



# Over de elasticiteit der spieren

<https://hdl.handle.net/1874/291971>

pe

II

7

OVER DE  
**ELASTICITEIT DER SPIEREN.**

ACADEMISCH PROEFSCHRIFT,

OP GEZAG VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS

**Dr. C. H. D. BUYS BALLOT,**

GEWOON HOOGLEERAAR IN DE WIS- EN NATUURKUNDIGE FACULTEIT,

MET TOESTEMMING VAN DEN AKADEMISCHEN SENAAAT

EN

VOLGENS BESLUIT VAN DE GENEESKUNDIGE FACULTEIT,

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN

**Doctor in de Geneeskunde,**

AAN DE HOOGESCHOOL TE UTRECHT,

DOOR

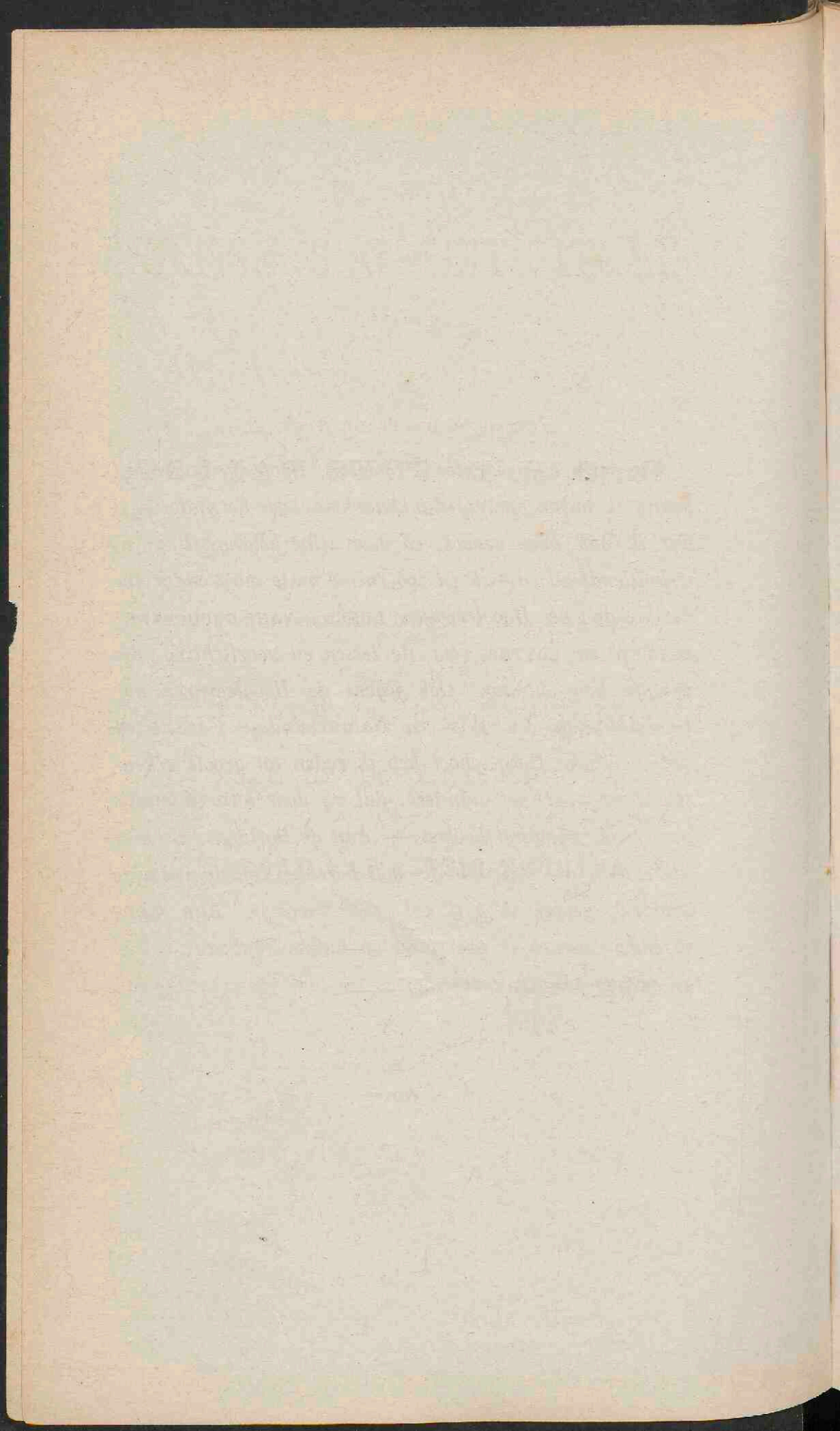
**ANTHONIJ PIETER VAN MANSVELT,**

Geboren te 's Gravenhage.

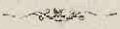
TE VERDEDIGEN

op Zaterdag den 4 Julij 1863, des namiddags te 6½ ure.

—  
UTRECHT — P. W. VAN DE WELJER — 1863.



*Aan mijn hooggeachten Promotor, Professor DONDERS, betuig ik mijne opregte dankbaarheid voor het onderwijs, dat ik van hem genoot, en voor zijne belangstelling en welwillendheid, die ik in zoo ruime mate mogt ondervinden; aan de Hoogleeraren LONCQ, VAN GOUDOEVER, MULDER en KOSTER voor de lessen en voorlichting, die ik van hen ontving. Ook jegens de Hoogleeraren der Geneeskundige- en Wis- en Natuurkundige Faculteiten der Leydsche Hoogeschool heb ik reden tot groote erkentelijkheid voor het aandeel, dat zij door hun onderwijs aan mijne vorming hebben. — Aan de Doctoren, zoo hier als elders, die mij dikwijls met bereidwilligheid ter zijde stonden, gevoel ik mij ook zeer verpligt. Aan mijne vrienden wensch ik voorspoed op hunne loopbaan, mogen zij mijner blijven gedenken!*



APPENDIX

The following is a list of the names of the persons who have been named in the preceding pages of this book. The names are arranged in alphabetical order, and are given in full, with the Christian name, the name of the father, and the name of the mother. The names of the persons who have been named in the preceding pages of this book are given in full, with the Christian name, the name of the father, and the name of the mother.

## INLEIDING.



De spier is een orgaan, dat door zijne lengte-verandering moet werken: van de kracht, waarmede de uiteinden van eene spier, in de verschillende graden van verkorting, tot elkander getrokken worden, hangt haar arbeidsvermogen af. Aangzien de spier bij hare werking steeds tegenstand ondervindt en hare verkorting, in verband met de kracht van dien tegenstand, den uitgeoefenden arbeid bepaalt, zoo speelt de *elasticiteit* bij de berekening van die werking de hoofdrol. Deze bij verschillende toestanden der spier (bij rust, in verschillende graden van zamentrekking, bij verschillende mate van vermoeidheid) te kennen, zou van veel gewigt zijn.

Het eerst heeft SCHWANN 1) er op gewezen, dat bij de

---

1) MÜLLER'S *Physiol.* Bd. II. S. 59—61.

spieren elasticiteit in het spel komt. WEBER heeft dit onderwerp nader onderzocht: met zijn artikel *Muskelbewegung*, dat met welverdiende belangstelling door de Physiologen werd begroet, begint de eigenlijke bearbeiding van dit onderwerp 1). Tegen verschillende gedeelten van WEBER'S onderzoek is VOLKMANN opgekomen; tusschen hen beiden is een strijd ontstaan, die niet tot een bevredigend einde is gebragt 2). Behalve hen, heeft ook WUNDT onderzoekingen over dit onderwerp in het licht gegeven 3). WEBER en VOLKMANN gebruikten voor hunne proeven afgesneden kikvorschspieren (bijna alleen den *M. hyoglossus*); WUNDT de spiermassa van het bovenbeen van een levenden kikvorsch, meestal zóó geprepareerd, dat bloedvaten en zenuwen zooveel mogelijk gespaard werden, of uitgesneden kikvorschspieren. Of hij ter beschutting tegen het uitdroogen de spiermassa met de huid omgaf of niet, gaf hem geen aanmerkelijk verschil. — Om de spier in contractie te brengen, gebruikten zij den inductie-stroom, hetzij enkele slagen, zoo als VOLKMANN, hetzij als tetaniserende stroom. Hierbij werd de spier in het maximum van contractie gebragt.

De resultaten van deze onderzoekingen kan men niet zonder bezwaar overbrengen op de levende spier bij warmbloedige dieren. Ook bleef er verschil en onzekerheid bestaan omtrent sommige punten, welke nog niet of slechts onvolledig waren onderzocht, en die welligt op

1) Art. *Muskelbewegung*, in WAGNER'S *Handw. der Physiol.* Bd. III.

2) VOLKMANN'S stukken hierover staan: *Ber. der Kön. Sächs-Ges. der Wissensch.* 12 April 1856; MÜLLERS *Archiv.* 1857, S. 27; 1858, S. 215; 1860, S. 145 en 705; 1862, S. 140; WEBER'S stukken; MÜLLERS *Archiv.* 1858, S. 506; 1861, S. 248 en 530.

3) *Die Lehre v. d. Muskelbewegung.* Braunschweig 1858.

eene andere wijze tot helderheid waren te brengen. Daarenboven had bij die proeven de vermoeidheid steeds een storenden invloed, die niet geheel te elimineren was, hoewel WEBER eene methode aan de hand deed, om hem zooveel mogelijk te ontgaan, en VOLKMANN eene correctie van die methode voorsloeg. Deze bezwaren maken het resultaat van al die proeven nog min of meer verdacht; eene wijze van proefnemen, waarbij zij vermeden worden, werd voorgeslagen en voorloopig toegepast door Prof. DONDERS 1). Bij deze methode kan men direct de elasticiteit der spieren waarnemen, ze willekeurig door arbeid of door krachtsinspanning zonder arbeid vermoeijen, ze in een willekeurigen graad van zamentrekking brengen, en bij benadering de curve der uitrekking door verschillende gewigten en onder verschillende omstandigheden bepalen, terwijl de proeven, met de buigspieren van den arm van den proefnemer zelven gedaan, onmiddellijk op de physiologie van den mensch toepasselijk zijn. Hierom scheen het wenschelijk, naar deze methode eene reeks van proeven met naauwkeurigheid in 't werk te stellen: de uitkomst daarvan wordt in de hier aangebodene dissertatie medegedeeld. Mogte het den lezer toeschijnen, dat onze proeven aan te veel storing door wilsinvloed onderhevig zijn, om er besluiten uit te mogen trekken, zoo schorte hij voorloopig zijn oordeel op tot de beschrijving der methode door ons gegeven. Het onderwerp wordt in de volgende hoofdstukken gesplitst:

- I. *Voornaamste onderzoekingen over ons onderwerp.*
- II. *Anatomische beschrijving van het elleboogsgewricht en de buigspieren van den arm.*

---

1) *Verslagen en mededeelingen der Kon. Akad. van Wetens.* 1859, D. IX, bl. 113.



- III. *Onze methode.*
- a. Beschrijving.
  - b. Analyse.
  - c. Berekening.
- IV. *Opgave van onze proeven op de niet vermoeide spier.*
- a. Proeven met wegneming van het geheele gewigt.
  - b. Berekening van deze proeven.
  - c. Proeven met wegneming van een gedeelte van het gewigt.
- V. *Algemeene resultaten, uit deze reeks van proeven verkregen.*
- VI. *Proeven over den invloed van vermoeijenis.*

---

I. VOORNAAMSTE ONDERZOEKINGEN OVER ONS  
ONDERWERP.

EDUARD WEBER onderzocht de elasticiteit der spieren op de volgende wijze. Eene zoo versch mogelijk losgepraepareerde en uitgesneden spier van een' kikvorsch hing hij op aan een' haak, door haar eene uiteinde gebragt, zoodat de spier eene vertikale rigting had. Door het andere uiteinde bragt hij ook een' haak, waaraan een schaalte hing, bestemd om gewigt te ontvangen. Vlak boven dezen haak liep door de spier een cocon-draad, die horizontaal gespannen was; achter de spier was eene vertikale millimeter-schaal. Door een kijker met kruisdraden kon men waarnemen vóór welke streep van de schaal de draad zich bevond. WEBER mat de lengte van de rustende spier (met een klein gewigt bezwaard, opdat zij minstens haren natuurlijken vorm zou aannemen),

belastte ze daarna met een grooter gewigt en mat weder hare lengte; hieruit vond hij de uitrekbaarheid der spier in rust.

De maat voor deze uitrekbaarheid bepaalde hij voor het gemiddelde van twee op elkander volgende gewigten, door de formule:  $2 \frac{L'-L}{L'+L} \times \frac{1}{p'-p}$  waarin  $L'$  de lengte der uitgerekte,  $L$  die der niet uitgerekte,  $p$  het kleinste,  $p'$  het grootste van de twee gewigten is. In de eerste reeks zijner proeven 1) bijv. was bij 2,3 grm. belasting, de lengte der spier = 32,30 mm., bij 3,3 grm. belasting, = 33,45 mm. Volgens de formule is nu de uitrekking,

$$2 \frac{33,45 - 32,30}{33,45 + 32,30} \times \frac{1}{3,3 - 2,3} = 0,0350 \quad \text{bij} \quad \left( \frac{2,3 + 3,3}{2} = \right) 2,8 \text{ gram.}$$

Hij bragt de spier in zamentrekking, door de beide haken, die aan hare uiteinden bevestigd zijn, met een' tetaniserenden stroom in verbinding te brengen. — Eer hij de spier belastte, prikkelde hij ze, en vond zóó hare natuurlijke lengte bij contractie; daarna belastte hij ze en prikkelde ze weder, en nu bepaalde hij, even als voor de rustende spier, hare uitrekbaarheid door de formule:  $2 \frac{l-l}{l+l} \times \frac{1}{p'-p}$ , en, daar  $p'-p$  in deze proeven

steeds 5 bedroeg,  $\frac{2}{5} \frac{l-l}{l+l}$ . — De letters hebben hier gelijke beteekenis als boven. — Bij deze proefnemingen vond hij de *uitrekbaarheid* der zamengetrokken spier grooter, en dus de *elasticiteits-coëfficiënt* kleiner, dan die der rustende spier. Ditzelfde resultaat had WEBER vroeger ook verkregen door torsie-proeven, door hem, in ge-

1) WAGNER'S *Handwb.* Bd. III, S. 109.

meenschap met zijne broeders, gedaan. — Dat in het levende ligchaam eene zamengetrokken spier harder is op het gevoel, dan eene verslapte, hangt volgens hem daarvan af, dat zij door hare vaste punten gespannen wordt; eene uitgesneden gecontraheerde spier zou weeker zijn dan eene verslapte.

Om den storenden invloed van de vermoeijenis te vermijden, gaf hij eene methode van compensatie aan 1). Zijne voornaamste resultaten, met betrekking tot ons onderwerp, formuleert hij aldus 2):

1. »De oorzaak, dat verschillende spieren, ook bij gelijke afmetingen, en dat ook dezelfde spier, op verschillende tijden en bij verschillende graden van vermoeijenis, zeer verschillend groote kracht uitoefenen, ligt minder in verschil van grootte van zamentrekking der spieren dan in het verschil van elasticiteit der gecontraheerde spieren, waarvan de kracht evenzeer afhangt als van de zamentrekking.

2. De werkzaamheid der spier bestaat, namelijk, niet alleen in eene verandering van haar (natuurlijken) *vorm*, die zich verkort, maar ook in eene verandering van hare *elasticiteit*, die vermindert.

3. Daar de elasticiteit der spier bij den overgang tot werkzaamheid aanzienlijk afneemt, oefent de spier door hare verkorting eene veel geringere kracht uit, dan zij zou uitoefenen, als hare elasticiteit dezelfde bleef als in den toestand van rust.

4. De elasticiteit der werkzame spier is zeer veranderlijk; zij vermindert bij voortzetting der werkzaamheid

---

1) WAGNERS *Handw.* Bd. III, bl. 79.

2) WAGNERS *Handw.* III, bl. 121, resultaten No. 26—32.

steeds meer en meer. — Deze toenemende vermindering der elasticiteit bij voortgezette werkzaamheid is de oorzaak der verschijnselen van vermoeijenis en groote krachteleloosheid, die de spieren daarbij toonen.

5. De elasticiteit der doode spier is *minder volkomen*, dan die der levende, d. i. de doode spier keert, na uitrekking, niet volkomen tot haar natuurlijke vorm weder, zoo als de levende spier doet, en breekt daardoor ook gemakkelijker dan deze. De elasticiteits-coëfficiënt der doode spier is echter ook *grooter* dan die der levende of, met andere woorden, de doode spier is minder uitrekbaar, stijver en minder buigzaam, gelijk de levende, rustende spier minder uitrekbaar, stijver en minder buigzaam is, dan de werkzame.

6. De verschijnselen van de vermoeijenis der spieren zijn dus wel te onderscheiden van de verschijnselen van het afsterven der spieren. De vermindering der elasticiteit is een *levensverschijnsel*, dat onder den invloed der zenuwen, bij het begin en de voortzetting der werkzaamheid plaats heeft. Bij het langzaam afsterven der spieren neemt de elasticiteit der spier toe, of de spier biedt aan de uitrekking allengs grooteren weêrstand.

7. Men mag dus de vergrooting van de voorhanden zijnde spanning der spieren, die door het *toenemen* der elasticiteit bij het intreden van den dood ontstaat en lijkverstijving (*rigor mortis*) genoemd wordt, niet verwisselen met de vergrooting van de spanning der spieren, die onder den invloed des levens, gedurende de werkzaamheid der spieren, door hare verkorting ontstaat, hoewel te gelijk de elasticiteit verminderd is."

Bij HEIDENHAIN kwam de vraag op, of de toestand der spier ook met betrekking tot hare elasticiteit gewijzigd wordt door een galvanischen stroom, die haar doorloopt,

gelijk in de proeven van WEBER het geval is. Om dit na te gaan, belastte hij eene spier en zag, dat zij door het gewigt evenveel werd uitgerekt, hetzij ze door een vrij sterken *constanten* stroom, die geene zamentrekking geeft, doorloopen werd of niet; waaruit hij besluit, dat hare elasticiteit in beide gevallen even groot is 1).

Tegen WEBER'S onderzoeken kwam VOLKMANN op. Uit de proeven berekende hij de maat der uitrekbaarheid als  $\frac{D}{l}$  voor de rustende en  $\frac{D'}{\lambda}$  voor de werkzame spier. Hierin is  $D = L-l$ ,  $D' = A-\lambda$ ,  $L =$  lengte der uitgerekte rustende,  $l =$  lengte der niet gerekte rustende,  $A$  en  $\lambda$  die der samengetrokken spier. — Ook waren er eenige bijzonderheden in zijne wijze van proefneming, afwijkende van die van WEBER. Eindelijk vond hij de methode van WEBER, om de vermoeijenis tusschen verschillende proeven te elimineren, niet voldoende: hij stelde er eene correctie van voor, voorcerst, omdat de invloed der vermoeijenis zich niet eenparig voortgaand in alle proeven deed gevoelen, en ten tweede, omdat door WEBER wel werd geëlimineerd de vermoeijenis, die zich van de eene proef op de andere kon doen gevoelen, maar niet die, welke gedurende iedere zamentrekking ontstond, en bij het einde er van bijna onmiddellijk verdween. Doch de voornaamste tegenwerping van VOLKMANN was deze: dat WEBER, om de uitrekbaarheid van de samengetrokken spier te bepalen, de spier eerst belastte en daardoor over hare normale lengte in rust uitrekte, en ze daarna tetaniscerde. Hij, daarentegen, belastte de spier eerst zóó,

---

1) *Monatsber. der Berl. Acad.* 1856, S. 128. Mitth. von DUBOIS-BELJMOND.

dat zij het gewigt begon te dragen, zoodra zij zich eenigzins verkortte; en deze methode noemde hij, in onderscheiding van WEBER's proeven, de *b* methode; die van WEBER daarentegen de *a* methode. Daarna deed hij eene reeks van proeven, waarbij hij de spier belastte, nadat zij haren grootst mogelijken graad van contractie had bereikt: deze methode noemde hij de *c* methode. Hierbij onderscheidde hij, uit den vorm der curve op het kymographion, de uitrekking, die de spier door het gewigt onderging, van de verlenging, door het verminderen der zamentrekking wegens vermoeijenis onder den tetanus ontstaande; eindelijk nam hij ook proeven volgens de *d* methode, die daarin bestond, dat hij door voorloopige proeven bepaalde, op welke hoogte de spier het gewigt moest beginnen te dragen, om het nog even op te heffen. — Uit deze verschillende reeksen van proeven bleek hem, dat volgens de *a* methode de uitrekbaarheid der spier bij zamentrekking scheen te vermeerderen, doch dat bij de *b*, *c*, *d* methoden dit des te minder het geval was, naarmate aan de spier meer vermoeijenis werd bespaard, zoo zelfs, dat, in tegenstelling met hetgeen WEBER gevonden had, de uitrekbaarheid in den zamengetrokken toestand soms kleiner was dan bij rust. — Deze resultaten verkreeg hij echter bij prikkeling door enkele slagen; bij tetanus waren de door hem opgegeven verschillen tusschen *a* en *b* methoden zeer klein of niet aanwezig.

Den strijd in bijzonderheden na te gaan, acht ik niet noodig, te minder, daar beiden ten slotte betuigen, den strijd voor nutteloos te houden. WEBER heeft zeker zeer groote verdienste, daar hij dit belangrijke onderwerp het eerst zoo uitvoerig behandeld heeft, en dat veld, welks bebouwing zulke rijke vruchten voor de physiologie belooft, heeft ontgonnen; VOLKMANN heeft met ernst getracht,

en in WEBER'S werk onnaauwkeurigheden te verbeteren, en heeft daardoor ook licht over de zaak verspreid.

Onafhankelijk van hen, deed WUNDT zijne onderzoekingen. Met betrekking op ons onderwerp waren zijne voornaamste resultaten deze :

Bij niet te groote belastingen zijn de uitrekkingen evenredig aan de gewigten; de levende spier is meer uitrekbaar dan de doode; *bij het tetaniseren eener spier verandert haar coëfficiënt van elasticiteit niet, wanneer zij verhinderd wordt zich te verkorten; slechts als zij zich kan verkorten wordt hij kleiner, en wel in verhouding tot de verkorting.* — Dit resultaat verkreeg WUNDT langs verschillende wegen. Vooreerst, door eene spier zoo zwaar te belasten, dat zij zich niet kon verkorten (methode der Ueberlastung l. c. p. 98): tetaniseerde hij haar dan, dan zou zij, naar zijne meening, zich moeten verlengen, indien de elasticiteit, zoo als WEBER meende, verminderde bij tetanus; dit gebeurde niet. Ten tweede, bragt hij eene spier, die eveneens verhinderd was, zich te verkorten, in torsie-schommeling (Methode der Torsionsschwingungen, l. l. p. 99); bij het tetaniseren verminderde het aantal schommelingen in denzelfden tijd niet; kon zij zich verkorten, dan wel. Eindelijk mat hij bij eene eveneens gespannen spier den hoek van torsie, waartoe eene kracht haar bragt, in slapen en getetaniseerden toestand (Methode der Ablenkungen, l. l. p. 106); — ook dit gaf slechts verschil, als de spier zich kon verkorten.

Voorts meent WUNDT, dat, bij niet te groote belasting, zoowel de vermoeide als de niet vermoeide spier uitgerektd wordt, naar evenredigheid van de belastende gewigten, hetgeen WEBER alleen voor niet vermoeide spieren laat gelden; dat VOLKMANN'S *a* en *b* methoden geen verschil opleveren; en dat iedere contractie, kort of lang durende,

cene tijdelijke vermindering van elasticiteit ten gevolge heeft, die nog eenigen tijd nawerkt. — Over het onmogelijke, om de vermoeijenis te elimineren, zoo als WEBER meende te doen, is hij het met VOLKMANN eens (op de vermoeijenis komen wij terug). WUNDT dringt er ernstig op aan, dat men bij dergelijke proeven, als de hierboven beschrevene, behoorlijk lette op de elastische nawerking, verlenging of verkorting.

Over de elasticiteit der spieren heeft ook HARLESS onderzoekingen gedaan 1). Hij bepaalde haar uit de hoogte van den toon, dien zij voortbragt, als zij door een luchtstroom in trilling werd gebragt. Hier echter was het moeilijk, den invloed van de verdikking en de spanning der spier zuiver na te gaan, om daaruit tot eene voldoende bepaling der elasticiteit te kunnen komen. Later gaf hij nog andere onderzoekingen over hetzelfde onderwerp in het licht 1) die ik echter niet in het oorspronkelijke kon nagaan. Het volgende daaromtrent ontleen ik aan MEISSNER'S *Jahresbericht* over 1860.

HARLESS vergeleek de elastische eigenschappen van twee spieren van denzelfden kikvorsch, de eene aan het ligchaam gelaten, met behoud van de circulatie, de andere met het been van de romp gescheiden, met onderbonden vaten. Soms vergeleek hij ook de spier, van de romp gescheiden met zoo sterk mogelijk gevulde en met ledige bloedvaten. Hij kwam tot de volgende resultaten:

1. Spoedig na de scheiding van de romp is de gescheiden spier meer uitrekbaar, dan de andere; dit vertoont zich het best, als de spier haar bloed behouden heeft. Deze vermeerdering van uitrekbaarheid verdwijnt

---

1) E. HARLESS: *Untersuchungen über die Muskelstarre, Sitzungsber. der Bayer. Akad. d. W.* 1860. S. 428.



spoedig en maakt plaats voor vermindering, die snel toeneemt, vooral als de spier bloedledig is. Bij het verdwijnen der lijkverstijving neemt de uitrekbaarheid weder toe.

2. De vermindering der uitrekbaarheid hangt niet af van het vormen van eenig coagulum in de spier.

3. Zwakke alkali-oplossing of slap zuur maken de spier meer uitrekbaar, sterker zuur maakt ze eerst minder, bij lang inwerken weder meer uitrekbaar.

4. Het wecker worden eener spier gedurende en kort na de zamentrekking kan afhangen van het vormen van zuur in haar voedingsvocht.

5. De uitrekbaarheid van pas geprikkelde spieren is grooter, dan die van niet geprikkelde; bij geprikkelde spieren neemt zij spoediger af.

ADOLF FICK 2) heeft onlangs een contractiel orgaan van gansch anderen bouw dan de dwars gestreepte spieren der gewervelde dieren in zijne eigenschappen bestudeerd, namelijk de sluitspier der mosselen. Zijn onderzoek betreft voornamelijk hare contractiliteit en electromotorische eigenschappen; met betrekking tot de elasticiteit, nam hij verschijnselen waar, die schenen aan te duiden, dat de spier gedurende de uitrekking andere eigenschappen verkreeg, en dat bij zamentrekking hare uitrekbaarheid afnam.

Na deze korte vermelding van de voornaamste onderzoekingen, over ons onderwerp gedaan, zullen wij overgaan tot onze eigen proeven. Vooraf echter geven wij eene anatomische beschrijving van het gewricht en de spieren, die daarbij in het spel komen.

1) WAGNER's *Handb.* IV, p. 597.

2) A. FICK, *Beiträge zur vergl. Physiol. der irritablen Substanzen*, 1863.

## II. BESCHRIJVING VAN HET ELLEBOOGSGEWRICT EN DE BUIGSPIEREN VAN DEN ARM.

Het elleboogsgewricht bestaat, zoo als bekend is, uit den humerus aan de eene, den radius en de ulna aan de andere zijde. Bij de buig- of strekbewegingen van den voorarm onderstellen wij, dat de beide laatste beenderen onbewegelijk tegen elkander blijven; hunne gewrichtsvlakten bewegen zich als één geheel om de trochlea en eminentia capitata humeri. De plaats van de denkbeeldige as, waarom zij bij die beweging draaijen. trachtten wij te bepalen, door bij gefixeerden onderarm den humerus (nog van zijne banden voorzien) grootere en kleinere hoeken daarmede te laten maken. Bij die beweging trachtten wij het punt te vinden, dat onbewegelijk bleef: natuurlijk moest het gezocht worden ongeveer ter plaatse, waar men zich het middelpunt kon voorstellen van de cirkelbogen, die het profiel van de eminentia capitata aan de binnen-, de rand van de trochlea aan de buitenzijde vertoonde. — Meenden wij het vaste punt gevonden te hebben, dan dreven wij er een ijzeren stift in, in de rigting van de lengte der trochlea, en beschreef nu dit stift, bij de buig- en strekbewegingen van den humerus, geene bogen in de ruimte, dan gaf het de plaats en rigting van de as aan. Wij achtten het nu nog van gewigt, het verkregen resultaat te controleren, daartoe bepalen wij den afstand van onze gevonden as en een punt aan den radius, b. v. de aanhechting van den m. supinator longus, en bragten in een op dit punt geboord gat een stukje potlood aan. Terwijl nu de pen, die tot as diende, op een stuk papier werd geplaatst, waarmede ook het potlood in aanraking was, beschreef dit, bij buiging en strekking, een' cirkelboog op het pa-

pier; en het middelpunt van dien cirkelboog, door constructie gevonden, moest nu juist met de plaats van de ijzeren pen zamenvallen. Bij onze bepalingen vonden wij een uiterst gering verschil, zoodat ons de as met eene voldoende mate van juistheid bepaald scheen. De aldus bepaalde as loopt door den ondersten rand van den condylus internus, het bovenste deel van de trochlea en den ondersten rand van den condylus externus humeri. Bij sterke strekking verschuift zij zich; doch daar in onze proeven zulke sterke strekking niet voorkwam, acht ik onnoodig deze verschuiving nauwkeurig na te gaan. --- De as van den onderarm loopt door het middelpunt van de gewrichtsvlakte van het capitulum radii, en door het middelpunt van het capitulum ulnae. Bij buiging valt deze niet zamen met de as van den humerus, maar maakt er eenen hoek mede, waarbij de voorarm meer naar den thorax staat.

De spieren, die den arm buigen, zijn: m. biceps, brachialis internus en supinator longus. De biceps ontspringt met zijn korte hoofd aan den processus coracoideus scapulae, met het lange aan den bovenrand van de cavitas glenoidica. De oorsprong-pees van dit hoofd loopt tusschen de beide tubercula van het caput humeri; daar zij, bij het loopen over het caput humeri een hoek maakt, kan men voor het mechanisme van hare werking den oorsprong op dit caput rekenen. De bundels dezer spier verloopden zóó, dat in ieder der buiken de hoogst ontspringende zich ook het hoogst in de pees inhechten, zoodat er niet veel verschil in hunne lengten is. Van beide buiken hechten de bundels zich in de platte pees, die midden tusschen haar gevonden wordt. Deze pees geeft verder een zwak gedeelte af, dat zich hecht in de fascia superficialis van den onderarm; de hoofdpees hecht zich aan de tuberositas radii,

met eene pees, waarvan het bovenste gedeelte gemiddeld 20 mm. nader bij de gewrichts-as ligt, dan het onderste. Spant men de spier, dan ziet men, dat het zwakke deel der pees nagenoeg geen invloed op de buiging heeft. Bij geringe buiging van den arm is de buitenrand, die zich het verst onder de gewrichtsas aanhecht, het meest gespannen, zóó zelfs, dat de binnenrand, die zich hooger aanhecht, eene slappe plooi maakt; bij sterke buiging heeft het tegenovergestelde plaats, zoodat de spier in het eerste geval werkt aan een hefboomsarm die 20 mm. langer is dan in het tweede geval.

De tweede spier, welke hier voornamelijk in 't spel komt, is de *m. brachialis internus*. Deze ontspringt aan de binnen- en voorvlakte van den humerus en aan het *ligamentum intermusculare externum*; haar oorsprong strekt zich over een groot deel van den humerus uit, zij hecht zich met eene breede, sterke pees aan den *processus coronoideus* en de *tuberositas ulnae*. Hare vezelen verschillen onderling zeer in lengte; de langste ontspringen aan de voorvlakte van den humerus en het ligamentum, de kortste aan den bovenrand van de fossa supratrochlearis anterior. Is de hoek van boven- en onderarm grooter dan 90°, dan loopen de kortste bundels over de trochlea, die dan als katrol werkt; is de hoek ongeveer 90° of kleiner, dan blijven zij regt.

Eindelijk komt hier ook de *m. supinator longus* in aanmerking. Deze ontspringt aan den binnenkant van den humerus en aan het ligamentum intermusculare externum; haar hoogste punt van oorsprong ligt gemiddeld op 106, haar laagste op 41 mm. boven de gewrichtsas. Hare pees hecht zich aan den *processus styloideus radii*. Volgens de meeste anatomen supineert zij den geproeerden arm en werkt zij op den gesupineerden arm als

buiger; volgens HENLE werkt zij, zelfs bij de uiterste pronatie alleen als buiger; daar zij weinig boven de gewrichtsas ontspringt, is hare buigkracht gering. Daar het ons bleek, dat hare bundels, bij de hoekbewegingen van den arm zich ongeveer in gelijke evenredigheid als die van de andere spieren verlengden of verkortten, hebben wij haar niet in de berekening van den gemiddelden bundel opgenomen, waarop zij toch weinig invloed zou gehad hebben.

Andere spieren, welke van de condyli ontspringen, kunnen alleen als buigers mede werkzaam zijn, wanneer de hand op den onderarm gefixeerd is, dat in onze proeven niet het geval was.

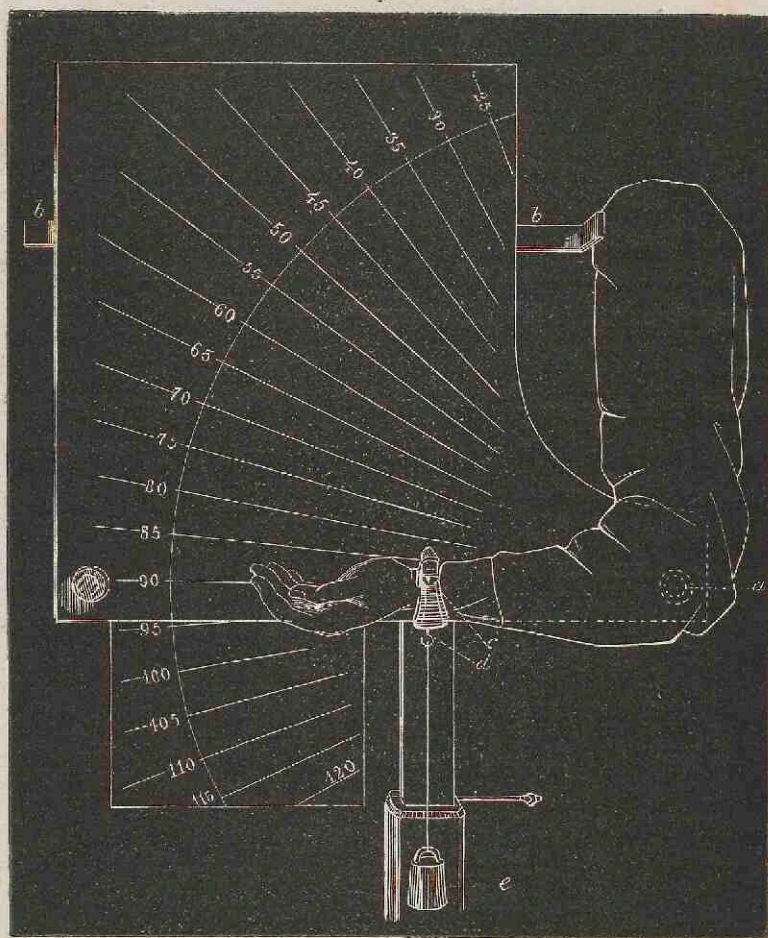
---

### III. ONZE METHODE VAN PROEFNEMING.

#### a. *Beschrijving.*

Het naaste doel van onze proeven was: na te gaan, hoever eene spier van het levende ligchaam, in een bepaalden graad van zamentrekking gebragt, door een gegeven gewigt wordt uitgerekt. Dit werd onderzocht voor de buigspieren van den arm. — De proeven werden op de volgende wijze genomen:

Fig. 4.



De proefnemer plaatste zich achter een vertikaal gesteld houten bord, zóó dat het bord zich tusschen de zijde des lichaams en den arm bevond. Op de vóorzijde van het bord was eene graadverdeeling gemaakt: in het middelpunt, waaruit de cirkelbogen voor deze graadverdeeling waren getrokken, was eene kleine uitholling (a), met eene zachte stof bekleed. In deze uitholling werd de condylus internus geplaatst. Een verschuifbaar krukje (b) aan de achterzijde van het bord

werd vastgezet in zulk een stand, dat de humerus vertikaal stond, als zijn bovenste gedeelte het krukje aanraakte. Het geheele bord kon hooger of lager geschoven en vastgezet worden. — Aan het onderste uiteinde van den radius werd nu een armband (c) bevestigd, die van onderen van een haakje (d) voorzien was.

Bij het nemen der proef werd de voorarm op een bepaalden graad gebracht, die werd afgelezen, door middel van een houten driehoek, die met de eene regthoekszijde over het bovenste gedeelte van de pols, met de andere langs het bord gehouden werd. Was de arm in dezen stand gebracht, dan werd het gewigt (e) met een sterken zijden draad aan het haakje gebangen, en gedurende korten tijd (in de eerste reeks onze proeven 10 sec.) op dezelfde hoogte gehouden. — Nu werd de draad door een knip met de schaar doorsneden, en de voorarm sprong op tot een zekeren graad, die weder op dezelfde wijze werd afgelezen. Gedurende de proef is de arm geheel in supinatie, en de hand wordt niet door hare flexoren en extensoren gefixeerd. Door oefening moest men het zoover brengen, dat het opspringen van den arm geheel onwillekeurig was. In het dagelijksche leven komt het dikwijls voor, dat wij de spieren gedurende eenigen tijd in dezelfde mate van zamentrekking mochten houden; gedurende het dragen van het gewigt in onze proeven, had dit dus geen bezwaar. Werd het gewigt nu plotseling weggenomen, dan maakte de arm eene beweging, die niet van den wil uitging. Bij het ontwaren eener onverwachte beweging, bijv. van den arm, zijn wij zeer geneigd óf die dadelijk te onderdrukken óf met eenige andere onwillekeurige beweging te compliceren. Noch het eene, noch het andere mogt hier plaats hebben: de spier moest in gelijke zamentrekking blijven, die zij had zoolang het gewigt er aan hing, de

aandacht van den proefnemer moest op den arm gevestigd zijn, alléén om te voorkomen, dat zich eenige zelfstandige beweging bij het opspringen voegde. — Dat dit niet zoo moeilijk is als het welligt dezen of genen toeschijnt, daarvan kan men zich overtuigen, door op de hand een gewigt te plaatsen en dit onverwacht door een anderen persoon te laten wegnemen, men zal spoedig leeren door het spiergevoel te onderscheiden, of de beweging, die de arm dan maakt, zuiver het gevolg is van *elastische* zamenkrimpung der spier, zooals in onze proeven bedoeld wordt, of dat men de spier, bij het wegnemen van de last meer of minder zamentrekt, dan bij het dragen. Na eenige oefening mogt men aannemen, dat de beweging geheel onwillekeurig was, waarvoor het constante der verkregen getallen zoowel als de steeds gelijke, eigenaardige vorm der beweging pleiten.

De gewigten, die wij gebruikten, waren 3, 5, 7, 9, 11 en 16 onc.; kleinere gewigten schenen weinig en niet constante uitwerking op de spier te hebben; bij het afknippen van grootere gewigten werd de neiging van den bovenarm, om mede op te springen, zóó groot, dat de condylus internus, zelfs bij krachtige aansluiting, uit de uitholling werd geligt, zoodat de proef daardoor mislukte.

De gang der proeven was de volgende: Begon men met den arm bij verschillende belasting op hetzelfde punt stil te houden, dan sprong hij, na het afknippen van het gewigt, tot verschillende hoogten; men had dus de spieren tot verschillende graden gecontraheerd. Het doel was echter, bij iedere reeks na te gaan, hoeveel de spieren bij denzelfden graad van contractie door verschillende gewigten werden uitgerekte; daarom wilden wij den arm, na verschillende belasting, tot een bepaalden graad doen opspringen. Daartoe werd gezocht, bij welken graad men den belasten arm moest stilhouden, om hem



tot den bedoelden graad te doen opspringen, en nu werden er eenige proeven achter elkander met die cijfers genomen. — Onder het dragen daalde of rees de arm meestal 1 of 2 graden; bedroeg dit verschil niet meer, dan werden er in dezelfde rigting, als de arm zich van het aanvangpunt had verwijderd, bij het eindpunt + of — 1 of 2 graden gevoegd. Dikwijls sprong de arm, bij het bepaalde punt van uitgang, tot 1 of 2 graden hooger of lager dan den bedoelden; dan werd bij het eindeijfer het verschil opgeteld of er afgetrokken, even als bij het aanvang-cyfer; uit de dus verkregen aanvang-cijfers van gewoonlijk 5 proeven met hetzelfde gewigt werd het gemiddelde als het ware beschouwd.

Om zooveel mogelijk den wilsinvloed buiten te sluiten, werd de volgorde der proeven op allerlei wijzen afgewisseld. — Met hetzelfde gewigt werden eenige proeven achter elkander genomen, of de gewigten wisselden elkander bij iedere proef in onderscheidene volgorden af; afwisselend werd de arm op een hoog en laag cijfer geplaatst, enz. Dit alles gaf dezelfde resultaten, hetgeen ons eenigen waarborg scheen op te leveren voor de onwillekeurigheid der bewegingen. Gaan wij thans, na de beschrijving der proeven, over tot hare analyse, om na te gaan, welke besluiten men er uit mag trekken.

#### b. *Analyse der methode.*

Bij de analyse onzer proeven zijn twee vragen te beantwoorden: *hoe werkt het gewigt op de spieren?* en *wat bleek aangaande hare uitrekking?*

Ter beantwoording van de eerste vraag diene het volgende: Het gewigt, aan het uiteinde van den radius hangende, oefende natuurlijk bij verschillende hoeken

van den arm ook eene verschillende trekkracht op de spieren uit. Behalve het aangehangen gewigt, hadden zij ook dat van den onderarm te dragen, dat eveneens bij zijne verschillende standen niet denzelfden invloed had. Ook op de verschillende spieren, of gedeelten van dezelfde spier, had het gewigt eene verschillende uitwerking. Dit alles moest voor iederen stand berekend worden; de wijze, waarop dit geschiedde, wordt hieronder opgegeven. Uit den hoek van onder- en bovenarm, bij ieder aanvang- en eindpunt, kon berekend worden, welke de lengte van iedere buigspier in haar geheel en die van hare spierbundels alleen was; de verlenging en verkorting had natuurlijk alleen op de laatste betrekking, daar de pezen voor onze gewigten als onuitrekbaar konden beschouwd worden. (WUNDT vond, dat de spier van een rund op 49,5 mm. lengte door 10 grm. 0,480 mm., dat is  $\frac{1}{103}$ , de pees van een rund op 193,5 mm. lengte door hetzelfde gewigt 0,20, dat is  $\frac{1}{967}$ , werd uitgerekt.) Voor den arm, waarmede de proeven gedaan werden, bepaalden wij de lengten van de spieren en hare bundels, alsmede de afstanden van de gewrichtsas van hare oorsprongen en aanhechtingen, uit de gemiddelden van verschillende metingen, op 8 armen van lijken gedaan. Dat onze berekening alleen bij benadering tot eenige waarde kan voeren en niet op absolute naauwkeurigheid aanspraak maakt, is duidelijk.

Wat bleek nu in onze proeven aangaande de uitrekking der spieren?

Terwijl de belaste arm op de aanvangsthoogte werd gehouden, had de spier hare natuurlijke lengte ( $\lambda$ )  $\dagger$  de uitrekking ( $d$ ) door het gewigt. — Om den arm op die

hoogte te houden, moest de spier gedurende de proef in denzelfden graad van zamentrekking blijven. Werd het gewigt plotseling weggenomen, dan kromp de spier weder tot hare natuurlijke lengte bij dien graad van zamentrekking; dit gaf zich te kennen door het opspringen van den arm. — Men kon  $\lambda$  en  $\lambda + d$  berekenen, en dus werd de uitrekking bij verschillende graden van zamentrekking en door verschillende gewigten gevonden. Kwam er vermoeijenis in het spel, dan werd de zaak eenigzins anders; dit had plaats in de tweede reeks van onze proeven. — De oefening moest ons daartoe brengen, dat de arm gedurende het dragen van het gewigt onbewegelijk werd gehouden, en dat, bij het afsnijden van het gewigt, de spier zamenkromp, zonder dat de wil op de beweging van den arm invloed had.

Dat wij den tegenstand der antagonististen niet in onze berekening hebben opgenomen, heeft zijn grond hierin, dat men zich vooreerst door betasting kon overtuigen, dat de extensoren van den arm gedurende de proef verslapt bleven. Dat de verslapte spieren weinig kracht uitoefenen, hoewel zij door hare natuurlijke bevestiging eenigzins uitgerekt worden gehouden, dat kan men ligt nagaan, als men bedenkt, hoe groot de uitrekbaarheid der levende spier is. Duidelijk kan men dit zien, als eene der oogspieren, b. v. de *M. rectus internus* verlamd is. In de eerste dagen, eer de *rectus externus* eene contractuur heeft gekregen, wordt de pupil nog geheel midden in de ooglidspleet gebragt, alleen door de *elastische* zamenkrimping van den *rectus internus*, een bewijs, dat haar antagonist in verslaptten toestand geene noemenswaardige kracht uitoefent.

c. *Berekening onzer proeven.*

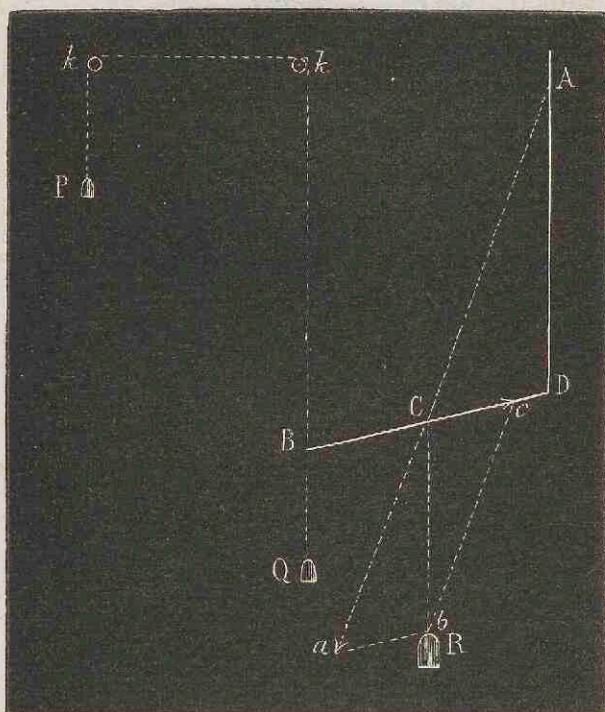
Uit de verkregen getallen moest worden berekend, welk gedeelte van hunne lengte de spierbundels waren uitgerekte door een gegeven gewigt. De bundels der verschillende spieren en ook de verschillende bundels derzelfde spier hebben hun aangrijpingspunt op verschillende afstanden van de gewrichtsas, en wel zóó, dat de langste bundels het verst van de as zich inhechten. Deze opmerking, ons door Prof. DONDERS medegedeeld, was reeds vroeger door hem gemaakt 1). Hij meende, dat er zeer wel zulk een verband kon bestaan, dat de uitrekkingen bij beweging, voor alle spierbundels der synergische spieren gelijk zijn. Hij merkt echter op, dat ook wanneer aan deze verhouding niet was voldaan, alle bundels toch zouden medewerken door hunne elasticiteit, al was het ook in verschillende mate. Bij onze metingen nu vonden wij de verhouding tusschen de lengte der bundels en den afstand, waarop hun aangrijpingspunt van de gewrichtsas ligt, zooals wij die verwachtten, met kleine afwijkingen, die welligt op op rekening van fouten in de meting gesteld kunnen worden, welke moeilijk te vermijden waren, aangezien de grens tusschen spier- en peeszelfstandigheid niet overal scherp is getrokken. Misschien zou het niet onbelangrijk zijn na te gaan of deze verhouding ook bij andere deelen van het ligchaam wordt aangetroffen. Daar bij het doorgaan van de wet: dat de *lengte van een bundel* en de *afstand van zijn aangrijpingspunt van het draaipunt* tot elkander in eene *vaste verhouding* staan, het onverschillig

1) Eene aanduiding er van vindt men: *Verlagen en mededeelingen der Kon. Akad. van Wetens.* 1859. D. IX. bl. 113 en vgg.

is, van welken bundel men de lengte, bij verschillende hoeken van den arm, berekent, mits die bundel maar aan de gestelde wet voldoet, mogten wij voor alle bundels van de spieren, of zij bij den *m. biceps* of bij den *m. brachialis internus* behooren, een gemiddelden nemen, de curven van zamentrekking voor dien bundel gevonden, moet ook voor alle anderen gelden. — Wij namen voor onzen arm zulk een gemiddelden aan, bepaalden, welk gedeelte van de geheele spierlengte voor de pees moest gerekend worden (die wij, zooals gezegd is, voor onuitrekbaar houden), berekenden de lengte van spierbundel + pees voor den hoek, dien de arm zonder en met aangehangen gewigt maakte, en wisten dus, hoe groot de afstand tusschen de twee eindpunten van den bundel in beide gevallen was. Om te weten, welk gedeelte van zijne lengte de bundel was uitgerekt, trokken wij van beide lengten de onveranderlijke lengte der pees af, en vonden zoo de maat van uitrekbaarheid voor den spierbundel.

Was dus bepaald, hoeveel de spier was uitgerekt, dan moest berekend worden, door hoeveel gewigt dit geschied was. Het gewigt werkt, bij verschillenden stand van den arm, ook met verschillende kracht op de spier. Nevensgaande figuur moge ophelderen, hoe de waarde van het gewigt voor elken stand berekend werd.

Fig. 2.



Zij  $BD$  eene staaf, beweegbaar om haar draaipunt  $D$ ; —  $AD$  eene andere staaf, door een scharnier aan  $BD$  verbonden, en vertikaal bevestigd;  $AC$  een elastieke band.  $P$  zij het gewigt, dat, in  $B$  aangrijpende, over twee katrollen evenwigt maakt met het gewigt der staaf  $BD$ .

$Q$  zij een gewigt, dat in  $B$  aan de staaf  $BD$  is gehangen; nu is de vraag: *Welke kracht moet de band  $AC$  uitoefenen, om de staaf  $BD$  met het gewigt  $Q$  in dien stand in rust te houden, als het gewigt  $P$  weggenomen wordt?*

Is  $P$  weggenomen, dan werken er op het punt  $B$  twee gewigten:  $P$  en  $Q$ , in de rigting van de zwaartekracht  $BQ$ . Deze gewigten kan men vervangen door een gewigt  $R$ , aangrijpende in  $C$ ; om dezelfde kracht uit te oefenen,

moet  $R = (P + Q) \frac{BD}{CD}$  zijn, daar  $P + Q$  werken aan

den hefboomsarm  $BD$ ;  $R$  aan den hefboomsarm  $CD$ . — De lijn  $Cb$  stelle de grootte en rigting van de kracht  $R$  voor. Deze kan men weder ontbinden in de krachten  $Ca$  en  $Cc$ .  $Ca$  werkt in de verlengde rigting van  $Ac$ . Nu is, daar  $\triangle Cab$  en  $\triangle CAD$  gelijkvormig zijn,

$$Ca : CA = Cb : AD, \text{ en, bij gevolg, } Ca = Cb \frac{CA}{AD}.$$

Volgens onze constructie is:

$$Cb = \text{de waarde van } R, \text{ in } C \text{ aangrijpende,} = (P + Q) \frac{BD}{CD},$$

$$\text{dus, } Ca = (P + Q) \frac{BD}{CD} \times \frac{Ca}{AD}.$$

Deze formule geeft ons de kracht, die  $CA$  (de spier) bij elken stand des arms moest uitoefenen, om het gewicht van den arm + het aangehangen gewicht te dragen.

Om de formule toe te passen, moesten wij het gewicht  $P$  kennen, dat, in  $B$  (het uiteinde van den radius) aangrijpende, evenwigt maakte met den arm, als  $AD$  (de humerus) vertikaal gesteld was. — Dit gewicht bepaalden wij onmiddellijk bij een dooden arm; een koord werd bevestigd aan den pols, op dezelfde plaats, waar bij mijne proeven de armband gedragen wordt. Dit koord liep over twee katrollen, die weinig wrijving hadden. De humerus werd vertikaal bevestigd en nu de waarde van  $P$  bepaald. Daarna werd gemeten, hoeveel water de arm tot aan het elleboogsgewricht verplaatste, evenzoo bij mijn arm; de radius van den dooden arm werd gemeten, en nu hadden wij, ondersteld dat het specifiek gewicht van beide armen gelijk was, alle gegevens, om  $P$  voor mijn arm te vinden.  $P$  en  $Q$  waren dus bekend.

Om de gemiddelde afmeting der spieren te vinden,

deden wij bepalingen van de gezochte afstanden en lengten op 8 armen van lijken; liever dan de hieruit verkregen gemiddelden, gebruikten wij echter de bepalingen, op één arm gedaan, die van deze gemiddelden weinig afweken.

Wij vonden:

	Gemiddelden van verschil. armen.	Afmetingen op één arm.
Afstand tusschen de gewrichtsas en het midden van de aanhechting v. d. m. biceps.	39	45
Lengte der vezelen van het lange hoofd van den m. biceps.	158	160
Lengte der vezelen van het korte hoofd.	202	1) 204
Lengte van het geheele lange hoofd.	388	400
Lengte van het geheele korte hoofd.	355	2) 366
Afstand tusschen de gewrichtsas en het midden van de aanhechting van den m. brach. int.	32	30
Lengte der bundels van den m. brach. int.	51—143	48—134
Lengte van den geheelen m. brach. int.		237
Afstand tusschen den oor-		

1) Deze afmeting kon op den arm niet genomen worden; wij hebben ze dus bepaald naar de verhouding tusschen de bundels van de beide hoofden in de gemiddelden.

2) Berekend uit de verhouding tusschen de beide geheele hoofden in de gemiddelden.



gemiddelden van Afmetingen  
verschil. armen. op één arm.

sprong van den m. brach.

int. en de gewrichtsas.	183—31	190—37
Lengte van den radius.	235	238
Lengte van den humerus.	342	336

De lengte der spierbundels bepaalden wij, als de arm zoover uitgestrekt was, dat de spieren gespannen, doch niet gerekt waren. Dat wij den oorsprong van het lange hoofd rekenen aan den bovenrand van het caput humeri, hebben wij bij de anatomische beschrijving reeds gezegd.

Voor den gemiddelden bundel, wiens lengte wij bij verschillende hoeken van den arm wilden bepalen, namen wij de gemiddelden van de afmetingen op den éénen arm, en dus verkregen wij:

Afstand tusschen gewrichtsas en oorsprong van de spier . . . . .	226 mm.
Afstand tusschen gewrichtsas en inhechting.	37 »
Lengte van de pees. . . . .	117 »
Lengte des bundels bij gestrekten arm . . . . .	144 »

Bij mijn arm werd het gewigt bevestigd op 265 mm. van het gewricht.

Tot overzicht van onze geheele berekening, laten wij hier een voorbeeld volgen:

De arm stond bij belasting van 11 onc. op  $90^\circ$ ; na het afsnijden van het gewicht sprong hij op  $74^\circ$ .

De spier is de zijde van een driehoek, waarvan wij twee zijden en den tusschenliggenden hoek kennen.

De eene zijde ( $a$ ) is de afstand tusschen de as van het gewricht en den oorsprong; de andere ( $b$ ) de afstand tusschen de gewrichtsas en de aanhechting van de spier; de tusschenliggende hoek ( $C$ ) is in het eene geval  $74^\circ$ ; de lengte der spier ( $c$ ) wordt gezocht.

Nu is  $c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos. C.$

Substitueert men hier de bekende waarden, dan vindt men voor  $c$ , als  $C = 74^\circ$  is, . . . . . 218,71  
 en als  $C = 90^\circ$  is, . . . . . 229,00

De pees, van beide lengten afgetrokken, geeft voor de uitrekking der spierzelfstandigheid: 10,29 mm.

Bij den hoek van  $90^\circ$  droeg de spier het gewigt van den arm (P) + het aangehangen gewigt (Q).

Voor mijn arm is  $P = 8,2$  onc,  $Q$  is hier  $= 11$  onc.

Wij hebben dus voor de waarde van het gewigt, als de arm op  $90^\circ$  staat  $(P+Q) \frac{BD}{CD} \times \frac{CA}{AD} = 19,2 \frac{265}{37} \times \frac{229}{226} = 133,07.$

Bij  $74^\circ$  droeg de spier alleen het gewigt van den arm, dus:  $P \frac{BD}{CD} \times \frac{CA}{AD} = 8,2 \frac{265}{37} \times \frac{218,71}{226} = 56,835$ , de spier was dus 10,29 mm. uitgerekt door 76,235 onc. of, volgens de formule van WEBER,  $E = \frac{L' - L}{L' + L} \times \frac{2}{p' - p}$

was hare maat van uitrekbaarheid

$$\frac{61 - 50,71}{61 + 50,71} \times \frac{2}{133,07 - 56,835} = 0,012631$$

voor  $\frac{p' - p}{2} = 9,4952$  kilogramm., dat wil zeggen, de

spier was in dit geval, bij eene lengte van 106,85 mm.,

bij eene belasting van 9,4952 kilogramm.  $\frac{1}{12631}$  van hare

lengte uitgerekt door 1 kilogramm.

IV. OPGAAF VAN ONZE PROEVEN OP DE NIET  
VERMOEIDE SPIER.

a. *Proeven met wegneming van het geheele gewigt.*

Gaan wij thans over tot de mededeeling van onze cijfers. Zij worden in de onderstaande tabel opgegeven. Hierbij valt op te merken, dat de stand van den arm werd afgemeten naar de bovenvlakte van den pols, bij volledige supinatie. Daar eigenlijk de stand van de as van den arm gezocht werd, hebben wij overal de halve dikte van den arm aan den pols (voor mijn arm op het bord 4<sup>o</sup>) van het aanvang- en eindcijfer afgetrokken. — De belasting duurde in deze reeks van proeven telkens 40 sec.

Opgespron- gen tot	Belast met	Begonnen bij		Gemiddeld begonnen bij
		29 Mei.	op den 30 Mei.	
49 <sup>o</sup>	3 onc.	51 <sup>o</sup>	50 <sup>o</sup> ,75	50 <sup>o</sup> ,875
	5 »	53 <sup>o</sup> ,05	52 <sup>o</sup> ,65	52 <sup>o</sup> ,85
	7 »	54 <sup>o</sup> ,6	54 <sup>o</sup> ,63	54 <sup>o</sup> ,615
	9 »	57 <sup>o</sup> ,3	55 <sup>o</sup> ,6	56 <sup>o</sup> ,45
	11 »	59 <sup>o</sup> ,2	57 <sup>o</sup> ,5	58 <sup>o</sup> ,35
			16 Mei.	
54 <sup>o</sup>	3 onc.	59 <sup>o</sup> ,07		59 <sup>o</sup> ,07
	5 »	60 <sup>o</sup> ,22		60 <sup>o</sup> ,22
	7 »	62 <sup>o</sup> ,79		62 <sup>o</sup> ,79
	9 »	64 <sup>o</sup> ,5		64 <sup>o</sup> ,5
	11 »	65 <sup>o</sup>		65 <sup>o</sup>
		30 Mei.		
59 <sup>o</sup>	3 onc.	61 <sup>o</sup> ,7		61 <sup>o</sup> ,7
	5 »	63 <sup>o</sup>		63 <sup>o</sup>
	7 »	66 <sup>o</sup> ,65		66 <sup>o</sup> ,65
	9 »	67 <sup>o</sup> ,8		67 <sup>o</sup> ,8
	11 »	70 <sup>o</sup> ,5		70 <sup>o</sup> ,5

Opgespron- gen tot	Belast met	Begonnen bij			Gemiddeld begonnen bij
		13 Mei.	op den 25 Mei	29 Mei.	
64°	3 onc.	67°,75	67,2	67	67°,315
	5 »	71,67	70,3	69,7	70°,555
	7 »	73,75	72,8	72,4	72°,985
	9 »	76	73,3	73,7	74°,335
	11 »	78,67	77,1	75,7	77°,155
69°		12 Mei.			
	3 onc.	73,8			73,8
	5 »	76,67			76,67
	7 »	78,8			78,8
	9 »	80,88			80,88
11 »	84,9			84,9	
74°		15 Mei.	16 Mei.	18 Mei.	
	3 onc.	80	78,97	79,13	79°,37
	5 »	82,4	81,34	81	81°,58
	7 »	85,22	83,5	83,9	84°,205
	9 »	86,72	87,25	86,8	86°,925
11 »	90,14	89,25	90,6	89°,99	
79°		29 Mei.	30 Mei.		
	3 onc.	83,4	82,05		82,725
	5 »	86,1	84,45		85,275
	7 »	87,5	86,6		87,05
	9 »	91,1	87,6		89,35
11 »	92,6	91,8		92,2	
84°		20 Mei.	20 Mei.	19 Mei.	
	3 onc.	88,8	89,4	89,35	89°,185
	5 »	92,1	93,7	93,5	93°,1
	7 »	96,7	95,4	95,2	95°,765
	9 »	100,1	99,5	97,8	99°,135
11 »	101	101,1	100,65	100°,915	
89°		30 Mei.			
	3 onc.	92,45			92,45
	5 »	95,6			95,6
	7 »	99,4			99,4
	9 »	100,8			100,8
11 »	103			103	

De getallen, in deze tabel opgegeven onder *begonnen bij*, zijn gemiddelden, gewoonlijk uit 5 verschillende

proeven in dezelfde reeks, met het zelfde gewigt genomen; men ziet, dat op onderscheidene dagen eenig verschil gevonden wordt in de aanvangcijfers, welke verschillen echter een zeer geringen invloed hebben op de maat van uitrekbaarheid der spieren.

Door Prof. DONDERS werden dezelfde proeven genomen als door mij. Aanvankelijk verkreeg hij veel grootere en minder regelmatige uitslagen dan ik gevonden had. Hij meende daarbij te ontwaren, dat het doorknippen van den draad, 't welk altijd te voren iets gevoeld werd, eenige willekeurige werking opwekte. De methode werd daarom zóó gewijzigd, dat het gewigt niet afgeknipt, maar alleen plotseling en snel werd opgeheven, zoodat de arm vrij kon opspringen. Deze wijziging had den invloed, dat de getallen bijna gelijk werden aan de mijne. Intusschen even als bij mij had plaats gehad, werden de uitslagen allengs nog iets kleiner, gelijk men kan opmerken in de tabel, die is ingerigt even als de voorgaande. Daar de verschillen te groot zijn om bij het bepalen der gemiddelden de vroegere getallen op te nemen, hebben wij bij de berekening alléén de laatst verkregen gebruikt. Uit hunne onderlinge overeenkomst schijnt te blijken, dat de oefening hier voldoende was en, terwijl ook werkelijk de cijfers nu verder een constant karakter kregen, meenen wij regt te hebben, ze als vrij naauwkeurige uitdrukking van de waarheid aan te nemen.

Opgesprongen tot:	Belast met:	Begonnen bij	
		op den:	
		12 Junij.	
49°	3 onc.	50°	
	5 »	52	
	7 »	54	
	9 »	54,5	
	11 »	56	
	16 »	57,5	
		13 Junij.	
54°	3 onc.	56,5	
	5 »	57,5	
	7 »	59,5	
	9 »	61	
	11 »	62,5	
	16 »	65	
		14 Junij.	
59°	3 onc.	60,5	
	5 »	62	
	7 »	63,5	
	9 »	65,5	
	11 »	66	
	16 »	68,5	
		15 Junij.	
64°	3 onc.	66	
	5 »	67	
	7 »	69	
	9 »	71,5	
	11 »	72	
	16 »	74,5	
		16 Junij.	
69	3 onc.	71,5	30 Junij.
	5 »	74	70,5
	7 »	76,5	72,5
	9 »	79	74
	11 »	81	75,5
	16 »	82	77
			80

Oppesprongen tot:	Belast met:	Begonnen bij	
		op den:	
		17 Junij.	28 Junij.
74°	3 onc.	76	76
	5 »	79	77,5
	7 »	81,5	79
	9 »	85	81
	11 »	91,5	83
	16 »	96	87
79°	3 onc.	18 Junij. 81,5	28 Junij. 81,5
	5 »	85	82
	7 »	89,5	84
	9 »	93	86
	11 »	96	89,5
	16 »	105	91,5
84°	3 onc.	19 Junij. 89	28 Junij. 86
	5 »	92,5	90
	7 »	95	91,5
	9 »	99,5	92
	11 »	104	95
89°	3 onc.	20 Junij. 91,5	
	5 »	94	
	7 »	96,5	
	9 »	101,5	
	11 »	103,5	
	16 »	106	

b. *Berekening van deze proeven.*

In de onderstaande tabel vindt men de uitkomst van de berekening onzer proeven. — De eerste kolom bevat het doorlopende nummer der proeven, de tweede den hoek, dien de voorarm met den opperarm maakte na het afsnijden van het gewigt, de derde, den hoek, dien de belaste voorarm maakte, de vierde, het gewigt, dat aan den pols was gehangen, de vijfde het gewigt, dat de niet uitgerekte spier werkelijk te dragen had, de zesde de lengte van spier + pees, de zevende de lengte van den spierbundel alleen, de achtste de gemiddelde lengte, de negende het gemiddelde gewigt, waarvoor de maat van uitrekbaarheid berekend is, de tiende de waarde van E.

Bij de berekening van de waarde van E hebben wij gesteld:  $l$  = de lengte van den spierbundel, als de arm onbelast was,  $p$  = het gewigt van den arm, zooals het op de spier werkte, uitgedrukt in kilogrammen.

In Fig. 3 ziet men den gang der uitrekking door verschillende gewigten, bij verschillende graden van zamenrekking van mijne flexoren, in Fig. 4 hetzelfde voor Prof. DONDERS. De abscissen stellen de gewigten, de ordinaten de lengten voor. Ook hier is het gewigt uitgedrukt in kilogrammen, de lengte in millimeters. De eerste tabel heeft betrekking op *mijne* proeven.



No.	Hoek na: Hoek voor: het afsnijden.		Aangehangen gewicht.	Werkelijk gewicht.
1	49°		0 onc.	5,2922
2		51	3 »	7,2284
3		53	5 »	8,5192
4		55	7 »	9,8100
5		56,5	9 »	11,100
6		58,5	11 »	12,391
7	54°		0 onc.	5,3644
8		59	3 »	7,3270
9		60	5 »	8,6354
10		63	7 »	9,9438
11		64,5	9 »	11,252
12		65	11 »	12,560
13	59°		0 onc.	5,4405
14		62	3 »	7,4309
15		63	5 »	8,7579
16		67	7 »	10,084
17		68	9 »	11,411
18		70,5	11 »	12,738
19	64°		0 onc.	5,5195
20		67,5	3 »	7,5388
21		70,5	5 »	8,8851
22		73	7 »	10,231
23		74,5	9 »	11,577
24		77	11 »	12,923
25	69°		0 onc.	5,6008
26		74	3 »	7,6498
27		76,5	5 »	9,0159
28		79	7 »	10,381
29		81	9 »	11,775
30		85	11 »	13,114
31	74°		0 onc.	5,6835
32		79,5	3 »	7,7629
33		81,5	5 »	9,1491
34		84	7 »	10,535
35		87	9 »	11,921
36		90	11 »	13,307

Länge der geschele spier.	Länge des spierbündels.	$\frac{l+l'}{2}$	$\frac{p+p'}{2}$	E.
203,65	86,65			
204,74	87,74	87,49	6,2553	0,0064563
205,92	88,92	87,78	6,9057	0,0080132
207	90	88,32	7,5511	0,0083952
207,80	90,80	88,72	8,1961	0,0080536
209,06	92,06	89,35	8,8416	0,0085289
206,43	89,43			
209,35	92,35	90,89	6,3457	0,016370
209,95	92,95	91,19	6,9999	0,011800
211,78	94,78	92,10	7,6541	0,012684
212,70	95,70	92,56	8,3082	0,011772
212,99	95,99	92,71	8,9622	0,0098335
209,35	92,35			
211,17	94,17	93,26	6,4357	0,0098047
211,78	94,78	93,56	7,0992	0,0078255
214,26	97,26	94,80	7,7622	0,011153
214,89	97,89	95,12	8,4257	0,009755
216,47	99,47	95,91	9,0892	0,010172
212,39	95,39			
214,58	97,58	96,48	6,5296	0,011240
216,47	99,47	97,43	7,2023	0,012442
218,07	101,07	98,23	7,8752	0,012272
219,03	102,03	98,71	8,5482	0,011104
220,64	103,64	99,51	9,2212	0,011197
215,03	98,03			
218,71	101,71	99,87	6,6253	0,017983
220,31	103,31	100,67	7,3083	0,014666
221,93	104,93	101,48	7,9909	0,014224
223,22	106,22	102,12	8,6879	0,012988
225,80	108,80	103,41	9,3574	0,013861
218,71	101,71			
222,25	105,25	103,48	6,7232	0,016456
223,54	106,54	104,12	7,4163	0,013384
225,15	108,15	104,93	8,1092	0,012650
227,08	110,08	105,89	8,8022	0,012671
229	112	106,85	9,4952	0,012631

No.	Hoek na: Hoek voor: het afsnijden.		Aangchangen gewicht.	Werkelijk gewicht.
37	79°		0 onc.	5,7672
38		82,5	3 »	7,8772
39		85,5	5 »	9,2838
40		87	7 »	10,690
41		89,5	9 »	12,097
42		92	11 »	13,503
43	84°		0 onc.	5,8511
44		89	3 »	7,9917
45		93	5 »	9,4189
46		96	7 »	10,846
47		99	9 »	12,473
48		101	11 »	13,700
49	89°		0 onc.	5,9345
50		92,5	3 »	8,1057
51		95,5	5 »	9,5532
52		99,5	7 »	11,000
53		101	9 »	12,448
54		103	11 »	13,895

Lengte der geheelc spier.	Lengte des spierbundels.	$\frac{v+l}{2}$	$\frac{p'+p}{2}$	E.
221,93	104,93			
224,19	107,19	106,06	6,8222	0,010098
226,12	109,12	107,02	7,5255	0,011133
227,08	110,08	107,50	8,2286	0,009731
228,68	111,68	108,30	8,9321	0,0098461
230,27	113,27	109,10	9,6351	0,0098818
225,15	108,15			
228,37	111,37	109,26	6,9214	0,013704
230,91	113,91	111,03	7,6350	0,014540
232,79	115,79	111,97	8,3485	0,013660
234,65	117,65	112,90	9,0620	0,013102
235,87	118,87	113,51	9,7755	0,012032
228,37	111,37			
230,59	113,59	112,48	7,0201	0,0090902
232,48	115,48	113,42	7,7438	0,010013
234,95	117,95	114,61	8,4672	0,011329
235,87	118,87	115,07	9,1912	0,009886
237,08	120,08	115,72	9,9147	0,0094547

De volgende tabel heeft betrekking op de proeven

No.	Hock na: Hock voor:		Aangehangen gewicht.	Werkelijk gewicht.
	het opspringen:			
1	49°		0 onc.	8,2142
2		50	3 »	10,026
3		52	5 »	11,234
4		54	7 »	12,442
5		54,5	9 »	13,650
6		56	11 »	14,858
7		57,5	16 »	17,1878
8	54°		0 onc.	8,3264
9		56,5	3 »	10,163
10		57,5	5 »	11,387
11		59,5	7 »	12,612
12		61	9 »	13,836
13		62,5	11 »	15,060
14		65	16 »	18,122
15	59°		0 onc.	8,4444
16		60,5	3 »	10,307
17		62	5 »	11,549
18		63,5	7 »	12,791
19		65,5	9 »	14,032
20		66	11 »	15,274
21		68,5	16 »	18,379
22	64°		0 onc.	8,5671
23		66	3 »	10,456
24		67	5 »	11,716
25		69	7 »	12,976
26		71,5	9 »	14,236
27		72	11 »	15,496
28		74,5	16 »	18,646
29	69°		0 onc.	8,6932
30		70,5	3 »	10,610
31		72,5	5 »	11,889
32		74	7 »	13,167
33		75,5	9 »	14,446
34		77	11 »	15,724
35		80	16 »	18,920

van Prof. DONDERS.

Langte der spier.	Langte des bundels.	$\frac{l+l}{2}$	$\frac{p'+p}{2}$	E
203,65	86,65			
204,19	87,19	86,92	9,1201	0,0034289
205,30	88,30	87,475	9,7241	0,0062462
206,43	89,43	88,04	10,3281	0,0074687
206,72	89,72	88,185	10,9321	0,0064044
207,58	90,58	88,615	11,5361	0,0066752
208,53	91,53	89,09	13,0461	0,056681
206,43	89,43			
207,80	90,80	90,11	9,2447	0,0082776
208,53	91,53	90,48	9,8567	0,0075833
209,65	92,65	91,04	10,4692	0,008253
210,56	93,56	91,49	11,0812	0,0081928
211,47	94,47	91,95	11,6932	0,0081401
212,99	95,55	93,149	13,2242	0,006755
209,35	92,35			
210,25	93,25	92,80	9,3757	0,0052068
211,17	94,17	93,26	9,9967	0,0062859
212,08	95,08	93,76	10,6177	0,0067019
213,32	96,32	94,33	11,2382	0,0075316
213,63	96,63	94,49	11,8592	0,0066322
215,20	98,20	95,27	13,4117	0,0061805
212,39	95,39			
213,63	96,63	96,01	9,5115	0,0068374
214,26	97,26	96,325	10,1445	0,0061651
215,03	98,03	96,71	10,7715	0,0061914
217,11	100,11	97,75	11,4015	0,0085177
217,43	100,43	97,91	12,0315	0,0074291
219,03	102,03	98,71	13,6065	0,0066747
215,03	98,03			
216,47	99,47	98,75	9,6516	0,0076076
217,74	100,74	99,385	10,2911	0,0085127
218,71	101,71	99,87	10,9301	0,0082363
219,67	102,67	100,35	11,5696	0,0080373
220,64	103,64	100,835	12,2086	0,0079131
222,57	105,57	101,80	13,8066	0,0072424

No.	Hoek na: Hoek voor:		Aangehangen gewicht.	Werkelijk gewicht.	
	het opspringen.				
36	74°		0 onc.	8,8217	
37		76	3 »	10,767	
38		77,5	5 »	12,065	
39		79	7 »	13,362	
40		81	9 »	14,659	
41		83	11 »	15,956	
42		87	16 »	19,200	
43		79°		0 onc.	8,9516
44			81,5	3 »	10,926
45			82	5 »	12,242
46	84		7 »	13,559	
47	86		9 »	14,875	
48	89,5		11 »	16,191	
49	84°	91,5	16 »	19,482	
50			0 onc.	9,0817	
51		86	3 »	11,085	
52		90	5 »	12,420	
53		91,5	7 »	13,756	
54		92	9 »	15,091	
55		95	11 »	16,427	
56		89°		0 onc.	9,2112
57	91,5		3 »	11,243	
58	94		5 »	12,597	
59	96,5		7 »	13,952	
60	101,5		9 »	15,307	
61	103,5		11 »	16,661	
62	106		16 »	20,048	

Lengte der spier.	Lengte des bundels.	$\frac{l+l'}{2}$	$\frac{p+p'}{2}$	E
218,71	101,71			
219,99	102,99	102,35	9,7943	0,0064288
220,96	103,96	102,835	10,4433	0,0067461
221,93	104,93	103,32	10,0918	0,0068641
223,22	106,22	103,965	11,7403	0,0074315
224,51	107,51	104,61	12,3888	0,0077714
227,08	110,08	105,895	14,0108	0,0075803
221,93	104,93			
223,54	106,54	105,73	9,9388	0,0077117
223,86	106,86	105,89	10,5968	0,0055390
225,15	108,15	106,54	11,2553	0,0065597
226,44	109,44	107,18	11,9133	0,0071034
228,68	111,68	108,30	12,5713	0,0086090
229,96	112,96	108,94	14,2168	0,0069995
225,15	108,15			
226,44	109,44	108,79	10,0833	0,0059188
229	112	110,07	10,7508	0,010477
229,96	112,96	110,55	11,4188	0,0093078
230,27	113,27	110,71	12,0863	0,0076958
232,17	115,17	111,66	12,7543	0,0085591
228,37	111,37			
229,96	112,96	112,165	10,2271	0,0069768
231,54	114,54	112,955	10,9041	0,0082888
233,10	116,10	113,735	11,5816	0,0087723
236,17	119,17	115,27	12,6091	0,011100
237,37	120,37	115,87	12,9361	0,010428
238,86	121,86	116,615	14,6296	0,0083008



c. *Proeven met wegneming van een gedeelte van het gewigt.*

Behalve de medegedeelde proeven deden wij er nog eenige op de volgende wijze.

De arm werd belast met twee gewigten, ieder van 5 oncen, en op 90° (d. i. zijn as op 94°) gezet; na 10 sec. werden de 10 oncen weggenomen en de arm sprong op. Met dezelfde belasting werd hij weder op hetzelfde cijfer gezet; na 10 sec. werd het eene gewigt van 5 onc weggenomen, nog met het tweede gewigt belast, sprong de arm weder op. Na eenige sec. rust werd hij met dit laatste gewigt gezet op het cijfer, waartoe hij het laatst gesprongen was; na 10 sec. werd het gewigt weggenomen, en de arm sprong weder op. — Op deze wijze deden wij twee reeksen van proeven, waarvan het resultaat hier wordt opgegeven.

Belasting.	Weggenomen gewigt.	Hoek van den arm		Lengte der spier		Werkelijk gewigt
		vóór	na	vóór	na	
		het wegnemen.		het wegnemen.		vóór het wegnemen.
10 onc.	10 onc.	94°	82°	231,54	223,86	133,54 onc.
5 »	5 »	94°	88°	231,54	227,73	96,858 »
10 »	5 » (a)	94°	90°	231,54	229	133,54 »
	5 » (b)	90°	84°,5	229	225,56	95,795 »

Men ziet, dat de spier 5,14 mm. korter werd, wanneer de belasting in ééns werd weggenomen, dan wanneer zij een gedeelte van het gewigt moest ophffen, eer ook dat werd weggenomen.

Opmerkelijk is het, dat zij nagenoeg evenveel arbeid moest verrigten om den arm van 94° op 82° te brengen, als om den arm + 5 onc van 94° op 90°, den arm alleen

van 90° op 84,5 te brengen: de arbeid in het eerste geval was: 1,2509, in het laatste: 1,2454 kilogrammeter. Na het verrigten van denzelfden arbeid had zij in de twee gevallen eene verschillende lengte, waaruit schijnt te blijken, dat zij niet geheel kan beschouwd worden als een elasticke band, maar dat zij gedurende de uitrekking van natuur verandert, gelijk FICK ook heeft opgemerkt 1).

V. ALGEMEENE RESULTATEN, UIT DEZE REEKS  
VAN PROEVEN VERKREGEN.

Het voornaamste resultaat van onze proeven is dit: *De spier wordt, ten minste binnen zekere grenzen, uitgerekt naar evenredigheid van het toenemen der gewigten.*

Men ziet op Fig. 3, dat de lijnen A, B, C, D, E, F en I deze wet bevestigen, daar hare afwijkingen van de regte zich zonder gedwongenheid laten verklaren uit de vele bronnen van fout, die onze methode oplevert; de lijnen G en H vertoonen wel grootere afwijkingen, doch in tegenovergestelde rigting, zoodat wij hier waarschijnlijk met fouten in de waarneming te doen hebben. Op Fig. 4 merkt men op, dat de lijnen A, D, E, F, G en H niet veel van de regte afwijken, terwijl B, C en I meer afwijking vertoonen, evenwel niet zóó, dat zij geheel strijdig zijn met de wet, die wij meenden op te merken.

Onze proeven bevestigen WUNDT's meening 2) aangaande

1) A. FICK, l. c. p. 13.

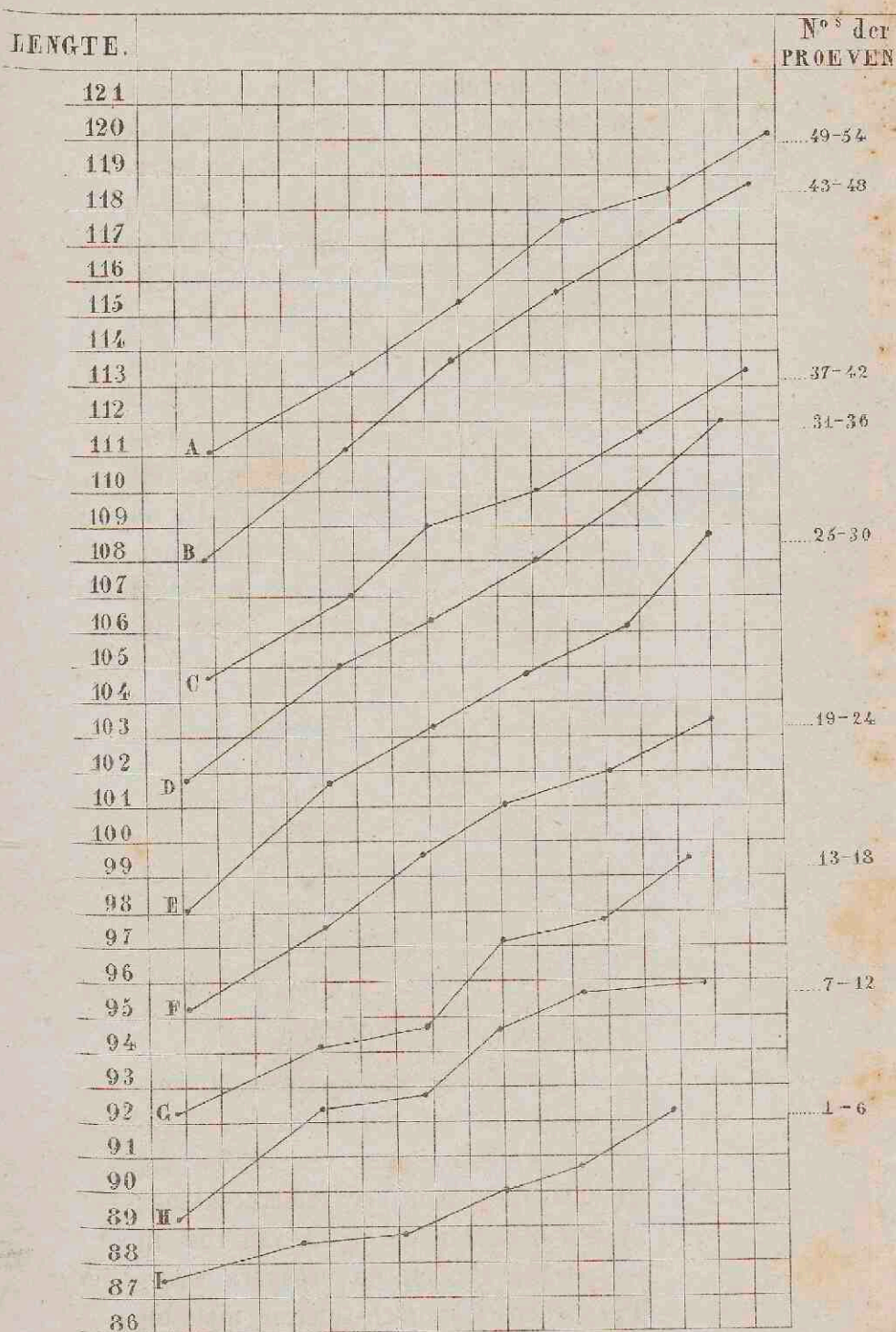
2) WUNDT, l. c. p. 176 sq.

de verhouding tusschen uitrekking en gewigt. Voorts vonden wij de uitrekbaarheid der spier tamelijk gelijk bij verschillende graden van zamentrekking. Bij de waarden van E kan men opmerken, dat er geen geregeld stijgen of dalen plaats heeft, maar dat de verschillen in iedere afzonderlijke reeks elkander nagenoeg compenseren; hetzelfde kan men opmaken uit de Fig. 3 en 4. Daar kan men namelijk bepalen, een hoeveelste gedeelte van hare lengte de spier uitgerekte is bij alle reeksen door hetzelfde gewigt: wanneer men, namelijk, voor iedere lijn afzonderlijk de grootste lengte, die de spier in alle reeksen bij hetzelfde gewigt had, (in Fig. 3 bij 12, in Fig. 4 bij 17,5) deelt door de kleinste lengte bij hetzelfde gewigt in alle reeksen (in Fig. 3 bij 6 in Fig. 4 bij 9), dan verkrijgt men de gezochte breuk. — Zij zijn

voor Prof. DONDEERS.	v. M.
Lijn A 1,0824	1,0639
» B	1,0803
» C 1,0695	1,0667
» D 1,0698	1,0731
» F 1,0669	1,0699
» G 1,0549	1,0624
» H 1,0622	1,0632
» I 1,0529	1,0443
voor 8,5 kilogr.	voor 6 kilogr.

Men ziet, dat hieruit niet blijkt, dat de spier bij verschillende maten van contractie een verschillenden elasticiteitscoefficient heeft: a priori zou men verwachten, dat hij zou afnemen bij het toenemen der zamentrekking, daar hij afneemt bij den overgang der spier van rust in werkzaamheid. Hieromtrent konden de vroegere waarnemingen, met uitgesneden kikvorsch-spiereu niet tot

Fig 3.

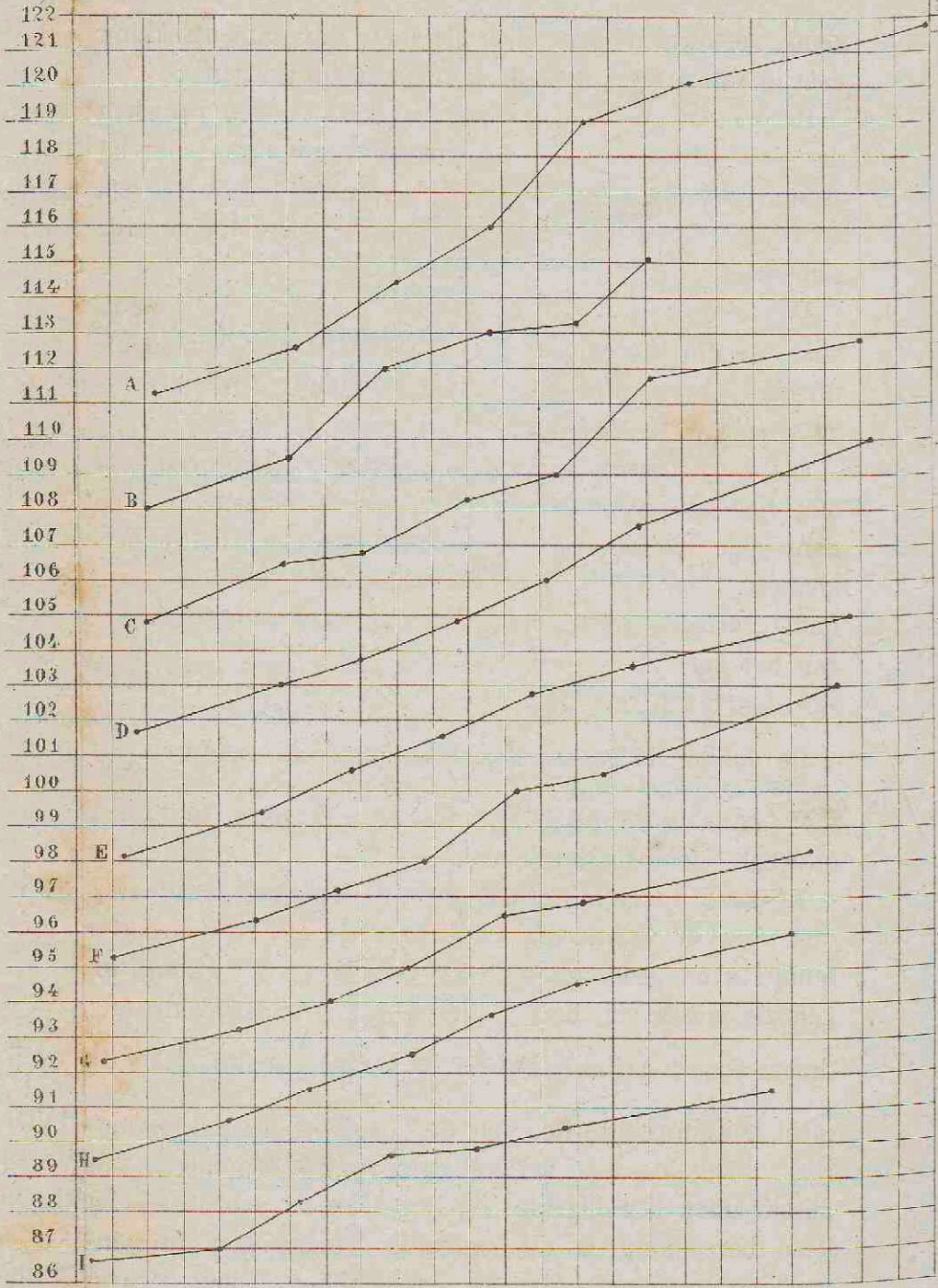


Gewigten 5 5,5 6 6,5 7 7,5 8 8,5 9 9,5 10 10,5 11 11,5 12 12,5 13 13,5 14

Fig 4.

LENGTE

N<sup>o</sup> 3 der  
PROEVEN  
56-62



Gewichten 8 8,5 9 9,5 10 10,5 11 11,5 12 12,5 13 13,5 14 14,5 15 15,5 16 16,5 17 17,5 18 18,5 19 19,5 20

eenig resultaat leiden, daar de mate van zamentrekking daarbij niet naar willekeur kon geregeld worden.

Het eenig verschil, dat wij constant vonden tusschen de veel en weinig samengetrokken spier, was: dat bij sterke zamentrekking het dragen van zwaar gewigt veel spoediger lastig en zelfs pijnlijk werd, dan bij geringe zamentrekking.

Wij vonden verder voor den m. biceps en m. brachialis internus de maat van uitrekbaarheid als gemiddelde uit de geheele tabel voor Prof. DONDERS: 0,00836. en voor mij: 0,00941 voor 1 kilogram.

Om te berekenen, voor hoeveel gewigt deze maat gold met betrekking tot de primitiefbundels moesten wij de doorsnede der buigspieren en die der primitiefbundels kennen. Wij vonden voor de doorsnede van het lange hoofd van den m. biceps gemiddeld: 530 vierk. mm. van het korte hoofd: 452 vierk. mm. van den brach. int.: 614 vierk. mm.

De doorsnede van een primitiefbundel is ongeveer  $\frac{1}{500}$  mm. en dus bevatten de genoemde spieren te zamen omtrent 798500 primitiefbundels.

Al deze bundels rekken zich in dezelfde verhouding uit, dus de maat van uitrekbaarheid is voor iederen bundel even groot als voor de geheele spier. Terwijl de geheele massa van den m. brach. int. 1 kilogram draagt, draagt iedere primitiefbundel  $\frac{1}{800}$  gram en dus geldt de maat van uitrekbaarheid bij de bundels voor dat gewigt. Het resultaat dus is, dat een primitiefbundel, uitgerekt door 1 milligram, bijna 1% langer wordt. — Bij deze berekening is de supinator longus niet in aanmerking genomen, daar hij, bij den hoek, dien de arm

in onze meeste proeven maakte, zeker weinig als buiger zal hebben medegewerkt.

VI. PROEVEN OVER DEN INVLOED VAN  
VERMOEIJENIS.

Vermoeijenis trachtten wij op 3 wijzen te doen ontstaan  
1°. door hetzelfde gewigt langen tijd te doen dragen;  
2°. door zwaar gewigt te doen dragen;  
3°. door zwaar gewigt te doen opheffen.  
De door ons genomen proeven zijn deze:

28 JUNIJ.

I.

Gewigt.	Gedragen gedurende.	Opgesprongen		Aantal graden op- gesprongen.	Gemiddeld.
		van	tot		
11 onc.	10"	62,5	54	8,5	
	60	68	56,5	11,5	
	5	69	56	13	
	6	69	60,5	8,5	
	6	69	60,5	8,5	
	90	66	57	9	
	7	67	59	8	

II.

7 onc.	10"	63,5	59,5	4,0	} 4,5
	10	64,5	60	4,5	
	10	64	59	5	
	60	64	57	7	

Gewigt.	Gedragen gedurende.	Opgesprongen		Aantal graden op- gesprongen.	Gemiddeld.
		van	tot		
7 onc.	60"	62	55	7	}
	60	64	56	8	
	60	64	55	9	
	60	65	57	8	
	60	64	58	6	
	60	64	56	8	
	120	64,5	56	8,5	
	6	64	56,5	7,5	
	6	64	57,5	6,5	
	6	64	57,5	6,5	
	6	64	58	6	
	6	64	58	6	
	6	64	57,5	6,5	
	6	64	57	7	
	6	64	57,5	6,5	
	6	64	57,25	6,75	
	120	65	55	10	
	6	64	57	7	
	6	64	56,5	7,5	
	6	64	56	7	
	6	64	57,5	6,5	
	6	64	57	7	
	6	64	56,5	7,5	
	6	64	57	7	
	6	64	57,25	6,75	
	6	64	56,5	7,5	
	6	64	57	7	
	6	64	57,5	6,5	
	6	64	58	6	
	6	64	59	5	
6	64	57	7		
6	64	59	5		
6	64	59	5		
6	64	59	5		
6	64	57,5	6,5		
6	64	58,25	5,75		
6	64	58,5	5,5		



Gewigt.	Gedragen gedurende	Opgesprongen		Aantal graden op- gesprongen.	Gemiddeld.
		van	tot		
7 onc.	6"	64	58	6	5,37
	6	64	59	5	
	6	64	59	5	
	6	64	58,5	5,5	

## III.

Vermoeijenis, door 33 onc gedurende 60" te dragen  
aan den armband; daarna

3 onc.	10"	94	90	4	
	10	94	91,5	2,5	
	10	94	91,5	2,5	
	10	94	91,5	2,5	

29 JUNIJ.

## IV.

7 onc.	10"	64	59	5	4,35
	10	64	59,25	4,75	
	10	64	60	4	
	10	63	59	4	
	10	63	59	4	4,5
	120	64	59,5	4,5	
	6	64	59	5	
	6	64	59,25	4,75	
	6	64	60	4	4,5
	6	64	59,5	4,5	
	6	64	59,75	4,25	
	6	64	60	4	
	6	64	60	4	3,8
	6	64	60	4	
	6	64	61	3	
	6	64	60	4	
	6	64	60	4	4
	6	64	60	4	
	6	63,5	59,5	4	
	6	64	59,5	4,5	
6	64	60	4	3,5	
6	63,5	60	3,5		

Gewigt.	Gedragen gedurende.	Opgesprongen		Aantal graden op- gesprongen.	Gemiddeld.			
		van	tot					
7 onc.	6"	64	60	4	}			
	6	64	59,5	4,5				
	6	64	60,25	3,75		4,15		
	6	64	60	4		}		
	6	64	59,5	4,5				
	6	64	59,75	4,25			4,08	
	6	64	60	4				
	6	65	61	4				
	180	65	59,5	5,5				
	6	64,5	60	4,5				
	6	64	60,5	3,5			3,75	
	6	64	60,5	3,5		}		
	6	64	60,5	3,5				
	6	64	60	4				
	6	63,75	60,5	3,25			3,75	
	6	64	60	4				
	6	63	59,25	3,75				
	6	63	59	4				
	6	62,75	59	3,75			}	
	6	63	59,25	3,75		3,62		
	6	63	59	3				
	300	64	56	8				
	6	64,5	59,5	5				
	6	64	59,25	4,75		}		
	6	64	59	5				4,75
	6	64	59	5				
6	64	60	4					
6	64	59,5	4,5					
6	64	60	4	}				
6	64	59,5	4,5		4,3			
6	64	59,5	4,5					
6	64	60	4					

5 JUNIJ.

V.

7 onc.	10"	94	87	7	}
	315	94	84	10	

Gewigt.	Gedragen gedurende.	Opgesprongen		Aantal graden op- gesprongen.	Gemiddeld.
		van	tot		
7 onc.	360"	94	86	8	} 5,8
	10	94	88	6	
	10	94	88	6	
	10	94	88,5	5,5	
	600	94	80	14	
	10	94	88,5	5	
	10	94	88	6,5	

Vele malen opheffen van 50 onc.

7 onc.	2"	94	85	9	} 6
	10	94	87	7	
	10	94	89	5	
	10	94	88	6	

Eenige malen op en neêr bewegen van 50 onc.

	2"	94	85	9	} 5,8	
	10	94	87,5	6,5		
	10	94	88	6		
	10	94	89	5		
	10	94	88	6		
	10	94	88,5	5,5		
	10	94	88	6		} 6,25
	10	94	87	7		
	10	94	87,5	6,5		

9 JUNIJ.

VI.

7 onc.	10"	94	86,25	7,75	
--------	-----	----	-------	------	--

50 onc vele malen op en neer bewogen.

	10"	94	85	9	
	10	94	86	8	

Weder denzelfden arbeid verrigt.

7 onc.	2"	94	85	9	} 6,25
	10	94	85	9	
	10	94	88	6	
	10	94	87,5	6,5	

Gewigt.	Gedragen gedurende.	Opgesprongen		Aantal graden op- gesprongen.	Gemiddeld.
		van	tot		
7 onc.	10"	94	87	7	} 6,8
	10	94	87,5	6,5	
	10	94	87	7	
Enkele minuten rust.					
	10"	94	87	7	} 7,8
	10	94	86	8	
	10	94	85,5	8,5	
	10	94	86	8	

11 JUNIJ.

VII.

7 onc.	10"	94	86,5	7,5	} 8	
	10	94	86	8		
	10	94	86	8		
	10	94	85,5	8,5		
		20	94	87	7	} 8,5
		20	94	85	9	
		20	94	84,5	9,5	
		30	94	85,5	8,5	
		30	94	84	10	} 9
		30	94	84,5	9,5	
		40	94	84,5	9,5	
		40	94	84	10	
		40	94	84,5	9	} 9,5
		50	94	83	11	
		50	94	84	10	
		50	94	84	10	
		60	94	84	10	} 10,3
		60	94	81,5	12,5	
		60	94	83	11	
		120	94	83,5	10,5	
	120	94	81,5	12,5	} 12	
	120	94	81	13		
	300	94	81	13		
	300	94	82	12		
	300	94	84	10	} 11,6	

Bij de mededeeling dezer proeven is niet veel ter verklaring noodig. De vier eerste reeksen zijn van Prof. DONDERS, de drie volgende van mij: twee reeksen, die niet veel van deze verschillen, heb ik niet medegedeeld. Uit onze proeven blijkt vooreerst: dat na langen tijd dragen de arm meer opspringt dan na korter tijd dragen. Hooger opspringen duidt aan, dat de spier sterker was samengetrokken, en dus blijkt hieruit, dat de spier, om den arm op dezelfde hoogte te houden, eene geringere natuurlijke lengte moest hebben, dat dus hare uitrekbaarheid onder den last toeneemt. Voor kleine verschillen in tijd is deze invloed duidelijker te bemerken dan voor grootere verschillen.

De blijvende vermoeijenis, uit de langdurige uitrekking ontstaande, verdwijnt weder spoedig; vooral echter, wanneer er arbeid was verrigt, door het opheffen van zware gewigten.

Bij dit laatste valt op te merken, dat de hoeveelheid verrigte mechanische arbeid niet zeer groot was; bij geregeld verplaatsen van kleinere lasten verrigten onze armspieren veel meer arbeid, doch hier belette het spoedig ontstaande en toenemende gevoel van vermoeidheid ons weldra voort te gaan. Waarschijnlijk zou, na meer arbeid, het gevolg der vermoeijenis zich langer hebben doen gevoelen. Dikwijls merkten wij op, dat het gevoel van vermoeijenis in hooge mate ontstond en bleef bestaan, wanneer de cijfers geene vermeerderde uitrekbaarheid meer aantoonde.

Vatten wij te zamen, wat ons uit deze reeks van proeven is gebleken, dan komen wij tot deze resultaten:

Onder en kort na langdurige uitrekking wordt de spier

meer uitrekbaar; de wil moet haar daarom sterker gaan prikkelen, zal zij dezelfde kortheid behouden.

De invloed der vermoeidheid verdwijnt spoedig.

Het *gevoel* van vermoeidheid is geen maatstaf voor den toestand van de spier.





## STELLINGEN.



### I.

De verandering in samenstelling van het bloed bij tuberculose is primair.

### II.

Bij de behandeling van hevige gevallen van typhus moet men trachten de temperatuur van den lijder te doen dalen.

### III.

Het spoedig ontstaan van speekselvloed bij eene kwikkuur, pleit voor de doelmatigheid dier kuur.



## IV.

De sphygmograaf is een nuttig hulpmiddel, tot de herkenning van klapvliesgebreken van het linker hart, en van sommige aneurysmata.

## V.

De spirometer heeft waarde voor de diagnose bij longlijders, ook wanneer men de capaciteit van hunne longen in gezonden toestand niet kent.

## VI.

De spieren hebben eene eigene irritabiliteit.

## VII.

De geprikkelde toestand der spieren gaat gepaard met vermeerderde afwijking der magneetnaald (positive Schwankung).

## VIII.

Het is een gebrek aan onze Hoogescholen, dat er geen onderwijs wordt gegeven in psychiatrie en toxicologie.

## IX.

Hypertrophie van het hart werkt gunstig op den toestand van lijders met klapvliesgebreken.

## X.

Temperatuurbepaling heeft groote waarde in ziekten met febris continua.

## XI.

Wanneer een patient in eene acute ziekte door uitputting bedreigd wordt, verdient alcohol aanbeveling, als middel om de hartswerking aan te zetten.

## XII.

Om het wezen eener ziekte te leeren kennen, moeten wij onze aandacht in de eerste plaats vestigen op het *ziektebeeld*: onze kennis van de pathologische anatomie is nog niet voldoende, om ons volledig voor te lichten.

## XIII.

Na tenotomie verdient het gipsverband de voorkeur boven zamengestelde verbanden.

## XIV.

Bij operaties wende men de chloroform aan, alléén wanneer de patient het verlangt.

## XV.

Patienten, bij welke men dispositie voor tuberculose vermoedt, moet men trachten te harden tegen den invloed van afwisseling in den graad van warmte en vochtigheid van den dampkring.

XVI.

Asthma op zich zelf is nimmer doodelijk.

XVII.

Alleen door uitwendig geweld kan miskraam veroorzaakt worden bij gezonden toestand van het ei en de vliezen, die het omgeven.

XVIII.

De methode van CREDÉ, om de placenta te verwijderen, kan het ontstaan van prolapsus uteri bevorderen, in gewone gevallen late men daarom de uitdrijving aan de werking der natuur zelve over.

XIX.

Wat in theorie waar is kan niet blijken in de praktijk onwaar te zijn.



DISQUISITIO HISTORICO-THEOLOGICA

DE

JUSTINI FEBRONII LIBRO: DE STATU ECCLESIAE ET  
LEGITIMA ROMANI PONTIFICIS POTESTATE

SIVE

DE JOHANNE NICOLAO HONTHEMIO STRENUO  
LIBERTATIS ECCLESIASTICAE VINDICE.

