

Dissertatio inauguralis physico-anatomica de motu musculorum / [Jean Bernoulli].

Contributors

Bernoulli, Jean, 1667-1748
Universität Basel

Publication/Creation

Basileae : Typis Johann. Conradi à Mechel, [1694]

Persistent URL

<https://wellcomecollection.org/works/hhwx74c6>

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>

Q. F. F. Q. S.

DISSERTATIO INAUGURALIS

PHYSICO-ANATOMICA

D E

M O T V MUSCULORUM

Quam

Consensu Gratosissimi & Amplissimi

Medicorum Ordinis

In Universitate Patriâ

Pro summis in Arte Medicâ

Honoribus & Privilegiis Doctoralibus
ritè capeflendis

Publicè examinandam offert

Ad d. 16. Martij M DC. XCIV.

L. H. Q. S.

JOHANNES BERNOULLI,
Bafil.

BASILEÆ,

Typis JOHANN. CONRADI à MECHEL.

FIG. I.

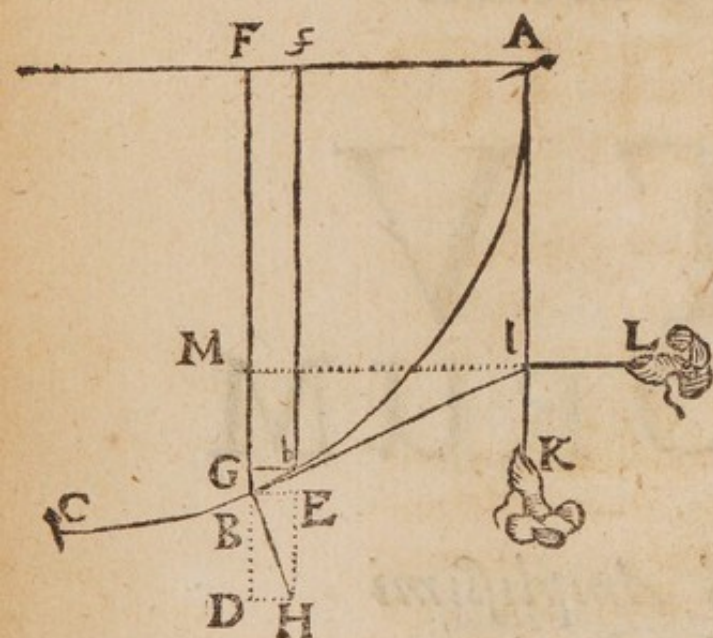
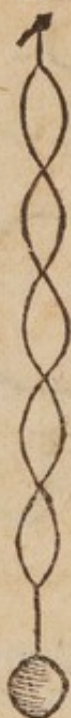


FIG. II.



III.



4 IV.

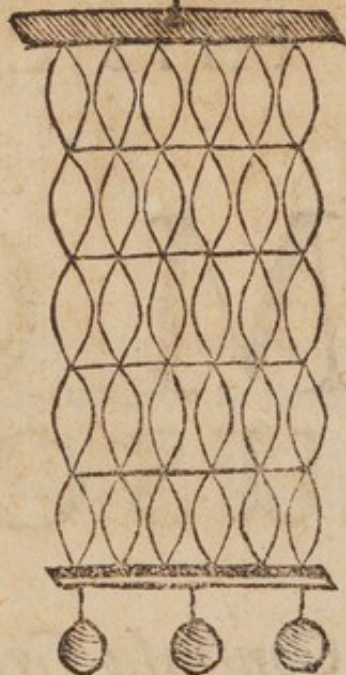


FIG. V.

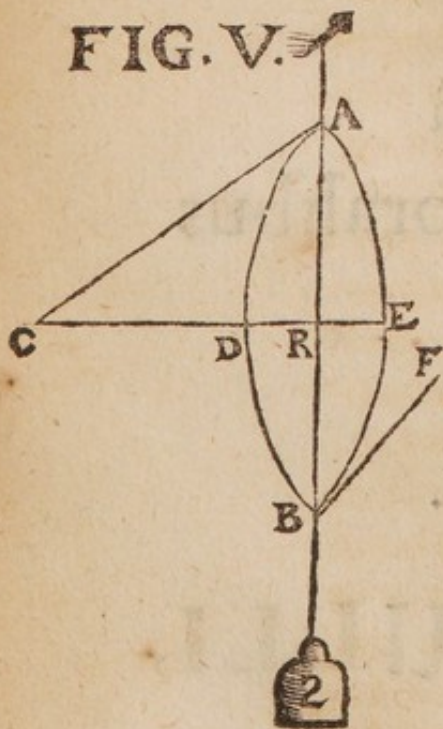
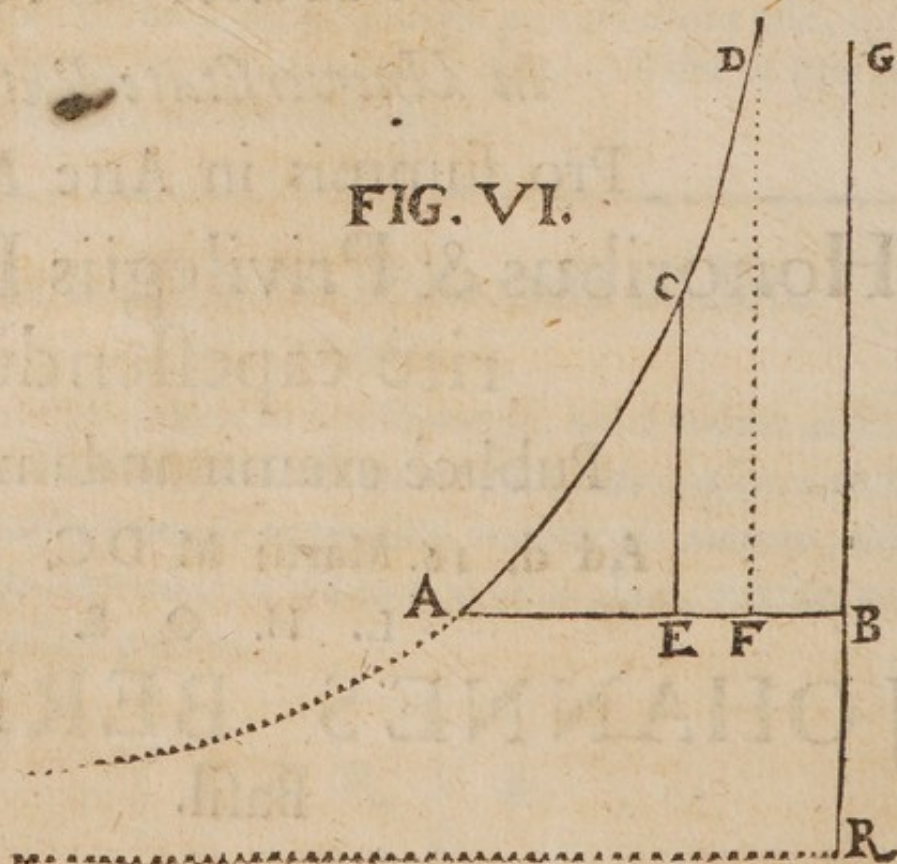


FIG. VI.





DISSERTATIO

D E

MOTU MUSCULORUM.

PRÆLOQUIUM.



In mecum pensitans quamnam corporis humani partem seligerem, cujus functiones quamoptimè 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 superque 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. Alphonsi Borelli vestigiis insistemus, amplectendo ejus hypothesin, 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 circula-

rem 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 adhucdum tectus latitabat, cujusque prima stamina magno Geometræ Leibnitio debemus. Exhibebimus etiam curvam, cujus ordinatim-applicatis denotantibus resistantias 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, in posterum quando per otium licebit ea quæ impræsentiarum ob plurimas alias distractiones neglecta fuere, duplici fœnore resarcire adnitemur.

S. 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 innumeræ conspiciuntur fibræ colore sanguineo saturatæ; hanc fibrarum compagem communiter carnem vocant, quæ delinit 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 innumeræ arteriæ venæque capillares & nervi, illæ ut sanguinem tum nutritioni tum motui musculorum destinatum afferant & auferant, hi ut succum spirituosum subministrent, qui cum sanguine mixtus subitanæ illam ebullitionem causatur, de qua mox fusius; quique vehiculum est sensuum externorum & animæ fidelis famulus omnia eidem quæ corpus intra & extra quocunque modo afficiunt annuncians. Notandum porrò musculum dispesci in plures fasciculos quorum quilibet suâ propriâ membranulâ munitus formam exhibet prismatis triangularis, quadrati, pentagonalis, aliûsve generis: Hi fasciculi constituuntur ex pluribus filamentis tendinosi quæ apud Stenonem *fibræ matrices* audiunt;

filamenta autem vel fibras hasce esse tendinosas patet ex eo quòd rubedo illa quæ à sanguinis affluxu oritur per aquam confer-
tim affusam iterum ablui fibrisque color omnino candidus red-
di possit, ita ut non minus colore quam consistentiâ 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 admit-
tunt, hinc fit quòd in motu musculorum tendines non inflen-
tur & decurtenantur sed merè passivè se habeant.

§. 2. Notat Borellus fibras musculares post elixatio-
nem 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. Majovv statuit sed minus congruè & contra omnium
saniorum Anatomicorum sententiam; Ego nullum alium
ipsis attribuo usum quàm ut fasciatione suâ transversali im-
pediant ne fibræ motrices in actu inflationis nimium divari-
centur & ex ordinato suo situ disturbentur; sic cavitas cu-
jusque cylindruli vel fibræ motricis distinguitur ope hujus li-
gaturæ in æqualia internodia, quæ plures cellulas vel vesicu-
las efformant, quæ vesiculæ flaccidæ sunt & lateribus suis
connivent quando musculus otatur, quæ autem distendun-
tur quando operatur, & adipiscuntur figuram ovalem similem
annulis catenæ, quos Borellus passim *machinulas rhomboidales*
nominat sed perperam ut infra ostendam. Obiter adhuc in-
nuendum, ligationes hasce transversales laxas esse, ut omni-
bus vesiculis communicatio intercedere & vis motiva seu ma-
teria inflans æqualiter quaquaversum sese expandere possit.

§. 3. Hactenus memorata præcipua sunt quæ circa
fabricam musculi simplicis observantur. Quid autem pro-
priè musculum moveat, varii variè de eo sentiunt, quo-
rum omnium opiniones discutere velle non est ex nostro insti-
tuto: Missâ verò veterum facultate incorporeâ naturali muscu-

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

los immediatè movente, videamus quid unus vel alter ha-
dere censuerit, Dn. Steno in suo Myolog. specimine muscu-
lum decurtari arbitratur sine novæ materiæ accessione, nimi-
rum per solam mutationem figuræ, commigrando à paralle-
logrammo obliquangulo in rectius: quæ opinio prorsus ridi-
cula & pro mero lusu ingenii Authoris habenda; præterquam
enim quod hoc modo contractio musculi rectanguli explicari
non possit nisi penetratio corporis statuatur, concipi nequit,
à quo musculus moveatur & quale ejus sit primum movens,
vel qua ratione tritum illud axioma Physicum salvetur *Omne
quod movetur, movetur ab alio*: vix enim puto ab immediatâ ani-
mæ voluntate machinam corpoream huc illuc transferri posse,
secus resectis aut constrictis nervis non video quid musculos à
motu impediret, nisi forsitan velis animæ hoc pacto viam esse
præcisam vel interceptam per quam ex meditullio cerebri ad
membra exteriora spatium consuevit ad imperium suum ibi
exercendum, sed hoc foret animam concipere nimis corpore-
am. Aliis insuper quamplurimis argumentis evertitur syste-
ma Stenonianum super quo consulantur Borellus & Majow.
Veram ut suspicor causam contractionis musculorum attige-
runt, 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.

N^o S. 4. Iis 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 subitanam effe-
vescentiam pariat: Et hic succus ille ipse est qui vulgo spiri-
tuum animalium nomen habet. Si anima imperat vel exer-
cet 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 spiritu-
um animalium vel succi spirituofo, qui vellicando principi-
um alicujus nervi concutiat per totam longitudinem succum
intra contentum, non secus ac fit in baculo, cujus extrema-

te 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.

§. 5. 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 tenuiores easdem diffringunt, & insito aëri condensato exitum præbent, qui sese expandendo (ut docui in dissert. meâ de Effervescentia) ebullitionem & subsequentem inde musculorum 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 quod 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 insitus 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 §. 17. abundè commonstravi.

*Dissert. de
Efferv. §. 22.*

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

§. 6. Ut itaque aliter difficultati allatæ obviam eatur nostræque principia salventur; statuamus oportet dari præter aërem crassum quem spiramus, alium subtiliorem qui utut etiam elasticus nullo modo percipi potest quippe qui omnes
poros

poros corporum liberè penetrat: suppositionem hanc non adeo absurdam esse patet ex eo quod inter aërem crassiores & 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 agitas tanquam obstaculum à se invicem divellere & separare sibi bique liberum transitum parare conatur. Hujusmodi itaque materiam vel auram elasticam subtiliorem & quidem condensatam præter aërem crassiores 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 (cei 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 illico 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 instillantur guttulæ succi nervosi, quæ novam & novam pariendo ebullitionem musculum in continuâ inflatione conservent.

§. 7. 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

larium sparsim conspiciuntur : Ab hoc præcipuam causam hydropis siccae vel tympanitis dependere auguror, cum scilicet succus spirituosus nimia acredine peccat, ut ab illo ingens copia pororum ampliorum sanguinis quibus inest aer crassior recludatur, aer iste crassus qui tam ubertim advenit seque dilatat & ob tubulorum cutaneorum angustiam intra manere cogitur, præcipuas quas reperit corporis cavitates præsertim abdominis mole sua occupat & ibi tensionem dolorificam causatur.

§. 8. Quemadmodum ex aucta 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 paralytin causatur : Popularis hucusque fuit error inter Medicos, cum creditum fuerit paralytin unicè provenire à præpedito spirituum animalium influxu, quod tamen interdum minimè verum est, uti ex hoc solo patet quod ut plurimum in paralyti 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,

§. 9, Ex hac hypothese facillè etiam esset explicare cætera motuum musculorum symptomata, ut motus spasmodicos seu convulsivos, rigorem & tremorem membrorum, oscitationem & pandiculationem, & quæ sunt alia; sed hoc est extra nostrum propositum, quod imprimis ed

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

collimat ut phaenomena naturalia motus animalis accuratius perscrutemur. Jam supra (ut in orbitam revertamur) annotavimus, fibras motrices muscutorum colligari per transversum ab aliis fibrillis, ita ut quaelibet fibra muscularis (quæ sine his fibrillis cylindrum excavatum repræsentat) in totidem spatiola dividatur, quorum tamen cavitates communicationem habent per totam longitudinem fibræ motricis ob laxam ligaturam fibrillarum transversarium; quodlibet spatiolum vel internodium ex calculo Borelli adæquat vigesimam partem unius digiti: quando musculus inflatur, singula spatiola in latitudinem explicantur & replentur aurâ illâ elasticâ de qua supra §. 5. Oppidò nunc liquet spatiola ista repleta non posse acquirere figuram rhomboidalem ut supponit Borellus, secus enim unica tantum requireretur particula quæ instar cunei sese insinuaret intra latera unius spatioli, ut diducendo simpliciter latera rhombulum efformaret; sed præter hoc quod inflatio non peragitur per modum incuneationis, siquidem durante ebullitione juxta ipsum Borellum particulae non in lineâ rectâ ut actio cunei postulat sed sphaericè moventur; insuper etiam spatiolum cujus 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 spatiolum 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.

§. 10. 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 insistent, (observante hoc & ad indaginem Curvaturæ

vaturæ veli primùm applicante Fratre) cumque 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 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:

Sit ABC fibra vel si mavis filum perfectè flexile in extremitatibus A & C affixum, quod in omnibus suis punctis B trahitur vel pellitur perpendiculariter ad suam curvaturam potentiâ equali & indefinite parvâ, quæ hic denotatur per lineolam BH; queritur curvaturæ species. Est abscissa AF $\propto x$, ejus diff. Ff $\propto dx$, applic. FB $\propto y$, ejus diff. GB $\propto dy$, curva AB $\propto s$, ejus diff. Bb $\propto ds$, BH (potentia pellens & multiplex ipsius Bb) $\propto nds$. 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 $\propto ndy$ & BD $\propto ndx$. Quoniam autem potentia sustinens in A semper eadem & constans manet, ubicunque etiam filum præter in C figatur, ceu cuilibet attendenti patebit, ponatur illa $\propto a$: 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 concursus I à duabus potentiis L & K unâ horizontali LI & alterâ verticali KI, quarum illa omnibus potentiis horizontalibus BE, hæc autem omnibus verticalibus BD simul sumptis æquivaleret; verùm omnes BE æquantur integr. ndy quod est $\propto ny$, & omnes BD \propto integr. ndx quod est $\propto nx$: ideoque potentia L $\propto ny$, & potentia K $\propto nx$; igitur ad inveniendam potentiam partialem in A, quæ nimirum requiritur ad sustinendam solummodo potentiam L faciendum est ceu docet D. Varignon in suâ propositione

Projet d'une
nouvelle me-
chanique.

fundamentali ponderum suspensorum, ut sinus anguli AIB vel
ejus complementi ad duos rectos KIB, ad sinum 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 ita-
que invenitur $\propto \frac{ny dy}{dx}$; quia nunc directio potentiæ K est
ipsa tangens KI, sustinebitur hæc tota à puncto A; ideo-
que potentiæ partiali inventæ $\frac{ny dy}{dx}$ addenda est potentia K
seu nx , ad habendam potentiam totalem & constantem in
A, quam posuimus $\propto a$; & sic eliciemus hanc æquationem
differentialem $\frac{ny dy}{dx} + nx \propto a$, quæ multiplicata per
 dx dat $ny dy + nxdx \propto adx$, sumptisque integralibus
habebitur $\frac{1}{2}nyy + \frac{1}{2}nxx \propto ax$ seu $yy + xx \propto \frac{2ax}{n}$; quæ
æquatio ostendit curvam quæsitam ABC esse circularem,
cujus radius vel semidiameter $\propto \frac{1}{n}a$. Q. E. I. ubi notan-
dum potentiam sustinentem in B seu quod tantundem est
vim firmitatis quæ requiritur ne filum rumpatur per prop.
D. Varignonii supra dictam reperiri ubique æqualem po-
tentiæ sustinenti in A. Si præterea velimus rationem in-
venire inter vires inflantes & vires sustinentes seu firmi-
tatis fili requisitæ, id est si crescentibus vel decrescantibus
 n aut BH determinare libeat in qua ratione crescant vel
decrecant potentiæ sustinentes in A vel B, manentibus
interim radiis circulorum æqualibus, ponatur BH $\propto mds$
& potentia sustinens in A vel B $\propto b$, & habebitur hæc æqua-
tio $yy + xx \propto \frac{b^2 x}{m}$, quia autem radii ponuntur æquales,
erit $\frac{b}{m} \propto \frac{a}{n}$, ideoque $n.m :: a.b$, hoc est vires sustinen-
tes vel firmitatis requisitæ sunt in ratione virium inflanti-
um; id quod etiam Frater meus ita invenit, ut videre licet in
regulis quas publicavit pro determinatione curvaturæ veli.

Act. Lips.
an. 1692.
m. Majo.

§. II. Methodo qua usi sumus in hoc calculo fere
tota nititur velariarum & catenariarum indagatio; si quis et-
enim ejus vestigia sequatur calculoque differentialium & in-
tegralium sit mediocriter versatus, facile omnium, quæ
passim in Actis Lipsiensibus & Diario Parisiensi, ac forte ali-
bi

bi super hac materia publicavimus & à Celeb. Viris Leib-
 nitio & Hugenio publicata sunt, penetrabit demonstratio-
 nem, totumque detegit 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 per-
 pendiculariter tenditur à viribus æqualibus curvari in circu-
 lum, unde concludimus vesiculas vel machinulas fibrarum
 muscularium quarum latera utique æqualiter & in omni-
 bus suis punctis perpendiculariter premuntur ab aurâ ela-
 sticâ non esse rhomboidales sed circulares, ita ut si muscu-
 lus nullam appensam resistantiam superandam haberet,
 machinulæ in perfectos & integros circellos expanderentur;
 sed quia musculus semper pondera & resistantias si non fo-
 rinsecus advenientes saltem sui ipsius & ossium submovere
 debet, fit ut machinulæ non integram adipiscantur figu-
 ram circularem, resistantia enim impedit quo minus in lon-
 gitudine se satis contrahere possint, non secus ac fieri solet
 cum istis ampullis, quas infantes ex löturâ saponis confici-
 unt, hæ enim ob aëris inflati elasticitatem æquabilem in
 perfectam sphæram intumescunt; sed cum quandoque gut-
 tula in fundo ampullæ adhæret, tunc ob gravitatem gut-
 tulæ ampulla tantillum elongatur & ex Sphæra mutatur in
 Sphæroidem ex circumvolutione segmenti circularis factam,
 pariter itaque machinulæ musculares quas ut planas consi-
 deramus, habebunt figuram ex duobus segmentis æquali-
 bus ejusdem circuli compositam, ut monstrat *Fig. II.* ex qui- *Vid. Fig. II.*
 bus pluribus in longitudine similiter instar annulorum ca-
 tenæ positæ formatur fibra motrix (*vid. Fig. III.*) quarum ali- *Vid. Fig. III.*
 quæ simul sumptæ secundum longitudinem & parallelo
 situ juxta se coaptatæ constituunt fasciculum muscularem,
 ceu ostendit *Fig. IV.* ubi etiam conspiciuntur fibræ trans- *Vid. Fig. IV.*
 versales, quæ ligaturas laxas efficiunt, ut materia inflans
 omnes machinulas simul & liberè penetrare possit.

§. 12. His ita se habentibus, supputare licebit ratio-
 nem inter vim dilatantem & resistantias, seu quanta requi-
 ratur elasticitas auræ motivæ pro singulis sublevationibus
 resistantiarum semper æqualium; cujus rei gratia fere to-

Vid. Fig. V.

tum 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 machinulae, ita ut DE sit latitudo maxima, quam bifariam secat in R longitudo maxima AB seu chorda arcûs AEB vel ADB : quoniam nunc ang. $EAC \propto$ recto $\propto RAC + ACR$, erit ang. $EAR \propto ACR$, ideoque arcus AE est mensura anguli EAR , vel duplus BEA mensura dupli anguli EAD : Hinc datis semilongitudine lateris machinulae id est arcûs AE in partibus æqualibus 100000 & semiangulo dilatationis EAR , inveniri potest sublevatio resistentiae 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 $57\frac{3}{11}$ qui erit æqualis longitudini radii in gradibus: facto nunc ut numerus graduum ang. EAR vel arcûs EA ad $57\frac{3}{11}$ ita numerus partium æqualium 100000 longitudinis arcûs EA , ad quartum qui erit æqualis numero partium æqualium radii AC qualem 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 , qualem arcus EA continet 100000; duplus itaque excessus arcus AE supra sinum AR inventum erit sublevatio resistentiæ z quæ sita. *Q. E. L.*

§. 13. Postquam sublevationes hoc modo inventæ sunt, vires dilatatrices respectivas pro singulis illis ita determinabimus: supra §. 10. posuimus potentiam curvam in quolibet puncto vel potius in qualibet differentiali curvæ perpendiculariter prementem $\propto n ds$: vis itaque dilatans vel elasticitatis auræ motivæ absoluta, qua latera machinulae dilatantur exprimitur per n , sed ibidem invenimus ponendo vim sustentem vel firmitatis in quolibet filii puncto requisitæ $\propto a$, radium arcûs circuli in quem filum incurvatur fore $\propto \frac{1}{n} a$. Quia verò per citatam prop. D. Varignoni

nii resistantia z est ad vim sustentem in B cuius uti- Vid. Fig. V.
que directio est ipsa tangens BF ut sinus anguli EBD ad
sinum anguli EBR, erit $a \propto \frac{z M \sin. EBR}{\sin. EBD}$, & sic substituto in

quantitate $\frac{1}{n} a$ loco a ejus valore, habebitur radius (per
modum superiorem inventus, quem itaque vocemus r) \propto
 $\frac{z M \sin. EBR}{n M \sin. EBD}$, ideoque vis elasticitatis absoluta auræ motivæ n
 $\propto \frac{z M \sin. EBR}{r M \sin. EBD}$: & consequenter vis qua premitur semila-

tus machinulæ id est $n A E$ erit $\propto \frac{100000 z M \sin. EBR}{r M \sin. EBD}$.

§. 14. Calculi hujus beneficio constructa est præsens
tabella ad imitationem illius quam Borellus pro suâ hypo- Lib. de mot.
anim. prop.
99. p. 1.
thesi confecit; quæ si conferatur cum nostrâ videbitur in-
gens discrimen tum quoad vires motivas tum quoad sub-
levationes; ubique enim eas aut justo majores aut justo mi-
nores facit. Cæterum ex tabellâ colligimus, ab initio in-
flationis cum angulus semidilatationis EAR valdè acutus
est resistantiam permagnam habere rationem ad vim ab-
solutam elasticitatis auræ motivæ, siquidem ang. EAR
existente 30 min. resistantia erit ad vim elasticitatis ut
22900000 ad 1. Unde satis colligere est quàm debili ad-
modum ebullitione opus sit in musculis ad immensam
imò incredibilem energiam musculorum efficiendam; po-
tentia quippe quâ musculi vasta pondera sublevant longè
major est quam gravitas ponderum, utpote quæ multo re-
motiora sunt ab hypomochlio quam musculorum insertio;
Hoc itaque in passu natura non utitur instrumentis scilicet
ossibus ad pondera facilitanda, ossa enim vices subeunt ve-
ctis inversi; in quo nempe pondera superanda ab articula-
tione tanquam à fulcro seu hypomochlio majorem, vis au-
tem movens seu musculus minorem obtinet distantiam;
Hinc si pondera musculis immediatè possent alligari, plus-
quam centies imò interdum millies majora elevarentur pon-
dera, quam modo ordinario.

Hæc si bene perpendamus citra omnem hæsitationem
conveniemus, minimam inflationem musculorum datam
quamvis resistantiam superare, & proinde tenerrimum in-
fantem quantamcunque molem elevare posse; sed quanto
resi-

| Politis | Arcti EA, vel ag. EAR, qui est semist. EAD | Longitu- dine ar- cūs AE, & resi- stentiā in part. æqu. | Radius AC vel EC | Sinus re- ctus AR. | Suble- vatio resi- stentiæ. | Vis susti- nens seu requisitæ firmitatis fibræ mus- cularis. | Vis absoluta elasticitatis au- ræ motivæ quam proximè. | Vis elasti- citatissauræ motivæ qua premi- tur semila- tus machi- nulae AE. |
|---------|--|---|---------------------|-----------------------|--------------------------------------|---|---|---|
| | gr.m | | | | | | | |
| | 0 0 | 1000000 | infin. | 1000000 | 0 | 50000 | 0 | 0 |
| | 0.30 | 1000000 | 11454546 | 99958 | 84 | 50002 | $\frac{1}{229}$ pau. min. | 435 |
| | 1. 0 | 1000000 | 5727273 | 99954 | 92 | 50007 | $\frac{1}{114}$ p. m. | 873 |
| | 1. 30 | 1000000 | 3818182 | 99948 | 104 | 50017 | $\frac{1}{76}$ p. m. | 1309 |
| | 2. 0 | 1000000 | 2863636 | 99939 | 122 | 50030 | $\frac{1}{57}$ p. m. | 1747 |
| | 3. 0 | 1000000 | 1909091 | 99914 | 162 | 50068 | $\frac{1}{38}$ p. m. | 2622 |
| | 5. 0 | 1000000 | 1145454 | 99832 | 336 | 50191 | $\frac{1}{22}$ p. m. | 4381 |
| | 10. 0 | 1000000 | 572727 | 99454 | 1192 | 50774 | $\frac{1}{11}$ p. m. | 8865 |
| | 15. 0 | 1000000 | 381818 | 98822 | 2356 | 51764 | $\frac{1}{7}$ p. m. | 13557 |
| | 20. 0 | 1000000 | 286363 | 97942 | 4116 | 53209 | $\frac{1}{5}$ p. m. | 18582 |
| | 30. 0 | 1000000 | 190909 | 95454 | 9092 | 57735 | $\frac{1}{3}$ p. m. | 30242 |
| | 45. 0 | 1000000 | 127272 | 89994 | 20012 | 70710 | $\frac{1}{2}$ pau. pl. | 57145 |
| | 60. 0 | 1000000 | 95454 | 82665 | 34670 | 100000 | 1 p. p. | 104708 |
| | 70. 0 | 1000000 | 81818 | 76883 | 46234 | 146191 | 2 p. m. | 178678 |
| | 80. 0 | 1000000 | 71590 | 70492 | 59016 | 287968 | 4 p. p. | 403785 |
| | 85. 0 | 1000000 | 67379 | 67122 | 65756 | 573709 | 9 p. m. | 851465 |
| | 90. 0 | 1000000 | 63636 | 63636 | 72728 | infin. | infin. | infin. |

resistentia major est vi motivâ elasticitatis tanto sublevatio minus sen-
sibilis evadit; ita ut vastapondera quibus elevandis vel amovendis
vires nostras impendi mus, omnino quiescere videantur quæ tamen re-
vera è suo loco moventur. Hæc cum ita sint admiratio facile cessabit,
quam causari potest experimentum illud quod teste Wallisio Oxoniæ &
Londini institutum fuerat cum inflatâ vesicâ bubulâ, mediante quâ
flatus spiritûs humani per angustam fistulam ingredientis elevare nota-
biliter poterat pondus 50, 60, 70 aut etiam plurium librarum pro vi-
ribus pulmonum flantis, adde & pro angustîâ fistulæ. Experimentum
hoc non solum facilius ex supra dictis explicari sed etiam longè ex-
actius

Atius 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 sphæroidalem vesicæ inflatæ ademit, in ejusque locum substituit rhombum solidum, planè ut fecit Borellus cum suis machinulis; præter hoc etiam aëris elaterium non consideravit, quod tamen unice præstat dilatationis officium; hinc fieri nequit quin calculus Wallisianus à vero multum abludat adeoq; error satis fiat notabilis.

§. 15. Ex iis quæ supra §. 11. diximus & ex tabellâ nostrâ *Vid. Fig. V.* liquet machinulam vel vesiculam muscularem A E B D 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 muscutorum 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 decurrantur contractio enim unius machinulæ est ad contractionem totius fibræ muscularis, ut longitudo illius ad longitudinem hujus.

§. 16. Ut speculationem nostram ulterius extendamus, considerandæ nobis veniunt ipsæ quæritates spirituum animalium vel succi nervosi, quæ manente sublevatione resistantiarum semper eadem pro singulis resistantiis impenduntur: circa finem §. 10. ostendimus vires instantes id est vires absolutas elasticitatum auræ motivæ in æqualibus circulis esse viribus sustinentibus proportionales; quoniam autem manente sublevatione resistantiæ vel angulo E B D semper eodem vires sustinentes (ceui patet ex prop. Dn. Varignonii) sunt in ratione resistantiarum z , oportet ut etiam resistantiæ 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 spirituosii excitare duplo, triplo, quadruplo densiorem auram motivam. Si nunc supponeremus Boylei 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 resistantiis proportionantur, essent

essent etiam quantitates spirituum animalium cum resistentiis in eadem ratione; hoc est sustinendo pondus 100 librarum in eadem altitudine & per idem temporis spatium duplo major copia spirituum animalium absumeretur quam sustinendo pondus 50 librarum; & sic in aliis.

*Dissert. de
gravit. athe-
ris p. 97. &
se 99.*

Vid. Fig. VI.

§. 17. Deprehenditur autem si principium Boylei accuratè 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 $a - c$; ideòque ceu fluit ex iis, quæ demonstravit Frater elasticitas aëris primi voluminis est ad elasticitatem secundi in ratione compositâ ex reciproca spatiorum à materiâ subtili 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 $AB \propto a$, & ductis applicatis DF , CE , rectangulum sub BE & AF sit ad rectangulum sub BF & AE ut DF ad CE , sumanturque abscissæ AE , AF pro densitatibus aëris in volumine per constantem lineam AB designato contenti, erunt applicatæ DF , CE ejusdem elasticitates. Si more algebraico quæraturnaturam curvæ ACD exprimens, invenietur positâ constante AB, a ; & alia ad libitum assumpta BF, f ; DF, g ; abscissâ AE, x ; & applicatâ EC, y ; hæc æquatio $fgx \propto aay - afy - axy + fxy$, 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 sit quarta proportionalis ad AF , FD & BF ; semiaxis transversus est æqualis mediæ proportionali inter BR & duplam AB .

§. 18. Ex his perspicuum est elasticitates præsertim in aëre multum condensato in longè majori ratione crescere quam ipsæ densitates; elasticitas etenim tandem abit in infinitum, quando densitas sumum quidem maximum sed nonnisi finitum gradum attingit. Hæc ut ad rem ipsam nunc applicemus: supra §. 16. supposuimus densitates auræ motivæ ejusdem voluminis quantitatibus spirituum animalium im-

impensorum qui illam effervescendo cum sanguine prodixerunt esse proportionales; ibidem verò demonstravimus elasticitates proportionari resistentiis; ex quo igitur colligendum ipsam etiam hyperbolam ACD determinare relationem resistentiarum ad quantitates spirituum absumptorum, id est, si CE, DF denotent resistentias, denotabunt AE, AF quantitates spirituum absumptorum. Sit jam volumen machinulae muscularis vel quod etiam valet omnium musculi machinularum simul sumptarum, quod exprimitur per AB, 10 partium, BF seu $f \propto 1$; FD seu $g \propto 100000$; 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 unice ut credo provenit à dispendio spirituum animalium; verum 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, licet jactura spirituum illo in casu ne quidem duplo major sit quàm jactura in hoc, ut pote quæ se habent ut 8 & 5; in hac igitur ratione etiam se habebunt difficultates, quæ sentiuntur in attollendis istis ponderibus.

§. 19. Utilis heic non minus quàm curiosa incidit speculatio, nimirum quâ ratione æstimandi sint lassitudinû & roboris gradus; suppono æqualia dispendia spirituum æquales lassitudines inducere, hoc est lassitudines sese habere ut copiae spirituum absumptorum; suppono itidem in sustinendo uno eodemq; pondere & quidē semper in eadem altitudine temporibus æqualibus deperditû iri copias spirituum æquales; hoc facile probabitur, cum enim hoc modo musculus sit in cōtinuâ tensione oportet ut ad conservandam ejus inflationē 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
æqua-

æquabili fluxu exprimuntur confument 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 tabeliâ vel meliùs ex ipsâ æquatione ad hyperbolâ.

§. 20. Simili modo etiam gradus roboris determinare possemus; non enim opus est, ut unus homo duplo majori copia spirituum polleat ut sit duplo robustior quàm 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, verùm ut jam satis ostendimus onera vel pondera non sunt in ratione quantitatum spirituum absumptorum, sed in multo majori; ideoque nonnunquam sufficit ut quis vel tantillo plures spiritus animales suppeditare possit quàm 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, cùm hîc generalem musculorum œconomiam illorumque motionum explicationem tradere animus fuerit, me primariò attendisse ad eos musculos; quæ motui corporis locali seu externo inserviunt: Hoc igitur Lectorem 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 radiosos vocat, quoniam eorum fibræ instar radiorum convergere videntur, nihilo secius fibras suas fasciculis inclusas æquidistantes habent, ut ostendit Borellus. Reliqui autè musculi ut diaphragmatis, cordis, sphincterum aliorumq; quorum fibræ vel obliquo vel spirali vel circulari semper tamen parallelo tractu prosedunt, sicuti peculiari modo fabricati sunt ita etiam suas peculiares obeunt functiones, quæ verò cum aliis in eo conveniunt quòd omnes omnino musculorum operationes à machinularum quibus constant inflatione dependeant; sicut 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

F I N E M.