

Johannis Bernoulli Dissertatio de motu musculorum.

Contributors

Bernoulli, Jean, 1667-1748.

Publication/Creation

Londini : Typis J.M. Prostant apud R. Smith, 1708.

Persistent URL

<https://wellcomecollection.org/works/x36ntah9>

License and attribution

This work has been identified as being free of known restrictions under copyright law, including all related and neighbouring rights and is being made available under the Creative Commons, Public Domain Mark.

You can copy, modify, distribute and perform the work, even for commercial purposes, without asking permission.



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

Johannis Bernoullii, M. D.

BASILEENSIS

DISSERTATIO

DE

Motu Musculorum.



L O N D I N I :

Typis J. M. Prostant apud R. Smith, ad Insigne Bibliorum in *Bursâ Regali* in *Vico Cornhill*.
MDCCVIII.

LECTORI

S.

Aureolum Celeberrimi Geometræ, Johannis Bernoullii, De Motu Musculorum Libellum visum mihi est Bibliopolæ dare Typis describendum; Is nimirum ante aliquot annos in Patriâ Academiâ Basileâ in lucem editus, cum Disputationis pro Doctôratu in Medicinâ Gradu limites non excederet, in paucorum manus pervenit, & partem tantum hujus Opusculi exhibent quæ in Actis Lipsiensibus, Anni 1694, extant super hoc argumento Meditationes Mathematicæ. Nonnulla De Fabrica Fibræ Muscularis ex Schedis nostris Anatomicis deprompta adjicere in animo habueram, & erant quæ circa ipsam Autoris ingeniosissimi Demonstrationem hîc illic simul monenda videbantur, sed ista negotiis impeditus ad tempus differre cogor, cum aliis quæ ad Usus Partium Corporis intelligendos faciunt, ubi primum per otium licuerit, in publicum emittenda. Tu, interim, egregio hoc Specimine Utilitatis quam in Fabricâ Animalî explicandâ fert Geometria, Fruere & Vale.

R. M.

ERRATA.

PAG. 4. Lin. 10. Decurrentur, Lege Decurtenantur. p. 10. l. 17. sicca, leg. licci. *ibid.* augur, leg. auguror. p. 14. l. 20. Diagonius, leg. Diagonios. p. 19. l. 7. Maniculæ, leg. Machinulæ. p. 20. l. 21. consequentur, leg. consequenter. p. 28. l. 3. Spiritum, leg. Spirituum. p. 30. l. 27. Raidosos, leg. Radiosos.

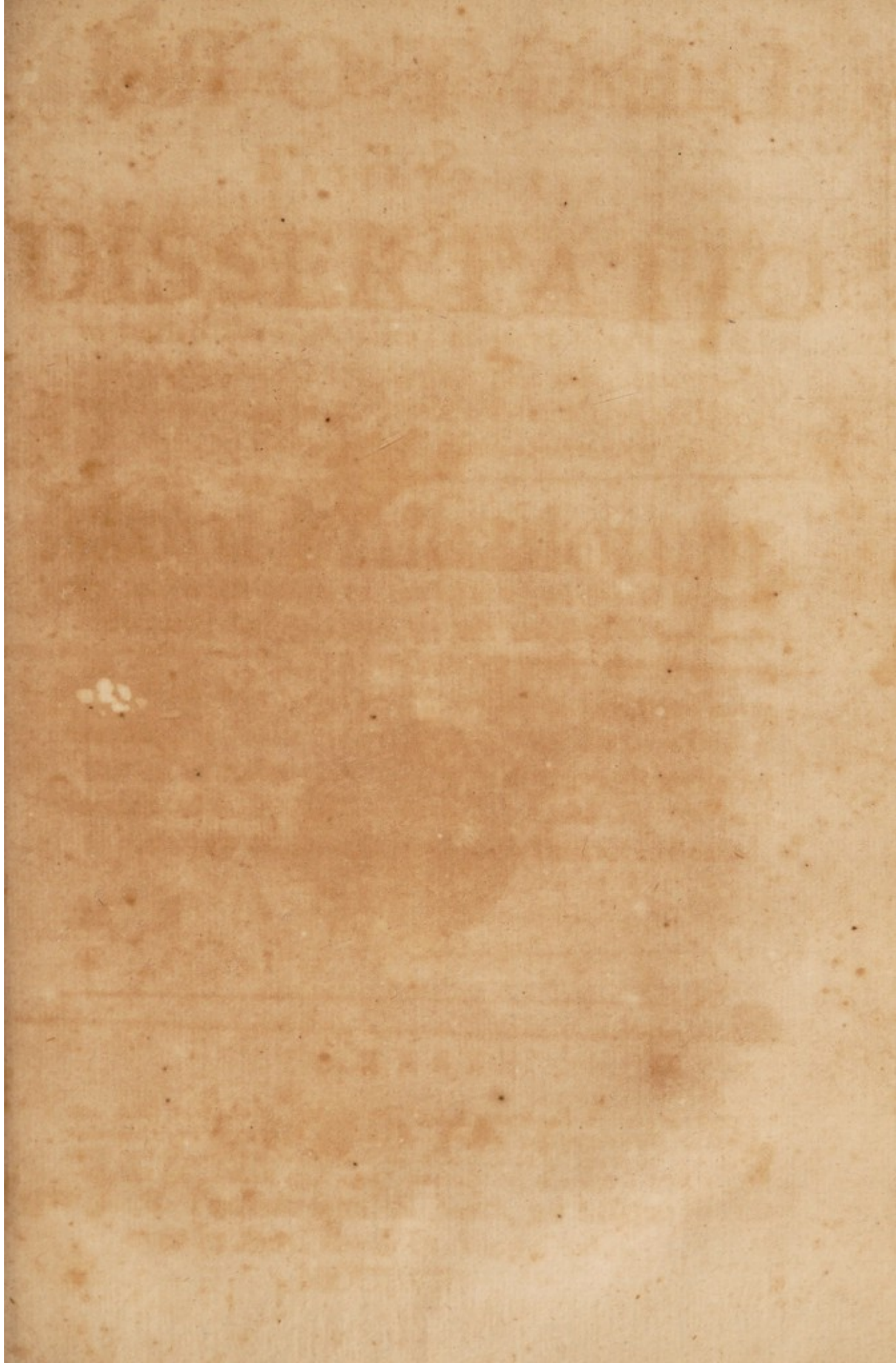


FIG. I.

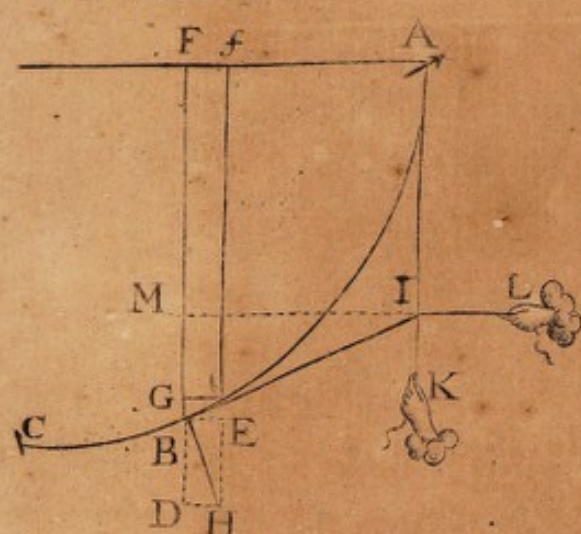


FIG. II.



III.



IV.

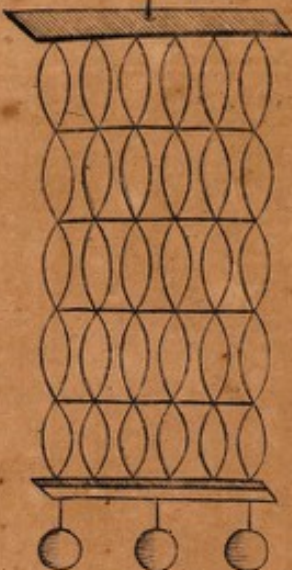


FIG. V.

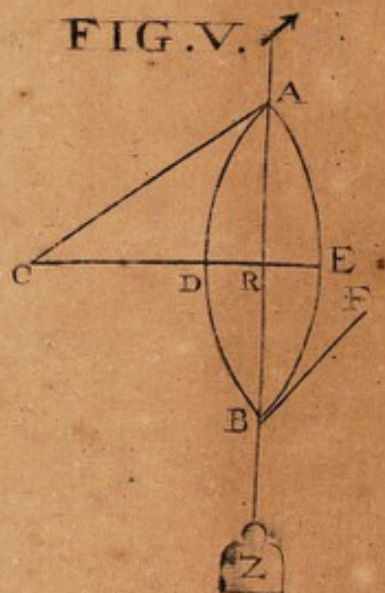
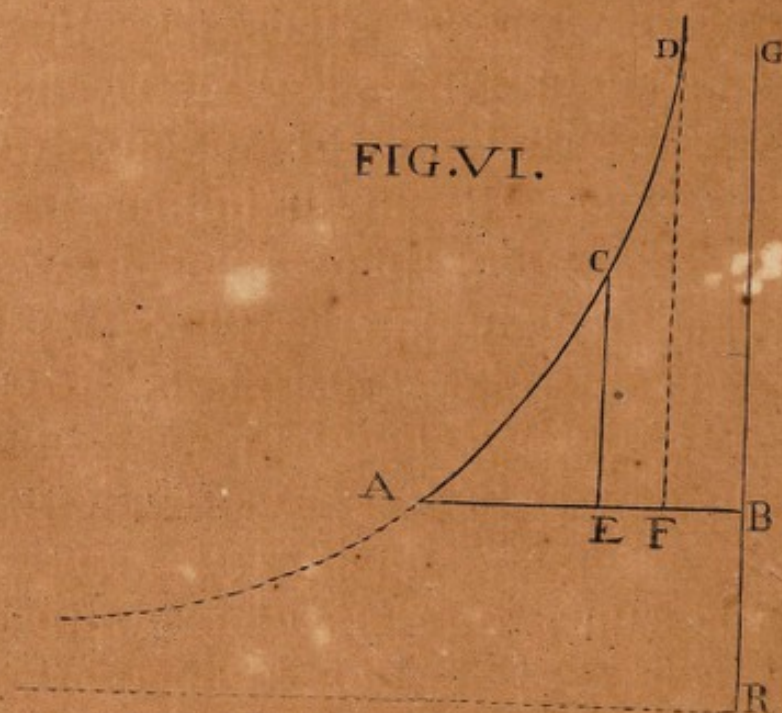


FIG. VI.



DISSERTATIO

DE

MOTU MUSCULORUM.

Diu mecum pensitans quamnam corporis humani partem feligerem, cujus functiones quam optimè ex legibus Mechanicis explicari possent, illam tandem quæ apud Anatomicos sub *Musculi* nomine venit dignissimam censui; cum ob nobilitatem partis ipsius, tum ob evidentiam demonstrationum mathematicarum & quidem ex interiori Geometriâ petitarum, quibus tota quæ de musculo habetur doctrina muniri potest; animus autem non est specialem hîc tradere musculorum descriptionem & anatomiam, hoc utique jam satis superq; factum habemus à præstantissimis quibusvis Anatomicis qui hocce in seculo excelluerunt & etiamnum excellunt, nec si liberet, angustæ dissertationis spatium permetteret. Institutum nostrum est generalem adumbrare ideam structuræ musculorum, quantum nempe necessitas urget ad modum operandi & subsequentes inde motiones animales ritè explicandas; quâ in re Incomparabilis Viri Joh. Alphonfi Borelli vestigiis insistemus, amplectendo ejus Hypothesin,

A

thesin,

thesin, quam tamen nimis oscitanter applicuisse ostendemus, quando suis machinulis vel vesiculis fibrarum muscularium figuram rhomboidalem attribuit; ubi simul apparebit, hancce figuram rectilineam præ aliis ipsis assignasse tum facilitatis ergo, nimirum ut commodiori calculo relationes virium dilatantium ad resistentias supputaret, tum etiam quia justam & debitam figuram (quam circularem esse ex naturâ pressionis liquidorum demonstrabimus) & quæ exinde emergunt vires distendentes non potuit non ignorare absque novo nostro calculo *integralium* dicto, qui tum temporis profundissimâ caligine adhuc dum tectus latitabat, cujusque prima stamina magno Geometræ Leibnitio debemus. Exhibebimus etiam *curvam*, cujus *ordinatim applicatis* denotantibus resistentias per minima crescentes, *abscissæ* ejusdem indigitabunt quantitates spirituum animalium impensorum vel deperditorum, id quod Borellus ne quidem apice digitorum tetigit: Hoc ipsum etiam ansam nobis præbebit gradus roboris & lassitudinum musculis inductarum determinandi. Tibi, Candide Lector, nostrum hoc conamen rudiore & festinante manu adumbratum commendamus, quod si non displicuerit, impofterum quando per otium licebit, ea quæ impræsentiarum ob plurimas alias distractiones neglecta fuere, duplici scœnore refarcire adnitemur.

SECT.

S E C T. I.

Quantum ad structuram Musculi plerique moderni Anatomici consentiunt; eam quatenus phænomenis paulo accuratius explicandis conducit hîc breviter exponemus: Musculus, qui est pars organica, constat ex membrana, carne, arteriis, venis, nervis & tendine. Membrana instar integumentum totum involvit musculum, sub quâ innumerae conspiciuntur fibræ colore sanguineo saturatæ; hanc fibrarum compagem communiter *carnem* vocant, quæ definit in substantiam quandam albicantem consistentiæ nerveæ, quam *tendinem* appellare Anatomici consueverunt: hic plerumque in principio seu capite & fine seu caudâ musculi reperitur; intermediam musculi partem *ventrem* nominant. Totam musculosam substantiam perreptant innumerae arteriæ venæque capillares & nervi, illæ ut sanguinem tum nutritioni tum motui musculorum destinatum afferant & auferant, hi ut succum spirituosum subministrent, qui cum sanguine mistus subitanæ illam ebullitionem caulatur, de qua mox fusius; quique vehiculum est sensuum exteriorum & animæ fidelis famulus omnia eidem quæ corpus intra & extra quocunque modo afficiunt annuncians. Notandum porrò museulum dispesci in plures fasciculos quorum quilibet suâ propriâ membranulâ munitus formam exhibet prismatis triangularis, quadrati, pentagonalis, aliûsve generis: Hi fasciculi constituuntur ex pluribus filamentis tendinosis.

*Elem. My-
olog. spec.
def.*

dinosi quæ apud Stenonem *fibræ motrices* audiunt ; Filamenta tendinosa sunt rubri coloris, at rubedo illa, quæ a Sanguine interstitia replente fit, per affusam Aquam iterum abluitur, ita ut non minus colore quam figurâ Tendines æmulentur, & reverâ fibræ tendinum nihil aliud sunt quàm continuationes muscularium, inque eo solo differunt quòd illæ arctius quam hæ juxta se ponuntur & proinde sanguinem nisi quantum sufficit ad nutritionem in interstitia sua non admittunt, hinc fit quòd in motu muscularum tendines non inflentur & decurrentur sed merè passivè se habeant.

S E C T. II.

*Lib. de
mot. anim.
Prop. I.
Part I.*

NOtat Borellus fibras musculares post elixationem inflari & microscopio inspectas esse cylindrulos similes virgultis arborum, & substantiâ quâdam spongiosâ plenos; ex quo conjicit quamlibet fibrâ muscularem esse porosam seu excavatam. Cæterum fibræ fasciculorum colligantur & quasi vinciuntur ab aliis fibrillis transversalibus parallelis quæ cum prioribus texturam reticularem efficere videntur, id quod in musculis diu coctis non sine oblectamento videre est; hasce fibrillas non autem fibras ipsas musculares contractionem inire Cl. Dn. Majow statuit sed minus congruè & contra omnium saniorum Anatomicorum sententiam; Ego nullum alium ipsis attribuo usum quàm ut fasciatione suâ transversali impediant ne fibræ motrices in actu inflationis nimium divaricentur & ex ordinato suo fitu

*Tract. de
motu mus-
cul. cap. 2.*

tu disturbentur ; sic cavitas cujusque cylindruli vel fibræ motricis distinguitur ope hujus ligaturæ in æqualia internodia, quæ plures cellulas vel vesiculas efformant, quæ vesiculæ flaccidæ sunt & lateribus suis connivent quando musculus otatur, quæ autem distenduntur quando operatur, & adipiscuntur figuram ovalem similem annulis catenæ, quos Borellus passim *machinulas rhomboidales* nominat sed perperam, ut infra ostendam. Obiter adhuc innuendum, ligationes hasce transversales laxas esse, ut omnibus vesiculis communicatio intercedere & vis motiva seu materia inflans æqualiter quaquaversum sese expandere possit.

S E C T. III.

HActenus memorata præcipua sunt, quæ circa fabricam *Musculi simplicis* observantur. Quid autem propriè Musculum moveat, varii variè de eo sentiunt, quorum omnium opiniones discutere velle non est ex nostro instituto : Missâ verò veterum facultate incorporeâ naturali Musculos movente, *Nicolai Stenonis* Hypothesin probare minimè possumus, qui in Specimine Myologias, Motum fieri vult sine Materiæ cujusvis accessione, nimirum solâ Prismatis Muscularis figuræ mutatione, commigrando a Parallelogrammo obliquangulo in rectius ; Quæ opinio prorsus ridicula & pro mero lusu ingenii Authoris habenda ; præterquam enim quod hoc modo contractio Musculi rectanguli explicari non possit, nisi penetratio corporis statuatur ; concipi nequit,

C

â quo

Lib. de
mot. anim.
prop. 5.
part. I.
Tract. de
mot. musc.
s. 1.
Exercit. de
mot. musc.

à quo musculus moveatur & quale ejus fit primum movens, vel qua ratione tritum illud axioma Physicum salvetur *Omne quod movetur, movetur ab alio*: vix enim puto ab immediatâ animæ voluntate machinam corpoream huc illuc transferri posse, secus resectis aut constrictis nervis non video quid musculos à motu impediret, nisi forsan velis animæ hoc pacto viam esse præcisam vel interceptam per quam ex meditullio cerebri ad membra exteriora spatari consuevit ad imperium suum ibi exercendum, sed hoc foret animam concipere nimis corpoream. Aliis insuper quam plurimis argumentis evertitur systema Stenonianum super quo consulantur Borellus & Majow. Veram ut suspicor causam contractionis musculorum attigerunt, qui illam ab inflatione quadam deduxerunt, inter quos præcipui sunt Willisus & bini modò citati viri: qui omnes in eo conveniunt, quòd in musculis oriatur ebullitio, quæ fibras distendat ut in longitudine amittant quod in latitudine acquirunt.

S E C T. IV.

Ils itaque generaliter assentimur; & statuimus cum Borello, quod nervi sint congeries tubulorum substantiâ quâdam spongiosâ repletorum, quæ substantia semper turget & plena est succo summè spirituofo à cerebro suppeditato ejus naturæ ut si cum sanguine commisceatur subitanèam effervescentiam pariat: Et hic succus ille ipse est qui vulgo spirituum animalium nomen habet. Si anima imperat

perat vel exercet actum volitionis, hoc fieri non potest, quin ex necessitate mirabilis unionis quam omnipotens inter animam nostram & corpus constituit, & quæ nos hætenus latet & usque latebit, quin inquam fiat in cerebro localis quædam agitatio spirituum animalium vel succi spirituosi, qui vellicando principium alicujus nervi concutiat per totam longitudinem succum intra contentum, non secus ac fit in baculo, cujus extremitate unâ vel tantillum commotâ, altera pariter ob contiguitatem partium commovebitur : sic itaque ab irritatione principii nervi guttula extrema succi nervosi ex altero osculo levi vibratione ejicitur, & hoc modo ex omnibus aliis nervulorum per musculum disperforum osculis simul ad nutum voluntatis totidem guttulæ evomuntur : quemadmodum autem spongia liquore turgida guttulas pendulas effluere non finit ; sic etiam si oscula ista extrema nervorum semper sint patula, guttulæ tamen succi nervosi sponte & sine actuali concussione non excidunt quia substantia spongiosa nervorum eis loco valvularum inservit.

S E C T. V.

Quando igitur ab imperio voluntatis vel à consuetudine naturæ (quod fit in motibus involuntariis) eo modo quo dixi innumeræ guttulæ per totam musculi molem quæ instar spongiæ perpetuo sanguine humectata est, simul ejiciuntur ex orificiis nervulorum ; tunc earum particulæ spirituosæ spiculis suis subtilissimis impingendo in particulas sanguineas

*Dissert. de
Efferv.
§. 22.*

*lib. de mot.
anim. prop.
29. part. II.*

guineas tenuiores easdem diffingunt, & infito aëri condensato exitum præbent, qui sese expandendo (ut docui in dissert. meâ de Effervesc.) ebullitionem & subsequentem inde muscutorum inflationem causatur. His autem jam video quid objici possit, qui nempe fiat ut post ebullitionem musculus iterum detumescat & pristinum statum acquirat id quod momento accidit, videtur enim quòd secundum mea principia pro explicatione effervescentiæ posita musculus post primam ebullitionem perpetuò inflatus manere debeat, non aliter ac factum est in experimento pulveris pyrii, ubi spatium in tubo recurvato in quod aër infitus post accensionem pulveris sese extendebat, continuò manebat extensum, nec iterum concidebat eo modo quo credit Borellus accidere in musculis, in quibus scilicet autumat particulas ebullientes rapidissimè circumgyrando vacuitates grandiusculas efformare, quæ post peractam ebullitionem iterum concidant & ad pristinum spatium redigantur; sed hoc non esse veram causam effervescentiæ in dictâ dissertatione Sect. 17. abundè commonstravi.

SECT. VI.

UT itaque aliter difficultati allatæ obviam eatur nostraque principia salventur; statuamus oportet dari præter aërem crassum quem spiramus, alium subtiliorem qui ut etiam elasticus, nullo modo percipi potest, quippe qui omnes poros corporum liberè penetrat: suppositionem hanc non adeo absurdam esse patet ex eo quod inter aërem crassiorē &

& materiam subtilem vel ætheream quæ procul dubio incomparabiliter tenuior est illo, alia utique existat materia & quidem omnium graduum ne detur saltus in rerum naturâ, hæc materia non potest non esse elastica eandem ob causam ob quam est aër atmosphæricus, nempe à continuo motu materiæ æthereæ, quæ omnes particulas crassiores & minus agitatae tanquam obstaculum à se invicem divellere & separare sibi que liberum transitum parare conatur. Hujusmodi itaque materiam vel auram elasticam subtiliorem & quidem condensatam præter aërem crassiorem qui insigniores corporum poros vel cellulas replet, etiam in minimis claustris hospitari nemo dubitabit, qui nostras rationes quas in Dissert. de Efferv. attulimus bene perpenderit. Hoc præsupposito dicimus, quòd particulæ succi spirituosæ nervorum adeo sint subtiles, delicatæ & teneræ, ut earum spicula quæ ad levissimum tactum statim hebetantur (ceu patet ex sapore succi nervosi qui cum ob debilitatem horum spiculorum linguales papillulas vellicare nequeat omnino dulcis apparet) ut non nisi minimos particularum sanguinearum porulos aperire valeant, ex quibus dein subtilior illa aura elastica condensata profilit, quæ sui juris facta sese subito expandit & primo impetu totam musculi molem inflat, sed illicò ob exiguitatem summam particularum suarum per poros apertos musculi liberè erumpit inque aërem externum avolat, propterea necesse est ut post ebullitionem musculus momento iterum detumescat, nisi jugiter novæ instillentur guttulæ succi

nervosi, quæ novam & novam pariendo ebullitionem musculum in continuâ inflatione conservent.

SECT. VII.

INterim fieri nequit, quin in tantâ copiâ particularum succi nervosi aliquæ dentur fortioribus spiculis præditæ, quæ etiam majusculos quosdam particularum sanguinearum meatus perfringere valent, ex quibus inter ebulliendum aliquid crassi aëris erumpit, qui cum poros musculi & cutis apertos penetrare non possit, plurimis in locis sacculos efformat in quibus colligitur & subsistit, hinc proveniunt istæ vesiculæ aëre plenæ pisi quandoque magnitudinem adæquantes quæ sub cute & in interstitiis fasciculorum muscularium sparsim conspiciuntur: Ab hoc præcipuam causam hydropis ficcæ vel Tympanitis dependere auguor, cum scilicet succus spirituosus nimiam acredine peccat ut ab illo ingens copia pororum ampliorum sanguinis quibus inest aër crassior recludatur, aër iste crassus qui tam ubertim advenit seque dilatât & ob tubulorum cutaneorum angustiam intra manere cogitur, præcipuas quas reperit corporis cavitates præsertim abdominis mole suâ occupat & ibi tensionem dolorificam causatur.

SECT.

S E C T. VIII.

Quemadmodum ex auctâ acredine spirituum animalium quæ vehementiorem quam par est excitat in musculis ebullitionem, oriri posse diximus tympanitem, quod forsan nemo ante nos animadvertit, ita è contrario nimia mollities spiculorum spirituum animalium ob quam effervescencia in musculis diminuitur vel planè aboletur, Paralyfin causatur: Popularis hucusque fuit error inter Medicos, cùm creditum fuerit paralyfin unicè provenire à præpedito spirituum animalium influxu, quod tamen interdum minimè verum est, uti ex hoc solo patet quòd utplurimum in paralyfi sensus non debilitatur quod tamen semper fieri deberet si illa à solo spirituum influxu denegato dependeret; nam si nervi ex gr. obstructione laborant evidens est non solum spiritibus advenientibus sed etiam remeantibus qui nempe sensationes in cerebro causantur viam præcludi; & sic sensus si non omnino aboleretur saltem magna ex parte imminueretur. Genuina itaque causa paralyseos aliquando potest esse diminuta vel abolita effervescencia in musculis, quod accidit, quando aut succus spirituosus nervorum quantâcunque etiam quantitate influat vim suam pungitivam amittit, aut particulæ sanguineæ nimis durescunt ut ab acuminibus succi nervosi diffringi non possint.

SECT. IX.

*Lib. de mot
anim. prop.
105. part. 1.*

EX hac hypothefi facilè etiam effèt explicare cætera motuum mufculorum fymptomata, ut motus fpafmodicos feu convulfivos, rigorem & tremorem membrorum, ofcitationem & pandiculationem, & quæ funt alia; fed hoc eft extra noftrum propositum, quod imprimis eò collimat ut phænomena naturalia motûs animalis accuratiùs prefcrutemur. Jam fupra (ut in orbitam revertamur) annotavimus, fibras motrices mufculorum colligari per tranfverfum ab aliis fibrillis, ita ut quælibet fibra mufcularis (quæ fine his fibrillis cylindrulum excavatum repræfentat) in totidem fpatiola dividatur, quorum tamen cavitates communicationem habent per totam longitudinem fibræ motricis ob laxam ligaturam fibrillarum tranfverfalium; quodlibet fpatiolum vel internodium ex calculo Borelli adæquat vigefimam partem unius digiti: quando mufculus inflatur, fingula fpatiola in latitudinem explicantur & replentur aurâ illa ellasticâ de qua fupra *Sec. 5.* Oppidò nunc liquet fpatiola ifta repleta non poffe acquirere figuram rhomboidalem ut fupponit Borellus, fecus enim unica tantùm requireretur particula quæ inftar cunei fefe infinuaret intra latera unius fpatioli, ut diducendo fimpliciter latera rhombulum efformaret; fed præter hoc quòd inflatio non peragitur per modum incuneationis, fi quidem durante ebullitione juxta ipfum Borellum parti-

particulæ non in lineâ rectâ ut actio cunei postulat sed sphæricè moventur; insuper etiam spatium cuius longitudo æqualis est vigesimæ parti digiti ideoque satis sensibilis infinities quasi majus est unicâ particulâ auræ elasticæ, quæ ut supra diximus non solum imperceptibilis & aëre communi multo subtilior est sed etiam exilissimos poros corporis apertos penetrat; unde colligitur quodvis spatium, vel si secundum Borellum loqui velimus, quamvis machinulam distendi non ab unâ solâ tanquam à cuneo sed simul ab infinitis particulis elasticis, quæ omnes æquali vi in parietes machinularum agunt, & proinde ipsis figuram non rhomboidalem sed aliam curvilineam conciliabunt, quam nunc indagabimus.

S E C T. X.

QUI solis rationibus & conjecturis physicis acquiescunt naturamque pressionis fluidorum vel tantillum perspectam habent, absque calculo videbunt figuram hanc aliam non esse quàm circularem; cum enim natura fluidorum sit premere ubique secundum perpendicularem ad curvam cui insistant, (observante hoc & ad indaginem Curvaturæ veli primùm applicante Fratre) cum quæ aëris elastici pressio undiquaque sit æqualis, & proinde fibra muscularis machinulæ quæ perfectè flexilis supponitur ubique æqualibus viribus extrorsum pellatur; statim apparet curvedinem fibræ ubique æquabilem fore & proin circularem; nulla enim

E

ratio

ratio est cur unum curvæ punctum magis minusve à centro distare debeat quam alterum. Cui autem hæc minus satisfaciunt, examinet nostrum calculum Geometricum per quem in eandem curvam incidimus & qui ratiocinium nostrum physicum, cujus beneficio per transfennam quasi curvæ speciem prævidimus, mirificè confirmabit: eum igitur hic apponimus:

Vid. Fig. I. Sit ABC fibra vel si majoris filum perfecte flexile in extremitatibus A & C affixum, quod in omnibus suis punctis B trahitur vel pellitur perpendiculariter ad suam curvaturam potentiâ æquali & indefinitè parvâ, quæ hîc denotatur per lineolam BH ; quæritur curvaturæ species. Est abscissa $AF = x$, ejus diff. $Ff = dx$, applic. $FB = y$, ejus diff. $GB = dy$, curva $AB = s$, ejus diff. $Bb = ds$, BH (potentia pellens & multiplex ipsius Bb) $= nds$. Quia nunc quælibet potentia pellens BH dividi potest in duas laterales, horizontalem BE , & verticalem BD , quæ rectangulum DE constituunt, cujus diagonus est ipsa BH ; erunt ob similitudinem triangulorum BGb , & BDH , $BE = ndy$, & $BD = ndx$. Quoniam autem potentia sustinens in A , semper eadem & constans manet, ubicunque etiam filum præter in C figatur, ceu cuilibet attendenti patebit, ponatur illa $= a$: sed ex mechanicis constat, eam tantam esse quanta foret, si loco fili curvi AB substituerentur duo alia recta tangentia, & alligata in punctis A & B , quæ traherentur in puncto concursûs I à duabus potentiis L & K , unâ horizontali LI , & alterâ

alterâ verticali KI; quarum illa omnibus potentiis horizontalibus BE, hæc autem omnibus verticalibus BD simul sumptis æquivaleret; verum omnes BE æquantur integr. ndy , quod est $= ny$, & omnes BD = integr. ndx , quod est $= nx$: ideoque potentia L = ny , & potentia K = nx ; igitur ad inveniendam potentiam partialem in A, quæ nimirum requiritur ad sustinendam solummodo potentiam L faciendum est, ceu docet D. Varignon in suâ *Propositione fundamentali ponderum suspensorum*, ut finus anguli AIB, vel ejus complimenti ad duos rectos KIB, ad finum ang. MIB; id est, ut IM ad MG; seu ut bG ad GB; i.e. ut dx ad dy , ita potentia L, seu ny , ad potentiam partialem in A, quæ itaque invenitur $= \frac{nydy}{dx}$; quia nunc directio potentiæ K, est ipsa tangens KI, sustinebitur hæc tota à puncto A; ideoque potentiæ partiali inventæ $\frac{nydy}{dx}$ addenda est potentia K, seu nx , ad habendam potentiam totalem & constantem in A, quam posuimus $= a$; & sic eliciemus hanc æquationem differentialem $\frac{nydy}{dx} + nx = a$, quæ multiplicata per dx dat $nydy + nxdx = adx$, sumptisque integralibus habebitur $\frac{1}{2}nyy + \frac{1}{2}nxx = ax$ seu $yy + xx = \frac{2ax}{n}$; quæ æquatio ostendit curvam quæsitam ABC esse circularem, cujus radius

*Projet d'
une nou-
velle me-
chanique.*

dius vel semidiameter $= \frac{1}{n} a$. Q. E. I. ubi notandum potentiam sustinentem in B seu quod tantundem est vim firmitatis quæ requiritur ne filum rumpatur per prop. D. Varignonii supra dictam reperiri ubique æqualem potentiæ sustinenti in A. Si præterea velimus rationem invenire inter vires inflantes & vires sustinentes seu firmitatis fili requisitæ, id est si crescentibus vel decrescentibus n aut BH determinare libeat in qua ratione crescant vel decrescant potentiæ sustinentes in A vel B, manentibus interim radiis circulorum æqualibus, ponatur BH $= m d s$ & potentia sustinens in A vel B $= b$, & habebitur hæc æquatio $yy + xx = \frac{^2 b x}{m}$, quia autem radii ponuntur æqua-

les, erit $\frac{b}{m} = \frac{a}{n}$, ideoque $n. m :: a. b$, hoc est vires sustinentes vel firmitatis requisitæ sunt in ratione virium inflantium; id quod etiam Frater meus ita invenit, ut videre licet in regulis quas publicavit pro determinatione curvaturæ veli.

*Act. Lips.
An. 1692.
m. Mayo.*

SECT.

S E C T. XI.

Methodo qua usi sumus in hoc calculo fere tota nititur velariorum & catenariarum indago; si quis etenim ejus vestigia sequatur inq; calculo differentialium & integralium fit mediocriter versatus, facile omnium, quæ passim in Actis Lipsiensibus & Diario Parisiensi, ac forte alibi super hac materia publicavimus & à Celeb. Viris Leibnizio & Hugenio publicata sunt, penetrabit demonstrationem, totumque deteget mysterium, quod inter plures quos novi etiam perspicacissimos latebat Mathematicos, inque sui admirationem rapiebat. Sed prosequamur propositum: Vidimus modò filum quod in omnibus suis punctis perpendiculariter tenditur à viribus æqualibus curvari in circum, unde concludimus vesiculas vel machinulas fibrarum muscularium quarum latera utique æqualiter & in omnibus suis punctis perpendiculariter premuntur ab aurâ elasticâ, non esse rhomboïdales sed circulares, ita ut si musculus nullam appensam resistantiam superandam haberet, machinulæ in perfectos & integros circellos expanderentur; sed quia musculus semper pondera & resistantias si non forinfecus advenientes saltem sui ipsius & ossium submovere debet, fit ut machinulæ non integram adipiscantur figuram circularem, resistantia enim impedit quo minus in longitudine se satis contrahere possint, non secus ac fieri solet cum istis ampullis, quas infantes ex loturâ saponis conficiunt,

F

ficiunt, hæ enim ob aëris inflati elasticitatem æquabilem in perfectam sphæram intumescunt; sed cum quandoque guttula in fundo ampullæ adhæret, tunc ob gravitatem guttulæ ampulla tantillum elongatur & ex Sphæra mutatur in Sphæroidem ex circumvolutione segmenti circularis factam; pariter itaque machinulæ musculares quas ut planas consideramus, habebunt figuram ex duobus segmentis æqualibus ejusdem circuli compositam, ut monstrat

Vid. Fig. II. Fig. II. ex quibus pluribus in longitudine similiter instar annulorum catenæ positis formatur fibra motrix (*vid. Fig. III.*) quarum aliquæ simul sumptæ secundum longitudinem & parallelo situ juxta se coaptatæ constituunt fasciculum muscularem, ceu ostendit Fig. IV. ubi etiam conspiciuntur fibræ transversales, quæ ligaturas laxas efficiunt, ut materia inflans omnes machinulas simul & liberè penetrare possit.

Vid. Fig. III.

Vid. Fig. IV.

S E C T. XII.

HIS ita se habentibus, supputare licebit rationem inter vim dilatantem & resistentias, seu quanta requiratur elasticitas auræ motivæ pro singulis sublevationibus resistentiarum semper æqualium; cujus rei gratia fere totum opus Borellianum confectum est: Sit itaque machinula muscularis BEAD composita ex duobus segmentis circularibus BDA & BEA; & C centrum arcûs AEB, ductisque radiis CA, CE, ille ad extremitatem, hic per medietatem machinulæ, ita ut DE sit latitudo

Vid. Fig. V.

titudo maxima, quam bifariam fecat in R longitudo maxima AB seu corda arcûs AEB vel ADB: quoniam nunc ang. EAC = recto = RAC + ACR, erit ang. EAR = ACR, ideoque arcus AE est mensura anguli EAR, vel duplus BEA mensura dupli anguli EAD: Hinc datis semilongitudine lateris maniculæ id est arcûs AE in partibus æqualibus 100000 & semiangulo dilatationis EAR, inveniri potest sublevatio resistentiæ z quæ nempe est æqualis excessui quo arcus AEB superat suam chordam AB, vel duplo excessui quo arcus AE superat suum sinum rectum AR; quod ita peragitur: Fiat ut peripheria circuli ad radium i. e. ut 44 ad 7 ita numerus graduum peripheriæ 360 ad quartum $57\frac{1}{4}$ qui erit æqualis longitudini radii in gradibus: facto nunc ut numerus graduum ang. EAR vel arcûs EA ad $57\frac{1}{4}$ ita numerus partium æqualium 100000 longitudinis arcûs EA ad quartum qui erit æqualis numero partium æqualium radii AC qualium arcus EA continet 100000; habebitur tandem longitudo ipsius AR, nimirum faciendo ut sinus totus ad sinum ang. EAR vel arcûs EA, ita numerus inventus partium radii AC ad quartum qui erit æqualis numero partium æqualium ipsius AR, qualium arcus EA continet 100000; duplus itaque excessus arcus AE supra sinum AR inventum erit sublevatio resistentiæ z quæsitæ. Q. E. I.

SECT.

S E C T. XIII.

Postquam sublevationes hoc modo inventæ sunt, vires dilatatrices respectivas pro singulis illis ita determinabimus: supra *Seçt.* 10 posuimus potentiam curvam in quolibet puncto vel potius in qualibet differentiali curvæ perpendiculariter prementem $= n ds$: vis itaque dilatans vel elasticitatis auræ motivæ absoluta, qua latera machinulæ dilatantur exprimitur per n , sed ibidem invenimus ponendo vim sustententem vel firmitatis in quolibet fili puncto requisitæ $= a$, radium arcus circuli in quem filum incurvatur fore $= \frac{1}{n}a$. Quia verò per citatam prop. D. Varignonii resistentia z est ad vim sustententem in B cujus utique directio est ipsa tangens BF ut finus anguli EBD

Vid. Fig.V. ad finum anguli EBR, erit $a = \frac{z M \sin. EBR}{\sin. EBD}$, &

sic substituto in quantitate $\frac{1}{n}a$ loco a ejus valore, habebitur radius (per modum superiorem inventus, quem itaq; vocemus r) $= \frac{z M \sin. EBR}{n M \sin. EBD}$, ideoq; vis elasticitatis absolutæ auræ motivæ $n = \frac{z M \sin. EBR}{r M \sin. EBD}$: & consequentur vis qua premitur semilatus machinulæ id est $n AE$ erit $= \frac{1000000 z M \sin. EBR}{r M \sin. EBD}$.

S E C T.

S E C T. XIV.

CAlculi hujus beneficio constructa est præsens tabella ad imitationem illius quam Borellus pro sua hypothese confecit; quæ si conferatur cum nostrâ videbitur ingens discrimen tum quoad vires motivas tum quoad sublevationes; ubique enim eas aut justo majores aut justo minores facit. Cæterum ex tabella colligimus, ab initio inflationis cum angulus semidilatationis $E A R$ valdè acutus est resistantiam permagnam habere rationem ad vim absolutam elasticitatis auræ motivæ, siquidem ang. $E A R$ existente 30 min. resistantia erit ad vim elasticitatis ut 22900000 ad 1. Unde satis colligere est quàm debili admodum ebullitione opus sit in musculis ad immensam imò incredibilem energiam musculorum efficiendam; potentia quippe quâ musculi vasta pondera sublevant longè major est quam gravitas ponderum, utpote quæ multo remotiora sunt ab hypomochlio quam musculorum insertio; Hoc itaque in passu natura non utitur instrumentis scilicet ossibus ad pondera facilitanda, ossa enim vices subeunt vectis inversi; in quo nempe pondera superanda ab articulatione tanquam à fulcro seu hypomochlio majorem, vis autem movens seu musculus minorem obtinet distantiam; Hinc si pondera musculis immediatè possent alligari, plulquam centies imò interdum millies majora elevarentur pondera, quam modo ordinario.

*Lib. demot.
anim. prop.
99. p. 1.*

| Positis | Arcu E A vel Ang. E A R, qui est semiff. E A D | Longitu- dine ar- cūs AE, & resi- stentiā γ in part æqu. | Radius A C vel E C | Sinus re- ctus AR. | Suble- vatio resi- stentiæ | Vis susti- nens seu requisi- tæ firmi- tatis fi- bræ mus- cularis. | Vis absoluta e- lasticitatis au- ræ motivæ quam proxi- me. | Vis elast. auræ mo- tivæ qua premitur semilatus machinu- læ A E. |
|---------|--|---|-----------------------|-----------------------|-------------------------------------|--|--|--|
| | gr. m. 0 0 | 100000 | infinir. | 100000 | 0 | 50000 | 0 | 0 |
| | 0 30 | 100000 | 11454546 | 99958 | 84 | 50002 | $\frac{1}{225}$ pau. min. | 435 |
| | 1 0 | 100000 | 5727273 | 99954 | 92 | 50007 | $\frac{1}{114}$ p. m. | 873 |
| | 1 30 | 100000 | 3818182 | 99948 | 104 | 50017 | $\frac{1}{78}$ p. m. | 1309 |
| | 2 0 | 100000 | 2863636 | 99939 | 122 | 50030 | $\frac{1}{57}$ p. m. | 1747 |
| | 3 0 | 100000 | 1909091 | 99914 | 162 | 50068 | $\frac{1}{38}$ p. m. | 2622 |
| | 5 0 | 100000 | 1145454 | 99832 | 336 | 50191 | $\frac{1}{22}$ p. m. | 4381 |
| | 10 0 | 100000 | 572727 | 99454 | 1192 | 50774 | $\frac{1}{11}$ p. m. | 8865 |
| | 15 0 | 100000 | 381818 | 98822 | 2356 | 51764 | $\frac{1}{7}$ p. m. | 13557 |
| | 20 0 | 100000 | 286363 | 97942 | 4116 | 53209 | $\frac{1}{5}$ p. m. | 18582 |
| | 30 0 | 100000 | 190909 | 95454 | 9092 | 57735 | $\frac{1}{3}$ p. m. | 30242 |
| | 45 0 | 100000 | 127272 | 89994 | 20012 | 70710 | $\frac{1}{2}$ pau. pl. | 57145 |
| | 60 0 | 100000 | 95454 | 82665 | 34670 | 100000 | 1 p. p. | 104708 |
| | 70 0 | 100000 | 81818 | 76883 | 46234 | 146191 | 2 p. m. | 178678 |
| | 80 0 | 100000 | 71590 | 70492 | 59016 | 287968 | 4 p. p. | 403785 |
| | 85 0 | 100000 | 67379 | 67122 | 65756 | 573709 | 9 p. m. | 851465 |
| | 90 0 | 100000 | 63636 | 63636 | 72728 | infinir. | infinir. | infinir. |

Hæc si bene perpendamus citra omnem hæsitati-
onem conveniemus, minimam inflationem muscu-
lorum datam quamvis resistantiam superare, & pro-
inde tenerrimum infantem quantamcunque molem
elevare posse; sed quanto resistantia major est vi
motivâ elasticitatis tanto sublevatio minus sensibilis
evadit; ita ut vasta pondera quibus elevandis
vel amovendis vires nostras impendimus, omni-
no quiescere videantur quæ tamem revera è suo
loco moventur. Hæc cum ita sint admiratio facile *Mech. cap.*
cessabit, quam causari potest experimentum illud *15. prop. 3.*
quod teste Wallisio Oxoniæ & Londini institutum
fuerat cum inflatâ vesicâ bubulâ, mediante quâ fla-
tus spiritûs humani per angustam fistulam ingredi-
entis elevare notabiliter poterat pondus 50, 60, 70,
aut etiam plurium librarum pro viribus pulmonum
flantis, adde & pro angustâ fistulæ. Experimentum
hoc non solum facilius ex supra dictis explicari sed
etiam longè exactius per principia nostra, quæ &
veram vesicæ figuram & aëris elaterium quod ipsi
proprium est supponunt, ad calculum potest revocari
quàm fecit Wallisius, ut pote qui commodioris sed
minus exacti calculi gratiâ genuinam figuram sphæ-
roidalem vesicæ inflatæ ademit, in ejusque locum
substituit rhombum solidum, planè ut fecit Borel-
lus cum suis machinulis; præter hoc etiam aëris e-
laterium non consideravit, quod tamen unicè præ-
stat dilatationis officium; hinc fieri nequit quin
calculus Wallisianus à vero multum abludat adeo-
que error satis fiat notabilis.

SECT. XV.

Vid. Fig. V.

EX iis quæ supra Sect. II. diximus & ex tabellâ nostrâ liquet machinulam vel vesiculam muscularem AEBD integram circularem figuram nunquam adipisci posse, quia nempe eo in casu vis absoluta elasticitatis infinities superare deberet resistantiam, id quod impossibile est; dantur itaque certi limites ad quos contractio musculorum non pertingit; maxima enim machinulæ contractio seu resistantiæ sublevatio *ad quam non* est æqualis 72728 partibus earum qualium semilongitudo lateris continet 100000; ex quo clarum est quamvis machinulam in maximâ suâ distensione ad partem circiter sui tertiam non contrahi, id quod etiam de ipso musculo censendum, quia omnes machinulæ ex quibus constat similiter decurtantur, contractio enim unius machinulæ est ad contractionem totius fibræ muscularis, ut longitudo illius ad longitudinem hujus.

SECT.

S E C T. XVI.

UT speculationem nostram ulterius extendamus, considerandæ nobis veniunt ipsæ quantitates spirituum animalium vel succi nervosi, quæ manente sublevatione resistentiarum semper eadem pro singulis resistentiis impenduntur: circa finem *Seçt.* 10. ostendimus vires inflantes id est vires absolutas elasticitatum auræ motivæ in æqualibus circulis esse viribus sustinentibus proportionales; quoniam autem manente sublevatione resistentiæ vel angulo *E B D* semper eodem vires sustinentes (ceu patet ex prop. Dn. Varignonii) sunt in ratione resistentiarum *z*, oportet ut etiam resistentiæ elasticitatibus sint proportionales; sed pro concessio assumimus quantitates auræ motivæ id est densitates ejusdem voluminis auræ motivæ & quantitates spirituum animalium vel succi nervosi eandem semper servare rationem; hoc est duplam, triplam, quadruplam copiam succi spirituosus excitare duplo, triplo, quadruplo densiorem auram motivam. Si nunc supponeremus *Boylæi principium, densitates elasticitatibus esse proportionales*, quod in aëre communi sensibilibiter verum est, res foret expedita, nimirum quia quantitates spirituum animalium densitatibus auræ motivæ, & densitates elasticitatibus, elasticitates verò resistentiis proportionantur, essent etiam quantitates spirituum animalium cum resistentiis in eadem ratione; hoc est sustinendo pondus 100 librarum in eadem altitudine & per idem

H

tem-

temporis spatium duplo major copia spirituum animalium absumeretur quam sustinendo pondus 50 librarum ; & sic in aliis.

SECT. XVII.

DEprehenditur autem si principium Boylei accurate per experientiam examinatur, densitates elasticitatibus non omnino esse proportionales : differentia quidem exigua est & fere imperceptibilis si experimentum instituitur cum aëre parum denso, sed sensibilis evadit cum aëre valde condensato, tunc enim elasticitates in majori ratione crescunt quàm densitates : nobis itaque incumbit indagare crescentibus densitatibus quomodo crescant elasticitates ; in hunc finem in dato volumine *a* concipio particulas aëris vel auræ elasticæ occupare spatium *b*, & materiam subtilem residuum voluminis spatium *a—b* ; nunc in æquali volumine *a* aliam quantitatem auræ elasticæ *c* concipio, ita ut reliquum spatium materiæ subtilis sit *a—c* ; ideoque ceu fluit ex iis, quæ demonstravit Frater, elasticitas aëris primi voluminis est ad elasticitatem secundi in ratione compositâ ex reciproca spatiorum à materiâ subtile occupatorum & directâ aëreorum, nempe ut *ab—bc* ad *ac—bc* ; sed densitas primi est ad densitatem secundi in ratione directâ spatiorum aëreorum, nempe ut *b* ad *c* ; si itaque construatur curva *ACD* ad axem *AF*, ejus naturæ ut sumptâ in axe *AB=a*, & ductis applicatis *DF*, *CE*, rectangulum sub *BE* & *AF* sit ad rectangulum sub *BF* & *AE* ut *DF* ad *CE*, summa-

*Dissert. de
gravit.
ætheris p.
97. & seqq*

Vid. Fig. VI

manturque abscissæ AE , AF pro densitatibus aeris in volumine per constantem lineam AB designato contenti, erunt applicatæ DF , CE) ejusdem elasticitates. Si more algebraico quærat^r æquatio naturam curvæ ACD exprimens, invenietur posit^a constante AB , a , & aliâ ad libitum assumptâ BF , f ; DF , g ; abscissâ AE , x ; & applicatâ EC , y ; hæc æquatio $fgx = aay - afy - axy \mp fxy$; quæ indicat curvam quæsitam esse hyperbolam, & applicatam BG in B fore infinitam adeoque asymptoton hyperbolæ; cujus centrum habetur producendo asymptoton GB in R ita ut BR fit quarta proportionalis ad AF , FD & BF ; semiaxis transversus est æqualis mediæ proportionali inter BR & duplam AB .

S E C T. XVIII.

EX his perspicuum est elasticitates præsertim in aere multum condensato in longè majori ratione crescere quam ipsæ densitates; elasticitas etenim tandem abit in infinitum quando densitas suum quidem maximum sed non nisi finitum gradum attingit. Hæc ut ad rem ipsam nunc applicemus: supra *Seçt.* 16. supposuimus densitates auræ motivæ ejusdem voluminis quantitatibus spirituum animalium impenforum qui illam effervescente cum sanguine prodixerunt esse proportionales; ibidem verò demonstravimus elasticitates proportionari resistentiis; ex quo igitur colligendum ipsam etiam hyperbolam ACD determinare relationem resistentiarum

tiarum ad quantitates spirituum absumptorum, id est, si CE , DF denotent resistentias, denotabunt AE , AF quantitates spirituum absumptorum. Sit jam volumen machinulae muscularis vel quod idem valet omnium musculi machinularum simul sumptarum, quod exprimitur per AB , 10 partium, BF seu $f = 1$, FD seu $g = 100000$; si nunc quantitas spirituum, i. e. AE seu x sit partium

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.
per æquationem curvæ reperietur CE seu y , i. e. pondus elevandum partium.

1234. 2778. 4762. 7407. 11111. 16666. 25926. 44444. 100000. infinit.

Hinc ni fallor ratio petenda est ejus quod indies experimur & etiam miramur, cur nempe magna pondera (ea saltem quæ viribus nostris proportionata sunt) non multo majori difficultate eleventur, ad eandem puta altitudinem, quàm verò exigua. Omnis enim difficultas in motionibus animalibus peragendis unicè ut credo provenit à dispendio spirituum animalium; verùm spiritus in longè minori ratione absumuntur quàm sunt pondera elevanda: ita ut si ex. gr. elevandum sit pondus duplum non ideo etiam requirantur duplo plures spiritus animales, ceu satis clarum est ex laterculo isto, ubi reperitur quòd ope quantitatis spirituum animalium quæ sit ut 8 elevetur pondus quadruplo majus, quàm aliâ quantitate quæ sit ut 5, licèt jactura spirituum illo in casu ne quidem duplo major sit quàm jactura in hoc, utpote quæ se habent ut 8 & 5;
in

in hac igitur ratione etiam se habebunt difficultates, quæ sentiuntur in attollendis istis ponderibus.

S E C T. XIX.

UTilis hic non minus quam curiosa incidit speculatio, nimirum quâ ratione æstimandi sint lassitudinum & roboris gradus: suppono æqualia dispendia spirituum æquales lassitudines inducere, hoc est lassitudines sese habere ut copię spirituum absumptor. suppono itidem in sustinendo uno eodemq; pondere & quidem semper in eadem altitudine temporibus æqualibus deperditum iri copias spirituum æquales; hoc facilè probabitur, cum enim hoc modo musculus sit in continuâ tensione oportet ut ad conservandam ejus inflationem quovis momento suggeratur nova & æqualis succi spirituosii quantitas, secus enim æquabilis ebullitio, quæ utique ad æqualem inflationem musculi conservandam necessaria est, non efficeretur; hæc ergo stillicidia succi nervosi quæ æquabili fluxu exprimuntur consument spiritus animales in ratione temporum, & proinde facient ut in portando onere vel sustinendo pondere lassitudines inductæ se habeant in ratione temporum; sed si pondera sint inæqualia & diversis temporibus ab eodem musculo in eadem altitudine sustinenda, erunt lassitudines in ratione compositæ ex ratione temporum & ex ratione correspondentium quantitatum spirituum animalium uno momento absumptorum, quæ haberi possunt ex præcedenti tabellâ vel melius ex ipsâ æquatione ad hyperbolam.

S E C T. XX.

Simili modo etiam gradus roboris determinare possemus ; non enim opus est, ut unus homo duplo majori copia spirituum polleat ut sit duplo robustior quam alius ; posito namque duos istos homines æqualis esse corporis staturæ, id est, habere omnes suos musculos respectivè similes & æquales, communiter dicere solemus alterum altero duplo, triplo robustiorem esse, cum duplo, triplo majus onus ad æqualem altitudinem elevare potis est, verum ut jam satis ostendimus onera vel pondera non sunt in ratione quantitatum spirituum absumptorum, sed in multo majori ; ideoque nunquam sufficit ut quis vel tantillo plures spiritus animales suppeditare possit quam alius ad duplam vel majorem vim exercendam. Sed quia tempus me deficit & alia aliò me vocant negotia, hæc quæ raptim scripsi fusiùs tractare non licet ; id unicum monitum volo, cum hîc generalem musculorum œconomiam illorumque motionum explanationem tradere animus fuerit, me primario attendisse ad eos musculos ; qui motui corporis locali seu externo inserviunt : Hoc igitur Lectori non offendet quòd musculos in genere ex fibris rectis & parallelis constare diximus ; pauci enim qui hac structurâ ad sensum non gaudent, quales sunt illi quos Borellus rai-dosos vocat, quoniam eorum fibræ instar radiorum convergere videntur, nihilo secius fibras suas fasciculis

ciculis inclusas æquidistantes habent, ut ostendit Borellus. Reliqui autem muscoli ut diaphragmatis, cordis, sphincterum, aliorumq; quorum fibræ vel obliquo vel spirali vel circulari, semper tamen parallelo, tractu procedunt, sicuti peculiari modo fabricati sunt ita etiam suas peculiare obeunt functiones, quæ verò cum aliis in eo conveniunt quòd omnes omnino musculorum operationes à machinularum quibus constant inflatione dependeant, sic ut in totâ humani corporis machinâ, ne minima quidem reperiatur particula in motu constituta, quæ non moveatur vel immediatè ab ipsâ animâ imperante vel à musculis, quorum nullus est qui leges mechanicas quas hîc explicuimus non strictè & continuo observet, usque dum vitæ necisque Arbiter mirabilem corporis & animæ nexum dissolvens universo machinæ motui imposuerit.

*Lib. demot.
anim. prop.
80. pars. I.*

F I N E M.

cibus inclusis aquidistantes habent, ut ostendit
 Boetius. Reliqui autem muscoli ut diaphrag-
 maticus, cordis, spinosus, aliorumque quorum fibrae
 vel oblique vel rectae sunt, circumferuntur tamen
 parallelas, tragus procedunt, hanc peculiari modo
 struunt, sunt ita etiam has peculiariter obstruunt.
 Quibus, quae res cum aliis in eo conveniunt, quod
 omnes omnia musculorum operationes machinam
 autem quibus consistit in illa dependant, sic ut
 in tota humana corporis machina, ne minima qui-
 dam res per se periculis in vitam constituta, quae non
 provenerit vel immutetur, ab ipsa anima imperante
 vel a nervis, quorum nullus est qui leges me-
 chanicas, quae hic explicamus, non trahit & con-
 tinuo observet, utque dum vitae necesse est, Ar-
 bitrium corporis & animae nexum dissolvant.