden immer ausgedehntere Bezirke markhaltig. Von besonderem Interesse sind hier die Entdeckungen von Kaes. Dieser konnte nämlich durch zahlreiche genaue Messungen nachweisen, daß die Hirnrinde noch weithin, bis in das 40. Lebensjahr und länger, an Faserreichtum zunimmt. Ganz besonders kommen in Betracht Züge, die innerhalb des basalen Abschnittes der Markstrahlen in zur Oberfläche paralleler Richtung einherziehen, Fibrae arcuatae intracorticales, und dann Faserzüge, welche, innerhalb des superradiären Flechtwerkes liegend, sich dicht an die Tangentialfaserschicht anschließen. Hier kommt es in einigen Rindenpartien noch sehr spät zur Markumscheidung, so daß allmählich ein sehr großer Teil der Rinde unter der Tangentialfaserschicht von feinen Fäserchen durchquert wird. Dazu gesellen sich noch dickere Markfasern, die man im Laufe der Jahre ganz allmählich aus den Schichten, welche dem Marke zunächst liegen, nach der Rindenoberfläche hin sich verbreiten sieht. Es sind wohl die zum Teile recht starken Fasern dieses Plexus, welche Bechterew beschrieben, und von denen er einen eigenen, dicht unter den Tangentialfasern liegenden Streif — „Bechterewscher Streif" — gebildet sah. Fig. 379 läßt den verschiedenen Typus der Rinde an verschiedenen Stellen und zu verschiedener Lebenszeit gut erkennen.

Soweit man bis jetzt sehen kann, sind das alles neue Assoziationsbahnen oder doch solche, die, spät erst in Gebrauch genommen, sich mit Mark umkleiden. Vielleicht auch handelt es sich nur um Kollateralen, die mit der größeren Inanspruchnahme durch vermehrte Assoziationen erst nun ihre völlige Ausbildung bis zur Markscheidenumkleidung erhalten. Wir wissen, daß auch in anderen Geweben durch eine vermehrte Inanspruchnahme der Elemente Steigerung ihres Wachstums eintreten kann. So hätte der gleiche Vorgang in der Hirnrinde nichts, was von den bekannten Naturvorgängen abwiche. Man kann sich wohl vorstellen, daß der Mensch sich durch zerebrale Arbeit neue Bahnen in diesem Sinne schafft, daß der vermehrten Leistungsfähigkeit, der Übung des Gehirnes als anatomisches Substrat die Neubildung oder Verstärkung vorhandener Bahnen entspräche.

Die Oberfläche der Großhirnrinde ist beim Menschen (Weigert) von einem dichten **Glianetz** bedeckt, von dem zahlreiche, spärlicher werdende Züge bis hinab in die Gegend der kleineren Pyramiden strahlen. Dann wird das Glianetz immer dünner, und in den tiefsten Rindenlagen fehlt es fast ganz. Schon innerhalb der Radii sind nur noch vereinzelte Fäserchen wahrnehmbar. In der Markschicht liegt dann wieder die relativ dichte Gliaansammlung, welche überall die markweißen Fasern umspinnt.

Wenn die Nervenelemente des Großhirnes — bei der Paralyse z. B. — zugrunde gehen, so tritt an ihre Stelle eine Gliawucherung, die sich nicht nur durch ihr Auftreten an abnormem Orte, sondern auch durch die Dicke der Fasern auszeichnet, welche das sonst Normale noch weit übertreffen. Nur im höheren Alter, wo — wohl auch infolge des senilen Schwundes — etwas mehr Glia in der Hirnrinde ist, kommen noch solche Fasern vor. Wo viele eines der Gliaplättchen kreuzen, entstehen die Astrozyten und Deitersschen „Zellen", denen man deshalb gerade bei der Paralyse besonders oft begegnet.

Eine möglichst genaue Kenntnis der Hirnrinde wird eben von allen Seiten mit Recht angestrebt. Bereits hat sich die Psychiatrie erfreulicher Erfolge zu rühmen, die bei solchen Studien herangereift sind. Ich erinnere nur an die

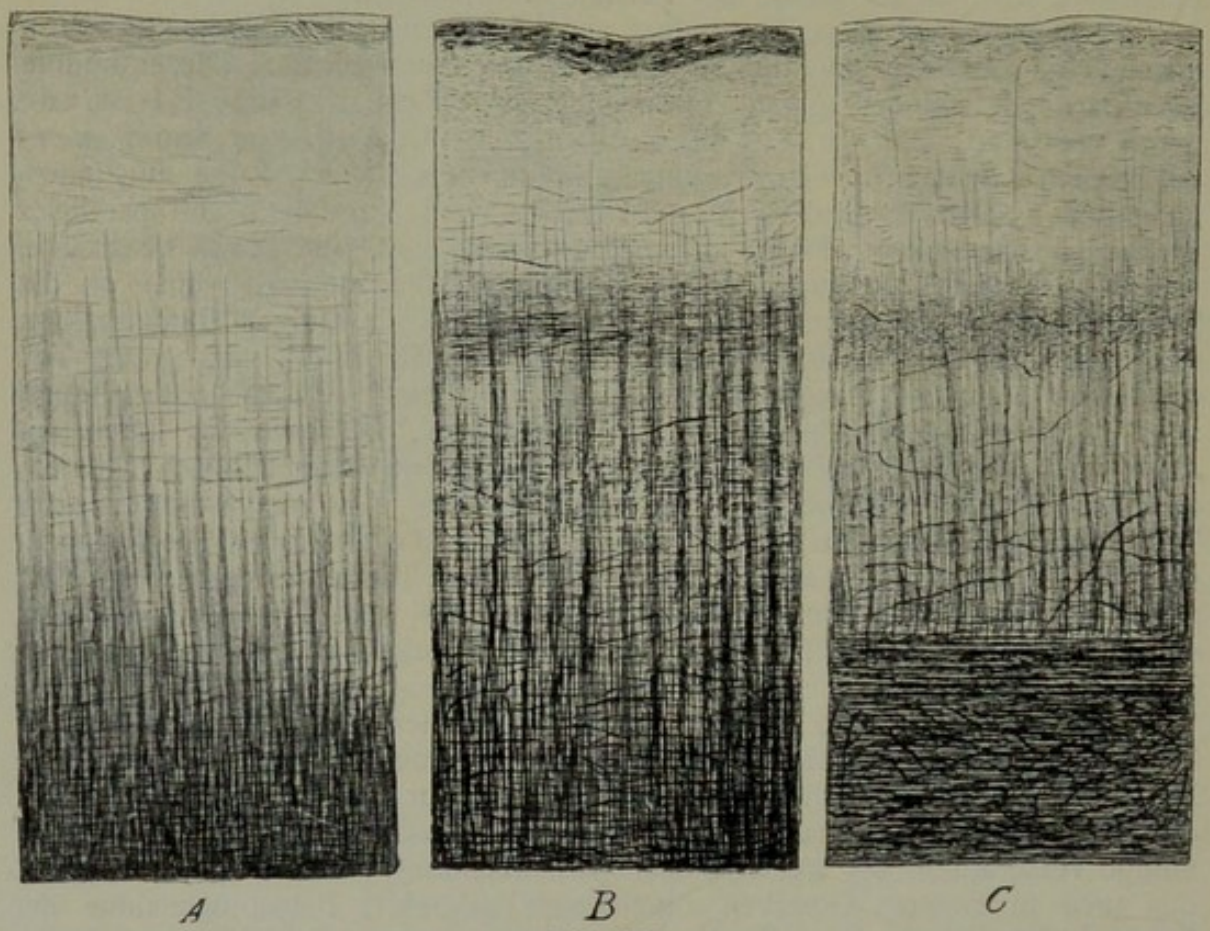


Fig. 379.

Drei Schnitte durch die Rinde der vorderen Zentralwindung nach Kaes. *A* von einem 1¾ Jahre alten Kinde. *B* von einem 30jähr. Manne. *C* von einem Manne von 53 Jahren. Markscheidenfärbung. Kontrollpräparate haben gezeigt, daß die Differenzen wesentlich durch das Alter bedingt sind, doch kann die Möglichkeit, daß verschiedene Einübung des betreffenden Rindengebietes in etwas zur Differenz beiträgt, nicht von der Hand gewiesen werden.

Entdeckung von Tuczeck, der nachwies, daß bei der progressiven Paralyse der Irren zunächst das Netz der Nerven in Schicht 1 untergeht, und daß dann sukzessive auch die Fasern in den tieferen Schichten bis in die vierte hinein schwinden. Ähnliches ist später für andere Psychosen nachgewiesen, und neuere Funde haben gelehrt, daß auch in tieferen Teilen des Gehirns bei der Paralyse Schwund feiner Fasern zustande kommt. Derselbe wird, wie der Verlauf seiner Ausbreitung erschließen läßt, hier und da durch sekundäre Degeneration von in der Rinde bereits unterbrochenen Fasern bedingt. Dann verdanken wir namentlich Nißl und Alzheimer und ihren Schülern treffliche Studien über die Veränderungen der Elemente der Rinde bei den verschiedensten Seelenstörungen.

Die am Übergang von Neencephalon zu Palaeencephalon in der Tiefe unter der Rinde der Fissura limbica liegende und zumeist von der Rinde durch einige Fasern getrennte graue Platte des Claustrum kommt wohl allen Mammaliern zu. Nach de Vries, der sie monographisch untersucht hat, entwickelt sie sich schon sehr früh aus den tiefsten Schichten der neopallialen Rindenanlage unter der Fissura limbica. Sie verliert bei den allermeisten Tieren den Zusammenhang mit der Rinde völlig. Bei den Beuteltieren wächst sie mehr ventralwärts, in der Richtung des Lobus olfactorius aus, bei den allermeisten anderen Säugern bleibt die ganze Platte im Neencephalon. Ihre Verbindungen und damit ihre Bedeutung sind völlig unbekannt. Die Topographie s. Fig. 383, 395.

Mit der Histologie der Hirnrinde und mit den feineren anatomischen Verhältnissen ihres Aufbaues haben sich zahlreiche Forscher beschäftigt. Je mehr bisher da gearbeitet wurde, um so schwieriger erschien die Lösung des Problems. Immer neue, immer verwickeltere Verhältnisse wurden bekannt. Außer den im Text genannten wären zu erwähnen Baillarger, Bevan Lewis, Clarke, Meynert, Golgi, Bellonci, Kölliker, Hamarberg, Nißl, Martinotti, Retzius, Bielschowsky u. viele andere. Die Rinde des Ammonshornes wurde speziell von Meynert, Kölliker, Henle, Duval, Schaffer, Golgi, Sala, S. Ramon y Cajal, Marinesko u. a. untersucht.

Dreißigste Vorlesung.

Kommissuren, Fibrae propriae.

Unter der Rinde liegt das Markweiß der Hemisphäre. Das gleichmäßige Weiß, welches ein Schnitt durch das Centrum semiovale dem bloßen Auge bietet, wird vom Mikroskope aufgelöst in eine große Anzahl sich in mannigfachen Richtungen kreuzender, nur schwer zu verfolgender Fasern. Versuchen wir es, unter diesen, soweit dies bislang möglich, uns zu orientieren.

Wenn Sie Schnitte durch das frische Gehirn eines neugeborenen Kindes machen, so sehen Sie, daß unter der Rinde fast überall eine eigentümliche, graurot durchscheinende Masse liegt, in der nur an einer schmalen Stelle, unter dem oberen Teile der hinteren Zentralwindung und in ihrer Nachbarschaft, weiße Nervenfasern zu finden sind. Erst im Laufe der ersten Lebensmonate umgeben sich auch andere Nervenbahnen mit Mark; zunächst meist solche, die von der Rinde nach abwärts ziehen, bald aber auch Züge, die einzelne Rindengebiete miteinander verknüpfen. Die letzteren, die Fibrae propriae der Rinde, sind am ausgewachsenen Gehirne ungemein zahlreich, überall spannen sie sich von Windung zu Windung, zur zunächstliegenden und zu entfernteren, ganze Lappen verbinden sie untereinander. Der Gedanke liegt nahe, daß diese „Assoziationsfasern“ erst durch die Einübung zweier Hirnstellen zu gemeinsamer Aktion entstehen, resp. sich als deutlich markumgebene Züge aus der indifferenten Nervenfasermasse heraus-

bilden, wenn sie häufiger als andere Züge in Gebrauch genommen werden. Die kürzesten Assoziationsfasern liegen unter der Rinde, Fibrae subcorticales, dann folgen etwas längere Fibrae intralobares, und am weitesten ab von der Rinde liegen dann die längsten Züge zu entfernten Teilen der Hemisphären, die Fibrae interlobares. Ein solches System ist, wie Sie sehen, durchaus geeignet, alle Teile des Gehirnes untereinander in Verbindung zu bringen. Die mannigfachen Assoziationsvorgänge im Denken, in der Bewegung und der Empfindung, denen das Gehirn dient, finden möglicherweise hier ihr anatomisches Substrat.

Nicht unwahrscheinlich ist es, daß diese Fasern auch bei der Ausbreitung der epileptischen Anfälle eine wichtige Rolle spielen. Es ist möglich, bei Tieren durch Reizung einer Rindenstelle zunächst Zuckungen in den hierher gehörigen Muskeln, bei Steigerung des Reizes Krämpfe in der ganzen betreffenden Seite hervorzurufen, Krämpfe, deren Verlauf der Anordnung der betreffenden Zentren in der Hirnrinde entspricht. Bei der Ausbreitung dieses Reizes wird nie ein benachbarter motorischer Punkt übersprungen. Die Krämpfe befallen, wenn sie sich völlig über die eine Körperhälfte verbreitet haben, unter Umständen (Intensität des Reizes, Disposition des Versuchstieres) die andere Hälfte. Exstirpation der einzelnen motorischen Zentren bedingt eine Ausschaltung der betreffenden Muskelgruppen aus dem Krampfbilde. Es ist nicht nötig, daß die Rindenstelle, von der ein solcher Krampfanfall ausgelöst wird, gerade der motorischen Region angehört. Die erzeugten Krämpfe haben die größte Ähnlichkeit mit dem Bilde der partiellen oder allgemeinen Epilepsie beim Menschen. Bei diesem kennt man, seit den Arbeiten von Hughlings Jackson namentlich, Epilepsieformen, welche mit Zuckungen oder Krämpfen in einem Gliede beginnen und sich zuweilen über mehrere Glieder oder den ganzen Körper verbreiten, im letzteren Falle das ausgeprägte Bild des epileptischen Anfalles darstellend. Das Bewußtsein schwindet, so lange der Anfall partiell bleibt, durchaus nicht immer. Nach dem Anfalle bleiben manchmal Lähmungen meist in dem zuerst betroffenen Teile lokalisiert zurück. Diese partielle oder Rindenepilepsie ist nicht von der klassischen Epilepsie zu trennen. Die letztere stellt wahrscheinlich nur eine in ihren ersten Anfangen rascher verlaufende Form dar.

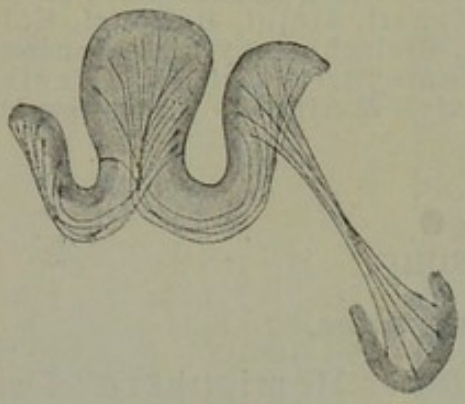


Fig. 380.
Schema der Fibrae propriae der Rinde.

Doch ist es nicht nötig, daß die Ausbreitung eines Reizes von einer Rindenstelle auf eine andere oder auf das ganze Gehirn gerade auf dem Wege der Fibrae propriae erfolgt. Gar manche Wege bieten sich dar: so der durch das feine Nervennetz an der Oberfläche der Rinde; dann kann ja auch die ganze Rinde gleichzeitig beeinflußt werden durch eine Schwankung des Blutgehaltes ihrer Gefäße, und auch der anderen Wege ließe sich noch mancher finden.

Es gibt eine herdweise auftretende Erkrankung, bei der in dem Marklager alles zugrunde geht außer den Fibrae propriae, die dann als dichte markhaltige Züge alle Windungen umsäumen.

Die intralobären Züge sind bisher noch wenig studiert. Am besten noch für den Occipitallappen, wo durch Sachs, Wernicke, Vialet u. a. Faserbahnen nachgewiesen sind, welche die Rinde in den mannigfachsten Richtungen und Höhen untereinander zu verknüpfen geeignet sind, dann kennen wir durch Anton und Zingerle und Quensel die entsprechenden Verhältnisse im Stirnlappen.

Die Verfolgung der kurzen Fibrae propriae zwischen zwei benachbarten Rindenbezirken ist auch, wenn man sich der Abfaserungsmethode bedient, nicht allzu schwer. Die Darstellung der Verbindungen weiter voneinander liegender Rindengebiete ist viel schwieriger und führt gar leicht zu Kunstprodukten, welche nur zum Teile dem wirklichen Faser-

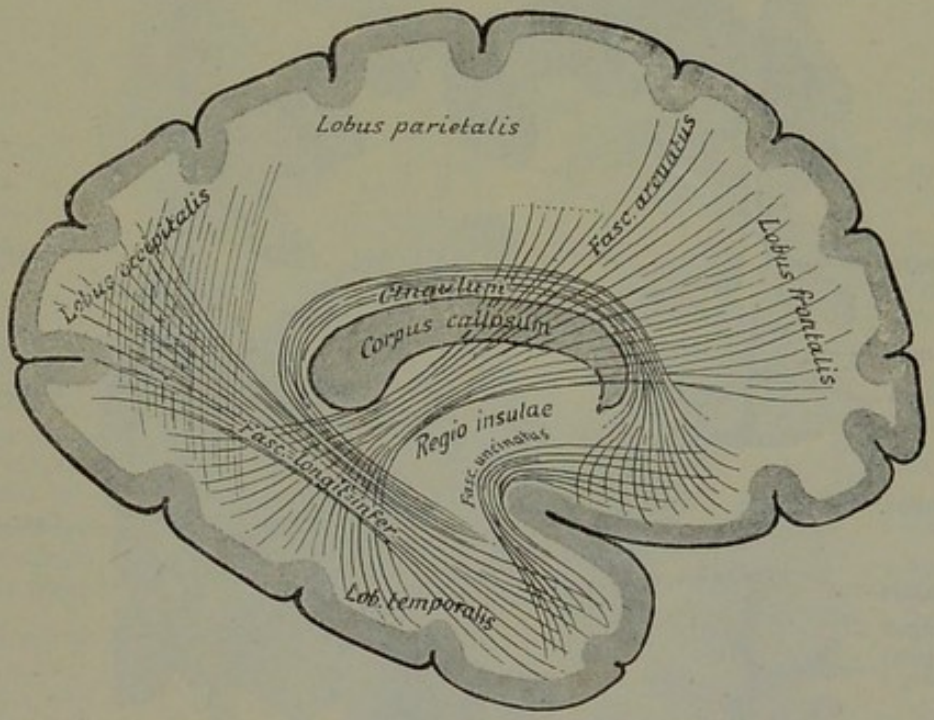


Fig. 381.

Schema des Verlaufes der interlobären Bahnen.

verlaufe entsprechen. Einigermaßen sicher sind nur wenige interlobäre Züge zu verfolgen. So das Hakenbündel — Fasciculus uncinatus, das Bogenbündel — Fasciculus arcuatus, das untere Längsbündel — Fasciculus longitudinalis inferior, die Zwinge — Cingulum, und wenige andere.

Alle diese langen Bündel enthalten aber nur sehr wenig Fasern ganz langen Verlaufes, zu weitaus größerem Teile sind sie aus Fasern gebildet, welche einzelne Abschnitte ihres langen Verlaufsareals untereinander verbinden.

Das Hakenbündel entspringt aus der Rinde des Schläfenlappens, zieht nahe dem ventralen Inselrande nach vorn und zerfährt in den ventralsten Gebieten des Stirnlappens. (Fig. 382, 383.)

Über den dorsalen Teil der Insel weg verläuft der Fasciculus arcuatus aus dem kaudaleren Teile des Schläfenlappens zur Rinde des Scheitel- und Stirnlappens. (Fig. 381, 382, 383.)

Die Zwinge, das Cingulum, ist ein langer Zug, der in der Randwindung — Gyrus fornicatus — von der Rinde des Ammonshornes zu der ventralsten Gegend des Stirnlappens und vielleicht auch zum Riechlappen — Hund und Kaninchen — verläuft. Er besteht wohl (Beevor) aus mehreren Einzelteilen und ist nicht durch Durchschneidung ganz zur Degeneration zu bringen. (Fig. 312, 382, 383). Das Bündel kann wohl bei den meisten Säugern nachgewiesen werden (Redlich).

Das untere Längsbündel, der Fasciculus longitudinalis inferior, ein sehr mächtiger Faserzug, verläuft zwischen dem Schläfenlappen und dem Occipitalhirne. (Fig. 384, 388, 391.)

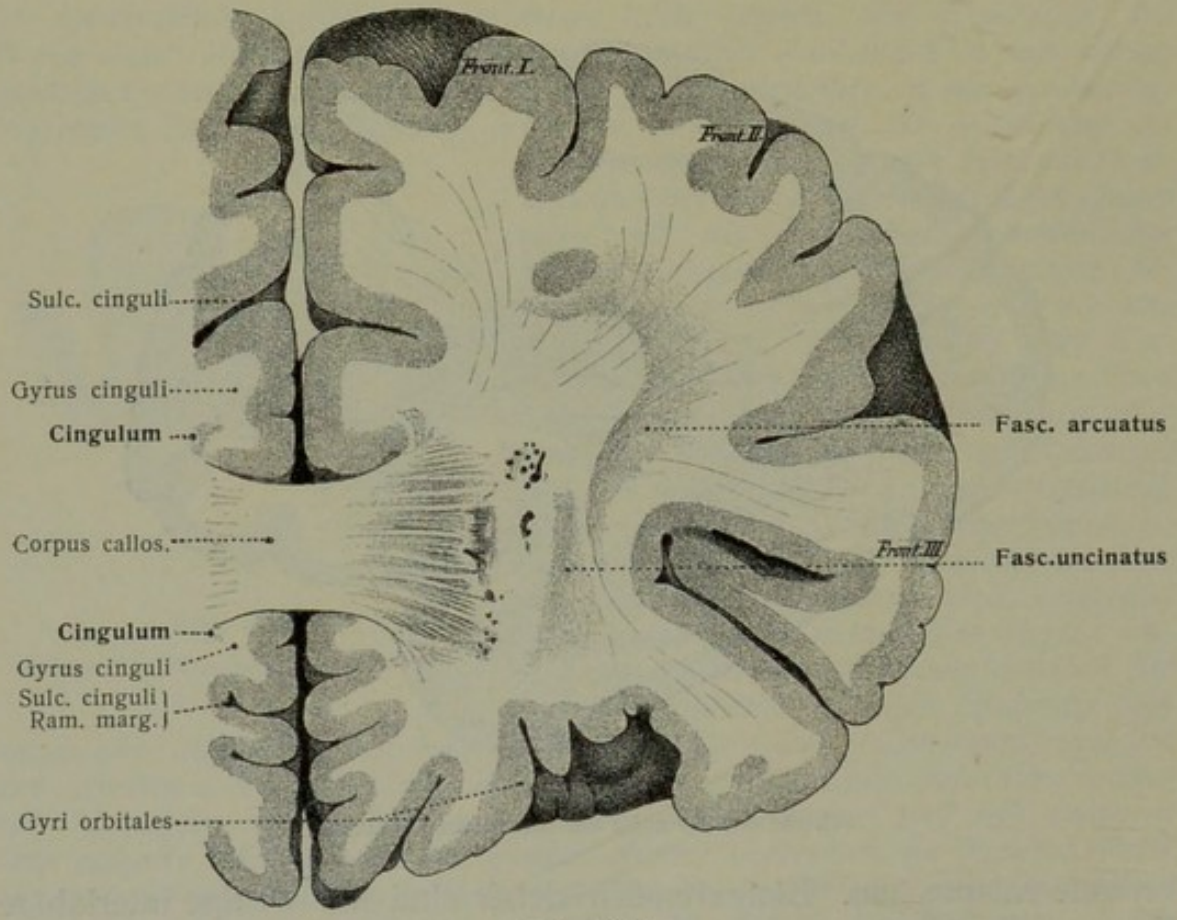


Fig. 382.

Mensch. Frontalschnitt dicht hinter dem Balkenknie.

Er ist am besten beim Menschen bekannt, kommt aber nach den Untersuchungen von Redlich bei einer großen Reihe von Säugern auch vor.

Das Bündel ist schon früh durch Abfaserung dargestellt worden und auch auf dem Fig. 387 abgebildeten alten Abfaserpräparat gut zu sehen, Fli. Aus seinem Verlaufe und auch aus einzelnen klinischen Beobachtungen glaubte man annehmen zu dürfen, daß es im wesentlichen der Vermittlung im Occipitallappen rezipierter optischer Eindrücke auf andere Hirnteile, insbesondere die Hör- usw. zentren im Schläfenlappen dienen möchte, daß es also ein reines Assoziations-

bündel sei. In der Tat enthält es zweifellos Fasern, die nur zwischen den beiden erwähnten Lappen einherziehen. Solche sah ich z. B. bis weithin in den Occipitallappen an einem Gehirn entarten, bei welchem der Chirurg einen Temporallappen sehr rein abgetragen hatte.

Seit aber Flechsig behauptet hat, der ganze Faserzug sei nichts anderes als die aus den primären optischen Zentren stammende und mit einer Schleife über den Schläfenlappen hinweg zum Occipitallappen

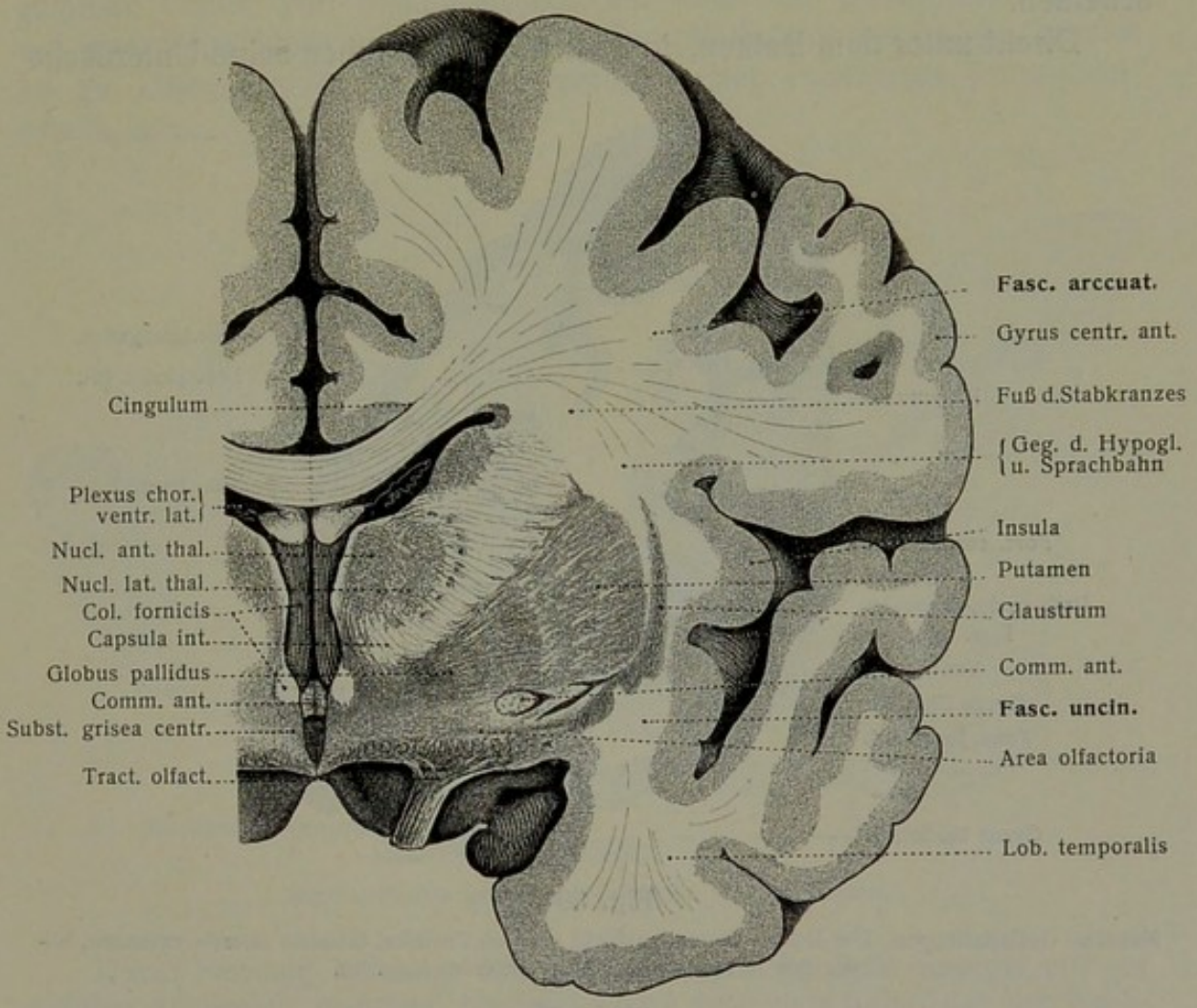


Fig. 383.

Frontalschnitt. Lage der langen Assoziationsbahnen.

tretende Sehstrahlung, hat sich über das Bündel eine Literatur entwickelt wie kaum über ein anderes im ganzen Gehirn. Nicht nur entwicklungsgeschichtlich auf die Markreifung seiner Fasern hin, sondern vor allem an sekundären Degenerationen ist es eifrigst durchforscht worden. So von Déjérine, Hösel, Niesl v. Mayendorff, Probst, v. Monakow, Löwenstein, Lasalle d'Archambault u. v. a.

Alle diese Arbeiten zusammengenommen führen mich zu dem Schlusse, daß das untere Längsbündel des Großhirnes ein gemischtes ist, welches Sehbahnen und Assoziationsbahnen enthält.

Mit Recht hebt Sachs hervor, daß eigentlich nur der Schläfenlappen durch lange Züge mit allen Teilen des übrigen Gehirnes in Verbindung steht. In ihm ist, wie die Erfahrungen der Pathologie zeigen, das Klangbild der Sprache lokalisiert. Der Wichtigkeit, welche diese beim menschlichen Denken habe, entspräche die mannigfach reiche Verbindungsmöglichkeit.

Ganz in der Tiefe des Markweißes, nahe der Ventrikelkante, lassen sich noch zwei in fronto-occipitalem Sinne verlaufende Bündel abscheiden.

Direkt unter dem Balken, in dem Winkel, welchen seine Unterfläche

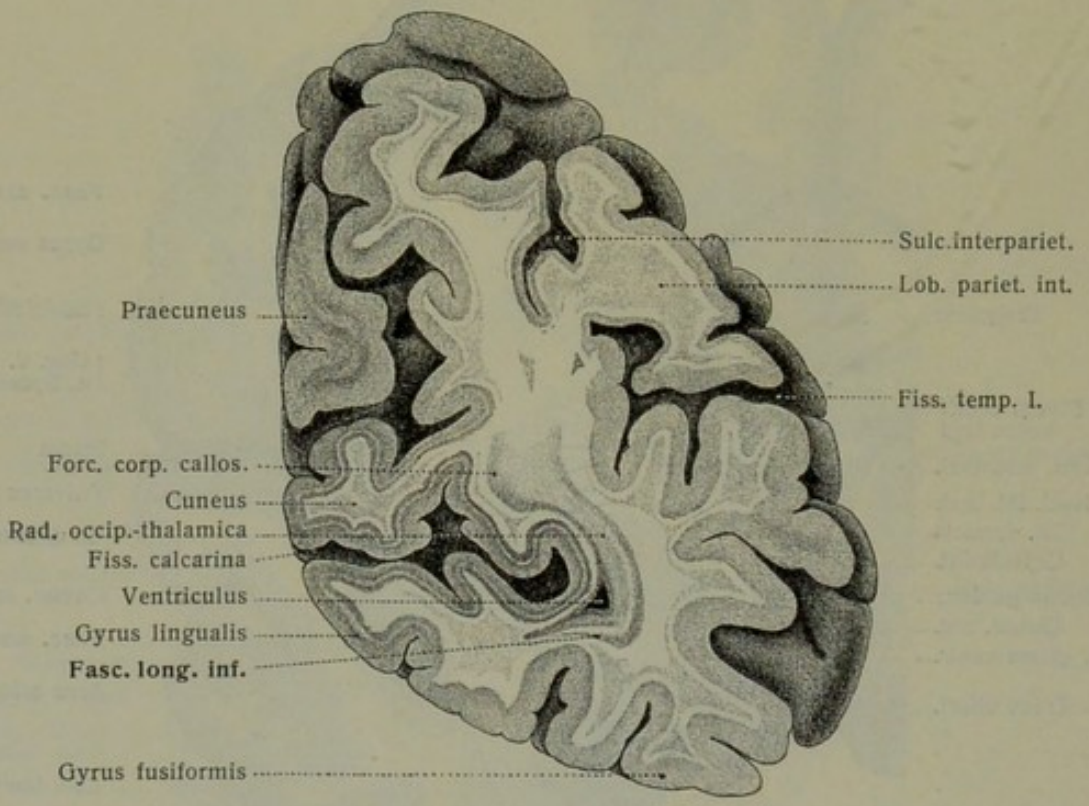
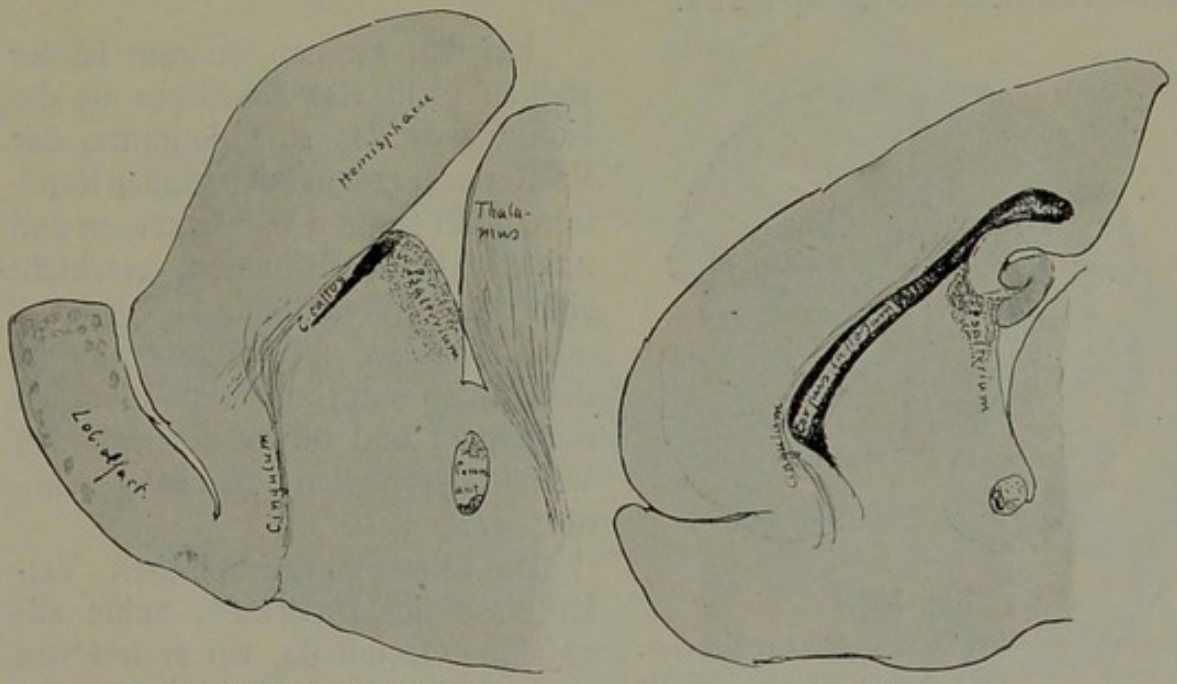


Fig. 384.

Mensch. Occipitallappen. Die äußere Markfaserschicht um den Ventrikel (Stratum laterale externum, bildet den Ausgangspunkt des Fasciculus long. inf.

mit dem Ventrikel macht, liegt eine Gliamasse mit Gefäßen, der Rest eines bei Embryonen sehr mächtigen Organes noch unbekannter Bedeutung. In ihr und um sie herum verlaufen zahlreiche kürzere feine Fasern, die wie jene Gliamasse den Schwanzkern lateral begleiten. Assoziationsbündel des Nucleus caudatus (Fig. 271). Eine sichere Beziehung zum Nucleus caudatus ist nicht nachgewiesen. Mit perforierenden starkfaserigen Bündeln zum Fornix longus zusammen bildet dieser Zug den Fasciculus subcallosus. Fig. 391. Lateral von diesem läßt sich unter dem Balken noch ein zweites netzförmig auf dem Querschnitte aussehendes Feld nachweisen, das auf die ganze Balkenlänge verläuft. Es ist zuerst von Sachs gesehen worden und besteht aus Stabkranzfasern, die hier nach verschiedenen Richtungen

abbiegen und kreuzen. Es handelt sich also hier nur um ein scheinbares Bündel. Aber innerhalb und dorsolateral von ihm liegen noch starke Fasermassen, die aus den Stirnlappen stammend in Teile der Scheitellappen einstrahlen, auch mit den Balkenfasern die Mittellinie überschreitend den Occipitallappen erreichen. Dieser Fasciculus fronto-occipitalis ist noch weniger als die bisher genannten Fasciculi ein geschlossenes Längsbündel, eben weil ihn fortwährend Fasern lateral und dorsal verlassen und andere eben da eintreten. Nur in den seltenen Fällen von Balkenmangel, wo eben die Balkenfasern selbst auf ihrer Seite bleibend Frontal- und Occipitallappen verbinden, kommt es zu einem echten und gut abgeschlossenen Fasciculus fronto-occipitalis, s. u.



Fledermaus, Vespertilio pipistrella Maus

Fig. 385.

Sagittalschnitte durch die Hemisphäre mit dem Balken.

Dieser Faserzug hat lange für einen normalen, bei Balkenmangel erst gut sichtbar werdenden, gegolten, bis Sachs und besonders Schröder den Nachweis erbrachten, daß es sich um eine Mißbildung handelte.

Zu diesen Zügen, welche Teile einer Hemisphäre unter sich verbinden, kommen weiter Fasern, welche eine Hirnhälfte mit der anderen Hälfte verknüpfen, die Kommissurenfasern.

Der

Balken, Corpus callosum

ist ausschließlich Kommissur des Neencephalon. Er liegt immer dorsal vom Psalterium. Diese Definitionen sind wichtig, weil man auch schon Kommissurenfasern, die innerhalb der Commissura anterior verlaufend zu dem am Medialrande der Hemisphäre liegenden Ammonshorne, dem Archipallium, aufsteigen, für Balkenfasern mit abnormem Verlaufe erklärt hat. Siehe S. 400.

Ein unzweifelhafter Balken fehlt noch den Marsupialiern und den Monotremen. Seine ersten Anfänge werden wohl bei den Fledermäusen, Elliot Smith, gefunden. Aber hier und auch bei vielen anderen kleineren Säugern, besonders bei den Nagern, bleibt er vielfach noch recht klein, wenn auch innerhalb der einzelnen Arten schon recht beträchtliche Unterschiede vorkommen. Die Ausdehnung der Balkenfaserung hängt in hohem Maße von der Größe der Hemisphären ab und sie nimmt mit dem Auftreten von Frontal- und Occipitallappen ganz enorm zu.

Die Fasermasse wächst in anteroposteriorer Richtung und erreicht natürlich beim Menschen ihre größte Ausdehnung. Noch hier finden sich je nach der Entwicklung der Stirnlappenfurchung recht bedeutende Größenunterschiede, Spitzka.

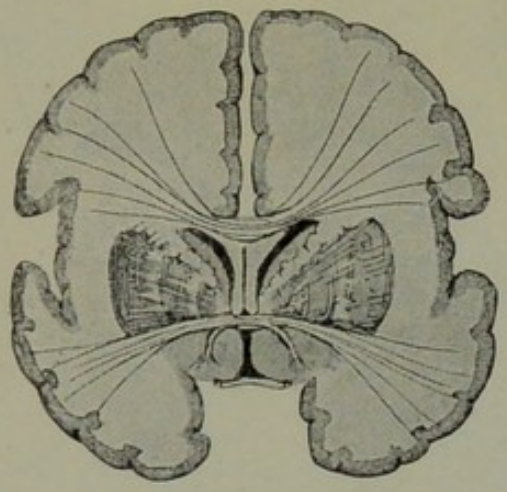


Fig. 386.

Frontalschnitt durch das Vorderhirn des Menschen. Schema des Verlaufs von Balken und Commissura anterior.

Bei den meisten Säugern ist der Balken nicht viel mächtiger als die Kommissur des Archipalliums, das Psalterium; erst bei den großen Raubtieren, bei einigen Wiederkäuern und natürlich bei den Primaten, verschiebt sich dieses Verhältnis.

Am besten, auch degenerativ, ist der Balken natürlich beim Menschen untersucht und die da vorliegenden Verhältnisse sollen zunächst geschildert werden.

Da die makroskopischen Verhältnisse des Balkens, seine allgemeine Gestalt da, wo er frei von anderer Hirnmasse ist, Ihnen, meine Herren, bereits bekannt sind, bleibt mir nur wenig zur Erläuterung der nebenstehenden Fig. 386 zu sagen übrig.

Sie müssen sich denken, daß ebenso wie auf diesem etwa durch das Chiasma geführten Schnitte die Balkenfaserung querziehend zu sehen ist, auch in dem ganzen Hirngebiete über den beiden Seitenventrikeln solche Fasern laufen. Auch vom Stirnlappen her bekommt der Balken jederseits einen kräftigen Zuzug, der ihm vorn über das Dach des Seitenventrikels, an dessen lateraler Seite zuwächst. Die Balkenfasern aus dem Occipitallappen umschließen das Hinterhorn dicht wie eine Kappe. Ihre Strahlung wird als Forceps major bezeichnet. Forceps minor nennt man den in der Umgebung des Unterhornes zum Schläfenlappen ziehenden Anteil des Balkens. Die Wände der Ventrikel werden so von einer Markfaserschicht ausgekleidet, dem Tapetum. Das Vorderhorn wird von Fasern erreicht, die vorn über das Septum wegziehen. Vgl. die Schnitte durch die Balkenfaserung, Fig. 388, 391.

Die von der Innenseite des Gehirnes dargestellte Balkenfaserung zeigt Fig. 387, mit deren Hilfe Sie sich dann leicht eine Gesamtvorstellung von der Balkenstrahlung machen können.

Man darf sich übrigens den Balken nicht etwa als eine Reihe einfach übereinander gelagerter Kommissurenfasern vorstellen, die in der Art der Fig. 386 seitlich ausstrahlen. Solche Fasern gibt es auch, aber es besteht doch der Balken in seiner Hauptmasse aus sich mehrfach

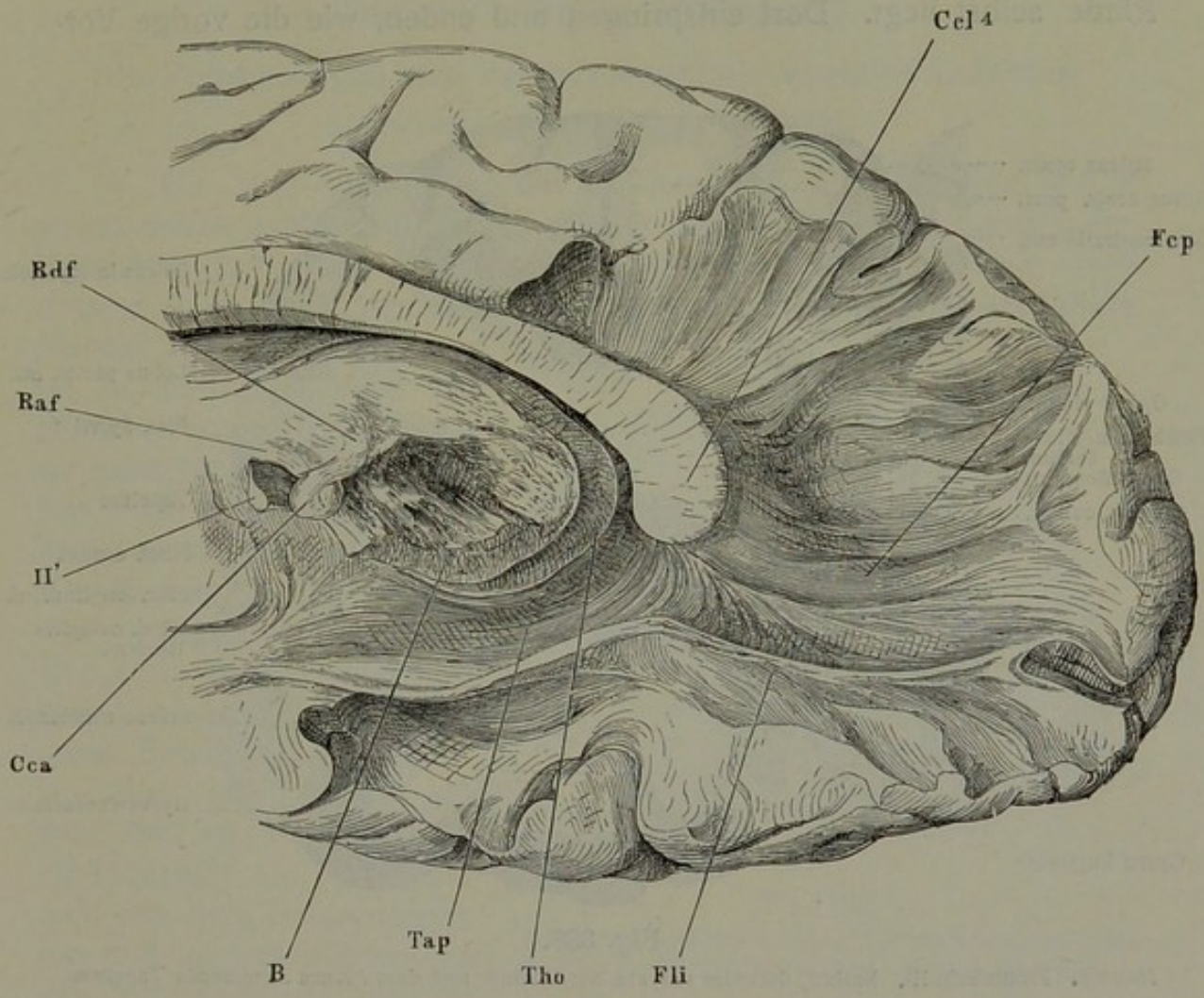


Fig. 387.

Hinterer Teil der rechten Hemisphäre von innen gesehen. Durch Abbrechen mit der Pinzette ist die Strahlung des hinteren Balkenendes, Splenium *Ccl*⁴, dargestellt. Die runde Masse unter dem Balken ist der Thalamus opticus *Tho*. An der Wand des ihn umgebenden Ventrikels das Tapetum *Tap*. Auf dem Bilde ist auch ein Teil des Fasciculus longitudinalis inferior *Fli* zu sehen. Der Thalamus hat unter sich den Hirnschenkelfuß *B*. *Rdf* Vicq d'Azyrsches Bündel, *Raf* Fornix, *Cca* Corpus candicans, *II'* Nervus opticus, *Fcp* Forceps. Nach Henle.

in verschiedenen Richtungen kreuzenden Bündeln und aus solchen, die ihre Tiefenlagerung wechseln. Namentlich haben viele Balkenfasern die Neigung, ehe sie von dem Hauptkörper abgehen, in fast rechtwinkligem Zuge sich ihrem Endpunkte zuzuwenden. Dabei durchbrechen sie vielfach über oder seitlich von ihnen gelagerte andere Balkenschichten. Das gilt auch für die Tapetumfaserung, aus der

mannigfach sich überkreuzende Fasern, rechtwinklig abgehend, nach der Rinde ziehen. Schnopfhagen, Anton-Zingerle, Richter.

Außerdem gehen (S. R. y Cajal) von den Balkenfasern viele Kollaterale ab. Über die Herkunft der Balkenfasern besitzen wir keine sichere Kenntnis. Wir wissen, daß ein Teil atrophiert, wenn die Rinde einer Seite zerstört ist, wissen auch, daß, wenn nur Teile der Rinde ausfallen, eine weitverteilte, nicht ewa eine geschlossene faszikuläre Degeneration eintritt und wissen also, daß das Ursprungsgebiet in der Rinde selbst liegt. Dort entspringen und enden, wie die vorige Vor-

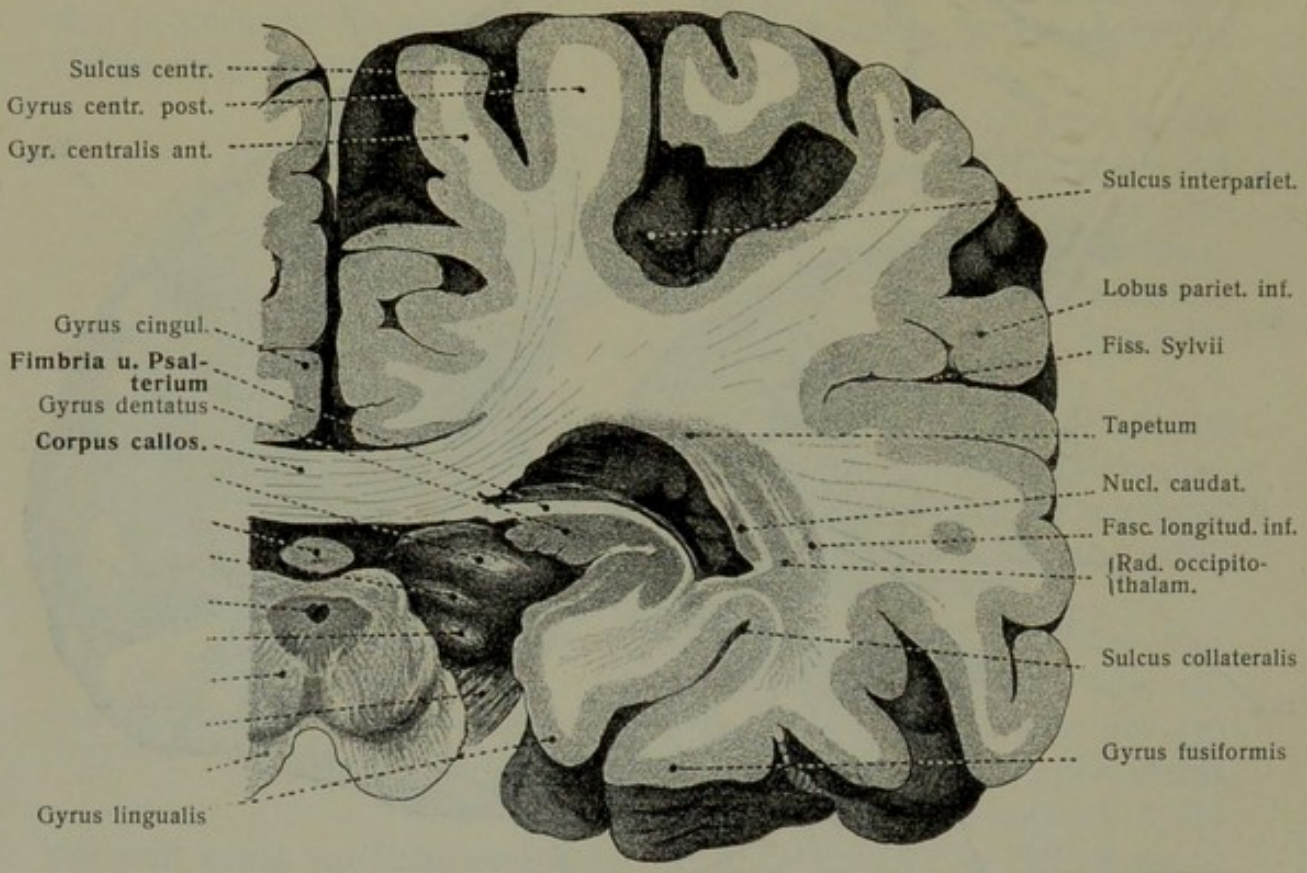


Fig. 388.

Mensch. Frontalschnitt. Balken, darunter das aus der Fimbria und dem Alveus stammende Tapetum.

lesung zeigte, vielerlei Axenzylinder, die der Balkenfaserung angehören könnten. Wie Cajal gezeigt hat, haben gerade die Balkenfasern viele Bifurkationen und zahlreiche Kollaterale, so daß es möglich ist, daß in der Rinde viel weniger Elemente enden und entspringen als innerhalb der Kreuzungsstelle vorhanden sind.

Am kaudalen Balkenende, dem Splenium, endet, wie S. 396 gezeigt wurde, immer die Hauptmasse des Ammonshornes, während eine dünne Verlängerung, die Striae longitudinales Lancisii sich über den Balken bis in das Septum pellucidum fortsetzt.

Unterbrechung der Balkenfaserung erzeugt (Liepmann) Dyspraxie der linken Hand, weil die mit der linken Hemisphäre vorwiegend erlernten

Bewegungen jetzt nicht mehr zweckmäßig der rechten mitgeteilt werden können, von der ja die Innervation der linken Hand abhängt. Aus gleichem Grunde kann Zerstörung frontaler Balkengebiete zu aphatischen Störungen führen. Wie weit bei solchen kaudalen Regionen Sehstörungen auftreten können und welcher psychischen Art diese sind, das wäre noch zu ermitteln.

Einunddreißigste Vorlesung.

Die Verbindungen des Vorderhirnes mit anderen Gebieten. Stabkranz und Capsula interna.

M. H.! Aus allen Teilen der Vorderhirnrinde entspringen und in vielen enden zahlreiche Fasern, welche das Vorderhirn mit den tieferliegenden Teilen des Zentralnervensystems verknüpfen. Sehr viele dringen in das Zwischenhirn ein, andere lassen sich bis zu den grauen Massen des Mittelhirns und bis zu den Nervenkernen der Brücke verfolgen, in denen sie zunächst zu enden scheinen. Eine Anzahl zieht weiter hinab durch die Kapsel, den Hirnschenkel, die Brücke und das verlängerte Mark bis zum Rückenmarke, wo die Fasern in verschiedenen Höhen in die graue Substanz eintreten.

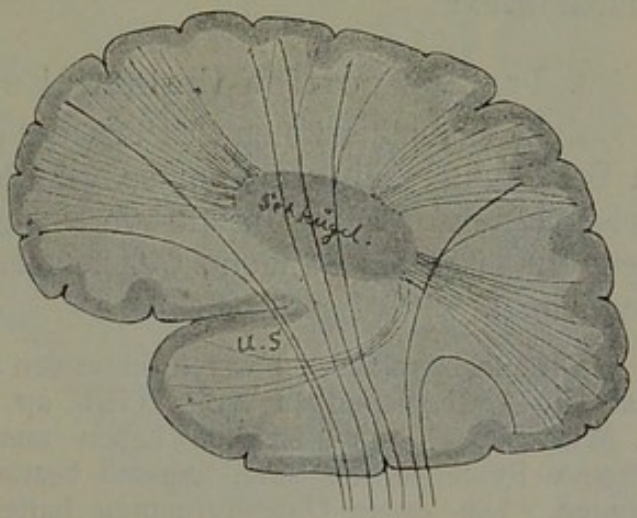


Fig. 389.
Schema der Stabkranzfaserung; der Stabkranz zum Thalamus besonders berücksichtigt. *U. S.* unterer Stiel.

Eine vielleicht noch größere Zahl von Fasern tritt in die Hirnrinde ein. Sie stammen aus dem Palaeencephalon und im wesentlichen aus den dort liegenden Endstätten der Sinnesnerven. Alle diese von der Rinde nach abwärts ziehenden Fasern bezeichnet man in ihrer Gesamtheit als Stabkranz. Sie machen sich kein schlechtes Bild von diesem, wenn Sie sich einmal den Sehhügel losgelöst unter der frei darüber schwebenden Kappe der Hemisphärenrinde denken und nun annehmen, daß von allen Teilen dieser Rinde gegen ihn hin Nervenfasern verlaufen. Von diesen dringen Züge aus dem Stirnlappen, dem Parietallappen, dem Schläfen- und Hirnhautlappen in ihn ein. Vielleicht auch noch Faserzüge aus der Rinde am Eingange der Fossa Sylvii und welche aus dem Ammonshorne (im Fornix verlaufend). Ein anderer Teil der Züge des Stabkranzes geht aber nicht in den Thalamus, sondern strebt an seiner lateralen Seite vorbei, weiter hinab, tieferen Endstationen zu.

Der Stabkranz war früher im wesentlichen nur durch Abfaserung bekannt, erst Meynert hat das, was man bis zu seiner Zeit aus den Erfahrungen von Reil und Burdach wußte, durch die Schnittmethode erweitert. Aber eine wirkliche Sicherung des Gefundenen brachten doch erst die seit 1879 einsetzenden Arbeiten von Flechsig und anderen, welche auf der Markscheidenentwicklung basieren. Flechsig hat zuerst gezeigt, daß die einzelnen Bündel des Stabkranzes sich zu verschiedenen Zeiten entwickeln. Diese überaus fruchtbare Methode ist seitdem von vielen Seiten — Edinger, O. Vogt, Döllken u. v. a. s. unten — benutzt worden. Neben ihr, sie kontrollierend, ihre Resultate oft auch überschreitend, ging die Untersuchung sekundärer Degenerationen nach Rinden- oder Thalamuserkrankungen (v. Monakow, Henschen, Déjerine, Quensel u. v. a.). Und schließlich haben Wernicke, Sachs, Déjerine u. v. a. versucht, am reifen Gehirn mit der Markscheidenfärbung die einzelnen Faserzüge zu verfolgen. Diese Untersuchungen sind noch in vollem Flusse.

Die Stabkranzfaserung ist am besten für den Menschen bekannt. Aber die meisten da gefundenen Systeme sind bei Hund, Katze und Affe auch bereits nachgewiesen.

Bis jetzt kennen wir im wesentlichen die folgenden Hauptteile des Stabkranzes:

I. Tractus cortico-thalamici und thalamo-corticales.

Zum Thalamus treten fast aus der ganzen Rindenoberfläche Fasern in Beziehung und nicht nur so wenige Bündel, wie das vorstehende Schema zeigt. Diese Fasern vereinen sich nahe am Sehhügel zum Teile zu dichteren Bündeln, welche man als Stiele des Sehhügels bezeichnet.

Diese Einstrahlungen waren schon den älteren Hirnanatomen bekannt, aber erst die Untersuchungen von Nißl an Kaninchen und die Erfahrungen v. Monakows am Menschen haben uns belehrt, daß es immer ganz bestimmte Rindenpartien sind, die mit bestimmten Thalamuskernen zusammenhängen. Die ersten Untersuchungen hatten nur Fasern kennen gelehrt, die aus der Rinde stammen, aber gerade v. Monakow zeigte dann, daß ein großer Teil aus dem Thalamus rindenwärts zieht. Experimente von Probst, Sachs u. a. haben unsere Kenntnisse hier vervollständigt und die entwicklungsgeschichtlichen Studien von Flechsig sowie die pathologisch-anatomischen seiner Schüler (Quensel u. a.) haben vieles neu zugefügt und anderes fester begründet.

1. Die sensible Bahn entspringt im lateralen und ventralen Thalamus, also gerade da, wo aus dem Rückenmarke und dem verlängerten Marke aufsteigend die Bahnen für das Gefühl enden. Deshalb dürfen wir in ihr die Fortsetzung eines beträchtlichen Teiles des sensiblen Apparates bis in Rinde erblicken. Sie endet im wesentlichen in der hinteren Zentralwindung und ihrer Umgebung. Die Fasern erreichen nach Verlassen des Thalamus die Rinde einmal ganz direkt durch die Capsula interna, dann aber zu gutem Teile auch unter Passierung der Laminae medullares zwischen den Innengliedern des Linsenkernes, wo sie sich dann an der dorsalen Linsenkernkante wieder mit den direkt

verlaufenden Fasern vereinen. Die Züge sind nächst dem Olfaktorius die ersten, welche sich im Großhirne mit Mark umgeben. Sie allein sind bei Föten aus dem 8. bis 9. Monate als dünne, weiße Züge in der inneren Kapsel, die zu dieser Zeit grau aussieht, zu erkennen (Fig. 390).

Über den in entgegengesetzter Richtung ziehenden Faserzug bestehen noch Meinungsverschiedenheiten. Die Mehrzahl der Autoren, auch meine Erfahrungen sprechen dafür, lassen ihn im Thalamus enden. Flechsig aber meint, daß Anteile als absteigende Fasern der Schleife bis in die Kerne der Hinterstränge gelangen. Man hat allerdings nach großen Rindenherden in der medialen Schleife bis in die Olivengegend hinunter Aufhellung gesehen, aber mit den eigentlichen Degenerationsmethoden ist noch keine sichere absteigende Entartung festgestellt, die weiter als bis in den Thalamus ginge. Vielleicht handelt es sich bei jenen Aufhellungen des Areals der medialen Schleife um eine Art Atrophie durch Nichtgebrauch.

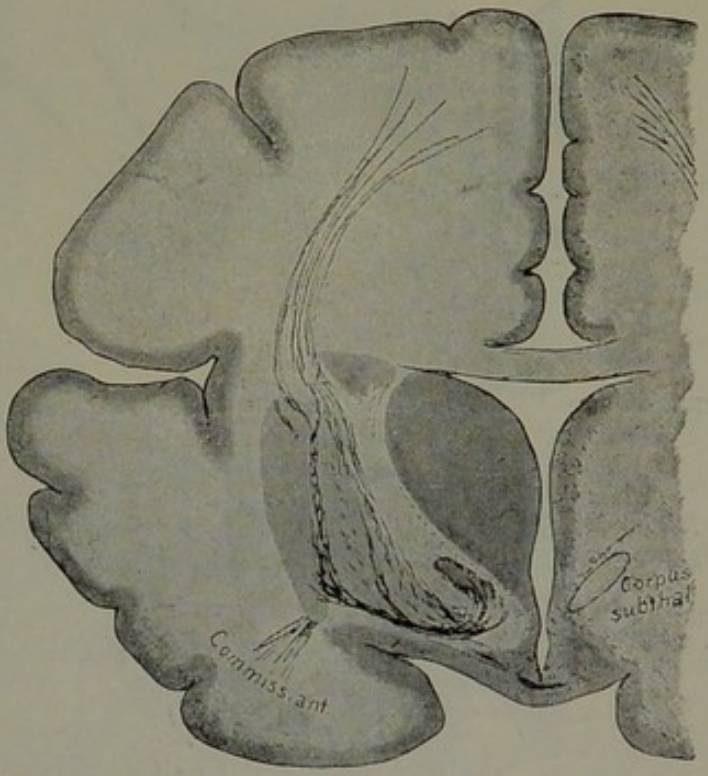


Fig. 390.

Frontalschnitt durch das Gehirn eines Fötus von etwa 32 Wochen. Alle markhaltigen Fasern durch Hämatoxylin schwarz gefärbt. Sensible Bahn (oben), Linsenkernschlinge (unten) und vordere Kommissur (außen unten) sind markhaltig.

Die sensible Faserung zu der Großhirnrinde aus dem Thalamus endet wahrscheinlich in einem sehr viel ausgedehnteren Gebiete als es für ihre Hauptmasse eben angegeben wurde. Denn es treten kaum je nach Rinden oder Markfelderkrankungen totale halbseitige Gefühlstörungen ein. Erst wenn in der Gegend, wo die Bahn aus dem Thalamus tritt, oder in diesem selbst eine Zerstörung erfolgt, wird die gekreuzte Körperhälfte gefühllos. Herde, welche die Bahn nicht zerstören, sondern reizen, können zu halbseitigen, sehr heftigen Schmerzen führen. Derlei wird nicht selten nach Apoplexien beobachtet.

2. Die Sehstrahlung. Im kaudalen Gebiete des Thalamus liegen das Pulvinar und das Geniculatum laterale, mit dem vorderen Vierhügel die primären Endstätten des Sehnerven. Auch aus und zu ihnen sind die kortikalen Züge wohl bekannt. Sie ziehen, aus dem Marke des Hinterhauptlappens sich sondernd, in fast horizontaler Richtung vorwärts und enden in Gangliengruppen des kaudalen Tha-

lamusgebietes. Auf Fig. 395 ist dieser Tractus occipito-thalamicus, die „Gratioletsche Sehstrahlung“ nach einem Horizontalschnitte durch das Gehirn eines neunwöchigen Kindes eingezeichnet.

Dicht an den palaeencephalen Endstätten des Sehnerven, in dem Mark, welches das Corpus geniculatum laterale seitlich umgibt, liegen natürlich die Stabkranzfasern zu und aus der Rinde dicht beieinander, so wie es in Fig. 391 auch zu sehen ist. Weiter rückwärts aber, auf dem Wege zum Hinterhauptlappen, werden sie durch eintretende Hirn-

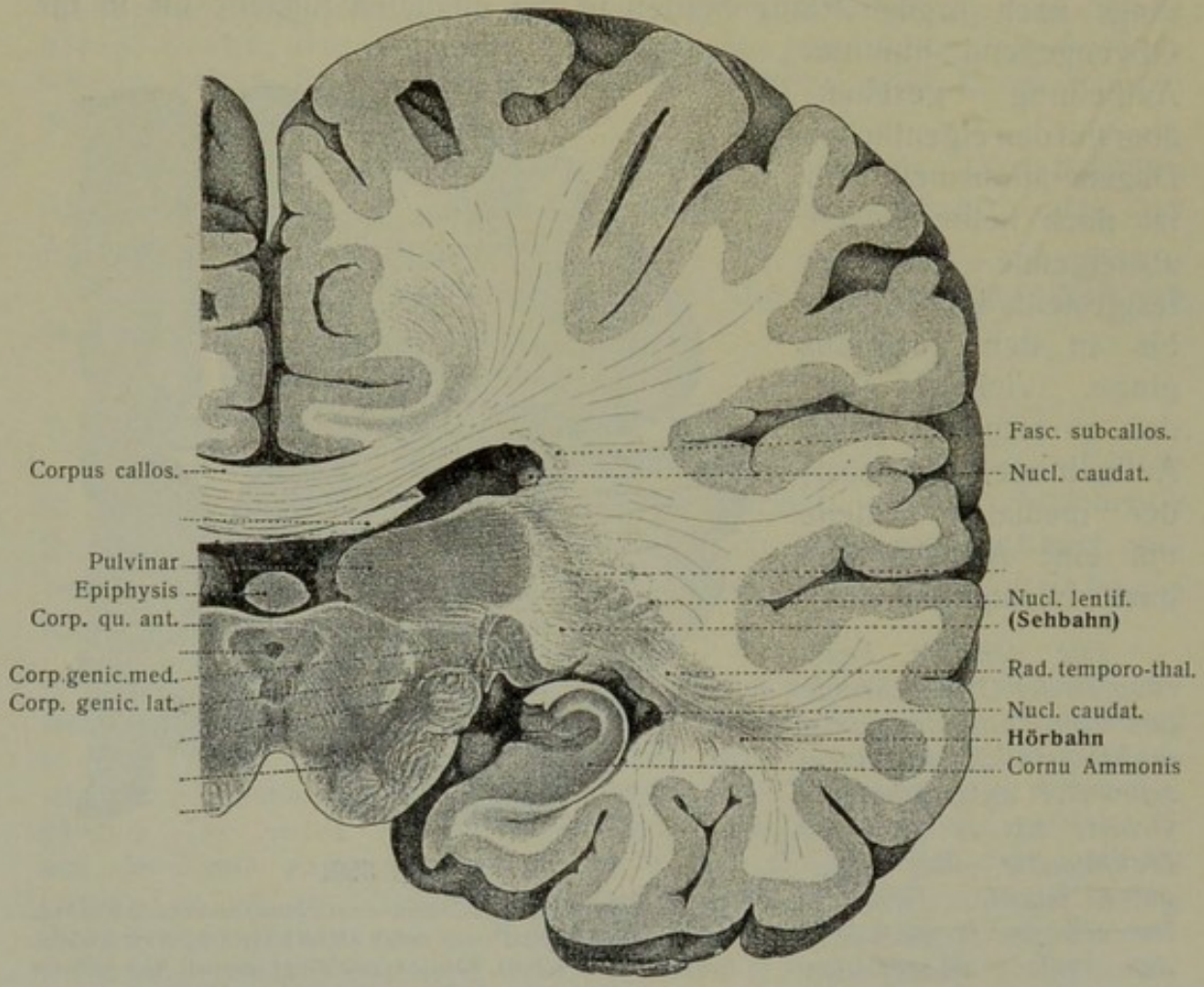


Fig. 391.

Kaudalster Abschnitt der Capsula interna. Die zentrale Sehbahn und die zentrale Hörbahn nahe ihren Ursprungzentren.

bahnen anderer Herkunft mehr und mehr voneinander gesondert, und es liegt schließlich, wie Fig. 392 u. 393 zeigen, lateral vom Ventrikel ein mediales Bündel von einem lateralen getrennt. Das mediale, Stratum sagittale internum, wird vom Ventrikel noch durch die Balkentapete geschieden. Es enthält in seinen frontalen Abschnitten noch vielerlei Fasern aus den Parietal- und Occipitallappen. Weiter kaudal aber besteht es im wesentlichen aus Fasern, welche aus dem Occipitallappen stammen und in den Optikuszentren endigen. Schon aber sind ihm, namentlich in seinen ventraleren Abschnitten,

Fasern beigemengt, welche jenen Endstätten selbst entstammen und in der Rinde endigen. Die Mehrzahl dieser letzteren Fasern verläuft allerdings, wie zuerst Flechsig gezeigt hat, innerhalb des Stratum sagittale externum, Fig. 393, einem sonst recht komplexen Gebilde, denn dieses Stratum enthält, wie S. 485 dargelegt ist, auch zahlreiche Bahnen, welche zwischen Schläfen- und Hinterhauptlappen einherziehen und stellt im wesentlichen den kaudalen Ausläufer des Fasciculus longitudinalis inferior dar. Über keinen einzigen Stabkranzanteil besitzen wir eine so ungeheure Literatur, wie über diese beiden Strata sagittalia. Natürlich sind beiden Teilen der Sehstrahlung viele Fasern,

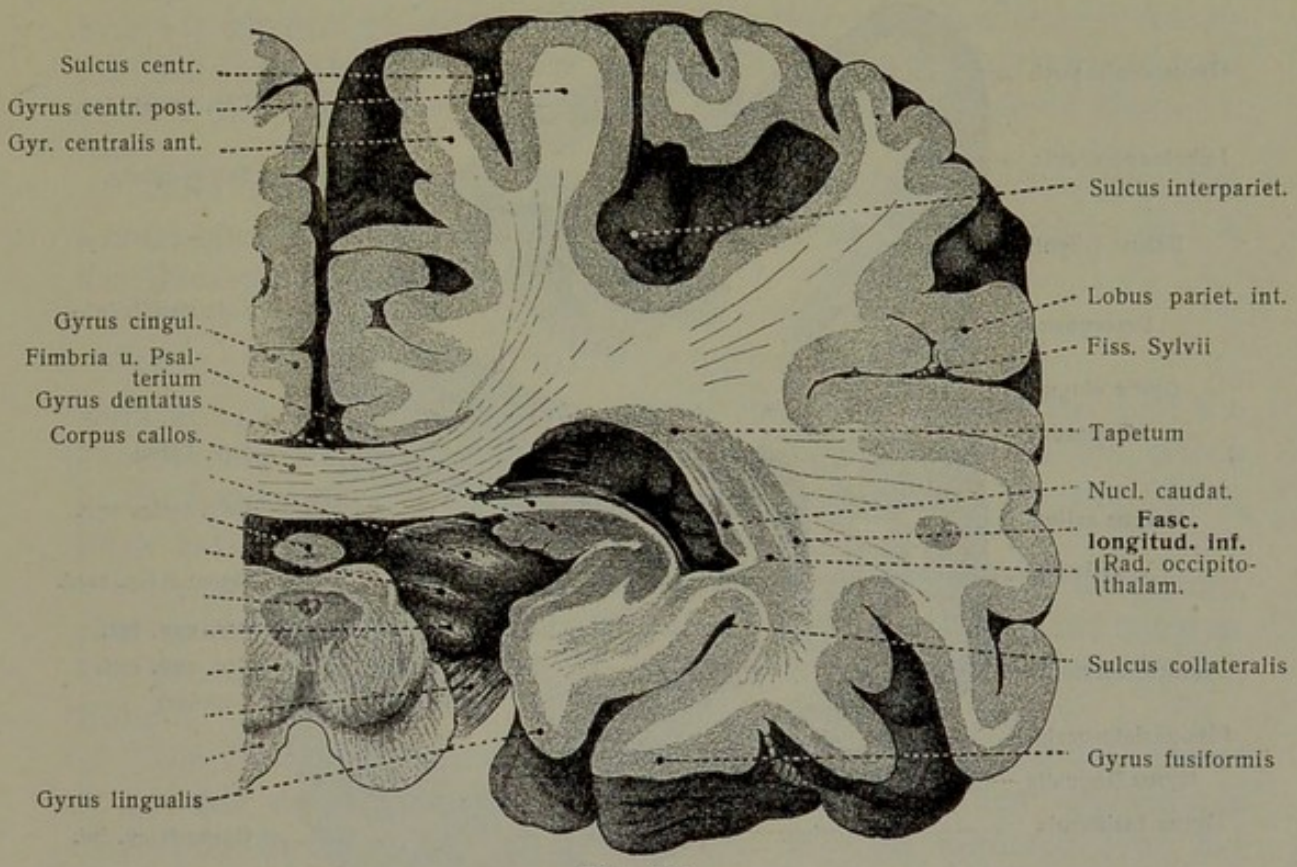


Fig. 392.

die nicht direkt zu ihnen gehören, beigemengt, und das hat die Klarstellung wesentlich erschwert.

Die Endstätte der Strahlung aus den primären optischen Zentren, also der lateraleren ist jedenfalls, darüber lassen die sorgsamen Untersuchungen von Henschen keinen Zweifel mehr, die Rinde in der Umgebung des Sulcus calcarinus, dieselbe, welche jenen Viq d'Azyr'schen Streifen trägt und oben bereits als Sehrinde bezeichnet wurde. Wahrscheinlich entspringt auch die medialere Faserung hier. Deshalb kann man diese Gegend wohl als Sehzentrum bezeichnen und es wohl verstehen, daß ihre Zerstörung Hemianopsie zur Folge hat. Es besteht aber deshalb Monakows Ansicht doch zu Recht, daß für unser psychisch so vielfach

kompliziertes erkennendes Sehen nicht nur dieses enge Gebiet in Betracht kommt, daß vielmehr die Rinde in der weiteren Umgebung, ja wohl die Rinde des ganzen Hinterhauptpoles dem Sehakte dienstbar ist.

II. Tractus cortico-mesencephalici und mesencephalocorticales.

Hier handelt es sich im wesentlichen um die sekundäre Hörnervenstrahlung. Bis hinauf zu den Ganglien des Mittelhirnes

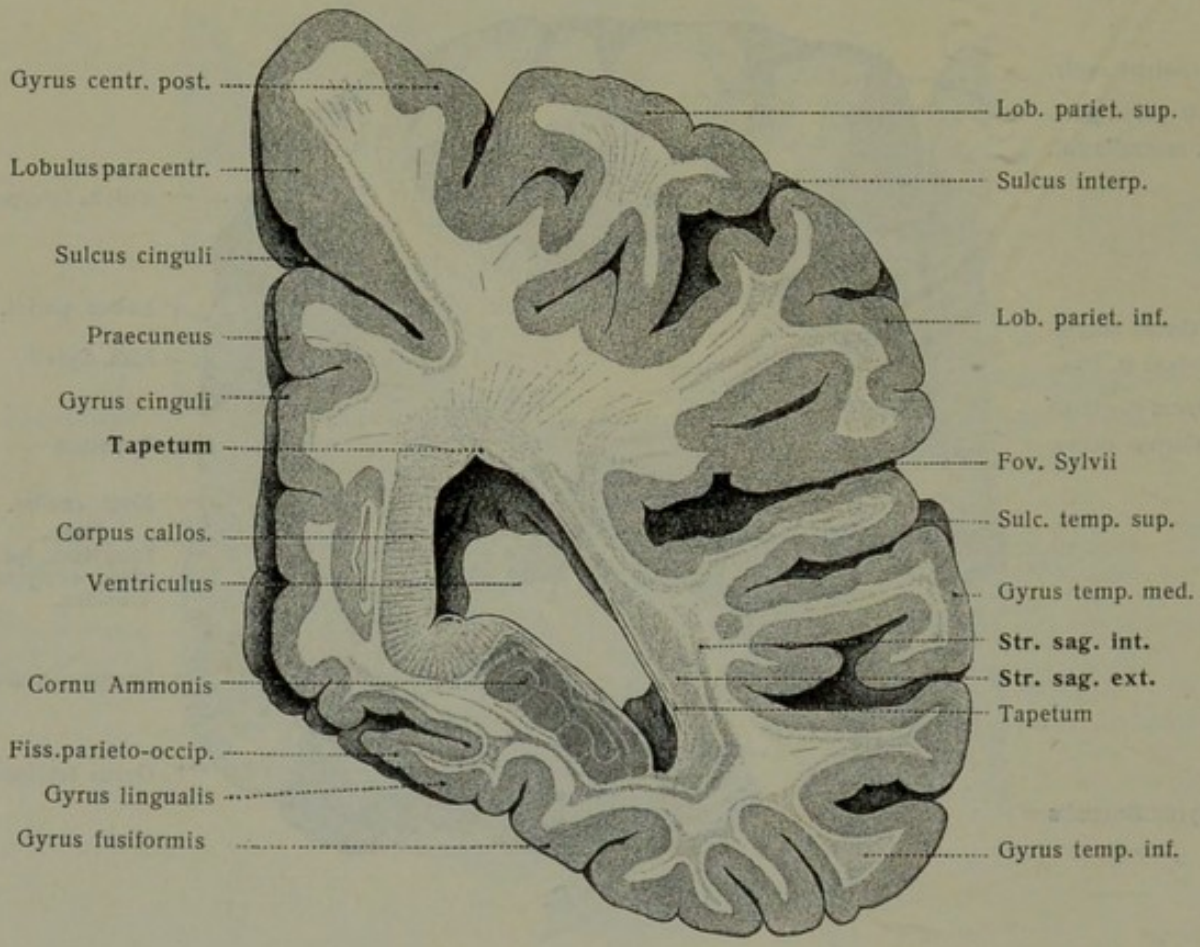


Fig. 393.

Frontalschnitt durch den Occipitallappen.

ragt die aus den Endkernen des Akustikus stammende Faserung. Dort endet sie zunächst, aber aus den Endstätten entwickelt sich der kortikale Traktus. Fasern aus dem hinteren Vierhügel wahrscheinlich und sicher solche aus dem Corpus geniculatum mediale gelangen in die Rinde der Gyri temporales transversi posteriores an der Dorsalseite des Schläfenlappens, die Fig. 354 abgebildet sind und enden da, wie die entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen von Flechsig klar ergeben. Die Erfahrungen, welche Degenerationen lieferten, Monakow u. a., sprechen dafür, daß auch Teile der ersten, vielleicht auch der

zweiten Temporalwindung an der Außenseite des Schläfenlappens von dem Geniculatum her erreicht werden.

Ob auch von ebenda Fasern rückwärts in das Mittelhirndach und das Geniculatum ziehen, das ist unbekannt. S. Fig. 391.

Gelegentlich behauptet und immer wieder bestritten werden Fasern zwischen vorderem Vierhügel und Occipitallappen, die der Sehstrahlung angehören. Dagegen sind s. S. 301 einzelne Fasern aus der ganzen Parietalrinde bei Affe und Katze (Horsley) hierher verfolgt.

Die Hauptmasse des Stabkranzes zum Mittelhirn stellt nach ihrem ganzen anatomischen Verhalten die Bahn dar, welche den Gehörapparat mit den mächtigen Zentren des Schläfenlappens zunächst, dann aber durch dessen Assoziationsbahnen mit einem guten Teile des übrigen Gehirnes verbindet. Auch die klinische Erfahrung spricht dafür.

Aber damit ist die kortikale Faserung noch nicht erschöpft. Ihre kaudalsten Ausläufer gelangen in die Brücke, in die Oblongata und in das Rückenmark.

III. Die Tractus cortico-pontini

zerfallen in die frontale Brückenbahn aus dem Stirnlappen und die kaudale aus dem Occipital- und Temporallappen. Die Fasern enden in der Brücke um mächtige Ganglien, aus denen dann Arme zum Kleinhirne entspringen (Flechsig).

Beide Bahnen sind schon sehr lange durch Abfaserung dargestellt, aber später entwicklungsgeschichtlich und degenerativ gesichert worden. Die Frontalbahn heißt auch Arnoldsches, die kaudale Türcksches Bündel.

Die Stirnhirnbrückenbahn entspringt im wesentlichen (Quensel u. a.) aus der oberen Stirnwindung und der vor dem Balkenknie liegenden Medialwand der Hemisphäre. In dem vorderen Knie der Capsula interna, durch das sie abwärts dem Hirnschenkelfuß zuzieht, gesellen sich ihr Fasern aus dem Operculum, vielleicht auch aus der Sprachregion hinzu. Im Hirnschenkelfuß nimmt sie, wie Fig. 394 zeigt, eine mediale Lage ein.

Die kaudalere Bahn zur Brücke entspringt aus Teilen des Schläfenlappens, besonders der zweiten und dritten Windung und wohl auch aus von jenen nicht scharf abscheidbaren Gebieten des lateraleren Occipitallappens. Im Hirnschenkelfuß bildet sie die lateralsten Bündel.

IV. Tractus cortico-bulbares.

Zu den Kernen der beim Sprechen notwendigen Nerven in der Oblongata gelangt die Sprachbahn. Ihr Ursprung in der Rinde der unteren Frontalwindung, ihr Verlauf durch das Marklager außen am Schwanze des Nucleus caudatus dahin, als dorsalstes Bündel der Cap-

sula interna, ihre Lage im Hirnschenkelfuß (Tractus cortico-bulbaris s. S. 212 und Fig. 289), dann ihre Endigung in den betreffenden Kernen ist aus genau sezierten, klinisch beobachteten Fällen erschlossen. Kontinuierlich anatomisch dargestellt ist sie noch nicht. In ihr liegen höchstwahrscheinlich die kleinen Züge, welche der willkürlichen Stimmbandbewegung dienen. Die Sprachbahn liegt da, wo sie über den vorderen Teil des Nucleus lentiformis dahinzieht, der zentralen Hypoglossusbahn sehr nahe.

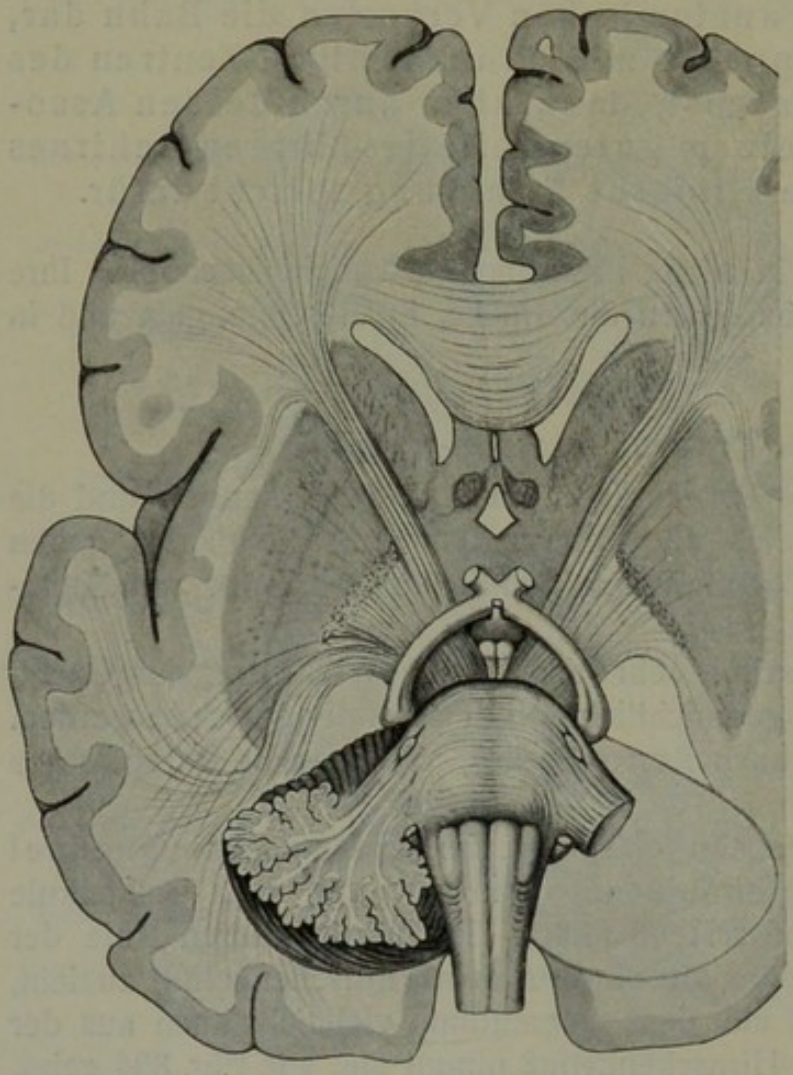


Fig. 394.

Die Tractus cortico-pontini. Halbschema eines Abfaserungspräparates.

Klinische Erfahrungen — ich habe nach einem ganz kleinen einseitigen Herde im Marklager doppelseitige Hypoglossus- und Sprachlähmung gesehen — lassen es sehr wahrscheinlich erscheinen, daß jede Hemisphäre mit dem gleichseitigen und dem gekreuzten Kernapparat der Oblongata verbunden ist. Dasselbe haben Versuche von Horsley und Semon für die Stimmbandnerven nachweisen können. Es ist seitdem mehrfach bestätigt worden.

V. Die Tractus cortico-spinales.

Die Pyramidenbahnen des Rückenmarkes, die wahrscheinlich alle Säuger haben, entstammen nur der Rinde der vorderen Zentralwindung. Sie ziehen hinab bis in die Seiten- und Vorderstränge des Rückenmarkes und sind S. 192 u. 144 näher beschrieben.

Es existieren zweifellos noch eine ganze Anzahl verschiedener Stabkranzsysteme. Für Untersuchungen, die auf ein Finden solcher gerichtet sind, bilden Gehirne mit frischen apoplektischen Herden ein vortreffliches Material. Ca. drei Wochen nach dem Eintritte eines solchen Herdes wird man bei Anwendung der Marchischen Osmiummethode immer absteigend degenerierende Faserzüge finden können, die weitab vom Herde dahinziehen.

Wenn man die Gesamtmasse der Stabkranzfasern betrachtet, so erscheint sie gering verglichen mit der Ausdehnung der Gehirnrinde. Flechsig, der in einer großen Anzahl embryonaler und kindlicher Gehirne die Markscheidenbildung studiert hat, kam zu dem Schlusse, daß nur wenige Rindengebiete nennenswerte Stabkranzfasermassen aussenden, daß aber 1/3 der Hemisphärenoberfläche zwar in den Thalamus spärliche Fasern senden, sonst aber nur von Fasern erfüllt sind, die sie in sich und mit den nahen Stabkranzfasern aussendenden Gebieten verbinden.

Schon vor der Geburt umhüllen sich die sekundären und tertiären Riechbahnen, größere Teile der Ammonsformation und auch Teile des Gyrus fornicatus mit Mark und außerdem sind da schon vom Thalamus her die Züge der Haubenfaserung zur hinteren Zentralwindung hinaus mit Markscheiden umhüllt worden. In den ersten Lebenswochen entwickeln sich die Fasern der Pyramidenbahn aus der vorderen Zentralwindung kaudalwärts und im Laufe des ersten Quartals folgen die Bahnen zur Rinde des Cuneus und der ersten Occipitalwindung, dem Gebiete, in welches wir die Sehzentren verlegen, und in die Querwindungen des Schläfenlappens, die vielleicht dem Gehörsinne zugeordnet sind. Ein geringer Teil der Sinneszentren, so die erste Schläfenwindung, erhält sein Mark erst 1—2 Monate nach der Geburt.

Die erwähnten Areale sind alle solche, welche Störungen mit Ausfall von Sinnesfunktionen beantworten. Flechsig nennt deshalb diese Gegenden Sinnesphären und spricht nur diesen einen wesentlichen Stabkranz zu. Es scheint, daß zu jeder dieser Sinnesphären Fasern in Beziehung treten, die da enden und solche, die da entspringen. Wenigstens umscheiden sich immer einige Teile ihres Stabkranzes cortico-petal, andere cortico-fugal.

Von den „Sinneszentren" möchte Flechsig scharf einige Hirnteile trennen, welche keine oder relativ wenig Stabkranzfasern aufnehmen und zu wesentlich späteren Zeiten ihre Markscheiden ausbilden. So erhalten die obere und die mittlere Stirnwindung, dann die mittlere und untere Schläfenwindung, ferner die untere Parietalwindung und ein Stück des Gyrus fornicatus ihr Mark erst 3—4 Monate nach den vorhin genannten Hirnteilen. Diese und einige andere Rindengebiete, welche schon etwas früher ihr Mark erhalten, nennt Flechsig Assoziationszentren, weil sie im wesentlichen nur Assoziationsfasern, die aber auch in allen anderen Zentren nicht fehlen, enthalten. Diese Assoziationszentren, welche fast 2/3 der Hirnoberfläche einnehmen, sind zur Zeit der Geburt alle noch marklos. Fast der ganze Stirnlappen, der größte Teil des Scheitel- und Hinterhauptlappens und die ganze Insel bestehen nur aus solchen Assoziationszentren.

In außerordentlich sorgsamen, an großem Materiale angestellten Untersuchungen, hat Flechsig nun versucht, nicht nur diese Hauptzonen abzugrenzen, sondern auch für jede Hirnstelle die Zeit der Mark-

reifung zu ermitteln, die einzelnen Stabkranzbündel je nach ihrer Reifung abzuscheiden und so eine Kenntnis derselben in viel weiterem Maße zu bekommen als wir sie bisher haben. Diese Untersuchungen sind noch nicht abschließend veröffentlicht und was veröffentlicht ist, hat auch da und dort schon lebhaften Widerspruch gefunden. Die ganze Materie harrt also noch des definitiven Abschlusses. Flechsig hat an der Oberfläche des Gehirnes über 40 verschiedene Felder je nach der Zeit des zu ihnen reifenden Markstrahles abgeschieden. Diese decken sich zum Teile mit den von Brodmann s. S. 471 gefundenen verschieden gebauten Rindenfeldern. Für einzelne dieser Felder ist eine besonders lebhafte Diskussion entstanden. So rechnet Flechsig z. B. den Gyrus angularis nicht zu den Sinnesfeldern, weil er nicht nennenswerten Stabkranz empfange oder aussende. Von Monakows u. a. Untersuchungen haben aber einen Stabkranz auf degenerativem Wege ermittelt, so daß die Stellung des Gyrus angularis eine andere wäre als Flechsig ihm zuteilt. Die ganze Materie ist also noch im Flusse. Wie sich das Endergebnis für die Einzelfragen aber auch gestaltet, die allgemeine Einteilung in Sinnes- und Assoziationssphären muß als ein wesentlicher Gewinn betrachtet werden.

Die Markentwicklung im Großhirn der Säuger scheint nach den Untersuchungen von Döllken der beim Menschen recht ähnlich zu sein. Hunde, Katzen, Kaninchen, Ratten, Mäuse, Meerschweinchen hat er untersucht. Die Reihenfolge der Markentwicklung ist überall ziemlich dieselbe, die Zeit für die einzelnen Tiere eine etwas verschiedene. Vor dem 8. Tag ist bei dem Hund und der Katze noch kein Faserzug im Großhirn markhaltig, dann entwickeln sich zunächst Faserzüge zur Gegend der Zentralwindung, und sehr bald danach das ganze System des Olfaktorius, Fornix, der Ammonshörner, sowie ein Teil des Cingulum. Um den 11. oder 12. Tag beginnt die Sehstrahlung markhaltig zu werden, gegen den 20. Tag hin werden Teile des Balkens und auch einzelne frontalere Windungsgebiete markhaltig. Hier entwickeln sich auch zwischen 18. und 20. Tag zuerst Assoziationsfasern zwischen zwei Windungen. Im ganzen reifen die Hunde 1 bis 2 Tage später als die Katzen; bei beiden sind bis zum 18. Tag nur isolierte Fasersysteme im Großhirn sichtbar.

Sie sehen, schon die kurze Beschreibung, welche ich Ihnen von den im Markweiß verlaufenden Zügen hier gebe, läßt dieses als recht kompliziert gebaut erscheinen. In der Tat zeigen Schnitte, an irgendeiner Stelle angelegt, nie oder fast nie eines der Systeme allein, fast immer sind mindestens durchkreuzende Fasern, aus den Assoziationsbündeln oder auch aus dem Balken stammend, oder aus den anderen Kommissurensystemen, vorhanden, vielleicht spielen auch die Kollateralen, deren Abgang aus Fasern des Stabkranzes bei der Maus leicht durch die Golgimethode nachweisbar ist, hier eine Rolle bei der Komplizierung. Immerhin erkennen Sie, wie sich das Hirnbild belebt, wenn Sie sehen,

daß zu den einzelnen Rindenarealen ganz bestimmte Faserzüge aus ganz bestimmten Punkten des Palaeencephalon geraten und daß andere oder die gleichen Fasern in dieses senden.

Auf ihrem Wege nach abwärts treten die Stabkranzfasern in wichtige topographische Beziehungen zu dem Corpus striatum und dem Thalamus.

Sie konvergieren naturgemäß und gelangen so in den Raum lateral vom Thalamus. Die Fasern aus den Frontallappen müssen, um dahin zu kommen, das Corpus striatum durchbrechen. An dem nachstehenden, horizontal durch das Großhirn gelegten Schnitte der Fig. 395 wird Ihnen das klar werden.

Er ist etwa einen Finger breit unter dem in Fig. 42 gezeichneten angelegt. Sie müssen sich vorstellen, daß die beiden Halbkugeln der Hemisphären zum Teile abgetragen sind, und daß deren Stabkranzfaserung in den knieförmig gebogenen weißen Streif der inneren Kapsel von oben her zog. Die Anteile der Kapsel aus dem Stirn- und Hinterhauptlappen fallen zum Teile in die Schnittebene.

Nur wenige Worte zur Erläuterung dieses Schnittbildes. Stirnlappen, Hinterhaupt- und Schläfenlappen erkennen Sie sofort. Der letztere legt sich vor den Stirnlappen und verbirgt so zum Teile die Insula. Wie in Fig. 42, sehen Sie vorn den quer abgeschnittenen Balken, ihm sich anschließend das Septum pellucidum, an dessen hinterem Ende die Fornixsäulen aufsteigen.

Vorn, nach außen vom Septum, liegt der angeschnittene Kopf des Nucleus caudatus. Sein Schwanz, der auf Fig. 42 längs dem Thalamus einherzog, ist nicht zu sehen. Er ist in der weggenommenen Hirnpartie enthalten. Nur ganz hinten außen, nahe am Ammonshorne, sehen Sie noch ein Stück von ihm. Die Fasermasse, welche den Schwanzkernkopf von dem Corpus striatum trennt, heißt vorderer Schenkel der inneren Kapsel. Hinter dem Nucleus caudatus geht der Horizontalschnitt durch den Thalamus. Vor diesem ziehen die Fornixsäulen in die Tiefe. Nach außen vom Thalamus liegt zwischen ihm und dem Striatum der hintere Schenkel der inneren Kapsel. Die Stelle, wo beide Schenkel zusammenstoßen, hat man Knie der Kapsel genannt. Die Lage der einzelnen Stabkranzteile in den beiden Winkelarmen ist wahrscheinlich annähernd konstant und deshalb klinisch überaus wichtig. Im frontalen Schenkel liegen im wesentlichen außer Stabkranzfasern zum Thalamus die frontopontinen Bahnen. Ihre Unterbrechung hat Störungen in der Cerebellarfunktion zur Folge, weil sie der mächtigste Zufluß sind, den das Neocerebellum erhält. Außerdem beeinflußt sie in noch nicht völlig geklärter Weise unser willkürliches überlegtes Handeln.

Dicht am Knie muß die zentrale Sprachbahn mit der Hypoglossus- und der zentralen Antlitzbahn liegen, wenn die Schlüsse, die wir aus

klinisch-pathologischen Befunden ziehen dürfen, gerechtfertigt sind und hinter dem Knie liegt, einen Teil des hinteren Schenkels einnehmend, die Faserung aus der vorderen Zentralwindung zum Rückenmarke, die Pyramidenbahn.

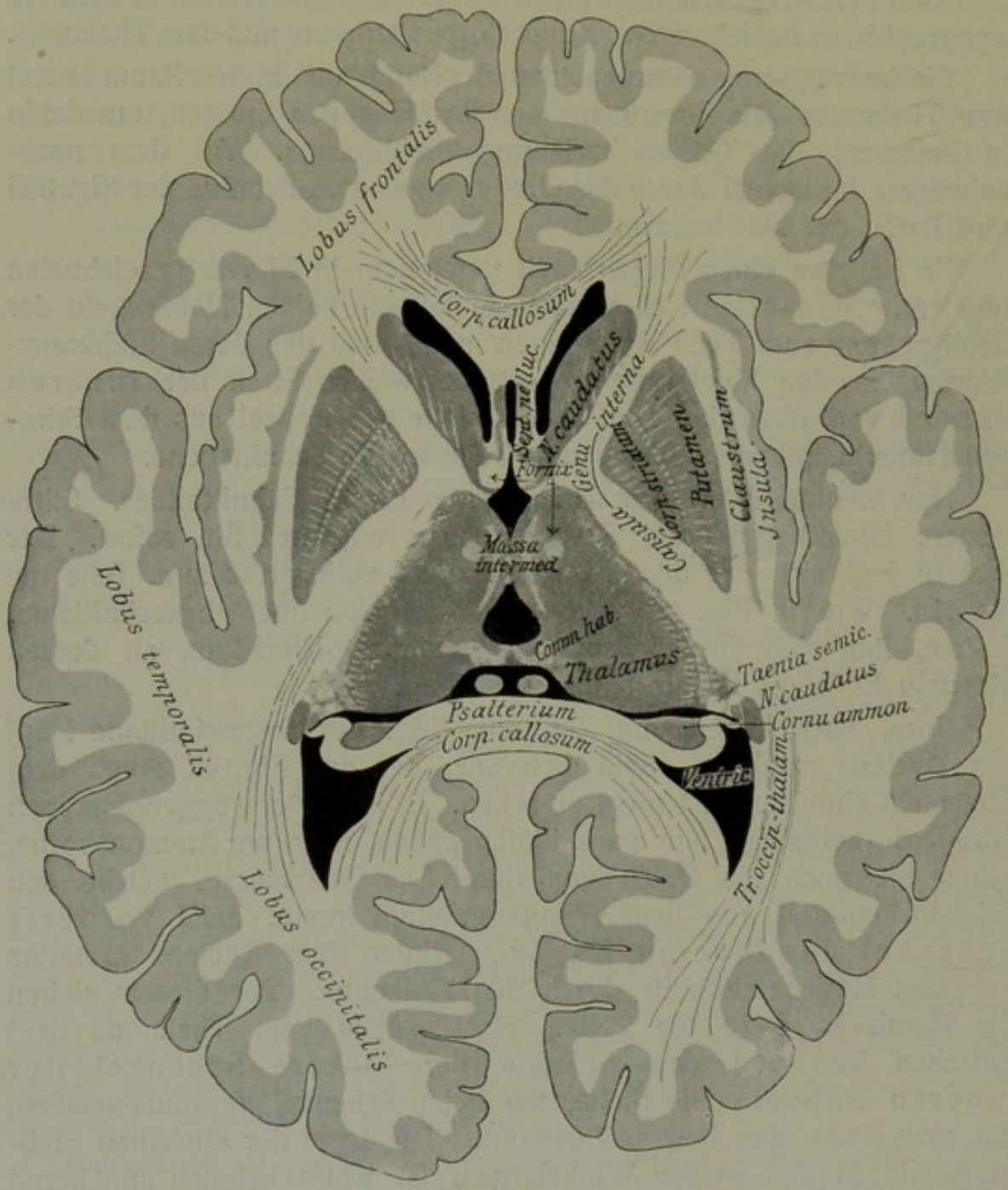


Fig. 395.

Horizontalschnitt durch das Gehirn, nach den Seiten etwas abfallend.

Wenn die von Beevor und Horsley durch elektr. Reizung der Capsula interna bei einem Orang gefundenen Lageverhältnisse auch beim Menschen zutreffen, dann liegen die Einzelbahnen dieses Feldes von vorn nach hinten in folgender Ordnung: Schulter, Ellbogen, Handgelenk, Finger, Rumpf, Hüfte, Knie, Zehen.

Hinter der Pyramidenbahn werden, etwa im letzten Drittel des

Schenkels oder etwas mehr nach vorn, die als Haubenstrahlung bezeichneten Züge getroffen, und nach hinten sich ihnen anschließend liegt der Zug zu dem Occipitallappen aus den Optikuszentren. In dieser Gegend liegen auch die Fasern zur Temporalrinde aus dem Akustikusapparate. So treffen im letzten Drittel des hinteren Schenkels der inneren Kapsel alle Fasern für das Gefühl und die Sinnesnerven zusammen. Außerdem aber liegen hier noch andere Stabkranzfasern zum Thalamus aus der Schläfen- und Occipitalrinde und die temporo-occipitale Brückenbahn.

Die Fig. 396 gibt die Lage der einzelnen, die Capsula interna zusammensetzenden Züge zueinander schematisch wieder.

Das Großhirnweiß besteht also aus den Fasern, welche, unter der Rinde gelagert, einzelne Teile des Mantels untereinander verbinden, den Assoziationsbahnen, aus den Fasern, welche die rechte mit der linken Seite verknüpfen, den Kommissuren, und aus den Stabkranzfasern. Von den Stabkranzfasern haben wir Züge zu allen hinter dem Großhirn liegenden Teilen kennen gelernt, Fasern zu den Thalamuskernen, Züge zum Mittelhirne, dann solche zur Oblongata und solche zum Rückenmarke.

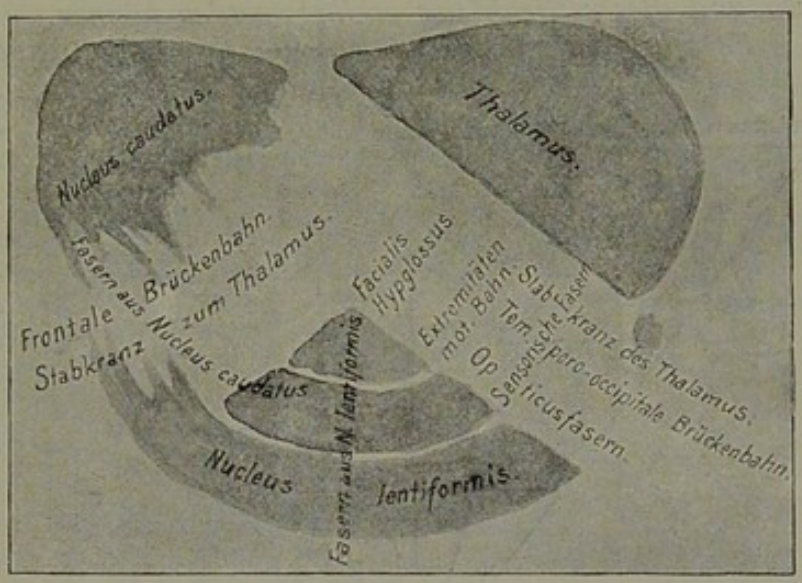


Fig. 396.

Schema der linken Capsula interna, in welches die Lage der meisten Faserzüge, welche in sie eingehen, eingeschrieben sind.

Diese ganzen Systeme werden innerhalb der Capsula interna durchflochten von den Fasern aus dem Striatum zu tieferliegenden Zentren, besonders zum Thalamus.

Es kann ein sehr lehrreicher Schnitt angefertigt werden, welcher ein Bild von dem Verlaufe eines großen Teiles des Stabkranzes gibt. Nehmen Sie ein frisches Gehirn, und schneiden Sie den Hirnschenkel senkrecht ein, bis Sie auf die Substantia nigra treffen. Nun wenden Sie das Messer und schneiden mit schräg aufwärts und vorwärts gerichteter Schneide horizontal durch beide Hemisphären gerade hindurch. So ist die Grundlage der Abbildung Fig. 163 angefertigt. Für den Übergang von Capsula interna zur Fußregion vergleichen. Sie auch Fig. 259, 261, 267.

Alle diese Fasermassen streben also aus der Rinde konvergierend zusammen nach der Gegend, welche lateral vom Thalamus liegt. Ein Teil von ihnen tritt in den Sehhügel ein (Stabkranz des Sehhügels), ein weiterer

zieht unter den Thalamus, wo er in Ganglien endet, oder weiter hinab zum Rückenmark. Erkrankungsherde, welche in dem Centrum semiovale liegen, müssen daher einen Teil der Stabkranzfasern treffen. Sie machen durchaus nicht immer Symptome, welche eine Unterbrechung der Leitung von der Rinde zur Peripherie vermuten ließen. Wahrscheinlich deshalb, weil gröbere, unserer heutigen Diagnostik zugängliche Ausfallsymptome nur entstehen, wenn die ganze betreffende Bahn zerstört wird.

Namentlich bleiben Herde, die nicht im Marklager unter den Zentralwindungen liegen, oft symptomlos, d. h. Herde, welche die Rinden-Brückenbahnen treffen. Herde aber, welche die Pyramidenbahn treffen, erzeugen Lähmung der gekreuzten Körperhälfte. Erkrankungen im Marklager unter der unteren Stirnwindung führen oft zu Aphasie. Es sind eine Anzahl Fälle bekannt, die es sehr wahrscheinlich machen, daß Unterbrechung der Rindenstrahlung zum ventralen Thalamus zu halbseitigem Sensibilitätsverluste führen kann. Zwei von mir beobachtete Fälle lehren, daß Schmerzen, welche nach Apoplexien auftreten, zuweilen durch Nachbarschaft von Erkrankungsherd und dieser Strahlung erklärt werden können.

Es scheint ziemlich sichergestellt, daß Erkrankungen, welche die Gegend hinter dem Knie der Kapsel treffen, resp. die Fasern dort leistungsunfähig machen, die Bewegungsfähigkeit der ganzen gekreuzten Körperhälfte aufheben, daß Herde, die in den beiden letzten Dritteln des hinteren Schenkels sitzen, die Sensibilität der gegenüberliegenden Körperhälfte zerstören oder doch sehr beeinträchtigen. In den meisten Fällen leidet auch der Gesichtssinn Not, und wahrscheinlich zuweilen auch das Gehör. Die Störung des Gesichtssinnes tritt in Form der Hemiopie auf.

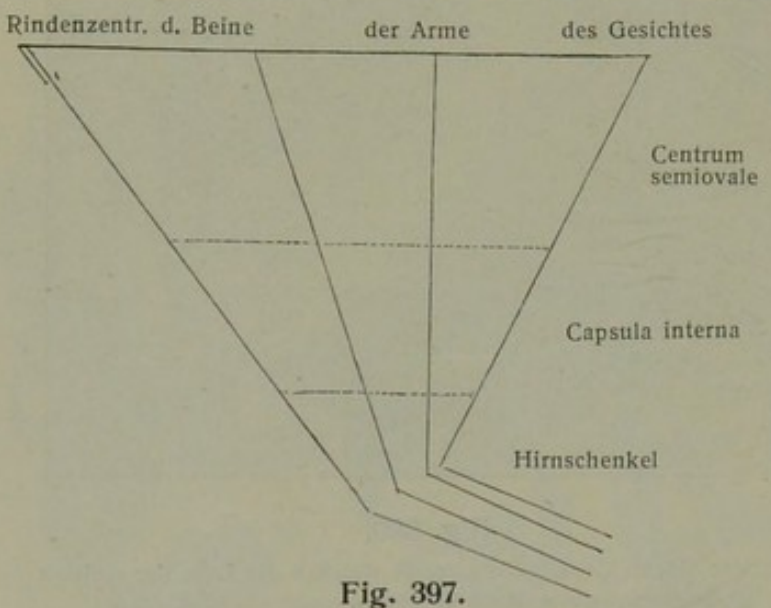


Fig. 397.

Wenn Sie bedenken, daß, wie ich wiederholt erwähnte, alle Fasern radiär von der Rinde nach der Kapsel zusammenstrahlen, so wird es Ihnen leicht begreiflich sein, daß in der Kapsel schon kleine Herde dieselben Symptome machen können wie größere im Centrum semiovale, oder noch ausgebreitetere in der Rinde. Hier liegen eben die Fasern enge beisammen, die dort über einen größeren Raum ausgebreitet sind (Fig. 397). Beispielsweise wird ein sehr ausgedehntes Rindengebiet (beide Zentralwindungen und die dicht an sie grenzenden Partien der Stirn- und Parietalwindungen) ausfallen müssen, wenn komplete gekreuzte Hemiplegie entstehen soll. Im Centrum semiovale dürfte schon ein kleiner Herd im Marklager unter den Zentralwindungen denselben Effekt haben. In der inneren Kapsel aber reicht die Zerstörung einer kleinen Stelle im hinteren Schenkel allein aus, um den Symptomenkomplex hervorzurufen. Bei Hemiplegien wird man deshalb immer zunächst an Herde, die der inneren Kapsel benachbart sind oder in ihr liegen, denken, wenn nicht andere Symptome ganz direkt auf andere Hirngebiete hin-

weisen. Hemiplegien nach Rindenherden sind sehr selten, Hemiplegien, die vom Mittelhirne oder von noch tiefer liegenden Stellen ausgehen, noch viel seltener und meist mit Hirnnervensymptomen verknüpft, welche auf ihren Sitz hinweisen.

Andererseits lehrt uns die anatomische Betrachtung und die klinische Erfahrung, daß zerebrale Affektionen einzelner Körperteile, einer Hand z. B., nur sehr selten von Herden in der Kapsel erzeugt werden, eben weil da die Fasern bereits so dicht zusammengeflossen sind, daß ein Erkrankungsherd kaum einzelne isoliert treffen kann. Wohl aber entstehen nicht allzu selten von der Rinde aus Monoplegien und Monospasmen. Dort kann ein Herd schon relativ groß sein, ehe er ein benachbartes Zentrum trifft. Das vorstehende Schema wird Ihnen das Gesagte leicht einprägen. Es zeigt, warum Monoplegien häufiger von der Rinde, Hemiplegien häufiger von tiefer gelegenen Hirnteilen ausgehen, denn man sieht auf den ersten Blick, daß ein Herd von bestimmter Länge in der Rinde leicht nur ein Zentrum, weiter unten die Fasern aus vielen Zentren treffen kann.

Die Faserung im Markweiß der Hemisphären wurde bereits von F. Arnold, Reil und Burdach durch Abfaserung vielfach erkannt, die mikroskopischen Untersuchungen von Meynert, von Sachs, von Brissaud und von Déjérine, namentlich aber die entwickelungsgeschichtlichen Studien von Flechsig, dann zahlreiche experimentelle Arbeiten von Gudden, Löwenthal, Monakow, Bechterew und anderen haben zur Aufklärung kräftig vorangeholfen. Nicht zu unterschätzen ist auch der Nutzen, den die Anatomie dieses Gebietes durch Untersuchungen am erkrankten Gehirne erfahren hat. Solche haben angestellt: Wernicke, Charcot, Férè, Pitres, Friedmann, Sioli, Monakow, Richter, Zacher, Déjérine u. a. Unsere Kenntnis der Balkenfaserung verdanken wir besonders Meynert, Schnopfhagen, Sachs, Schröder, Anton-Zingerle, A. Richter, Obersteiner und Redlich u. a.

Zweiunddreißigste Vorlesung.

Zur Psychologie.

Es liegt nicht im Plane dieser Vorlesungen, die reiche Fülle von Tatsachen mitzuteilen, welche die Pathologie über die Funktionen der einzelnen Hirnteile ermittelt hat. Die Lehre von der Funktion der Hirnrinde ist noch durchaus im Werden begriffen, ist noch nach keiner Seite hin abgeschlossen. Die Lehrbücher der Neurologie orientieren ausreichend über das, was heute bekannt ist und diejenigen der Physiologie gehen wenigstens auf das experimentell Erreichte ein, obgleich sie sich alle mehr oder weniger den Erfahrungen am Menschen gegenüber allzu reserviert verhalten und deshalb eine nur ganz unvollständige Darstellung unseres heutigen Wissens vermitteln.

Es entspräche aber nicht der Absicht, in welcher ich die langen Darstellungen auf den vorigen Seiten gegeben, wenn ich nicht an die Beantwortung der Frage heranzutreten wagte: ***Welche Beziehungen bestehen zwischen dem Aufbau des Nervensystemes und seiner Tätigkeit?***

Daß die Rinde des Großhirnes intakt sein muß, damit die höheren seelischen Prozesse richtig ablaufen können, das war schon lange den Ärzten bekannt und man hat seit den Zeiten der alexandrinischen Gelehrten die Unterlage für diese Prozesse im Großhirne selbst gesucht. Allerdings hat man die verschiedensten Teile desselben, bald den, bald jenen für das „Seelenorgan" in Anspruch genommen. Seit wir aber durch Broca 1863 erfahren

haben, daß ein bestimmtes seelisches Vermögen, dasjenige der Sprache, durch bestimmt lokalisierte Erkrankungen vernichtet werden kann, seit die Versuche von Fritsch und Hitzig und die ungeheure sie nachprüfende Literatur bekannt wurden, seit man namentlich mehr und mehr gelernt hat, beim Menschen bestimmte Ausfallerscheinungen auf psychischem Gebiete mit bestimmten Ausfällen im Rindenapparat zu identifizieren, kann gar kein Zweifel mehr sein, daß der Rindenapparat in der Tat im wesentlichen die Unterlage besonderer höherer Seelentätigkeit ist.

Wenn man Näheres ermitteln will, so stehen zunächst drei Wege offen.

Wir können untersuchen, was diejenigen Tiere vermögen, die keine Rinde oder nur minimale Rinde im Großhirn besitzen.

Wir können untersuchen, welche Defekte bei einem rindentragenden Tiere eintreten, wenn man ihm die ganze Rinde oder Teile derselben nimmt.

Wir können untersuchen, wie Menschen sich verhalten, denen einzelne Rindenteile fehlen oder solche, bei denen diffuse Erkrankungen der Gehirnrinde vorhanden sind.

Durch sorgsame Beobachtung und durch Enqueten bei Beobachtern habe ich ermittelt, daß die rindenlosen Fische und die Amphibien, welche ja nur Spuren einer Rinde besitzen, für ihre Handlungen vollkommen von voraus festgelegten Reizen abhängen. Auf den gleichen Reiz erfolgt immer die gleiche Bewegung. Neue Bewegungen werden nie geschaffen, aber es können in geringem Grade die ererbten Bewegungen an neue Reize geknüpft werden.

Es würde hier zu weit führen, auf die ungeheure Anzahl von Untersuchungen einzugehen, die uns mit aller Sicherheit jetzt gezeigt haben, daß bei allen Tieren das Palaeencephalon der Apparat ist, der Reize aufnimmt und sie mit Bewegungen ganz bestimmt vorgebildeter Art so beantwortet, daß die zweckmäßigen und für das Leben wichtigsten Bewegungen zwangsmäßig zustande kommen, wenn die Umstände, die sie hervorrufen, gegeben sind. Das Urhirn arbeitet so maschinenmäßig, daß wir da, wo es allein vorhanden ist, mit aller Sicherheit voraussagen können, was das Tier tun wird, wenn ihm ein bestimmter Reiz zugeführt wird. Sein Apparat liegt allen Bewegungen zugrunde. Er ist von einer Maschine nur dadurch unterschieden, daß er durch lange Einwirkungen in mäßigem Grade zu einigen Veränderungen seiner Leistung gebracht werden kann.

Sind z. B. die Angelköder richtig gewählt, richtig vorgeworfen und der Fisch in entsprechender Disposition, was von der früheren Nahrungsaufnahme und dem Wetter abhängt, dann muß das Tier anbeißen. Aber die Tiere, welche regelmäßig gefüttert werden, können an eine besondere Art des Fütterns oder an einen anderen Fütterer gewöhnt werden.

Es wäre zweckmäßig und für die noch neue Wissenschaft einer vergleichenden Psychologie von Nutzen, wenn wir bei diesen Vorgängen nicht von Wahrnehmungen und Handlungen, sondern von **Rezeptionen** *und* **Motus** *sprechen und das dazwischen Liegende nicht mit Assoziation, sondern mit Schaffen von* **Relationen** *bezeichneten. Das Wort Knüpfen von Assoziationen wäre zu reservieren für die so ganz verschiedenartige Tätigkeit des Gehirnes, die wir nach dem Auftreten des Neencephalon beobachten werden. Es sind so verschiedenartige Apparate für beide an sich vielleicht dem Wesen nach gleichen Vorgänge erforderlich, daß die Trennung wohl gerechtfertigt erscheint.*

Da es nun sicher ist, daß das Palaeencephalon ganz unverändert fortbesteht, wenn auch ein Neencephalon in noch so großer Ausbildung sich zugesellt, so liegt gar kein Grund vor, die bei einer Tierklasse einmal als

palaeencephal erkannten Handlungen etwa bei höheren Tieren anders aufzufassen, anders zu lokalisieren. Wir können vielmehr nun eine ganze Reihe von Handlungen als allen Vertebraten gegeben ansehen und untersuchen, wie sich auf diese neuartige aufbauen, wenn dem Palaeencephalon ein neuer Hirnteil sich gesellt. Dem Palaeencephalon gehören alle Sinnesrezeptionen und Bewegungskombinationen. Es vermag einzelne neue Relationen zwischen beiden zu knüpfen, aber es vermag nicht Assoziationen zu bilden, Erinnerungsbilder aus mehreren Komponenten zu schaffen. Es ist der Träger aller Reflexe und vieler Instinkte.

Durch die Trennung palaeencephaler Handlungen von neencephalen gewinnen wir u. a. auch für die Sinnesphysiologie ganz neue Gesichtspunkte und Fragestellungen. Wenn das Palaeencephalon keine Assoziationen bilden kann, dann müssen die allein oder fast allein mit ihm arbeitenden Tiere durch viele Sinneseindrücke unaffiziert bleiben, auf die wir nach unseren Erfahrungen, ja auch nach unseren Kenntnissen von den tierischen Sinnesorganen, irgendeine Antwort durch Bewegung erwarten dürfen. Eine Eidechse, die auf das leise Krabbeln eines Insektes im Grase hinhört, bleibt, wie mir eigene Versuche gezeigt haben, völlig ruhig, wenn man dicht über ihrem Kopfe auf einen Stein schlägt, wenn man laut schreit, singt, lärmt; nie flieht dabei das Tier, das doch so scheu ist, daß ein unerwartetes Beschatten, eine geringe Erschütterung durch meinen Tritt es zum Verschwinden bringt. Es verbindet eben mit dem neuen Geräusche, das es biologisch sonst nie trifft, so wenig, wie mich etwa eine chinesisch geschriebene Warnungstafel vor einem Abgrund retten könnte. Ihm fehlt ja noch ganz der Apparat, neue Erregungen sofort auf die altererbten Bewegungskombinationen zu übertragen. Fische und auch Frösche gelten vielfach für taub, weil sie auf Stimmgabeln usw. nicht „reagieren". Es läßt sich aber zeigen, daß sie das sehr wohl tun, sobald man die adäquaten Reize anwendet. Mit den neuen haben sie noch keine Relationen geknüpft.

Sowohl die Erfahrungen an Tieren mit völlig isoliertem Urhirn als die Angaben von Menschen, denen durch eine Erkrankung das Rückenmark von den übrigen Teilen des Nervensystems abgetrennt war, machen es überaus wahrscheinlich, ja fast sicher, daß, wenn nur ein Urhirn vorhanden wäre, wir nichts von unsern Empfindungen oder Bewegungen erführen. Ich sah eine Frau, deren Rückenmark durch Wirbelcaries total abgeklemmt war, gebären und dabei alle charakteristischen Bewegungen und Stellungen einnehmen, ohne daß sie von dem sonst so schmerzhaften Vorgange das geringste empfunden hätte. Ja, es wurde nur ganz zufällig der Geburtsakt entdeckt, welcher bereits begonnen hatte, als man an dem Bett zu hantieren hatte. Diese Patientin hat mich wiederholt versichert, daß ihr von diesem ganzen palaeencephalen Vorgange absolut nichts bekannt wurde. Nichts überschritt die Schwelle des Bewußtseins. Alle diese Kranken geben ausdrücklich an, daß sie in dem Körperteil, der von dem abgetrennten Nervensystem versorgt wird, absolut nichts mehr empfinden, und daß sie nichts von Bewegungen wissen, die durch zugeführte Reize erzeugt werden. Erregt man bei ihnen durch Stechen in die Fußsohle ein Zurückziehen des Fußes, so spüren sie weder den Stich noch die Bewegung. In der gleichen Lage dürfte der siebenmonatige Embryo sein, bei dem noch keine Verbindung zwischen Palaeencephalon und Neencephalon besteht, und auch der Neugeborene wird schwerlich viel anders wahrnehmen, weil er noch keinen fertigen Rindenapparat besitzt.

Das Palaeencephalon entsendet nun bei den Säugern aus sehr vielen

seiner Teile Fasern in den mächtigen Apparat der Hirnrinde, der mit seinen unzähligen Zellen und assoziierenden Bahnen ein sehr wesentliches Mehrkönnen ermöglicht. Alle sensiblen und Sinnesnerven, die bei niederen Vertebraten ihre letzten Verbindungen nur bis zum Mittelhirn und Thalamus vortrieben, erreichen nun durch Fasern aus dem Thalamus zur Rinde die Rinde und zu den wenigen bisher vorhandenenen Verbindungsmöglichkeiten treten nun unzählige. Aus dem Rindenapparat entspringende Bahnen können auf das Palaeencephalon übertragen, was in der Rinde zustande kam, können das Effektorische des Nervensystemes anders, komplizierter gestalten.

Mit dem Auftreten der Hirnrinde zeigt sich bei den Reptilien zuerst die Fähigkeit, die Außenwelt zu beobachten, zu untersuchen und damit die Fähigkeit, auf einzelnen Gebieten wenigstens kombinierend die Handlung einzurichten. Während der Frosch den Regenwurm, der ihn durch seine Bewegung zum Zuschnappen veranlaßt, nicht mehr packt, sobald er ruhig liegt, sehen wir die Schlange der Geruchspur einer Maus, die sie eben gejagt hat, überallhin nacheilen. Sie sucht züngelnd sehr deutlich. Vögel, die eine gute Rinde und besonders eine deutliche Sehstrahlung haben, finden optisch ihren Weg, sie lassen sich durch optische, nur assoziativ erkennbare Eindrücke locken oder scheuchen (Vogelscheuchen). Sie sichern vor dem Niederlassen vorsichtig nach allen Seiten und lernen bald ihre Feinde kennen. Für vieles zeigen sie ein deutliches Gedächtnis. Man kann sie auch zuerst in der Tierreihe zu allerhand abrichten, sie vieles lehren.

Untersuchungen, die mich jahrelang beschäftigt haben, ermöglichen es jetzt mit Sicherheit auszusagen, daß die älteste Rinde sich zunächst mit den Teilen des Palaeencephalons verknüpft, welche dem Geruch und dem Oralsinn dienen, und daß erst ganz allmählich sich andere Rindengebiete ihr zugesellen. Die Rindenriechapparatbahn ist die älteste Verbindung, welche das Neencephalon mit einem Sinnesapparate einging. Das Rindenzentrum des Riechapparates erreicht bei den Säugern seine höchste Ausbildung. Hier entwickeln sich in ihm zahllose Assoziationsapparate, es vergrößert sich seine Oberfläche ganz enorm, und es kommt zur Abscheidung ganzer Lappen. Diese Hirnteile sind aufzufassen als hochorganisierte Zentren, die ihre Anregung zwar aus dem niederen, bei den Fischen isoliert vorhandenen Riechmechanismus erhalten, aber durch ihren Bau zn ausgedehnter Eigentätigkeit befähigt sind. Es addiert sich also in der Tierreihe zu dem niederen Apparate, allmählich an Ausdehnung zunehmend, noch ein höherer. Und in gleichem Maße gewinnt das Neencephalon physiologisch einen Einfluß anf die tieferen Zentren des Palaeencephalons, auf die Apparate, die bei Fischen und Amphibien noch isoliert arbeiten. Immer mehr dieser Zentren gelangen allmählich in Beziehung zu dem großen Assoziationsapparate.

Aber erst bei den Säugern geraten, dafür spricht der physiologische Versuch, zahlreiche von den niederen Zentren geleistete Verrichtungen unter den gelegentlichen Einfluß der Großhirnrinde.

Für die durch das Neencephalon ermöglichte Art des Erkennens auf kombinierendem Wege schlage ich den Namen **Gnosis** *und für die darauffolgenden Handlungen den Namen* **Praxien** *vor. Für das dazwischen liegende sei der Name* **Assoziation** *vorbehalten.*

Während also die palaeencephalen Handlungen, die Receptiones und Motus bei Mensch und Tieren weiter bestehen — unser Gehen ,und Stehen, unsere Haltung und Orientation, alle Bewegungen des Neugeborenen gehören dahin — gesellt sich zu ihnen mit dem Auftreten der Hirnrinde die Fähigkeit zur Gnosis und zur Praxie. Diese kann bei Untergang einzelner

Hirnrindenteile ebenso wieder verloren gehen wie sie gekommen, dann entsteht Agnosie und Apraxie für alle oder einzelne Handlungen.

Zahllos sind die Beobachtungen, welche an ganz oder teilweise entrindeten Tieren gemacht worden sind. Im wesentlichen bleibt erhalten, was die Fische schon haben. Die Leistungen des Palaeencephalons sind aber bei Tieren, die einmal einen Teil ihrer Verrichtungen unter Inanspruchnahme einer Rinde ausführen gelernt, doch gestört, mindestens vorübergehend gestört, wenn man die Rinde wegnimmt. Der niedere Apparat verliert etwas von seiner Selbständigkeit. Schraders Falken, die mit noch ganz unentwickeltem Großhirn schon Mäuse gekrallt hatten, verloren diese Fähigkeit für lange Zeit, als man ihnen die Hemisphären genommen hatte. Der Hund, dem Goltz beide Hemisphären abgetragen hatte, war sehr viel unbehilflicher als ein neugeborener Hund mit unentwickelter Rindenfaserung. Zweierlei könnte hieran schuld sein. Es kann von der Narbe eine Hemmung ausgehen, welche den niederen Apparat stört, es kann aber auch, darauf weist das Verhalten des Menschen und der Affen hin, eine wechselnde Wertigkeit in der Inanspruchnahme der Rinde bestehen. Die meisten Säuger kann man durch Rindenverletzungen in der Bewegungsfähigkeit nicht dauernd beeinträchtigen oder doch nur sehr gering schädigen, der Mensch aber verliert, wenn die gleichen Rindenpartien untergehen, wirklich und dauernd die Fähigkeit, die mit jenen verbundenen Gliedmaßen richtig zu gebrauchen, er ist praktisch lahm, vielleicht weil er vorwiegend neencephal arbeiten gelernt hat. Für alle niederen Vertebraten und noch für manche Säuger scheint zum Sehen der optische Endapparat auszureichen, beim Menschen aber führt schon Verlust der aus diesem zur Rinde gehenden Faserung zur Blindheit, Blutungen in den Occipitallappen machen ihn dauernd blind; die Abtragung dieser Hirnteile hat beim Hunde nur eine schwere Beeinträchtigung des Sehens zur Folge.

Aus all diesem dürfen wir zunächst schließen, daß bereits in dem Palaeencephalon schon gewisse Komplexe niederer Ordnung entstehen, die den elementaren Verrichtungen des Körpers dienen und es ist sehr wahrscheinlich, daß diese Komplexe schon als Ganzes der Rinde übermittelt werden.

Die Rinde ist ein mächtiger in sich geschlossener Apparat, welcher, über die Zentren des Palaeencephalons gelagert, jene beeinflussen kann.

Seit Fritschs und Hitzigs Versuchen wissen wir auch, daß einzelne Gebiete der Rinde gerade zu gewissen Bewegungen oder Empfindungen in spezieller Beziehung stehen, wir haben aber durch spätere Beobachter erfahren, daß diese Beziehungen nicht ganz ausschließliche sind, daß durch stärkere Reize auch von anderen Rindengebieten her jene peripheren Teile erregt werden können.

Im wesentlichen wissen wir, daß von der Rinde ausgehende Reizungen einzelne Abschnitte des tieferen Apparates zur Tätigkeit veranlassen, daß etwa von einzelnen Rindenzentren aus bestimmte Bewegungen durch Reizung erhalten werden können. Auch wissen wir, daß solche Reize innerhalb der Hemisphäre weitergeleitet, andere Rindengebiete und von diesen aus andere tiefere Zentren erregen können. Dann ist es bekannt, daß Rezeptionen des Sinnesapparates die Rinde erreichen und daß Störungen der Rinde dieser sensorischen Gebiete mehr oder weniger schwere Ausfallerscheinungen in der Wahrnehmungsfähigkeit des betreffenden Sinnesgebietes erzeugen. Meist handelt es sich darum, daß dann die empfundenen Gegenstände nicht als solche erkannt werden. Schließlich wissen wir, daß von der Rinde Hemmungen ausgehen, daß ihre einzelnen Teile nicht nur erregend zu Tätigkeit, sondern auch hemmend auf Erregungen wirken können, die ent-

weder von der Rinde selbst ausgehen oder auch nur von tieferen Zentren her entstehen. So kann man z. B. durch Reizung der Rinde Körperteile zur Bewegung bringen und ebendadurch innerhalb der erregten Teile einzelne Muskeln, die Antagonisten der betreffenden Tätigkeit, erschlaffen lassen. Offenbar übt die Rinde als Ganzes auf die kombinierten Bewegungen, welche prinzipiell von dem Palaeencephalon geleistet werden, vielfach Hemmungen aus. Die älteste hier bekannte Tatsache ist, daß viele Rückenmarkreflexe leichter zustande kommen, wenn das Großhirn vorher weggenommen wird. Auch auf höherem seelischen Gebiete läßt sich derlei leicht beobachten. Ohne Bedenken springt ein Mensch über einen meterhoch gespannten leichten Faden; wird der aber durch eine feste Barriere ersetzt, so treten — im seelischen Apparat verlaufende — Hemmungen ein, der Sprung gelingt nicht. Der Hund, der leicht über den Stock springt, springt nicht über die Peitsche.

Wollen wir also den Gesamteffekt einer vermuteten Hirnläsion studieren, so haben wir nicht nur mit Reiz- oder Ausfallerscheinungen, sondern auch mit Hemmungserscheinungen zu rechnen.

Störungen, welche den normalen Aufbau und das normale Funktionieren der Hirnrinde treffen, erzeugen beim Menschen je nach der Stelle, wo sie sitzen, verschiedene Symptome. Es sind bislang schon mehrere hundert gut beobachtete Fälle von Rindenerkrankung bekannt.

Die relativ einfache Vorstellung, daß in diesem Rindengebiet diese, in jenem jene Funktion lokalisiert sei, hat der strengen Kritik der letzten Jahre, die wesentlich von Monakow ausging, nicht stand gehalten. Gewiß fallen bei Erkrankung der hinteren Zentralwindung die Lagevorstellungen der Glieder aus und es entsteht dadurch eine besondere Form der Unbehilflichkeit und gewiß leidet die Sicherheit der Bewegungen außerordentlich bei Ausfall der vorderen Windung, ebenso wie bei Ausfall der Rinde in der Calcarinagegend Sehstörungen und bei solcher der oberen Temporalwindungen gewisse Störungen des Hörverständnisses auftreten. Darüber berichten ja alle Lehrbücher der Neurologie ausführlichst. Aber so gut wie immer sind selbst bei kleinen Läsionen in den erwähnten Gegenden viel bedeutendere Störungen da. Die Unterbrechung der Rindenzüge aus den Zentralwindungen führt ja beim Menschen zu halbseitiger Lähmung, die Zerstörung der Rinde am medialen Occipitalpole zu Seelenblindheit und außerordentlich häufig folgt auf Temporallappenerkrankung Worttaubheit. Ausfall der Rinde der Brocaschen Windung hat ganz gewöhnlich Verlust der Sprache zu Folge. Diese „gewöhnlich eintretenden Symptome" ermöglichen ja die Diagnose des Krankheitsherdes so sicher, daß der Chirurg ihn finden und gelegentlich entfernen kann. Aber diesen Erscheinungen gegenüber steht die zweifellose Beobachtung, daß alle diese weiteren schwereren Erscheinungen sich oft unglaublich schnell zurückbilden, obgleich von einer Heilung der Rindenerkrankung gar keine Rede sein kann. Schließlich gibt es merkwürdige Beobachtungen, wonach von minimalen Verletzungen einer Rindenstelle relativ ausgedehnte Störungen an ganz anderen Rindengebieten ausgehen und andere, welche zeigen, daß gelegentlich trotz Rindenverletzung die erwarteten Ausfälle ausbleiben. So sah Horsley auf die operative Entfernung beider Centralwindungen nicht die erwartete Hemiplegis folgen.

Irgendein Schnitt durch das Großhirn zeigt uns, daß an jeder Rindenstelle Bahnen zu vielen anderen Teilen des Nervensystemes und Verbindungsbahnen zu anderen Rindengebieten liegen. Jede Störung da könnte also durch irgendeine Fernwirkung einen ganzen Komplex von Bahnen unterbrechen oder doch beeinflussen. Auf diese Fernwirkungen, die er als Hemmungen auffaßt, hat Monakow, frühere Andeutungen von Goltz

geistreich durcharbeitend unsere Aufmerksamkeit gelenkt. Der Reiz einer Rindenstelle oder ihre Zerstörung hat eine Wirkung, die sich aufspaltet und weithin verbreitet. Diese „Diaschisis" ist Ursache, daß die Symptome uns so ausgedehnt erscheinen. Ihretwegen hat in seltenen Fällen Zerstörung der vorderen Zentralwindung nur relativ unansehnliche Folgen, während in den allermeisten sie via Pyramidenbahn eine Art Hemmung im gekreuzten Rückenmarke und dadurch eine halbseitige spastische Lähmung erzeugt; die Diaschisis wirkt bis in die Rückenmarkzentren hinein.

Es ist also eine Aufgabe der nächsten Zukunft, durch eine neue Sichtung der vorhandenen ungeheuren Kasuistik zu ermitteln, welche Symptome bei Ausfall eines Rindengebietes direkt, welche durch Fernwirkung erzeugt sind, und da es keine isoliert bleibenden Rindenteile gibt, wird diese Aufgabe auf direktem Wege kaum lösbar sein. Sicher müssen wir, wie vor alten Zeiten, die Rinde, sobald wir sie funktionell betrachten, wieder mehr als zusammenhängendes Organ ansehen ohne dabei zu vergessen, daß die Anatomie deutlich zeigt, wie an bestimmten Stellen Strahlungen aus ganz bestimmten Sinnesgebieten enden.

Durch genaue Analysierung der bekannten Krankheitsfälle läßt sich feststellen, daß bei Erkrankung des oberen Teiles beider Zentralwindungen und des Parazentrallappens vorwiegend in dem gekreuzten Beine Bewegungsstörungen auftreten und daß solche in der Oberextremität namentlich durch Erkrankung etwa des mittleren und eines Teiles des oberen Drittels der betreffenden Windungen erzeugt werden können. Lateral von der Armregion liegen Rindengebiete, die auf die primären Apparate für die Antlitz-, die Zungen- und die Kehlkopfbewegungen einwirken können. Auch für die Rumpf- und Nackenmuskulatur, für die zu Augenbewegungen und für die zum Sprechen nötigen Kerne sind Rindenfelder vorhanden. Von einem Punkte, der wahrscheinlich im oberen Teile der hinteren Zentralwindung liegt, ist die Blasenfunktion zu beeinflussen.

Fallen diese Zentren aus, sei es daß sie zerstört werden oder daß die von ihnen kaudalwärts führenden Bahnen unterbrochen werden, so tritt niemals so komplette Lähmung ein, wie sie etwa durch den Untergang der palaeencephalen Apparate — des Rückenmarks z. B. — erzeugt wird. Man beobachtet gewöhnlich nur Unvermögen zu mannigfachen erlernten Verrichtungen. Manchmal können die Kranken solche wieder neu lernen, ein andermal spielt auch die Hemmung soweit mit, daß die Gesamtfunktion ausfällt.

Es sind oft genug auch Gefühlsstörungen nach Rindenherden beobachtet worden, aber diese sind immer eigener Art. Beim Menschen, der ja über seine Empfindungen Auskunft geben kann, hört man nach Rindenherden gelegentlich über Gefühle von Taubheit, Schwere usw. klagen, auch über allerlei abnorme andere Empfindungen, aber es zeigt ganz gewöhnlich die Untersuchung, daß bei erhaltenem Rezeptionsvermögen im wesentlichen nur die Beurteilung des Gefühlten gestört ist. Agnosis. Das macht sich weniger im Gebiete der relativ einfachen Tasteindrücke geltend, als da, wo es auf die Beurteilung von feineren Rezeptionen ankommt, etwa bei denjenigen, die von den Muskeln, den Gelenken usw. ausgehen. Oft vermögen solche Patienten bei verbundenen Augen nicht mehr zu beurteilen, welche Lage man ihren Gliedern passiv gegeben hat. Wenn sehr ausgedehnte Bezirke der Rinde untergehen oder wenn Herde die gesamte Rindenleitung nach den tieferen Zentren unterbrechen, dann kann es zu so schweren Beeinträchtigungen des Beurteilungsvermögens kommen, daß die Patienten praktisch insensibel auf der zu den Herden gekreuzten Seite sind. Aber derlei Menschen zeigen

dann noch eine ganze Summe anderer seelischer Störungen und sind deshalb schwer auf ihre Empfindungen zu prüfen.

In welcher Weise der Eigenapparat der Rinde arbeitet, darüber wissen wir noch sehr wenig. Die zahllosen Versuche am Tiergehirne haben uns einiges Grundsätzliche gelehrt, sie konnten aber, weil gerade auf psychischem Gebiete das Tier nur schwer Auskunft gibt, nicht wesentlich im Erkennen der Rindenfunktion voranhelfen. Die Tierversuche haben uns als allerwesentlichsten Gewinn die Tatsache der Lokalisation in der Rinde gebracht. Sie haben uns auch gelehrt, was die Rinde nicht leistet, was an anderen Stellen des Nervensystemes geleistet wird. Einblick in die wirkliche Rindenfunktion gibt viel eher die sorgfältige Beobachtung erkrankter Menschen.

Zuerst bemerkt man da, daß nach Rindenausfällen Agnosien und Apraxien auftreten. Die Fähigkeit, solche Dinge zu erkennen, die erlernt und durch Heranziehung von Mehrfachem wieder zu erkennen sind, geht

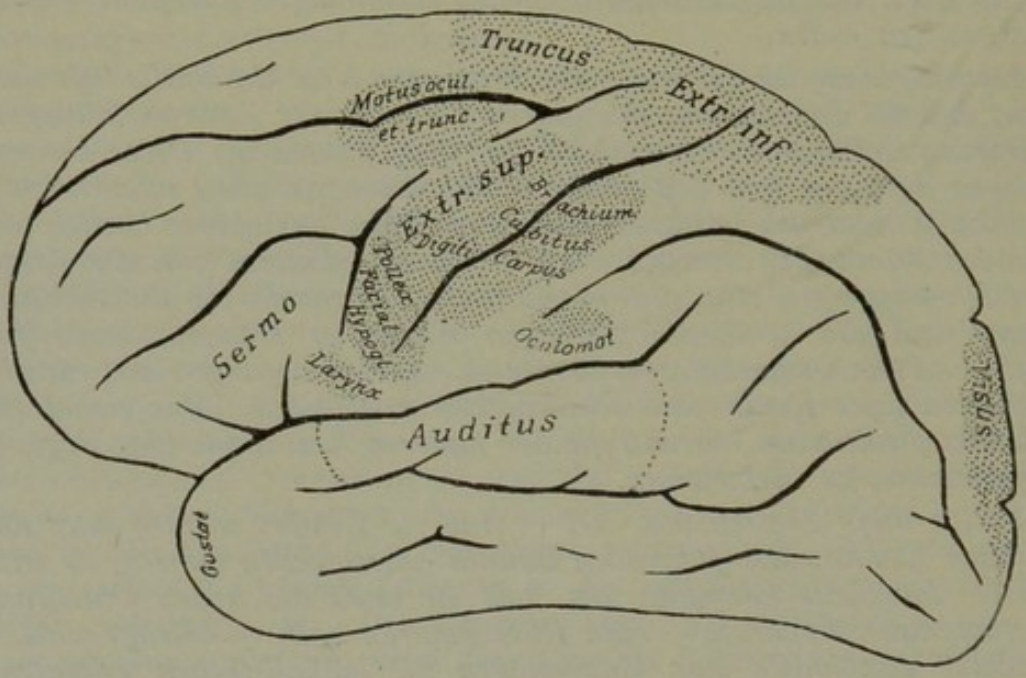


Fig. 398.

Die bis heute bekannten Projektionsfelder der Rinde. In dem Raum von „Oculomotorius" bis „Facialis" liegt das Orbicularis-zentrum. Das Blasenzentrum ist im kaudalsten Abschnitt von „Extr. inf." zu suchen.

verloren, es kann das Verstehen der Sprache, der Musik, des gesehenen Bildes, der Schrift leiden, es können optische Agnosien die Orientierung im früher wohlbekannten Raume oder unter den wohlbekannten Dingen völlig unmöglich machen. Aber nicht die Verletzung kleinster Stellen, sondern der Untergang ganzer mit bestimmten Zentren zusammenhängender Assoziationsbezirke führt zu den schwereren Störungen dieser Art.

Die Agnosie lehrt, daß die Gnosis an die Hirnrinde gebunden ist und eine Betrachtung der Gnosis selbst zeigt, daß sie völlig für sich bestehen, von unserer Intelligenz und Einsicht unabhängig verlaufen kann. „Lesen" wir nicht Schrift und Noten oft genug, ohne daß wir über den Inhalt klar sind, ja sogar während wir anderes tun? Und lehrt uns nicht jeder Spaziergang, wieviel wir optisch agnostizieren, ohne daß wir uns dessen gleich bewußt werden! Bei jeder Sportübung, etwa beim Nehmen eines Grabens, beim Fang eines Balles, können wir beobachten, wie die Gnosis, welche das Abschätzen der Entfernung, die notwendige Einstellung der anzuwendenden

Kraft voraussetzt, völlig unterhalb der Bewußtseinschwelle verläuft und leicht wird man von geübten Reitern erfahren, wie sie sich erst spät bewußt wurden, daß sie mit Blitzesschnelle ausbiegend, oder den Gang ihres Tieres ändernd, eine Gefahr vermieden haben. Bei zahlreichen Handlungen entdecken wir das gleiche. Es bedarf keiner Überlegung und keines mir bewußt werdenden Erkennens, um zu verhindern, daß ich meinen Arm in die vor mir stehende Wand bohre, ich verhalte mich aus alten Erfahrungen, die vielleicht auch nie klar in die Vorstellung kamen, der Wand gegenüber zweckentsprechend, ich weiche vor ihr zurück.

Die gnostischen Apparate vieler Tiere sind, wie die anatomische Untersuchung zeigt, vielfach viel größer wie die entsprechenden Zentren des Menschen, und deshalb sind uns etwa das Pferd oder der Hund in vielen Wahrnehmungen und darauf basierten Handlungen bedeutend überlegen. Der enorm ausbildbare Spürsinn des Hundes erscheint uns noch als etwas Kleines gegenüber der Wahrnehmungsfähigkeit des Pferdes, das geradezu die Gedanken seines Reiters zu lesen versteht aus den leisen Bewegungen, die jene immer begleiten. Ein guter Reiter auf gutem Rosse braucht kaum wirkliche Hilfen zu geben, und ein Zirkuspferd befolgt Bewegungen der Peitsche, die so leicht sind, daß sie Hunderten von Umsitzenden entgehen, mit der Ausführung erlernter Bewegungen. Es ist gar kein Zweifel, daß die Überlegenheit vieler Tiere, speziell des Hundes über den Menschen, soweit solche Handlungen, die durch die Sinnesfelder bedingt sind, in Betracht kommen, vielfach eine recht große ist. Der Polizeihund riecht nicht nur besser als ein Mensch, sondern er folgt viel besser auf Grund seiner Riechzentren der Spur als sein Herr, bei dem eine lange Reihe dem Tier unmöglicher Überlegungen sich zu der Tätigkeit der gnostischen Apparate noch gesellen.

Unser gesamtes Verhalten hängt durchaus von der Intaktheit des gnostischen Apparates ab. Die Klinik, welche seine Störungen studiert, hat bisher besonders genau die optische und die akustische Agnosie studiert.

Ein Patient mit optischer Agnosie kann wohl Auskunft über die Form, vielleicht auch über die Farbe eines Dinges geben, das ihm vorgelegt wird, aber er weiß es weder zu benennen noch irgendwie, sei es auch nur durch Zeichen anzugeben, zu was es gebraucht wird. Er beschreibt etwa einen Kamm nach Zinken und Rücken, kann aber nicht zeigen, zu was man einen Kamm anwendet und verrät leicht, daß er keine Ahnung hat, was das Ding bedeutet, an dem man ihn examiniert.

Nach doppelseitigen Zerstörungen des reichen im Occipitallappen gegebenen Assoziationsapparates treten derartige Erscheinungen auf, aber nicht selten kann man sie auch bei einseitigen, linkseitigen Erkrankungen da finden. Aus noch nicht bekanntem Grunde ist die Festigkeit der optischen Erinnerungsmöglichkeit im linken Hinterhauptlappen sehr viel größer als im rechten. Sie ist so viel größer, daß dieser, wenn ihm die via Balken erfolgende Anregung von links her nicht mehr zukommt, allein nicht ausreicht der optischen Erinnerung zu dienen. Natürlich machen solche Rindenzerstörungen außer der auf Zerstörung weitgehender Assoziationen beruhenden Seelenblindheit, eine Störung auch der Perzeption, derart, daß man gewöhnlich in einem Teile des Gesichtsfeldes Hemianopsie, in dem anderen Seelenblindheit findet.

Patienten mit großen Zerstörungen des Temporallappens, besonders, wenn dessen oberste Windungen getroffen sind, werden nicht nur sprachtaub sondern sie erkennen eine ganze Anzahl anderer Geräusche und Töne nicht mehr, sie erkennen z. B. nicht, daß jemand pfeift oder mit Geld rasselt,

daß die Trambahn rasselt usw., obgleich gerade hier sich leicht zeigen läßt, daß gehört wird.

Auch Agnosien des Tastsinnes sind bekannt, wo trotz intakter Haut- usw. Sensibilität die Form der betasteten Gegenstände nicht erkannt und dadurch das Erkennen des Gesamtgegenstandes mit den Tastmitteln allein unmöglich wird. Ein solcher Kranker findet z. B. sein Portemonnaie niemals in der Tasche, obgleich er es offenbar deutlich soweit fühlt, daß er zugreift, es umherwirft usw., ganz anders wie ein Patient, der mit Anaesthesie der Hand aus peripheren Gründen überhaupt höchst ungeschickt greift.

Zu diesen Sinneserinnerungen kommen nun noch in der Rinde eine Unmasse Spuren oder Erinnerungen, die einmal ausgeführte Bewegungen zurückgelassen haben, deren jede ja schon im Urhirn, wegen der Innervation der Muskeln und Gelenke mit aufnehmenden Bahnen, Reize aufnehmen ließ. Wahrscheinlich sind es diese schon seit den ersten Lebensmonaten erworbenen Remanenzen oder Engramme, welche später die Fähigkeit zu komplizierten Bewegungen, zu Handlungen ermöglichen. Hirnrinde, Brückenbahnen und Kleinhirnhemisphären dürften die anatomische Unterlage dieses Apparates bilden.

Etwas so Einfaches, wie man es sich früher vorstellte, ist aber schon diese Gnosis nicht mehr. Das lehrt das Phänomen der Erinnerung.

Wenn ich mir einen bestimmten Gegenstand, der mir entfallen ist, vorstellen, vielleicht auch seinen Namen finden will, dann ziehe ich alles heran, was mich an ihn erinnern könnte, seine Form, seine Farbe, die Tast- und vielleicht die akustischen Eindrücke, die er mir einst gegeben hat; ich arbeite gleichzeitig mit vielen Teilen meiner Hirnrinde, ich kombiniere und überlege, um als Endresultat die volle Erinnerung, die klare Vorstellung, vielleicht das benennende Wort zu besitzen. Um diese Arbeit zu leisten, muß die Hirnrinde die allermannigfachsten Bahnen besitzen, welche ihre einzelnen Teile untereinander verbinden, und daß sie solche besitzt, haben Sie ja erfahren. Störungen in diesen Verbindungen, Störungen der Assoziationsbahnen müssen sich durch sehr bestimmte Ausfallserscheinungen verraten.

Sowie man genauer auf die Tatsachen der Gnosis eingeht, erkennt man, daß sie nur zu geringem Teile innerhalb der klaren Selbstbeobachtung verlaufen. Es wird hier noch mancher Untersuchungen bedürfen, aber nichts zwingt eigentlich zu der allgemein gemachten Annahme, daß alles, was der Gnosie angehört, eo ipso im Bewußtseinsinhalte erscheinen muß oder notwendig einmal darin war. Wir können sehr wohl annehmen, daß zunächst die der Gnosis dienenden Rindengebiete als in sich geschlossene selbständige Apparate wirken und damit gewinnen wir in mancher Beziehung klarere Stellung und kommen zu einer heuristischen Hypothese, die zu zahlreichen neuen, auch experimentell angreifbaren Fragestellungen führt.

Dadurch, daß der Bau der Rinde mehr als die einfache Reizaufnahme, nämlich die Gnosis, die Wahrnehmung ermöglicht, dadurch, daß er überaus geeignet ist, mehrere solcher Wahrnehmungen unter sich zu verbinden, können nun ganze seelische Bilder, wenn das Wort gestattet ist, entstehen, Bilder, die nicht mehr aus der Wahrnehmung eines einzelnen Sinnesapparates zu stammen brauchen. Für meinen Hund bin ich der Herr, einerlei ob er mich riecht, sieht oder hört. Er hat mich so oft gleichzeitig durch zwei oder drei Sinne wahrgenommen, daß er ein Gesamtbild besitzt.

Die Fähigkeit zur Gnosie tritt offenbar erst nach der Geburt ein, erst dann beobachtet man allmählich Bewegungen, die auf ein Erkennen zurückgehen müssen. In dem Maße wie sich dann in der Rinde die Markfaserung entwickelt, steigt sie aber.

Neugeborene, bei denen die Hirnrinde noch kaum mit dem Urhirn verbunden und noch wenig ausgebildet ist, haben deshalb nur Bewegungen, es fehlen ihnen bis auf wenig ererbte — instinktmäßige, sagt der Sprachgebrauch — die auf Erfahrung gegründeten Handlungen. Der Mensch und die höheren Tiere sammeln mit ihren Sinneszentren das ganze Leben hindurch Erfahrungen.

Mensch und Tier gewinnen die Fähigkeit zur Handlung durch ihre Artgenossen, durch selbständiges Absehen oder durch Unterricht. Bei manchen unsrer Haustiere, wie etwa bei den Pferden und Hunden, steigern wir künstlich die Leistungsfähigkeit dadurch, daß wir nicht den Artgenossen die Erziehung überlassen, sondern selbst es übernehmen, ihnen so viel von dem, was wir Menschen ausgedacht, zu übermitteln, als ihrer Fassungskraft entspricht. Wir haben nur wenige Tiere bisher solchen Unterrichtes gewürdigt, aber die täglich zunehmenden Erfahrungen der Dresseure zeigen, daß, wenn etwa besonderer Bedarf wäre, leicht auch bisher vernachlässigte Tierarten zu ihrem Wesen sonst fremden Handlungen gebracht werden können.

Die Gnosien erst ermöglichen die Handlungen, die Praxien.

Wie die Gnosien so sind auch die Praxien an bestimmte Hirnteile gebunden und mit ihnen können sie vernichtet werden. Das dann auftretende Krankheitsbild der Apraxie kann die verschiedensten Arten des Handelns betreffen. Es ist vielfach, am genauesten von A. Pick und von Liepmann studiert und analysiert und diese Untersuchungen sind noch durchaus im Flusse. Was bereits bekannt ist, soll wesentlich an Hand der Arbeit des letzteren geschildert werden, die in ihrer prägnanten Kürze ein früher sehr unklares Gebiet zu übersehen gestattet.

Die Apraktischen sind nicht imstande trotz intakter Bewegungsfähigkeit der Glieder erworbene Bewegungen auszuführen, oft versagen sie bei so einfachen wie Grüßen, Winken, Anzünden eines Streichholzes usw. Gibt man ihnen Gegenstände zum Gebrauch, so stehen sie ihnen ratlos gegenüber, so ratlos, daß man zunächst vermutet, daß sie dieselben nicht agnostisieren. An einem nur einseitig Apraktischen ließ sich aber der Nachweis erbringen, daß er sehr wohl die Gegenstände erkannte, daß er aber auf der apraktischen Seite absolut nicht derselben sich zu bedienen wußte. Damit solche reine Apraxie entstehe, müssen die Bahnen, welche die motorischen Zentren der Rinde mit den gnostischen verbinden, derart gestört sein, daß die Gnosie nicht mehr mit ihren kinästhetisch innervatorischen Remanenzen die Innervation auslösen kann. Die motorischen Zentren selbst können dabei ganz intakt geblieben sein. Nach der Art des Ausfallens kann man auch schließen, daß die einfachsten Praxien längst Synergien geworden sind. Diese Synergien können nämlich bei den Apraktischen weiterbestehen und gelegentlich zum Vorschein kommen, so wenn einer aufgefordert die Hand zu schließen, zu pfeifen usw., dies nicht auf diese Aufforderung hin fertigbringt, wohl aber es nachher ganz plötzlich während der Ruhe oder einer anderen Handlung erreicht. Wenn der das Glied synergisch zu einer erlernten Handlung bewegende Apparat von vielen Stellen des Gehirnes her nicht mehr angerufen, geweckt werden kann, dann sind wir dem Zufall anheim gegeben, ob der eine oder andere Weg noch offen ist und so kommt es dann zunächst bei Aufforderung zu der Apraxie, während irgend eine zufällige Verknüpfung zeigen kann, daß immer noch ein Weg zur Erweckung der Synergie offen ist. Solch ein Kranker kann z. B. auf Aufforderung keine Faust machen und doch zeigt sich ein ganz guter Handschluß, wenn man ihm etwa einen schweren Gegenstand in die Hand gibt. Ja er schreibt korrekte Buchstaben gelegentlich, aber nicht die, welche er schreiben sollte und möchte. Soll er etwa ein Streichholz anstecken, so fuchtelt er mit der

Hand, den Fingern, unruhig hin und her oder er macht eine ganz andere Bewegung oder, es ist das besonders oft der Fall, bei dem Versuche etwas Befohlenes auszuführen, gerät er in eine der zuletzt ausgeführten Bewegungen und wiederholt immer wieder diese, er „perseveriert". Ja diese Leute können ganz gewöhnlich auch vorgemachte Bewegungen nicht nachmachen. Dieser Form der reinen kinetischen Apraxie steht sehr nahe die gliedkinetische Apraxie, wo zwar Handlungen noch möglich sind, weil die Schädigung der Rinde relativ umgrenzt ist, diese aber außerordentlich ungeschickt nur ausgeführt werden, etwa so wie beim ersten Erlernen.

Alle Zustände von Apraxie können den Träger, wenn sie hochgradig sind, als geistig viel schwerer beeinträchtigt erscheinen lassen, als er wirklich ist.

Für alle Praxien, besonders deutlich für die Sprachpraxie, überwiegt die Wichtigkeit der linken Hemisphäre. Herde, welche das linkshirnige Zentrum für die rechte Hand oder das darunter gelegene Mark treffen, erzeugen in dieser Lähmung und wenn sie die Verbindungen mit einem oder mehreren Hirnlappen zerstören, auch Apraxie des Armes, aber daneben beeinträchtigen sie die Praxie der gleichseitigen, also der linken Hand. Bewegungen aus der Erinnerung können nicht mehr gut ausgeführt werden, der Kranke weiß nicht zu zeigen, wie man einen Leierkasten dreht, an die Türe klopft, eine Fliege fängt usw., ebenso wie die Ausdrucksbewegungen, etwa Drohen mit der Hand, nicht mehr gezeigt werden können. Die Mehrzahl dieser Leute kann aber die Gegenstände richtig benutzen, wenn man nur zugreifen und zusehen läßt. Handelt es sich aber nur um Handlungen nicht am Objekt, sondern um erinnerte Handlungen, so können die meisten diese auch dann nicht ausführen, wenn man sie ihnen vormacht.

Die Störung im linken Arme kann nur die Folge einer Leitungsunterbrechung von Zentren rechts sein und die anatomische Untersuchung erkrankter derartiger Gehirne hat denn auch zu dem Schlusse geführt, daß die meisten Handlungen der rechten Hemisphäre via Corpus callosum von der linken aus geleitet werden. Zerstörungen des Balkens haben wiederholt Apraxie der linken Hand zu Folge gehabt, gerade wie Zerstörung des linken Armzentrums. Ganz ist offenbar die rechte Hemisphäre nicht auf die linke angewiesen, denn es können ja auf Objektgnosien Handlungen auch von daher eingeleitet werden, aber die frei auf den Willen allein hin ausgeführten Praxien ordnen sich offenbar in dem Rindenapparat der linken Hemisphäre zunächst und am besten an. Der Apparat, mit dem die Hand ihre Praxien ausführt, ist also keineswegs ein einseitiger, er ist wohl bis zu gewissem Grade auf einer Seite selbständig, aber doch sehr wesentlich an das Intaktsein gerade seines linksseitigen Anteils gebunden. Die rechte Hemisphäre ist auch für die Handlungen der linken nicht so wichtig wie umgekehrt, ja es ist unsicher, ob sie dazu überhaupt nötig ist. Balkenunterbrechungen, welche die Tätigkeit der rechten Hemisphäre so sehr beeinträchtigen, stören die der linken auffallend wenig.

Alle Erfahrungen am Krankenbette zeigen, daß bei Untergang der Gnosie- und Praxiezentren nur bestimmte Ausfälle auf diesen Gebieten im Sinne des Nichtausführenkönnens oder Nichtauffassenkönnens entstehen, daß aber, wenn die mächtigen Verbindungen leiden, welche diese Zentren mit anderen Hirnteilen verknüpfen, oder wenn große Teile anderer Hirnlappen ausfallen, viel complicirtere Störungen des Erkennens und des Handelns eintreten. Neben und außer der optischen Agnosie kommen bei größeren Hirnherden oder diffusen Rindenprozessen Formen der Seelenblindheit vor, bei welchen offenbar das Bild des Gegenstandes erhalten ist, wie etwa die

Fähigkeit, es zu zeichnen, beweist, das Erkennen aber unmöglich ist, weil „in ihren sensuellen Elementen ungeschädigte Ideen verkehrt aneinander gereiht werden", Liepmann. Ein Ding wird nicht mehr erkannt, weil die Anknüpfungen an Erinnerungen für Wesen, Ursache, Zweck nicht mehr geleistet werden können, weil der Geschädigte es intellektuell nicht mehr erkennt oder versteht. Oder es ist die Erkennung nicht möglich, weil sich beim Suchen danach ganz andere Ideen einstellen oder weil es unmöglich ist, die genügende Aufmerksamkeit zu konzentrieren. Kranke mit diesen „ideatorischen Agnosien" sind sehr viel schwerer geschädigt und machen ganz gewöhnlich einen geistesschwachen Eindruck. Aber auch wir Gesunde kommen schweren Aufgaben gegenüber oft genug in die Lage des Nichterkennenkönnens trotz intaktem Gnosievermögen. Das nächstliegende Beispiel ist gegeben, wenn wir ein Buch zwar lesen, aber nicht verstehen können, wenn wir einen Vortrag hören, ihm aber inhaltlich nicht folgen, weil die wohl erkannten Worte nicht zu dem Sinn vereint werden, welchen der Redner ihnen geben will. Oder wenn die wohl erkannten Figuren eines Bildes in uns nicht die Erinnerungen erwecken, welche sie unter anderen Umständen oder bei anderen anregen. Bei der Gnosie handelt es sich um Erinnerungsbilder. Daß diese zu Begriffen werden, dazu bedarf es, wie eben der Unterschied zwischen Patienten mit Untergang der Calcarinarinde und solchen, welche größere Rindendefekte haben, zeigt, eines größeren assoziatorischen Apparates und dieser Apparat liegt wahrscheinlichst in den Zügen zwischen den Sinnesfeldern und den sogenannten stummen Teilen der Rinde, den Assoziationsfeldern von Flechsig.

Auch auf dem Gebiete der Praxie ist bereits eine ideatorische Ausfallform festgestellt. Wenn ein Kranker das Streichholz nicht entzündet, sondern neben die Zigarre in den Mund steckt, dann hat er es wohl erkannt, aber die Handlung ist infolge nur teilweiser richtiger Assoziation praktisch schwer geschädigt und der Mann, der mit der Zahnbürste seine Zähne früh ganz richtig reinigte, aber als ihm diese bei Tag gezeigt wurde, sofort seine Stiefel damit zu wichsen begann, war in gleicher Lage. Es können das Zugreifen und die Handlungen zeigen, daß Gegenstand und Zweck wohl erkannt wurden, aber bei der Ausführung zeigt sich, daß diese nicht mehr richtig geht, weil die Verbindungen, welchen die Handlung unterliegt, sobald sie einen etwas komplizierten Zweck hat, gelitten haben. Solche Kranke können natürlich die Bewegungen nachmachen, wenn man sie ihnen zeigt, es ist ja nur die Verbindung des Bewegungsbildes mit anderen Hirnteilen gestört. Ein analoger Vorgang im Leben des Gesunden ist es, wenn er etwa die Handhabung eines komplizierten Apparates, die er erlernt hat, später nicht mehr fertig bringt, bis man sie ihm von neuem beibringt.

Diese Andeutungen des Krankheitsbildes der „ideatorischen Agnosie und Apraxie" werden genügen, um zu zeigen, daß unsere Handlungen bis zu weitem Grade noch von anderen Teilen des Gehirnes als den Sinneszentren abhängen können. Sie ausführlicher geben, hieße einen wichtigen Abschnitt der theoretischen Psychologie neu schaffen und dazu ist es noch nicht an der Zeit. Noch fehlt es an genügenden Beobachtungen von Ausfallbildern, denn von solchen wird man zunächst, wie eben A. Picks, Liepmanns und anderer sorgfältige Untersuchungen zeigen, ausgehen müssen.

Aus dem bisher Vorgetragenen erhellt, daß Gnosien und Praxien so enge miteinander verbunden sind, daß es jedesmal schwer ist, die Schädigung der einen Funktion von der der anderen abzuscheiden.

Diese engen Beziehungen sind bisher nirgends so gut erforscht wie auf dem Gebiete der Sprache Die Fähigkeit zur akustischen Sprachgnosie haben viele Tiere, die mit dem Menschen leben, offenbar. Am bekanntesten

ist, daß der Hund, der Elephant, das Pferd auf das Wort gehorchen lernen und wer die Leistungen der Dresseure verfolgt, weiß, daß auch die großen Katzen, die Seelöwen und andere Tiere bis zu einem gewissen Grade zum Verstehen mündlich gegebener Befehle gebracht werden können. Sorgfältige Untersuchungen, die jede andere Zeichengebung ausschließen, haben mir das mindestens für den Hund ganz sicher bewiesen. Bei dem Elephanten ist gerade der Schläfenlappen, in dessen obere Windungen wir nach den Ausfallerscheinungen beim Menschen wenigstens den Apparat verlegen, an den die Wortgnosie geknüpft ist, recht groß, s. Fig. 319. Hunde, denen man die Schläfenlappen zerstört, verlieren die Fähigkeit, die rufende Stimme ihres Herrn zu erkennen, aber sie erkennen noch Töne, die sie früher via Schläfenlappen dem Palaencephalon übermacht.

Sehr weitgehend wird diese Sprachgnosie der Tiere aber nie, weil sie sich mangels der entsprechenden Rindenteile nicht in Sprachpraxien umsetzen kann. Mit dem Auftreten der Sprechmöglichkeit ändert sich in sehr wesentlichem Maße die ganze Konfiguration der Hirnrinde, es treten sehr große neue Teile zu den alten, Teile von denen wir wissen, daß ihre Erkrankung die Sprache selbst oder die Intelligenz, welche von der Sprache erst herbeigeführt ist, schwer beeinträchtigt.

Wir Menschen kommen zur Sprachgnosie in frühester Jugend, das Kind versteht lange, ehe es ordentlich sprechen kann, einen großen Teil der Sprache. Auch der Erwachsene steht beim Erlernen fremder Sprachen dem gleichen Mißverhältnis gegenüber. Er versteht, ehe er selbst ordentlich sprechen kann, ja für die via Schrift erlangte Sprachgnosie ist dies das ganz gewöhnliche. Wie viele von denen, die lateinisch lesen, können es ebenso fließend sprechen?

Wir erlangen die Sprachgnosie gewöhnlich auf akustischem Wege, Die Klinik und der Tierversuch lehren, daß die Rindenteile und Verbindungen, welche hier als Unterlage dienen, in der ersten Temporalwindung links liegen, etwas frontal von den Stätten, in die aus dem Geniculatum mediale die tertiäre Hörnervenfaserung einstrahlt. Untergang dieser Rindengebiete — sie sind Fig. 398 mit „Auditus“ bezeichnet, macht die Träger worttaub, d. h. sie stehen der ihnen bis dahin bekannten Sprache völlig ohne Verständnis gegenüber, ganz als ob es eine fremde wäre.

Der spracherzeugende Komplex in der Rinde ist dann bei den meisten Menschen außerdem mit einer Anzahl anderer gnostischer Apparate derart verbunden, daß Störungen dieser wieder ganz bestimmte Ausfälle im Sprechen erzeugen können.

In der Rinde um den Sulcus calcarinus liegt ein Areal, dessen Zerstörung alle auf optischem Wege erlernten Assoziationen vernichtet. Totale beiderseitige Zerstörung macht den Menschen blind, aber partielle läßt dieses Sehzentrum in seiner Tätigkeit studieren. Menschen mit Verlust desselben erkennen nicht mehr, sie können den ganzen seelischen Prozeß, welcher als Endleistung das Erkennen ermöglicht, nicht mehr ausführen. Sie können natürlich auch nicht mehr die erlernte Buchstabenschrift lesen. Da sie nicht optisch erkennen, finden sie natürlich auch die Worte für einen vorgezeigten Gegenstand nicht, sie sind in bezug auf diesen aphasisch, aber sie finden dann manchmal das Wort, wenn die Betastung ihnen genügende Schlüsse auf die Natur des Gegenstandes gestattet. Umgekehrt erkennt ein Mensch mit Zerstörung der Mitte der hinteren Zentralwindung gewöhnlich nicht mehr durch Betasten, er wird, wenn man ihm nicht Hinsehen gestattet, nicht die Benennung für einen nur gefühlten Gegenstand finden. So hängt das Wortfinden nicht nur von der Rinde ab, wo das Wortbild lokalisiert ist, sondern in ganz bestimmter Weise von zahlreichen anderen Rindenstellen.

Und deshalb sind Störungen der Sprachgnosie kaum je ganz rein auf den akustischen Faktor beschränkt.

Die wichtigste Verbindung dieser gnostischen Apparate aber führt zu den der Sprachpraxie dienenden Hirnteilen. Sie ist so wichtig, beide sind so innig untereinander verknüpft, daß Störung der gnostischen Apparate immer mehr oder weniger auch Störungen der Praxie macht, die Worttauben sprechen auch schlecht und ganz gewöhnlich drängen sich in die Sätze, die sie sagen wollen, andere Worte ein. Man hat diese Beziehungen dadurch ausdrücken wollen, daß man den akustischen und den motorischen Wortschatz zusammen als eine Einheit, die innere Sprache, auffaßte.

Die Pathologie weist darauf hin, daß die in uns ruhenden Wortbegriffe ganz wesentlich an den gnostischen Apparat gebunden sind. Die Sprechpraxie ist erst das Sekundäre; die Gnosis der Sprache erst befähigt zur Sprachpraxie. Diese braucht keineswegs immer gerade durch die Sprechwerkzeuge in Aktion zu treten, wir haben die Schrift, die Zeichengebung, die Mimik, die ausdrücken können, was wir sagen wollen.

Auch die Sprachpraxie ist nicht etwas, das erst beim Menschen auftritt. Bekanntlich haben Hunde, Pferde und Affen bereits die Anfänge und sie bedienen sich in mäßigem Grade wohl der Stimme, um Zeichen zu geben. Es wäre nicht ausgeschlossen, daß man diese Anfänge durch Übung etwas steigerte und Hunde etwa erzielte, die zur Zeichengebung nicht nur vorwiegend die durch Rumpf- und Schwanzbewegung mögliche Mitteilung benutzen, sondern auch erlernte Modifikationen des Bellens.

Für uns Menschen ist das vorwiegende Ausdrucksmittel der Sprache durch die Mundwerkzeuge gegeben. Die Hirnstelle, an welcher sich die meisten aus den gnostischen und anderen Zentren stammenden Bahnen für die Sprachpraxie zusammenordnen, liegt fast immer nur in der linken Hemisphäre, ein weniges vor dem Zentrum für die Innervation der Sprech- und Schluckmuskeln, an der Basis der dritten Stirnwindung. Fig. 398 bei Sermo. Ein Patient, dem nur diese „Broca'sche Gegend" zerstört ist, kann nicht mehr sprechen, aber Laute kann er von sich geben. Es kann auch vorkommen, daß er bei etwas größerer Zerstörung nicht mehr weiß, wie man den Mund aufmacht, wie man die Zunge herausstreckt, obgleich er dies spontan, etwa beim Essen, ausführen kann. Dabei läßt sich gelegentlich durch die Gebärden, ja durch die Schrift beweisen, daß er die Vorstellung dessen, was er sprechen will, noch hat.

Was die Brocasche Windung und ihre nächsten Verbindungen leisten, das ist nur die Sprachpraxie. Von der mit zahllosen Beziehungen ausgestatteten Sprache ist diese nur ein Element, ein Element, das einzeln in Erscheinung treten kann, wenn wir etwa gedankenlos vor uns hin sprechen, bei Interjektionen und unter so vielen anderen Umständen. Ja aus dem Umstande, daß wir gelegentlich lange Wortreihen aussprechen, die wir gar nicht wünschen, wie etwa bei einem unwillkürlichen längeren Ausrufe, bei einem zusammengesetzten Fluche, dann früh beim Aufwachen, darf schon gefolgert werden, daß ein Grundelement der Sprache die reine Sprachpraxie ist. Solche reine Sprachpraxie ist es auch, wenn in alter Gewohnheit Gebete, Gedichte gesagt werden, ohne daß der Inhalt bedacht wird, jedes „Herunterleiern" ist reine Sprachpraxie.

Auch dieses motorische Sprachzentrum ist wieder mit anderen motorischen Apparaten enge verknüpft, wenn die Erziehung solche geschaffen hat, aber diese Verbindungen scheinen alle über das gnostische Zentrum hin zu führen. Wenn die Verbindungen der Sprachhörgegend mit den Handzentren unterbrochen sind, wird Schreiben auf Diktat unmöglich werden, wohl aber läßt sich nachweisen, daß solche Kranke, weil eben die Ver-

bindung zwischen Akustikus und Rinde da ist, verstehen was sie hören. Ein solcher Kranker wird noch ganz gut abschreiben können. Das aber wird ihm unmöglich sein, wenn etwa die Verbindung des motorischen Armzentrums mit der Sehsphäre gelitten hat. Diese Störungen im zentralen Rindenapparat und im Assoziationsapparate bieten das allergrößte Interesse. Ein Stenograph oder ein Schreiber, der sich ohne Rücksicht auf Verstehen bemüht, so rasch als möglich das Gehörte in seine Schrift zu übertragen, arbeitet mit reinen Gnosien und Praxien der Sprache und Schrift. Krankheitsfälle lehren, daß auch ihre Verbindung verloren gehen kann.

Die hier abgeschiedene Sprachgnosie und Sprachpraxie aber genügen durchaus nicht zu dem, was wir menschliche Sprache nennen. Sie bilden nur ein notwendiges Glied in dieser. Herde irgendwo in der Rinde können das Seelenvermögen so schwächen, daß bei intakten Sprachgegenden doch keine vernünftige Rede herauskommt. Diffuse Krankheitsprozesse führen oft zu solchen Störungen. Auch hemmen können solche Prozesse die Sprache. Wir kennen Seelenstörungen, wo nichts, auch der stärkste Zwang nicht, die Menschen zum Sprechen bringen kann.

Das, was die Sprache zu dem mächtigen Werkzeuge macht, das den Menschen vom Tiere unterscheidet, ist aber weder ihre Gnosie noch ihre Praxie, beides Funktionen, die zum Teile schon bei den Tieren vorhanden sind, beides Funktionen, die wohl immer unterhalb der Bewußtseinsschwelle auch beim Menschen verlaufen. Es ist ihr besonders inniger Zusammenhang mit dem Intellectus, ein Zusammenhang, der so innig ist, daß der größte Teil unseres Denkens in Sprachbildern geschieht. Ja es zeigt die Vergleichung der Anthropoidengehirne mit dem menschlichen nichts so deutlich als daß die Hirnwindungen, welche nicht direkt Gnosien oder Praxien erzeugen, bei den Menschen enorm viel größer geworden sind als bei den Affen. Der Stirnlappen bildet sich eigentlich erst ordentlich aus, wenn sich die unterste mit dem Sprachvermögen so innig zusammenhängende Windung entwickelt.

Bisher haben wir erkannt, daß sich einfache und komplizierte Bewegungen aufbauen können auf dem Boden des Palaeencephalons, daß sich mit dem Auftreten der Rinde und mit deren Ausbildung dazu die Fähigkeit gesellt, Handlungen auszuführen, die auf dem Wege der Gnosie erworben wurden und daß Störungen des gnostischen oder praktischen Apparates isoliert und kombiniert vorkommen. Allerdings sind beide so innig verknüpft, daß die Störung des einen fast immer solche des anderen herbeiführt.

Zu all diesem gesellt sich beim Menschen und sehr wahrscheinlich bei einigen Tieren ein Drittes. Außer den Sinneswahrnehmungen und ihrer zweckmäßigen Verwertung gewahren wir noch ein Moment, das man kurz als Einsicht, Verstehen bezeichnen könnte, die Fähigkeit, die eignen Wahrnehmungen zu verstehen und danach die Handlungen einzuleiten, zu unterdrücken oder zu ändern, schließlich den Erfolg der Handlung zu beurteilen und spätere danach einzurichten. Diese Fähigkeit und nur diese mag man als Handlungen mit **Bewußtsein** *bezeichnen.*

Jede Selbstbeobachtung lehrt uns, wie wenige unserer Handlungen überdacht, überlegt und von uns beobachtet vor sich gehen, wie wir ständig „im Unterbewußtsein" handeln und wie wir in der Lage sind, jede Handlung aus einem unbeobachteten in den bewußten Zustand treten zu lassen. Längst kann ich schreiben, ohne an die Herstellung der Buchstaben zu denken, deren Erlernen mich so große Mühe gekostet, längst ein Streichholz anzünden, mit der Gabel essen, kurz, ungezählte Handlungen ausführen, ohne zu gedenken,

wie ich sie fertig bringe, ja meist ohne zu merken, daß ich sie überhaupt ausführe. Sicher bringen der Maler, der Musiker und andere Künstler das eigentlich Technische ihrer oft so großen Leistungen zustande, ohne daß sie sich der dazu notwendigen Elemente bewußt werden. Ja alle Praxien sind um so vollkommener ist, je „gedankenloser" sie geschehen. Auch hierdurch wird für manches eine Überlegenheit des Tieres über den Menschen bedingt, der so oft „von des Gedankens Blässe angekränkelt, die angeborene Farbe der Entschließung" nicht zum Ausdruck bringen kann. Würde der Polizeihund zum Beispiel überlegen, dann wäre er nicht viel brauchbarer als sein Herr; und das Wild würde viel schneller uns zur Beute werden, wenn es den Anblick des Jägers nicht mit sofortiger Flucht beantwortete, wenn es erst sich die Situation klar machen wollte.

Wenn man Gesunde oder Kranke untersucht, muß man notgedrungen ihnen die Handlung, die sie ausführen sollen, in das Bewußtsein zurückrufen und es könnte dann so scheinen, als führten wir alle Praxien innerhalb der Helle des Bewußtseins aus. Ebenso ist es, wenn wir untersuchen was wir an geistigen Vorgängen in uns finden, immer müssen wir sie präcis zu erfassen suchen. Auch die naturwissenschaftlich arbeitende Psychologie prüft bisher ganz wesentlich nur Vorgänge, in denen der Beobachtete Auskunft zu geben hat, also solche, die von ihm klar erkannt werden müssen. Die Handlungen, welche auf Gnosien hin ohne solches Erkennen erfolgen, hat sie kaum noch in den Bereich ihrer Betrachtung gezogen. So konnte sie zu dem Satze kommen: Psychologie ist das Studium des Bewußtseininhaltes. Als die Philosophie begann, unsere Handlungen zu analysieren, mußte sie, weil sie von Selbstbeobachtung ausging, zu dem gleichen Schluß kommen. Sie hat dann in der Annahme, daß nichts unvermittelt eintritt, auch da, wo offenbar Handlungen vorlagen, von denen der Ausführende nichts wußte, die Annahme gemacht, daß es höhere und tiefere Bewußtseinsformen gebe und hat für das klare Erkennen, das Abwägen und Beobachten, für das Voraussehen und das dem Träger klare Empfinden das Wort Selbstbewußtsein gewählt.

Eigentlich wissen wir nur von diesem Selbstbewußtsein und durch es. Da nun die Naturwissenschaft nicht ohne Grund Annahmen macht, erhebt sich die Frage ob wir überhaupt dazu gezwungen sind, außer jenem noch andere Formen des Bewußtseins anzunehmen, ob wir, wie es ganz allgemein geschieht, die Prozesse im Nervenapparat mit jenem nicht recht faßbaren Begriffe noch verknüpfen müssen. Wie es Nichts gibt, das mich zu der Annahme zwingt, daß die Bewegungen meines Darmes von irgend einer Bewußtseinform begleitet sind, so gibt es auch keine Beobachtung, die eine solche Annahme für die Bewegungen etwa verlangt, die ein Mensch mit durchschnittenem Rückenmarke noch ausführt — sah ich doch eine Geburt ohne daß die Patientin davon wußte oder Schmerzen hatte weil das Rückenmark durchtrennt war.

Wir können aus zahlreichen Beobachtungen der Klinik ganz sicher sagen, daß, was nicht bis in das Großhirn geleitet werden kann, auch nicht zu Bewußtsein gelangt.

Die Hypothese von einem Bewußtsein, das alle Hirnleistungen begleitet, hat sich nicht einmal als heuristisch wertvoll erwiesen, es gibt keine Tatsache, auf die wir durch sie kamen. Uns soll die Annahme genügen, daß alle jene Receptiones et Motus, alle jene Gnosieen und Praxieen als rein physiologische Vorgänge verlaufen können und daß sich ihnen von einem gewissen Stadium der Hirnentwicklung an etwas Neues, eben jenes Selbstbewußtsein addiren kann. Mit ihr treten wir nicht aus dem Kreise des Beobachteten heraus.

Wer aber den Bau des Gehirnes in der Tierreihe kennt, wird zu der Überzeugung gekommen sein, daß das Auftreten neuer Fähigkeiten immer an das Auftreten neuer Hirnteile oder an die Vergrößerung vorhandener gebunden ist. Es ist deshalb eine vollständig berechtigte Fragestellung, die, ob der Funktion des Selbstbewußtseins nicht etwa neu zukommende oder ältere sich vergrößernde Hirngebiete dienen. Der geniale Arzt Adolf Kußmaul war wohl der erste, der völlig klar erkannte, daß beim Aufsteigen zu bewußter Tätigkeit ein neues Organ eine Rolle spielen müsse, er hat damals die Großhirnrinde im Gegensatz zu dem Palaeencephalon dafür gehalten. Er hat auch zuerst darauf hingewiesen, wie weitaus der größte Teil unserer seelischen Tätigkeit außerhalb des Bewußtseins abläuft, wie die Wilden und die Kinder mehr in Sinnesempfindungen arbeiten, wie später an deren Stelle die Begriffe im anschaulichen Gewande der Wörter, treten und wie jetzt erst das Denken an Raschheit, Komplikation und Bestimmtheit gewinnt.

Nun zeigt schon die Betrachtung des Gesamtgehirnes, daß dieses sich etwa in dem Maße vergrößert, wie das Tier intelligenter wird und wir werden nachher zu untersuchen haben, auf welche Teile diese Vergrößerung kommt.

Das allermeiste was wir von Handlungen und Erkennungen an den uns gut bekannten Säugern sehen, kann sehr wohl verstanden werden, unter der Annahme, daß es sich um einfache Gnosien und Praxien handelt. Aber es zeigt das überaus zweckmäßige und oft nach den Zielen wechselnde Handeln der höheren Säuger, auch der nicht durch Menschenerziehung „gefälschten", so vieles auf Intelligenz Hinweisende, daß ich weit entfernt bin, denjenigen beizustimmen, die den Tieren diese Seite des Geisteslebens absprechen wollen. Es genügt, darauf hinzuweisen, wie vorsichtig etwa das Raubzeug die Fallen vermeiden lernt, wie geschickt Hund, Wolf und Fuchs im Deuten der für sie eventuell gefährlichen Spuren und Zeichen sind, es genügt, dem oft mit List verbundenen Jagen zuzusehen, um zu der Überzeugung zu gelangen, daß eine nicht sehr weitreichende Intelligenz einige Handlungen der Tiere begleitet. Freilich müssen wir es lernen, bei Beobachtung tierischen Handelns nicht immer den menschlichen Maßstab anzulegen, und immer müssen wir versuchen, mit den einfachsten, nicht mit den komplizierteren Annahmen auszukommen. Wollen wir gut hier vorankommen, dann müssen wir nicht immer staunen, was ein Tier etwa kann, wir gehen viel sicherer vor, wenn wir untersuchen, was es nicht leistet, trotzdem ihm Sinne und andre Ausführungsorgane gegeben sind. Jeder, der sich mit der Dressur von Hunden abgegeben hat, weiß, daß die Intelligenz hier die allergrößte Rolle spielt. Man muß das Tier auf etwas aufmerksam machen können, sonst versagt alle Dressur. Deshalb kann man Tiere mit ganz kleinen Stirnlappen, etwa Mäuse oder Kaninchen, kaum wirklich dressieren, während Hunde, und vor allem Affen, hierzu außerordentlich viel besser geeignet sind. Hat das Tier einmal begriffen, was es soll, dann gilt es nur, durch Übung die Sinneszentren der Rinde so weit zu bringen, daß sie viel leichter als früher auf das Verlangte hinarbeiten.

Freilich ist es oft schwer zu sagen, wie weit Handlungen, die wir ein Tier ausführen sehen, von dem Momente der Einsicht begleitet sind, manchmal führt nur ein Zufall dazu, daß wir erkennen, wie eine bestimmte, offenbar sehr vernünftige Handlung ganz ohne jedes Verstehen ausgeführt wird. Das S. 463 erzählte Verhalten eines intelligenten Chimpanze gibt ein gutes Beispiel dafür. Man kann durch Dressur Affen und Hunde, auch Pferde in vielem zu menschenähnlichen Handlungen abrichten. Wie wenig weit aber ihr Begreifen reicht, das zeigt am besten das freilebende Tier, das

kaum je auf eine Handlung kommt, die außerhalb seiner natürlichen Lebensweise liegt. Noch hat niemand einen Affen Feuer anzünden gesehen oder auch nur beobachtet, daß er ein vorhandenes Feuer, an dem er sich wärmte, durch Zutragen von Holz unterhielt.

Das Tierexperiment und auch das anatomische Bild, s. Vorlesung 27 u. 28 sprechen durchaus dafür, daß die Tiere alle Sinneszentren haben und daß auch Zusammenordnungen für Praxien in ihrer Rinde sind. Was sich aber vom Tiere zu dem Menschen hin steigend vergrößert, das sind die Felder, welche zwischen und vor den Sinneszentren liegen und der mächtige diese zusammenordnende Apparat der intercortikalen Bahnen.

Diese Stellen, von denen eine große Anzahl, beim Menschen mindestens fünfunddreißig, bekannt sind, umgeben die eigentlichen Sinnesfelder, und es ist sehr wahrscheinlich, daß sie im wesentlichen die Assoziationen vermitteln, die zahllosen Verbindungen, die zwischen den Rindenfeldern selbst so geknüpft werden müssen, daß ein intelligentes Handeln entsteht. Noch kennen wir für die meisten Tiere nicht die Ausdehnung der zwischen den Sinnesfeldern liegenden Rindenteile, aber für eine Anzahl derselben, diejenigen, die fern von allen Sinnesfeldern ganz vorn im Stirnteile des Gehirns liegen, vermögen wir neuerdings eine scharfe Abgrenzung vorzunehmen, für die den Stirnlappen zusammensetzenden. Diese Ansammlung ist so gut charakterisiert, daß wir sie nach ihrem anatomischen Bau durch die Säugerreihe hindurch verfolgen können, und da stellt sich etwas sehr Merkwürdiges heraus. Sie nimmt deutlich zu an Größe im Maße, wie das Tier seine Wahrnehmungen und Handlungen von der Intelligenz führen lassen kann. Fig. 341, 342. Bei der Ziege, beim Känguruh ist sie recht klein, bei der Katze schon größer, und bei den Hunden nimmt sie eine wahrscheinlich nach den Rassen schwankende, die Katze übertreffende Ausdehnung ein. Sicher ist der Stirnlappen beim Fuchs größer als beim Hund, und es ist kein Zweifel, daß er bei den Affen unter den Tieren die größte Ausdehnung erreicht. Daher kommt es denn auch, daß diese nicht mehr, wie etwa die Hunde, eine mit der Nase zurückfliehende Stirn haben, daß sich vielmehr die Stirn vorwölbt. Der Stirnlappen erreicht bei den menschenähnlichen Affen schon eine recht beträchtliche Ausdehnung, aber er ist noch sehr viel kleiner als der vom Menschen. Auch beim Menschen bietet er noch beträchtliche Unterschiede, und es können namentlich die Gehirne von Idioten und sehr Schwachsinnigen sich in dieser Hinsicht mehr dem Affengehirn als dem Menschengehirn nähern. Da man von den Schädelformen auf die Entwicklung des Stirnlappens schließen kann, so wissen wir mit Sicherheit, daß die diluvialen Menschen, deren Schädel wir besitzen, kleinere Stirnlappen als die heutigen hatten. Das finden wir auch heute noch bei den primitiven Menschenrassen, bei denen die übrigen Teile des Gehirns sehr wohl entwickelt sein können. Menschen, bei denen durch irgendwelche Krankheit oder durch fehlerhafte Anlage bei der Geburt der Stirnlappen verkümmert ist, sind immer Idioten. In ihrem seelischen Verhalten offenbart sich im ganzen deutlich das, was man Schwachsinn nennt. Körperlich beherrscht die meisten dieser Patienten eine ungeheure Unruhe, nichts kann sie lange fesseln, von einem springen sie zum andern, und der Vergleich mit dem Affen im Käfig, der ja auch nur einen kleinen Stirnlappen hat, hinkt nur wenig. Hunde, etwa intelligente Jagdhunde, sind im Freileben noch nicht genügend auf die Folgen geprüft, welche die Wegnahme der Stirnlappen hat. Unsre Laboratoriumshunde verlieren durch die Operation die Fähigkeit wie früher aufmerksam zu folgen oder auch anerzogene Handlungen wie früher auf Kommando auszuführen, sie werden ungebärdig, unruhig und unfolgsam, fast albern.

Im Stirnlappen müssen auch durch die mächtigen Arme zur Brücke Elemente gegeben sein, die irgendwie mit dem motorischen Abschnitt unserer Handlungen betraut sind oder mit dem kinaesthetischen, denn mit seiner Zerstörung treten außer den seelischen Defekten solche der Statik des Rumpfes auf. Es weisen aber die Untersuchungen von Kleist darauf hin, daß Störung dieser Verbindungen auch auf psychischem Gebiete Ausfälle schafft.

Und noch ein andres sehen wir erst bei einigen höheren Säugern, eben Tieren mit entwickelteren Stirnlappen, auftreten, all das, was man gemeinhin als Gemütsregungen zu bezeichnen pflegt. Wie deutlich sind bei unserm Hunde die Zeichen, daß er Liebe und Haß, Freude und Trauer kennt, und wie fraglich sind sie etwa bei dem Kaninchen, dem Maulwurf, der Maus! Wie groß ist in dieser Beziehung schon die Distanz zwischen dem Pferde und dem Rindvieh! Dem entspricht es auch, daß wir echte Seelenstörungen bisher nur von Tieren mit entwickelten Stirnlappen kennen, ja daß solche fast nur bei Hunden beobachtet sind.

Wenn wir den Verhältnissen beim Menschen näher treten, so entdecken wir, daß weitaus der größte Teil dieser als Intelligenzfähigkeit zusammenzufassenden Erscheinungen an das Vorhandensein der inneren Sprache geknüpft ist. Wir denken das allermeiste in Worten. Und erst mit dem Besitz des Wortschatzes erlangen wir die Fähigkeit zu Abstraktionen. Solche sind ohne Wortbezeichnung gar nicht denkbar. Ohne Worte ist auch das Wissen undenkbar. Wunderbar schildert Dr. Howe wie bei seiner Schülerin, der blindtauben Laura Bridgeman das Licht der Wahrheit aufging, der Verstand zu arbeiten begann als sie ein Mittel hatte, sich ein Zeichen von etwas, das vor ihrer Seele stand, mit Buchstaben zusammenzusetzen und dies einem anderen zu zeigen, jetzt war sie nicht mehr einem Hunde zu vergleichen, ihr Antlitz strahlte von menschlicher Vernunft. Ganz gleiches erzählt Helen Keller, die ja in gleicher unglücklicher Lage war, von dem Momente, wo ihr aufging, daß es ein Mittel zum Zusammenfassen und Mitteilen der Gedanken gäbe.

Wer sich einmal klar machen will was alles wir dem Besitz der Sprachzentren und Verbindungen für unser Geistesleben verdanken, der erwäge wie Großes sich in der Philosophie und besonders in der Naturwissenschaft oft genug an die Prägung eines einzigen Wortes für einen Begriff geknüpft hat. Daß ein Mensch dem anderen so unendlich viel von seinen Erfahrungen, Beobachtungen, Anschauungen mitteilen kann, das hat das Menschengeschlecht so hoch über die nächstverwandten Tiere erhoben, so weit von den nächstverwandten Tieren geschieden. Die Sprache hat die Keime der Intelligenz zur Entfaltung gebracht.

Mit dem Einsetzen der Sprachfähigkeit vergrößert sich mit einem Male das ganze Gehirn. Offenbar aber handelt es sich, wenigstens wenn man die Unterschiede zwischen Mensch und Anthropoiden betrachtet, nicht um Vergrößerung der Sinnessphären, sondern sehr deutlich um Wachsen des Stirnlappens und der zwischen den Sinnessphären liegenden Felder.

Was hier nun breit entwickelt ist, das läßt sich mit relativ wenig Worten zusammenfassen.

Das Palaeencephalon leistet Rezeptionen und Motus, oft schon recht komplizierter Art. Über diese schaltet sich, mit dem Wachsen der Hirnrinde immer mehr zunehmend, die Fähigkeit zu Gnosien und zu Praxien. Diese gehen auf die Sinnesfelder der Rinde zurück, einen Apparat, dem man die Fähigkeit zusprechen muß, die aus dem Palaeencephalon kommenden Rezeptionen mit zahlreichen anderen dadurch zusammenzuordnen, daß er sie zurückzuhalten und auch wieder irgendwie zu reproduzieren vermag,

wenn gleiche oder auch nur verwandte Rezeptionen ihn anregen. Diese Gnosien führen zu Praxien, Handlungen. Einzelne Teile der Rinde sind mehr mit den Endapparaten sensibler, andere mehr mit denjenigen motorischer Apparate verknüpft, aber wir haben nicht das Recht, die Hirnrinde deshalb da sensibel und dort motorisch zu nennen, müssen uns vielmehr vor Augen halten, daß es sich so gut wie immer um das Arbeiten eines größeren Teiles des in sich geschlossenen Apparates handelt.

Zu diesen gesellen sich andere im Stirnlappen besonders reich vertretene Rindenfelder und mit ihrem Auftreten zeigt sich erst deutlich neben Gnosien und Praxien der Intellectus. Er nimmt zu, wenn mit dem Einsetzen der Sprachzentren und der von ihnen abhängigen Ausbildung des Stirnlappens die Fähigkeit zu andersartigem Denken und zu Mitteilen des Gedachten und Erkannten gegeben wird.

Die Bewegungen, die das Urhirn auf Reize hin leistet, die Handlungen, die von den Sinneszentren auf die Wahrnehmungen hin erfolgen, sind bei Mensch und Tier gleich, ja, das Tier ist für beide gelegentlich dem Menschen weit überlegen. Nur eins entwickelt sich beim Menschen ganz enorm viel weiter als beim Tier, die Assoziationszentren, besonders der Stirnlappen und damit die hohe, ein Bewußtsein voraussetzende Intelligenz. Da aber der Stirnlappen in verschieden hohem Maße auch den Tieren zukommt, so sind wir zu der Annahme gezwungen, daß manche Handlungen der Tiere von dessen Leistungen begleitet sein müssen. Die vergleichende Anatomie wird hier zu einer Pfadfinderin der Psychologie, und sie stützt und erklärt deren Beobachtungen da, wo bisher Unsicherheit herrschte. Sie zeigt, daß das, was wir vom seelischen Verhalten erkennen, ein Additionsbild ist, hergestellt von den Leistungen ganz verschiedenwertiger Hirnteile, und gibt so einen neuen Weg zur Analyse der komplizierten seelischen Erscheinungen.

Es wird für die Psychologie des Menschen und der Tiere zweckmäßig werden, der Möglichkeiten ständig zu gedenken, die der vorhandene Apparat für die einzelnen Seelentätigkeiten bietet. Sie wird viel bisher gegangene Irrwege vermeiden lernen, wenn sie aufhört, Analogieschlüsse zu ziehen und Tieren, die bestimmte Apparate gar nicht besitzen, Leistungen zuzuschreiben, die nur gerade von diesen Apparaten ausgeführt werden können. Wenn die Begriffe des Bewußtseins, der Intelligenz usw. präziser gefaßt und die betreffenden Fähigkeiten erst da angenommen werden, wo wir ohne diese Hypothese nicht auskommen, dann gewinnen wir der Psychologie ganz neue Fragestellungen und einen andern Standpunkt.

Register.

Abbauelements 22. 24.
Affengehirn 460.
Ala cinerea 204.
Alveus 398.
Ammonshorn 362. 389.
Ansa lentiformis 352 406.
Ansa peduncularis 363.
Apparato reticulare (Golgi) 30.
Arbor vitae 259
Archipallium 393. 416.
Area pteroidea 262.
Assoziationsfeld der Oblongata 133. 168.
Assoziationsfasern 481.
Assoziationszellen 52.
Assoziationszentren (Flechsig) 499.
Aufbrauchtheorie 24.
Autonomes Nervensystem 96.
Axenzylinder 31. 33. 46.

Baillargerscher Streifen 466.
Balken s. Corpus callosum.
Basales Riechbündel 381.
Bauchstrang 104.
Bechterewscher Kern s. Nucleus angularis.
Bechterews Tractus olivaris s. Tr. spino-olivaris.
Bindearm s. Brachium conjunctivum.
Blaseninnervation 136. 141.
Brachium conjunctivum 77. 243. 255. **284.**
Brachia pontis 237. 238. 255. **283.**
Brücke 69. 80. **237.**
Brückenhaube 240.
Bulbus olfactorius 81. 374. **376.**
Burdachscher Strang 117. 124. 125.

Capsula externa 84.
Capsula interna 83. 491. 501.
Capsula nuclei rubri 317. 361.
Caput nuclei caudati 76
Cauda equina 109.
Cerebellum 63 76. **255.**
Centrum semiovale 73.
Chiasma opticum 81. **326.**
Cingulum 484
Clarke-Stillingsche Säule 126. 134.
Claustrum 84. 481.
Columnae fornicis 74 s. a. Fornix.
Columna vesicularis s. Clarke-Stillingsche Säule.
Conus terminalis 109. 125. 135.
Commissura anterior 84. 386. **413**
Commissura anterior (Rückenmark) 157.
Commissura habenularum 76. 325. 370.
Commissura mollis 77. 364.
Commissura posterior 69 77. **312.**
Commissura posterior (Rückenmark) 157.
Cornu Ammonis **362.** 394.
Corpora quadrigemina **287.**
Corpus callosum 67. 73. 395. **487.**
Corpus fornicis 74.
Corpus geniculatum laterale 77. **341.**
Corpus geniculatum mediale 297. **347.**
Corpus mamillare 81. **331.**
Corpus parabigeminum 253.
Corpus praeterminale 64. 68.
Corpus quadrigeminum **298. 294.**
Corpus restiforme 78. 197. 255. **279.**
Corpus striatum 73. **403.**
Corpus trapezoides pontis 209.
Corpus trapezoides cerebelli 259.

Decussatio hypothalamica posterior 336.
Decussatio supramamillaris 332.
Decussatio supraoptica 248. 346. 347.
Dermatom 112.
Direkte sensorische Kleinhirnbahn 230. 281.
Dorsales Längsbündel s. Fasc. long. dors.
Dorsales Längsbündel des zentralen Graus 302.

Eminentia collateralis 450.
Eminentia teres 182.
Epiphyse 69. 76. **321.**
Epithalamus 320. 348. **368.**

Fascia dentata 394. 450.
Faisceau residuaire 342.
Fasciculus longitudinalis dorsalis 151. 204. **218. 313.**
Fasciculus marginalis 156.
Fasciculus retroflexus 291.
Fasciculus rubro-laquearis 317.
Fasciculus rubro-reticularis 317.
Fasciculus solitarius **180.**
Fasciculus arcuatus 483.
Fasciculus fronto- occipitalis 487.
Fasciculus longitudinalis inferior 484.
Fasciculus subcallosus 486.
Fasciculus uncinatus 483.
Fibrae arcuatae internae 186.

Fibrae concomitantes trigem. 225.
Fibrae praeganglionales 98.
Fibrae propriae der Hirnrinde 481.
Fibrae rectae pontis 239.
Filum terminale 109.
Fimbria 394.
Fissura chorioidea 66.
Fissura hippocampi 393.
Fissura Sylvii 443.
Flocculus 258. 262.
Flußkrebs (Bauchstrang) **50**.
Fontaineartige Haubenkreuzung 295.
Foramen Magendii 171.
Foramen Monroi 76.
Forceps 488.
Forelsche Kreuzung 316.
Forelsche Schichten H_1, H_2 **352**.
Formatio bulbaris 374.
Formatio reticularis 188.
Fornix longus 402. 411.
Fornix 73. 331. 402. 411.
Fossa Sylvii 66. 423. 443.
Fovea limbica 374. 417. 422.
Fovea rhinalis ext. 378.
Fovea rhomboidalis s. Ventriculus quartus.
Fußfaserung des Hirnschenkels 288.

Ganglienleiste 16.
Ganglienzelle **26** ff. 46.
Ganglion ciliare 101.
Ganglion habenulae **368**. 371.
Ganglion interpedunculare 291.
Ganglion isthmi 253.
Ganglia pontis 237.
Ganglion profundum mesencephali 296.
Ganglion tegmenti 241.
Ganglion triangulare 104.
Ganglion zonae incertae 351.
Gefäßscheide 23.
Gennarischer Streifen 465.
Genitalapparat, Innervation 136. 137. 141.
Gitterschicht 357.
Gliafasern 23.
Globus pallidus 83, 403.
Glomeruli olfactorii 375.
Golgi Netz 40.
Gollscher Strang 117. 124. 125.
Gratioletsche Faserung 345. 494.
Guddensche Kommissur 347.
Gyrus centralis anterior 431.
Gyrus ambiens 379.
Gyrus dentatus 394.
Gyrus hippocampi 393.
Gyrus semilunaris 379.
Gyrus subcallosus 412.

Hakenbündel 250. 276.
Halssympathicus 121.
Haube des Mittelhirns **293**.
Haubenbahn 492.
Haubenkreuzung 317.
Haubenwulst 320. 336.
Hautsinnesapparat-Anlage 15.
Hellwigs Dreikantenbahn s. Tr. spino-olivaris.
Heldsche Becher 213.
Heldsche Kreuzung 210.
Henle-Picksches Bündel 193.
Hinterhorn 67. 117.
Hinterstrang 118. 124. 157.
Hinterstrangkerne 125.
Hinterwurzel 123. 124.
Hirngewicht 457.
Hirnrinde **465**.
Hirnschenkel 69. 80. 106. **287**.
Hirnwindungen 401.
Hörnervenstrahlung 496.
Hypophyse **327**.
Hypothalamus 320. 348 **350**.

Infundibulum 81. 326.
Insel (Insula Reili) 84. 429. 443.
Intumescentia cervicalis 109.

Kammsystem des Hirnschenkelfußes 290.
Kleinhirn, Morphologie 255.
—, Rinde 264.
—, Kern und Faserung 271.
Kleinhirnkerne 272.
Kommissuren des Vorderhirns 481.
Kommissurenplatte 69. 320.
Kopfganglien 85.
—, Anlage und Entwicklung 15 ff.

Lamina commissuralis mesencephali 296.
Lamina medullaris circumvoluta 397.
Lamina medullaris int. thalami 355.
— — ext. — 356. 360.
Lamina perforata posterior 336.
Lamina terminalis 62. 65.
Längsbündel des zentralen Höhlengraus 241.
Laryngeuskern **179**.
Laterale Schleife 211. 297.
Längsbündel, unteres 484.
Lingula 257.
Lipochrom 30.
Lobus frontalis 445.
Lobus occipitalis 435.
Lobus parietalis 445.
Lobus temporalis 423. 445.
Locus coeruleus 30.
Lobus olfactorius 81. **374**. 378.
Lobus olfactorius impar 62.
Lobus parolfactorius 381.
Luysscher Körper 350.

Markentwicklung im Großhirn 500.
Markplatte 15.
Markscheide **43**.
—, Entwicklung 44.
Massa intermedia 77. 364.
Massa praecommissuralis 408.
Mastdarminnervation 136. 137. 141.
Mediale Schleife **246**.
Melanin 30.
Membrana perivascularis 22.
Metathalamus 320.
Meynertsche Kommissur 347.
Mittelhirn 63. **287**.
Mittelhirn 287.
—, Haubenregion 304.

Mittelhirnhaube **304**.
Monakowsches Bündel s. Tractus rubrospinalis.
Monakowsche Kreuzung 210.
Muskelinnervation 115. 116.
Myotom 112.

Nebenolive 183.
Neencephalon **60**. 81. 414.
Neocerebellum 260.
Neopallium 393. 416ff.
Neothalamus 348.
Nervenfaser **42**.
Nervuli ciliares 101.
Nervus abducens 222.
Nervus accessorius 173. 174. 175.
Nervus acusticus 174. **206**.
Nervus cochlearis **206**.
Nervus facialis **222**.
Nervus glossopharyngeus, Kern 182.
Nervus hypoglossus 173.
—, Kern 176. 177.
Nervus oculomotorius 306.
Nervus olfactorius **374**.
Nervus opticus **339**.
Nervus splanchnicus 102.
Nervus trigeminus 173. **224**.
—, Motorischer Kern 226.
—, Radix mesencephalica 226. **303**.
Nervus trochlearis 306.
Nervus vagus, Kerne **177**.
Nervus vestibularis **214**.
Neuroblasten 18.
Neurodesmen (Held) 20.
Neuroglia **22**.
Neuromer 112.
Neuron **37**.
Neuropilem 34. 37.
Neurosomen 27.
Nissl-Körner s. Tigroidesubstanz.
Nucleus accumbens 404.
Nucleus acustici ventralis 207.
Nucleus ambiguus **178**.
Nucleus amygdalae 84. **389**.
Nucleus angularis (Bechterew) 215.
Nucleus anterior thalami 355.
Nuclei arciformes (praepyramidales) 187.
Nucleus arciformis thalami 358.
Nucleus bulbo-pontinus 213.
Nucleus bulbo-spinalis N. trigemini 225.
Nucleus caudatus 65. 76. 83. 403.
Nucleus commissuralis 176.
Nucleus communis thalami 361.
Nucleus corporis restiformis 200.
Nucleus corporis trapezoides 212.
Nucleus Deiters **216**.
Nucleus dentatus cerebelli 273.
Nucleus dorsalis n. vestib. 214.
Nucleus dorsalis massae intermediae 365.
Nucl. fasc. longit. dors. 313.
Nucleus fastigii 272.
Nucleus funiculi cuneati 168.
Nucleus funiculi gracilis 168.
Nucleus globosus 273.
Nucleus globosus (centralis) thalami 357.
Nucleus intercalatus 182.
Nucleus intratrigeminalis 304.
Nucleus laquearis 211.
Nucleus laquearis lateralis 246.
Nucleus lateralis septi pellucidi 409.
Nucleus lentiformis 65. 83. **403**.
Nucleus loci coerulei 228.
Nucleus magnocellularis strati grisei 366.
Nucleus magnocellularis thalami 359.
Nucleus marginalis Corporis restiformis 213.
Nucleus medianus septi pellucidi 409.
Nucleus medius thalami 355.
Nucleus motorius tegmenti 241.
Nucleus olivaris superior 209. (Obere Olive).
Nucleus opticus basalis 341.
Nucleus paramedianus 182.
Nucleus praebigeminalis thalami 359.
Nucleus praetectalis 301.
Nucleus raphes oblongatae et pontis 188. 242.
Nucleus reticularis 241.
Nucleus reticularis tegmenti 168. 188.
Nucleus reuniens 365.
Nucleus ruber 293. **315**.
Nucleus salivatorius 223.
Nucleus semilunaris thalami 359.
Nucleus superior raphes 365.
Nucleus triangularis septi pellucidi 409.
Nucleus ventralis thalami 357.

Oblongata 69. **164**. Eigenapparat und Leitungen 182.
Olfactoriuswurzeln 375.
Olive (Nucl. oliv. inf.) 164. **183**.
Olivenzwischenschicht 169. 196.
Opercula 429. 443.
Oralsinn 371. 384. 417.

Palaeencephalon **58** 81.
Palaeocerebellum 260.
Palaeothalamus 348.
Pallium 414.
Pedunculi cerebri s. Hirnschenkel.
Pedunculus conarii 76. 325.
Phrenicuskern 130.
Plasmodesmen (Held) 20.
Plexus chorioideus 66. 73. 325.
Pons 237.
Portio intermedia Wrisbergi 182. **223**.
Praedorsales Längsbündel 301.
Praepontine Kommissur 252.
Praesubiculum 399.
Primärganglion 16.
Processus infundibularis 327.
Processus reticularis 118. 133.
Processus tegmentalis pontis 242.
Proencephalon **62**.
Psalterium 74. 395. 399. 400. 402.
Psychologie 505
Pulvinar (thalami) 77. **356**.
Pupilleninnervation 311.
Purkinjesche Zelle **264**.
Putamen 83. 405.
Pyramidenbahn 146. 192. 498.

Radiatio strio-thalamica et thalamo-striatica 406.
Ramus communicans albus 98.

Ramus postganglionaris 100.
Randstreifen 16.
Rautengrube 164. 171. 172.
Recessus mamiltaris 70.
Recessus neuroporicus 62.
Recessus postpinealis 323.
Recessus praepinealis 323.
Recessus praeopticus 413.
Reflexbahnen 140.
Rhombencephalon 62.
Riechapparat 374. Anlage 15.
Rückenmark, Allgemeines 106,
—, Querschnittsbild 115.
—, Eigenapparat 118.
—, Leitungsapparat 139.
—, Übersicht 153.
—, Diagnostisch 158.
Rückenmark **109.**
—, Segmentinnervation 109.
—, Eigenapparat 120. **154.**
—, Endogene Fasern 123. 132.
—, Zellgruppierung 130.
—, Leitungsapparat 141.

Saccus dorsalis 322.
Schläfenlappen 423.
Schleifen 210. 243. **245.**
Schultzesches Komma 124. 133.
Schwannsche Scheide 21. **43.**
Sehstrahlung 345. 493.
Seitenstrangkern 190.
Sekundäre Trigeminusbahn **228.**
Sensible Wurzeln, Entstehung 19.
Sensomobilität 91.
Septum pellucidum 64. 68. 74. **408.**
Sinnessphären 499.
Sklerotom 112.
Somatisches Nervensystem 85.
Spatium olfactorium 382.
Spinalganglien 15. **31.** 85. 92. 94.
Spitzkasches Bündel 248.
Spongioblasten 18.
Spongioplasma 27.
Stirnlappen 433. 434.
Strangzellen 134.
Stratum intermedium 290.
Stratum lucidum 398.
Striae olfactoriae 374. 379.
Stratum oriens 398.
Stratum radiatum cornu Ammonis 397.
Stratum sagittale internum 494.
— — externum 495.
Stratum zonale Corp. quadr. ant. 298.
Stratum zonale thalami 361.
Stria acustica 210.
Striae longitudinales 68.
Striae Lancisii 412. 451.
Stria terminalis 16.
Subiculum 394. 396.
Substantia gelatinosa Rolandi 118.
Substantia innominata 363.
Substantia nigra 30. 290.
Substantia perforata anterior 81. 382.
Substantia perforata posterior 386.
Sulci und Gyri des Gehirnes 423 ff.
Sympathicus 96. **102.** Anlage 15, Zentralabschnitt 367.

Taenia pontis 240.
Taenia semicircularis 84. 389. 412.
Taenia thalami 76. 325. 369.
Taenia von Giacomini 450.
Tela chorioidea 66. 325.
Tela chorioidea ventriculi quarti 171.
Telencephalon 63.
Telodendrien 33.
Thalamus 63. 69. **347. 354.**
Thalamusstiele 362.
Tigroide Substanz 27. 42. (Nisslkörner).
Tractus antero-lateralis ascendens 187.
Tractus bulbo-mamillaris 248.
Tractus bulbo-spinalis N. Trigemini 225.
Tractus bulbo-thalamicus 169. 195. 196.
Tractus cerebello-spinalis 150.
Tractus cerebello-tegmentalis 151. 275.
Tractus mesencephali 276.
Tractus bulbi 276.
Tractus pontis 276.
Tractus cortio-bulbaris 192. 497.
Tractus medialis 289.
Tractus lateralis 289.
Tractus cortico-cerebellaris 283.
Tractus cortico-mesencephalicus 496.
Tractus cortico-nuclearis 271.
Tractus cortico-pontini 237. 497.
Tractus cortico-rubralis 317.
Tractus cortico-spinales 146. 192.
Tractus s. Pyramidenbahn 498.
Tractus cortico-thalamici 348. 492.
Tractus cortico-tegmentalis 361.
Tractus cerebello-tegmentalis 189. 200.
Tractus cervico-lumbalis dorsalis 158.
Tractus fastigio-bulbaris 243.
Tractus habenulo-peduncularis 291. 335. 370.
Tractus intermedio-lateralis 136.
Tractus mamillo-tegmentalis 332. 334.
Tractus occipito-thalamici 353. 494.
Tractus olfactorii 81.
Tractus olfacto et parolfacto-ammonicus 391. 412.
Tractus olfacto-epistriaticus 391.
Tractus olivo-cerebellaris 184. 186. 280.
Tractus olivo-spinalis (Bechterew) 185.
Tractus opticus 326.
Tractus peduncularis transversus 310. 342.
Tractus ponto-cerebellares 283.
Tractus-parolfacto-habenularis 385.
Tractus rubro-spinalis (Monakowsches Bündel) 152. 244. 255. **315.**
Tractus spino-cerebellaris **144. 251.**
Tractus spino-olivaris **156.**
Tractus spino-tectalis 146. 300.
Tractus spino-thalamicus **140.** 195.
Tractus strio-peduncularis 290.
Tractus strio-thalamici 348.
Tractus tecto-bulbaris et spinalis lateralis 300.
Tractus tecto-cerebellaris 301.
Tractus tecto-spinalis **153.**
Tractus tegmento-spinalis 151.
Tractus thalamo-olivaris 185. 243. 364.
Tractus thalamo-spinalis 316.
Tractus thalamo-striatici 348.
Tractus vestibulo-nuclearis 313.

Tractus vestibulo-spinalis 151. **217.**
Tuber cinereum 70. 326.
Tuberculum acusticum 206.
Tuberculum olfactorium 381.

Velum medullare anticum 69. 240. 255.
Velum medullare posticum 78. 171.
Ventralfeld der Hinterstränge 133.
Ventriculus medius 64.
Ventriculus quartus 78. 171.
Ventriculus Verga 74.
Verlängertes Mark s. Oblongata.
Ventriculus septi pellucidi 64. 74.
Vicq d'Azyrsches Bündel 332
Vierhügel S. Corpora quadrigemina.
Viscerales Nervensystem 85. **96**. 136.
Vorderhirn, Einteilung 414.
—, Formverhältnisse 423.
—, Windungen 427.
Vorderhorn 67. 117.
Vorderhornzellen 128.
Vorderstränge 117. 155.
Vorderwurzeln **128**.

Wernekinksche Kommissur 250.
Wachstum des Gehirns 71.
Weiße Substanz des Rückenmarks 119.
Wurzelareal 111. 112.
Wurzeleintrittszone 123.

Zwischenhirn 68.
—, Dach und Basis 319.
—, Opticus-Region 339.
—, Thalamuskerne 347.
Zentrales Haubenfeld 254.
Zentrales Höhlengrau 302. 348.
Zentralkanal des Rückenmarks 79. 118.
—, Epithel 120.
Zona granulosa cerebelli 264.
Zona terminalis 127. 135.

WELLCOME LIBRARY INSTITUTE

Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig.

Verlag von F. C. W. Vogel in Leipzig.

Pathologische Physiologie

Ein Lehrbuch für Studierende und Ärzte

von

Dr. **Ludolf Krehl**

ordentl. Professor und Direktor der medizinischen Klinik in Heidelberg.

Sechste neu bearbeitete **Auflage.**

Preis 15 M., geb. 16.50 M.

Kritiken aus Zeitschriften:

Zentralblat für Physiologie.

„Krehls Pathologische Physiologie" ist ein Lehrbuch in des Wortes bester Bedeutung, das die Aufgabe, „bei Studierenden und Ärzten das Interesse für die Theorie des pathologischen Geschehens zu fördern" in hohem Grade erfüllt.

O. v. Fürth (Wien).

Deutsche Medizinische Wochenschrift.

Der Besprechung, die ich über das ausgezeichnete Werk in den letzten beiden Jahren an dieser Stelle veröffentlicht habe, ist etwas Wesentliches nicht anzuschließen; man kann nur das Lob wiederholen, daß ihm ein hoher pädagogischer Wert innewohnt und daß es deshalb jedem Arzt und Studierenden zum Studium aufs wärmste empfohlen werden kann.

Münchner medizinische Wochenschrift.

Wir haben in dieser Wochenschrift den hohen Wert des Krehlschen Lehrbuches, das einzig in seiner Art dasteht, bei der Besprechung der früheren Auflagen wiederholt gepriesen und könnten bereits Gesagtes nur wiederholen.

Stintzing.

Wiener Klinische Wochenschrift.

Ein Standardwerk, wie nur wenige Nationen aufweisen können, hat Krehl mit seinem Lehrbuch der pathologischen Physiologie geschaffen.

Biochemisches Zentralblatt.

Diese Auflage ist so überraschend schnell auf die vor kurzem hier angezeigte vierte gefolgt, daß sich daraus besser wie aus jeder Kritik die Brauchbarkeit des Krehlschen Werkes ergibt. Oppenheimer

Zentralblat für innere Medizin.

Nach 1½ Jahren hat der verdienstvolle Forscher seinem ausgezeichneten Werke die fünfte Auflage folgen lassen, ein Beweis, welch stetig wachsender Beliebtheit sich das Buch erfreut, und daß es seiner Aufgabe, bei Studierenden und Ärzten das Interesse für die Theorie des pathologischen Geschehens zu fördern, im vollstem Umfange nachgekommen ist. Ruppert (Magdeburg).

Verlag von F. C. W. Vogel in Leipzig.

Die Diagnose

der

Nervenkrankheiten

von

Purves Stewart.
M. A., M. D., F. R. C. P., London.

Nach der zweiten Auflage ins Deutsche übertragen

von

Dr. **Karl Hein**, Bad Schönfließ.

Mit einem Vorwort von Prof. Dr. **Eduard Müller,**
Direktor der medizinischen Poliklinik zu Marburg.

Mit 208 Abbildungen im Text und 2 Tafeln.

Preis broschiert M. 10.—, gebunden M. 11,50.

Vorwort.

An Lehrbüchern der Nervenheilkunde mangelt es freilich nicht; trotzdem gibt es auf dem deutschen Büchermarkt kaum ein Werk, das sich durch weise Beschränkung auf das Wesentlichste, durch stete Betonung der praktisch wichtigen Gesichtspunkte, durch Klarheit und Anschaulichkeit, einer knappen, originellen Ausdrucksweise und nicht zuletzt durch seine instruktiven Abbildungen als Einführung in die Neurologie für Studierende und Ärzte derart eignet wie diese „Diagnose der Nervenkrankheiten" von Purves Stewart. Einzelne Kapitel, wie dasjenige über Anatomie und Physiologie, Coma, Aphasie, Haltung und Gang, sind geradezu Musterbeispiele didaktisch geschickter Darstellung neurologischer Einzelstörungen. Überall tritt hervor, daß der Autor nicht einseitiger Nervenspezialist, sondern Arzt ist, der vor allem die Mutterdisziplin der Neurologie, die innere Medizin, beherrscht. Der Schwerpunkt der Darstellung liegt in der Diagnose und gerade hier wiederum mit Recht in der Frühdiagnose der Nervenkrankheiten, vor allem ihrer so häufigen atypischen Formen. Alles andere, auch die Therapie, ist nur kurz skizziert.

Das Werk P. Stewarts, das in England schon nach kurzer Zeit in zweiter Auflage erscheinen konnte, wurde dort von der gesamten Fachpresse als ausgezeichnetes Lehrbuch begrüßt. Hoffentlich ist ihm ein gleicher Erfolg auch in Deutschland beschieden, zumal die verdienstvolle Übersetzung durch Karl Hein mir im ganzen als wohlgelungen erscheint.

Marburg a. L., März 1910.

Professor **Eduard Müller.**

Verlag von F. C. W. Vogel in Leipzig.

Allgemeine Mikrobiologie.

Die Lehre

vom

Stoff- und Kraftwechsel der Kleinwesen.

Für Aerzte und Naturforscher.

Dargestellt von

Dr. med. Walther Kruse

o. Professor und Direktor des Hygienischen Instituts an der Universität Königsberg i. Pr.

Gr. 8°. Preis broschiert M. 30.—, gebunden M. 32.50.

Was das Buch in erster Linie anziehend gestaltet, ist der Umstand, daß es nicht vom rein medizinischen Standpunkt aus geschrieben wurde. Ein Hauch frischer naturwissenschaftlicher Auffassung durchweht es von der ersten bis zur letzten Seite. So ist jedes Kapitel, ob es sich um den Bau der Bakterien, deren chemische Zusammensetzung, die Nährstoffe, die Stoffwechselvorgänge, Fermente oder Gifte handelt, in diesem Sinne abgefaßt.

Die reiche Literatur ist erschöpfend und kritisch verarbeitet und allerorten finden sich Zitate, die ein weiteres Eingehen auf den Stoff leicht ermöglichen. In richtiger Abwägung des gesamten Materials ist auch Vorsorge getroffen, daß hier nicht zu viel, dort nicht zu wenig gegeben wurde. Vielleicht würde es sich empfehlen, das letzte Kapitel über die Veränderlichkeit und Stammesgeschichte der Kleinwesen später einmal noch mehr zu erweitern, weil es sehr wünschenswert erscheint, dem reinen Medizinerbakteriologen die botanisch-biologische Bedeutung der Bakterien eindringlich vor Augen zu führen. Jedes Kapitel ist in seiner Art vorzüglich. Besonders anziehend schienen dem Verfasser die letzten 3 Abschnitte über Gifte der Kleinwesen, Angriffs-, Reiz- und Impfstoffe und die Veränderlichkeit der Bakterien. Kruses Anschauungen werden hier vielleicht wohl in dem einen oder anderen Punkte nicht auf allseitige Zustimmung zu rechnen haben, aber es ist ja gerade das Anregende, daß der Autor unumwunden seiner Überzeugung Ausdruck gibt und so zu weiterem Nachdenken und tieferer Forschung Raum läßt. Je mehr man in dem Buche liest, desto mehr gelangt man zu der Überzeugung, daß die Hoffnung, die der Verfasser im Vorwort ausspricht, es möchte dem Leser Freude machen und er viel daraus lernen, auch in Erfüllung gehen wird. Nach dieser ausgezeichneten Probe ist auch der zweite Teil des Werkes mit Spannung zu erwarten.

R. O. Neumann-Gießen
in „Münchener Medizinische Wochenschrift"

Verlag von F. C. W. Vogel in Leipzig.

Die Störungen der Sprache

Von

weil. **Dr. Adolf Kussmaul**
Professor in Straßburg

4. Auflage.

herausgegeben und mit Kommentar nebst Ergänzungen versehen

von

Prof. Dr. Hermann Gutzmann
Leiter des Universitäts-Ambulatorium für Sprachstörungen zu Berlin

broschiert M. 10.—, gebunden M. 11.25

Das Werk des großen Klinikers Kussmaul erscheint hiermit in neuer Auflage. Wer Kussmauls Werk zur Hand nimmt, wünscht sein Wort zu hören. Der Herausgeber hat deshalb in der neuen Auflage Text und Anordnung unverändert bestehen lassen. Damit sich aber der Leser über den heutigen Standpunkt der Wissenschaft leicht unterrichten und kritisch vergleichen könne, damit er die zu genauerem Studium schwebender und schwieriger Fragen nötigen literarischen Hinweise bequem zur Hand habe, hat der Herausgeber, Herr Professor Gutzmann, einen kleinen Kommentar zu den einzelnen Kapiteln und Abschnitten verfaßt, in dem er veränderte Auffassungen und ergänzende Erfahrungen in kurzen Zügen objektiv darzustellen sich bemüht hat. Aus diesem Kommentar, dessen Vorhandensein den Genuß der Lektüre nicht stören kann, wird der Leser immerhin erfahren, wie modern der weitsichtige klinische Meister auch jetzt noch ist.

Das Sexualleben des Kindes

Von

Dr. Albert Moll
Sanitätsrat in Berlin

broschiert M. 5.—, gebunden M. 6.50

Verlag von F. C. W. Vogel in Leipzig.

Spezielle Diagnose

der

Inneren Krankheiten.

Ein Handbuch für Ärzte und Studierende

von

Prof. Dr. WILHELM v. LEUBE.

I. Band.

Achte neubearbeitete **Auflage.**

Mit 35 Abildungen. Lex. 8. 1911. Preis 14 M., geb. 15 M. 50 Pf.

II. Band.

Siebente vollständig umgearbeitete **Auflage.**

Mit 78 Abbildungen. Lex. 8. 1908. Preis 16 M., geb. 17 M. 50 Pf.

Spezielle

Chirurgische Diagnostik

für

Studierende und Ärzte

von

Prof. Dr. F. de Quervain,

o. ö. Prof. der Chirurgie und Direktor der Chirurgischen Klinik in Basel.

Mit 462 Abbildungen im Text und 4 Tafeln.

Dritte, vervollständigte Auflage.

Broschiert 16 M., gebunden 18 M.

Verlag von F. C. W. Vogel in Leipzig.

Lehrbuch

der

Speziellen Pathologie u. Therapie der inneren Krankheiten.

Für Studierende und Ärzte

von

Dr. Adolf Strümpell,
o. ö. Professor und Vorstand der medizinischen Klinik an der Universität Leipzig.

Zwei Bände.

Mit 223 Abbildungen im Text und 6 Tafeln.

Siebzehnte neu bearbeitete Auflage.

gr. 8. Preis 20 M., geb. 24 M.

Klinische Diagnostik

und

Propädeutik innerer Krankheiten

von

Dr. Adolf Schmidt und **Dr. H. Lüthje**
o. Professor und Direktor der Medizinischen Klinik, Halle a. S.
o. Professor und Direktor der Medizinischen Klinik, Kiel.

Mit 211 Abbildungen im Text und 3 Tafeln.

Lex. 8. 1910. Preis 14 M., geb. 16 M.

