



Onderzoek naar het verband tusschen inwendigen oogdruk en ballistische reacties

<https://hdl.handle.net/1874/300645>

A. qu. 192. 1931.

**ONDERZOEK NAAR HET VERBAND
TUSSCHEN INWENDIGEN OOGDRUK
EN BALLISTISCHE REACTIES**

J. OBBINK

BIBLIOTHEEK DER
RIJKSUNIVERSITEIT
UTRECHT

s.
echt

ONDERZOEK NAAR HET VERBAND
TUSSCHEN INWENDIGEN OOGDRUK EN
BALLISTISCHE REACTIES

**ONDERZOEK NAAR HET VERBAND
TUSSCHEN INWENDIGEN OOGDRUK EN
BALLISTISCHE REACTIES**

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN
DOCTOR IN DE GENEESKUNDE
AAN DE RIJKS-UNIVERSITEIT TE UTRECHT
OP GEZAG VAN DEN RECTOR-MAGNIFICUS
Jhr. Mr. B. C. DE SAVORNIN LOHMAN HOOG-
LEERAAR IN DE FACULTEIT DER RECHTS-
GELEERDHEID VOLGENS BESLUIT VAN DEN
SENAAT DER UNIVERSITEIT TEGEN DE BE-
DENKINGEN VAN DE FACULTEIT DER GE-
NEESKUNDE TE VERDEDIGEN OP **DINSDAG**
28 APRIL 1931 DES NAMIDDAGS TE 4 UUR
DOOR

JOHAN OBBINK

ARTS, GEBOREN TE KAMPERVEEN



DRUKKERIJ H. J. SMITS — UTRECHT

SIBLIOTHEEK DER
RIJKSUNIVERSITEIT
UTRECHT.

INHOUD

	Blz.
Hoofdstuk I. Het meten van den inwendigen oog- druk... ..	9
Hoofdstuk II. De ballistische methode	22
Hoofdstuk III. Methode van eigen onderzoek... ..	31
Hoofdstuk IV. Eigen onderzoek	39
A. Voorbereidend onderzoek	
B. Systematisch onderzoek van afzon- derlijke oogen	
C. Vergelijkend onderzoek	
Hoofdstuk V. Onderzoek naar de vormverandering van varkensoogen bij verhooging van inwendigen oogdruk	64
Hoofdstuk VI. Slotbeschouwingen... ..	79

Van de gelegenheid, die het verschijnen van dit proefschrift mij biedt, maak ik gaarne gebruik, om U Hooggeachte Hoogleeraren en Oud-Hoogleeraren, die tot mijn Universitaire vorming hebben bijgedragen, dank te zeggen.

Inzonderheid gedenk ik Professor Snellen, wiens op langdurige ervaring gebaseerde methoden, nauwgezette plichtsbe-trachting en voornaam karakter mij veel hebben geleerd en steeds in herinnering zullen blijven.

Den tijd, gedurende welken ik mij onder Uwe leiding in de oogheeskunde bekwaamde, Hooggeleerde Weve, Hooggeachte Promotor, was voor mij van groote waarde. Veel ben ik U voor de voltooiing van mijn opleiding verschuldigd. In het bijzonder, dank ik U voor Uwe hulp en leiding bij het verrichten van de proeven, met welke ik mij op Uwe aansporing heb bezig gehouden, en voor Uwe voortdurende belangstelling bij het samenstellen van dit proefschrift.

Ook U, Hooggeleerde Noyons, betuig ik mijn dank voor de ondervonden hulp en belangstelling.

De buitengewone bereidwilligheid, waarmee Gij, Hooggeleerde Fokker, mij hebt willen voorlichten bij de mathematische moeilijkheden, die zich voordeden, zal ik niet licht vergeten.

Ik waardeer zeer, Zeergeleerde v. Heuven, dat de verhouding tot U, ook in de periode gedurende welke Gij met het plaatsvervangend Directeurschap van het Ooglijdersgasthuis belast waart, steeds van de meest aangename aard was.

U, Assistenten en Oud-Assistenten van het Ooglijdersgasthuis, dank ik voor Uwen vriendschappelijken omgang.

Aan de samenwerking met Zusters en Personeel van het Ooglijdersgasthuis, bewaar ik aangename herinneringen. U, Schütz en Van Berkel, mijn dank voor Uw hulp bij het vervaardigen van teekeningen en apparaten.

HOOFDSTUK I.

HET METEN VAN DEN INWENDIGEN OOGDRUK

Volgens *Mac Lean*¹⁾ ontdekte juist een eeuw geleden *Mackenzie* welk een groote plaats aan de verhooging van den oogdruk in de belangstelling van hen, die zich met oogheekunde bezig houden, toekomt. Het hoeft, gezien het belang van deze ontdekking, geen verwondering te baren, dat ook een andere natie deze eer voor zich tracht op te eischen. Zoo zegt *Bailliart*²⁾ dat reeds voor *Mackenzie* zijn landsman *Demours* den toestand van drukverhooging, het glaucoom, herkende. Hoe dit ook moge zijn, reeds spoedig kwam de oogdruk in het midden der belangstelling te staan en begon men naar middelen te zoeken hem nader te bepalen en zoo mogelijk in cijfers vast te leggen. De eenvoudigste methode om zich van den in het oog heerschenden druk op de hoogte te stellen, was en is de vingerpalpatie, een methode, die vanwege haar algemeene bekendheid geen nadere beschrijving behoeft en die volgens *Bowman* toeliet 7 verschillende trappen van oogdruk te onderscheiden (+1, +2, +3, normaal, -1, -2, -3), of 9 indien men ook iets verhoogd en iets verlaagd wil mee-

¹⁾ Brit. Journal of Ophthalm. 3, p. 385, 1919.

²⁾ Annal. d'Oculist. 157, p. 174, 1920.

rekenen. *H. K. Müller*¹⁾ deed onlangs een onderzoek naar de nauwkeurigheid van de met deze methode verkregen resultaten en vond een gemiddelde fout van 33%; in 't algemeen worden de lage waarden over- en de hooge onderschat. Slechts wanneer men de gewaarwording „zeer week” (T-2) krijgt, is de oogdruk zeker niet boven 25 mm. kwikdruk!

Door de door *Müller* nog eens bevestigde groote onnauwkeurigheid van deze methode, werden talrijke onderzoekers opgewekt naar betere wegen, die tot kennis van den oogdruk zouden kunnen leiden, te zoeken. Vele instrumenten werden in den loop der jaren met dit doel ontworpen. Zij kregen den naam van (ophthalmo-)tonometers, op voorstel van *Donders*²⁾. Telkens verhieven zich tegen deze benaming stemmen, die zeiden, dat men niet de mate van spanning in den oogwand, maar den druk in het oog wilde bepalen. Reeds *R. A. Fick*³⁾ liet zich in dezen zin uit. *Priestley Smith*⁴⁾ betoogt, ongetwijfeld onder den indruk van een desbetreffend artikel van *Cranston Walker*⁵⁾, dat de begrippen spanning en druk ten onrechte dooréén gebruikt worden. Het begrip *spanning* sluit „pull” in, *druk* daarentegen „push”. De *druk* van de vloeistof in het oog houdt den oogwand in een toestand van *spanning*. Dat deze twee begrippen niet identiek zijn, blijkt zeer duidelijk uit een proefje van *Rayner Batten*⁶⁾. Deze blies een worstvormige

¹⁾ Arch. f. Augenheilk. 120, S. 688, 1930.

²⁾ Klin. Monatsbl. I, S. 502, 1863.

³⁾ Verh. der Phys. Med. Gesellsch. zu Würzburg Band 22, 1889.

⁴⁾ Brit. Journal of Ophthalm 7, p. 448, 1923.

⁵⁾ Brit. Med. Journal 3190, p. 260, 1922.

⁶⁾ Proc. Roy. Soc. of Med. Vol VI, Sect. Ophth. p. 72, 1913.

kinderballon op, na deze voor een klein gedeelte door een nauwe stijve ring te hebben gehaald; er ontstaan dan twee ballons van verschillende grootte en verschillende wandspanning, hoe grooter de ballon des te grooter de spanning, terwijl de druk in de communiceerende ballons natuurlijk gelijk is.

*Imbert*¹⁾ was reeds veel vroeger, langs theoretischen weg, tot dezelfde conclusie gekomen. Hij stelde de formule op $N = \frac{2F}{R}$, geldend voor een elastischen met vocht gevulden bol met homogenen wand, waarin F de spanning van het omhulsel, R de straal en N de component, die in een punt uit de gezamenlijke krachten F in de verschillende meridianen ontstaat, voorstellen. N is in evenwicht met en dus even groot als de inwendige druk.

Fick leidde zelfstandig eveneens deze formule af.

Cranston Walker licht haar op de volgende wijze toe: denk een onder spanning staanden bol met homogenen wand gesneden door een vlak in twee gelijke deelen. De totale kracht, die op beide helften aangrijpend, er naar streeft ze uit elkaar te doen gaan, wordt bepaald door het product van den inwendigen druk, en de oppervlakte van den door den bol in het vlak gesneden cirkel, dus $p\pi r^2$, als p den inwendigen druk voorstelt. De totale kracht, die de halve bollen bijeenhoudt, bedraagt de spanning van het boloppervlak per eenheid van lengte, t , vermenigvuldigd met den omtrek van den cirkel, dus $2\pi r t$. Daar de krachten in evenwicht zijn, is $p\pi r^2 = 2\pi r t$, $p = \frac{2t}{r}$.

Uit deze formule volgt dat de verhouding tusschen spanning en inwendigen oogdruk, voor oogen van verschillende grootte, verschillend is, dus bij gelijken druk zal er een andere

¹⁾ Arch. d'Ophtalm 5, p. 358, 1885.

(grootere) spanning heerschen in de omhulsels van een groot, dan van een klein oog. De verhoudingen worden in het oog echter veel ingewikkelder, daar noch de wand homogeen is, noch de straal overal dezelfde. Zoo zal de spanning van de cornea een andere zijn dan die van de sclera.

Al geeft de naam tonometer niet al te nauwkeurig weer, wat men van het instrument verlangt, hij is zoo ingeburgerd en van zoo eerbiedwaardige herkomst, dat hij zich wel handhaven zal. Bovendien speelt bij de metingen met verreweg de meeste tonometer-modellen de wandspanning een rol.

Aan het ontwerpen van oogdrukmeters is door Nederlanders een groot aandeel genomen. *Donders*¹⁾ en *von Graefe* waren de eersten, die zich aan de oplossing van dit vraagstuk waagden. In 1863 construeerde *Hamer*, onder leiding van *Donders*, in het „Gasthuis voor Ooglijders” te Utrecht een tonometer, die op het volgende principe berustte. Een stift, die glijden kon in een metalen buis, was verbonden met een veer, waarvan de spanning bij indrukken overwonnen moest worden. Werd de metalen tubus op de sclera gezet, dan werd eenerzijds de stift naar binnen gedrongen en de veer aangespannen, anderzijds drukte de stift een kuiltje in de sclera. De beweging van de stift kon op een wijzerplaat afgelezen worden. Men had hier met twee wisselende grootten rekening te houden, 1e. de aangewende kracht, 2e. de diepte van de indeuking van de sclera.

*Monnik*²⁾ ontwierp in 1869 een instrument waarmee het mogelijk was of de drukkracht of de indeuking constant te houden. Het had de grootte en vorm van een horloge met

¹⁾ v. Graefe's Archiv 9, S. 215, 1863.

²⁾ 10de Verslag Nederl. Gasthuis v. Ooglijders, bl. 55, 1869.

een uitstekend gedeelte, waarin de stiften gleden, die op de sclera geplaatst werden. Op de wijzerplaat liepen twee wijzers, waarvan de een de aangewende kracht, de ander de diepte van de indeuking, door zijn stand t.o.v. den eersten wijzer, aangaf. Daar de wijzers niet meer van stand veranderden na afneming van den tonometer van het oog, was het mogelijk, door den eersten wijzer alleen in het oog te houden en een bepaalden uitslag te doen maken, te werken met constanten druk en evenzoo, door te zorgen dat de wijzers in een bepaalden stand t.o.v. elkaar stonden, te werken met een bepaalde indeuking. Terwijl *Donders* zijn instrument trachtte te verbeteren en daartoe instrumentmakers van groote vermaardheid aan het werk zette (*Lecoultrre* in Genève¹⁾, *Stroh*, de instrumentmaker van Wheatstone, in Londen), ontwierp *Snellen*²⁾ een tonometer, met de bedoeling vooral den vorm van de indrukking op de sclera vast te leggen. Zijn tonometer had 3 ten opzichte van elkaar bewegelijke stiften, waarvan de middelste alleen de indeuking teweeg bracht, de beide andere passief bewogen en gefixeerd werden wanneer een bepaalde kracht was aangewend. Op deze wijze liet zich dus de vorm van de sclera indeuking bepalen, bij aanwending van een constante kracht.

Naast deze tonometrie-methode, waarbij dus of een stift met constante kracht tegen het oog wordt gedrukt en de diepte der indeuking bepaald of een bepaalde indeuking wordt teweeggebracht en de kracht daartoe noodig wordt afgelezen (of met inconstante kracht een inconstante indeuking wordt gemaakt), kwam een andere methode zich aandienen.

¹⁾ Dor. Klin. Monatsbl. 3, S. 351, 1865.

²⁾ Klin. Monatsbl. 11, S. 429, 1873.

In 1885 publiceerde *Maklakoff*¹⁾ de beschrijving van zijn instrument, dat volgens een nieuw principe ontworpen was. Ging men tot nu toe uit van een indrukken van het oog — de impressie-methode — *Maklakoff* ging over tot het afplatten van het oog — de applanatie-methode. Hij zette op het hoornvlies van het te onderzoeken oog een 10 gram wegenden cylinder, die van onder met kleurstof was voorzien. Uit de grootte van den cirkel, die van kleurstof beroofd was door de aanraking met het hoornvlies, wilde hij besluiten tot de hoogte van den druk in het oog. Reeds voor *Maklakoff* was door *Weber*²⁾ er op gewezen dat bij de impressie-tonometers, zooals boven al even ter sprake kwam, behalve de inwendige oogdruk ook de wandspanning wordt gemeten. *Imbert*³⁾ betoogde hetzelfde en toonde aan, dat bij toepassing van de applanatie-methode de wandspanning is uitgeschakeld. *A. Fick*⁴⁾ verduidelijkte dit op de volgende wijze in fig. 1a is een draad gespannen met de kracht P. Drukt men van boven met kracht Q dan moet van onder met kracht $Q + q$ gedrukt worden om evenwicht te maken, want een deel van den druk van onder wordt door van boven naar beneden werkende componenten van de spanning P tegengewerkt. In fig. 1b is de draad recht gespannen; hier is evenwicht als de druk boven en beneden gelijk is.

Zijn zoon *R. A. Fick*⁵⁾ beschreef een volgens dit beginsel ontworpen, zeer eenvoudige, tonometer, bij welken niet, zooals bij dien van *Maklakoff*, de druk (10 gram) constant bleef,

¹⁾ Arch. d'Opht. 5, p. 159, 1885.

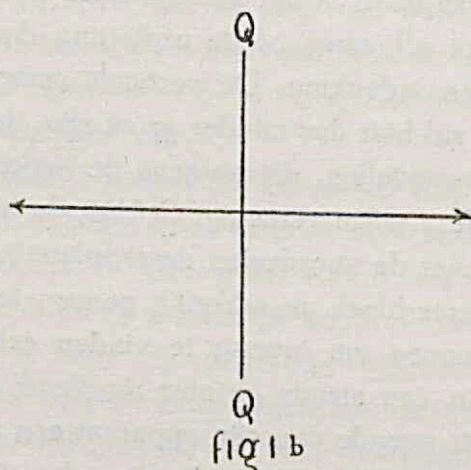
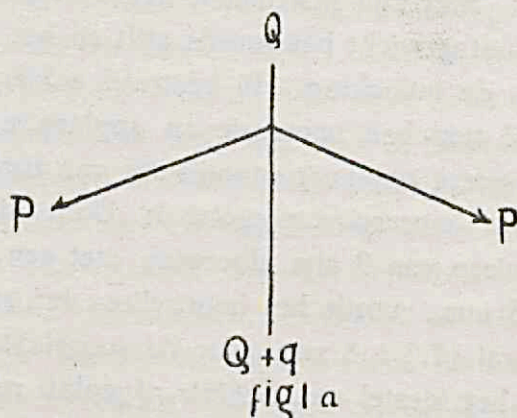
²⁾ Klin. Monatsbl. 11, S. 436, 1873.

³⁾ Arch. d'Ophtalm l.c.

⁴⁾ Pflügers Archiv 42, S. 86, 1888.

⁵⁾ Verh. P. M. Gesellsch. Würzb. l.c.

doch het af te platten bolsegment steeds even groot bleef, terwijl de tot het afplatten benoodigde kracht wordt afgelezen.



Ontleend aan Fick.

1a onder een hoek gespannen draad.

1b recht gespannen draad.

Koster¹⁾ leverde kritiek op dit instrument en ontwierp een eigen model.

Ondanks de vele pogingen van zoo bekwame mannen ge-

¹⁾ v. Graefe's Archiv 41, S. 113, 1895.

lukte het niet een tonometer te ontwerpen, die in de praktijk voldeed, totdat in 1905 *Schiötz* ¹⁾ een plotselinge ommekeer teweeg bracht. Met zijn instrument keerde hij terug tot de met een constant gewicht bezwaarde stift en het aflezen van de diepte van de indeuking. Hij bestreed echter het principiële verschil tusschen impressie en applanatie, daar naar zijn meening iedere applanatie-tonometer van niet te grooten diameter tevens impressie-tonometer is. Daar hij een breed voetstuk ontwierp van 9 mm. doorsnee, met een krommingsstraal van 15 mm., wordt het hoornvlies, dat een kleineren krommingsstraal (7.5 à 8 mm. voor de voorvlakte) heeft, bij opzetten van het toestel van *Schiötz* afgeplat, rond het midden door de voetplaat, in het midden door de stift. Van den oogdruk zal het afhangen of de afplatting door de stift zal overgaan in een indeuking. De verticale component van de wandspanning zal hier dus minder groot zijn, dan bij de vroegere tonometer-modellen, die volgens de impressie-methoden werkten. Op deze wijze vereenigt *Schiötz* de impressie tot op zekere hoogte met de voordeelen der applanatie.

Deze tonometer bleek gemakkelijk genoeg te hanteeren en nauwkeurig genoeg om ingang te vinden eerst in alle klinieken, later in een steeds grooter wordend aantal spreekkamers. *Schiötz* voegde aan zijn apparaat een curve toe. Met behulp van deze curve kan men de, door den wijzer vrij sterk vergroot (20 ×) weergegeven, mate van inzakken van de stift in het hoornvlies omrekenen in mm. kwikdruk. Hij gaf er de waarschuwing bij, dat deze cijfers slechts benaderend waren. Zij konden ook moeilijk anders zijn, daar het nu eenmaal onmogelijk is een tonometer te ijken door een gezond

¹⁾ Arch. f. Augenheilk. 52, S. 401, 1905.

levend menschelijk oog aan een manometer aan te sluiten, wat toch theoretisch de eenig juiste methode is, afgezien nog van de individueele verschillen van oogen onderling. Nadat *Schiötz* in 1909 zijn curven herzien had ¹⁾, door de techniek van zijn ijking te verbeteren, werd hij door *Mac Lean* ²⁾ genoopt zijn curven nogmaals aan een onderzoek te onderwerpen. Deze toch vond met een tonometer van eigen constructie, die echter in hoofdzaak met die van *Schiötz* overeenkwam, belangrijk hogere drukwaarden, dan met *Schiötz's* instrument. Ook *Priestley Smith* ³⁾ vond een afwijking in denzelfden zin. *Schiötz* ⁴⁾ gaf dan ook een andere curve, die aan deze bezwaren tegemoet kwam, na onderzoek van 30 lijkenoogen in situ. In de laatste jaren werkte hij nog aan modificaties van zijn instrument, o.a. aan vormverandering van de op het oog drukkende stift ⁵⁾; hijzelf is er echter nog niet van overtuigd, dat het ook verbeteringen zijn.

Priestley Smith ⁶⁾ meent, dat het model van *Mac Lean* beter is, dan dat van *Schiötz*, maar spreekt, door shade wijs geworden, zijn twijfel uit of hier al het ideaal van nauwkeurigheid bereikt is, d.w.z. of de inwendige oogdruk met geen grootere fout dan enkele mm. Hg. druk kan bepaald worden. Het komt er op aan, volgens dezen schrijver, de marge van onontwijkbare fouten bij gebruik van den tonometer op menschen-

¹⁾ Arch. f. Augenheilk. 62, S. 317, 1909.

²⁾ Brit. Journ. I.c.

³⁾ Ophthalmic Review 34, p. 65, 1915.
Brit. Journal of Ophthalm 3, p. 293, 1919.

⁴⁾ Acta Ophthalmologica 2, p. 1, 1924.

⁵⁾ Brit. Journal of Ophthalm. 11, p. 116, 1927.

⁶⁾ Brit. Journal of Ophthalm. 3, p. 476, 1919.

oogen te kennen. *Bailliart* ¹⁾ noemt een tonometer goed, die niet meer dan 4 à 5 mm. Hg. druk verschil geeft met den manometer (2 verschillende tonometers kunnen dus 8 à 10 mm. uiteenloopen) en legt er dan ook den nadruk op steeds hetzelfde toestel te gebruiken. *Priestley Smith* schat naar aanleiding van zijn eigen experimenten en die van *Schiötz* de fout, die veroorzaakt kan worden door individueele verschillen tusschen onderzochte oogen van verschillende individuen op 8 tot 10 mm. Hg. druk. Al eerder had *Wessely* ²⁾ op deze foutenbron gewezen en zijn meening kenbaar gemaakt dat de sclera hierbij een belangrijke rol speelt. Bij de publicatie van zijn laatste curven verklaart *Schiötz* ³⁾ dat met zijn tonometer slechts „drukgebieden” zijn te meten, dit gebied strekt zich, wanneer men het gewicht van 5.5 gram gebruikt over 6 mm. uit, bij dat van 7.5 gram over 8—10 mm., bij 10 gram over 13 mm. en bij 15 gram over 15 mm. Wanneer een tonometer, afwijkend in een bepaalden zin, gebruikt wordt op een oog dat den uitslag nog verder in dien zin wijzigt, kunnen dus zeer belangrijke verschillen tusschen den afgelezen en den werkelijk heerschenden oogdruk ontstaan.

De genoemde marge van fouten is niet te bepalen langs directen weg, maar kan langs indirecten toch benaderd worden en wel door vergelijking van de resultaten met één tonometer op verschillende oogen en van die, met verschillende tonometriemethoden op hetzelfde oog verkregen.

Eenige jaren geleden is als concurrent van den *Schiötz* tono-

¹⁾ *Annal. d'Oculist.* 161, p. 81, 1924.

²⁾ *Ber. über die 38ste Zus. kunft der Deutschen Ophth. Ges. in Heidelberg.* S. 120, 1912.

³⁾ *Acta Ophthalm. l.c.*

meter het toestel van *Bailliart*¹⁾ verschenen, waarin weer als in het instrument van *Donders*, een veer aan het indrukken van de stift, die op het hoornvlies komt te rusten, weerstand biedt, doch terwijl het instrument van *Donders-Hamer* een huls had, welker onderkant op het oog kwam te rusten, heeft *Bailliart* evenals *Schiötz* een voetstuk aangebracht, nu echter met een krommingsstraal van 12 mm. voor het hoornvlies en van 14 mm. voor de sclera.

Evenals bij den *Schiötz*-tonometer is het principe, het meten van de indeuking van het hoornvlies bij aanwending van een bekend gewicht. Het groote verschil bestaat hierin, dat het gewicht bij de *Schiötz*-methode, bij de metingen, binnen niet te ver uiteenliggende grenzen, gelijk blijft en bij die van *Bailliart* telkens wisselt met de diepte van de indrukking. Het feit dat de tonometer van *Bailliart* zoo buitengewoon gemakkelijk te hanteeren is, ook bij den zittenden patiënt, deed hem al vele vrienden verwerven. Of het weder invoeren van de twee wisselende factoren, de kracht en de diepte van indrukking, dezen tonometer de mindere van dien van *Schiötz* maakt, zal de tijd leeren.

Met een enkel woord moet ik nog terugkomen op de applatie-tonometrie. Verschillende pogingen werden aangewend deze methode, die vanwege haar onnauwkeurigheid (vergel. b.v. *Priestley Smith*²⁾) weinig werd toegepast, te verbeteren. *Römer*³⁾ modificeerde de methode door in plaats van den cylinder van *Maklakoff* een doorzichtig gewicht op het hoornvlies te leggen en, met behulp van een verrekijker, de grootte

¹⁾ Annal. d'Oculist. 160, p. 777, 1923.

²⁾ Ophthalmic Review I.c.

³⁾ Ber. über die 41ste Zus.kunft der Deutschen Ophth. Ges. in Heidelberg, S. 62, 1918.

van het plat gedrukte gedeelte nauwkeurig af te lezen. Hij legde den nadruk op het verschil tusschen „tonometerdruk” en inwendigen oogdruk; daar immers, door het opzetten van den tonometer, de druk noodzakelijkerwijs in het oog verhoogd wordt en deze verhoogde druk wordt gemeten, is het onjuist hiervoor den term inwendigen oogdruk te gebruiken en verdient het aanbeveling van tonometerdruk te spreken. Hoe belangrijk deze drukstijging kan zijn, blijkt uit proeven van *Priestley Smith* ¹⁾. Hij mat de drukstijging bij ossen-, schapen- en varkensoogen bij belasting met verschillende gewichten, o.a. met 20 gram (de *Schiötz* tonometer met het lichtste gewicht weegt 15.5 gram) en vond voor varkensoogen met een spanning van 15 mm. Hg. druk een gemiddelde stijging van 7 tot 14 mm., afhankelijk van den vorm van het opgezette gewicht. De grootte van deze drukstijging varieert in verschillende oogen, naar gelang van de grootte, van de elasticiteit van de sclera en van haar rigiditeit.

De modificatie van *Römer* ondervangt eenige bezwaren van de tonometers van *Maklakoff* en *Fick*, bij den eersten het afspoelen van te veel kleurstof bij sterk tranen. (*Ostwalt* ²⁾ vond een fout in die richting bij alle waarnemingen) en bij den tweeden de moeilijkheid van het bepalen van het juiste moment van aflezen, maar heeft haar ingewikkelde afleesmethode tegen (*Langenhan* ³⁾).

Ondanks de groote vooruitgang op het gebied der tonometrie in de laatste decenniën, vooral dank zij het werk van *Schiötz*, is het er nog ver vandaan, dat op dit gebied het laatste woord gesproken is.

¹⁾ Brit. Journal 1923 l.c.

²⁾ v. Graefe's Archiv 40, S. 22, 1894.

³⁾ Handbuch der ges. Augenh. 3te Aufl. III, S. 286, 1925.

Het zou een stap vooruit beteekenen indien een methode van drukmeting kon gevonden worden, waarbij tijdens de meting de druk in het oog niet of weinig verhoogd werd, zoodat het geen verschil maakte of bij proeven met „open” of „gesloten” oogen, d.w.z. met open of gesloten manometer-verbinding gewerkt werd.

Ook zouden methoden, die het mogelijk maakten de physische eigenschappen van de oogomhulsels — rigiditeit, elasticiteit — nader te leeren kennen, een aanwinst beteekenen. Het staat vast, dat hierin individueele verschillen gevonden worden; b.v. naar den leeftijd. *Bader*¹⁾ vond dat voor het 40ste jaar de sclera gemakkelijker kan ingedeukt worden, dan de cornea, na dien leeftijdsgrens is deze verhouding omgekeerd en *Casolino*²⁾ dat bij belasting van reepen sceraal weefsel, die, ontnomen aan jonge oogen, een zwaardere belasting uithouden voordat zij scheuren, dan die, afkomstig van oude.

In de volgende hoofdstukken zal een methode van onderzoek behandeld worden, die wellicht geschikt zal blijken om het vraagstuk der tonometrie nader tot zijn oplossing te brengen. Het scheen goed een kort overzicht van de gebruikelijke tonometriemethoden vooraf te doen gaan, waarbij gelegenheid was de moeilijkheden, die zich op dit gebied voordoen, in het licht te stellen. Bij dit overzicht is niet gestreefd naar volkomen volledigheid; dit was te meer overbodig daar *Langenhan* in het *Handbuch der ges. Augenh.*, von Graefe und Saemisch III Band 1925 dit reeds deed en Lloyd in het *Amer. Journal of Ophthalmol.* vol. 13 No. 5 en 6, 1930 een beschrijving geeft van vrijwel alle ooit geconstrueerde tonometers.

¹⁾ Arch. f. Augenh. 83, S. 168, 1918.

²⁾ Referaat Zentralbl. 17, S. 59, 1927. (Ann. di Ottalm. eclin. ocul 54, 1926).

HOOFDSTUK II.

DE BALLISTISCHE METHODE

De op het eind van het vorige hoofdstuk genoemde bezwaren, die de thans gebruikelijke tonometriemethoden aankleven, waren aanleiding te zoeken naar een anderen weg, die zou kunnen leiden naar het begeerde doel, het meten van den oogdruk. Via het in de industrie door den Franschen mineraloog *Thoulet* ingevoerde principe, viel de aandacht op de ballistische methode. Zooals de naam reeds zegt, wordt bij deze methode met iets „geworpen”. Men laat twee lichamen tegen elkaar botsen en leidt uit het gedrag van één van die lichamen na de botsing iets af omtrent de eigenschappen van het andere lichaam. Op eenvoudige wijze is deze gedachte te verwerkelijken door een kogeltje te laten vallen op het te onderzoeken object, in casu het oog, en de beweging van dit kogeltje te volgen. De eigenschap, die men in de industrie langs dezen weg tracht te benaderen, is de *hardheid*. Indien het mogelijk zou blijken, door het laten botsen tegen het oog van een of ander daartoe geëigend voorwerp, den in het oog heerschenden druk te meten, zou deze methode groote voordeelen boven de bestaande bieden. Deze methode zou *dynamisch* zijn, in tegenstelling met de gebruikelijke, de *statische*.

De bezwaren die deze laatste met zich brengt: verhooging van den oogdruk, belangrijke verandering van den oogvorm, en het zeer waarschijnlijk oproepen van reflectorische veranderingen in het binnenste van het oog, alle samenhangend met de noodzakelijkheid de toestellen gedurende langeren tijd op het oog te doen rusten, zouden vermeden kunnen worden. Of ook het reflectorisch knijpen van den onderzochte met de oogleden, het bewegen van het oog tijdens het onderzoek en de individueele verschillen tusschen de oogen onderling, een minder grooten invloed zouden uitoefenen, dan bij de gebruikelijke methoden, zou moeten blijken. Deze beschouwingen waren aanleiding de in dit proefschrift meege-deelde oriënteerende proeven op varkensoogen te verrichten.

Het bleek, nu de aandacht op dit terrein gevestigd was, dat in de spierphysiologie dergelijke onderzoekingen reeds geruimen tijd aan den gang waren en dat in de oogheekunde in den jongsten tijd de belangstelling van verschillende onderzoekers zich in dezelfde richting ging bewegen. Bij nadere kennismaking bleken deze onderzoekers zich toch goeddeels op naburig terrein bezig te houden. De bedoeling van mijn onderzoek was na te gaan of *tonometrie* langs ballistischen weg in principe mogelijk was. Daartoe werd een toestelletje ontworpen, dat mogelijk maakte de ballistische methode op varkensoogen bij wisselenden inwendigen oogdruk toe te passen.

Eerst werd gepoogd met behulp van een op het hoornvlies van een varkensoog geplaatste glazen cylinder, het reeds genoemde kogeltje, nadat het van een bepaalde hoogte losgelaten was, in zijn terugkaatsing te volgen. Het was duidelijk, dat de in het oog heerschende druk de hoogte, tot welke het kogeltje terugsprong, beïnvloedde. Bruikbare resultaten waren op deze wijze niet te krijgen.

Bij het overleg over de te volgen werkwijze maakte *Prof. Noyons* opmerkzaam op de door hem gevolgde methode bij onderzoeken aangaande de hardheid van spieren. Zij bleek voor ons doel geschikt. De gedachte om met de ballistische methode eigenschappen van dierlijke weefsels te bestudeeren werd door *Prof. Noyons*¹⁾ het eerst opgevat. Deze wilde de hardheid, o.a. van spierweefsel, op de een of andere wijze vastleggen en ontwierp daartoe het toestelletje, waarvan de beschrijving hier volgt. Een kleine slinger met vast draaipunt, waarvan de korte hefboomsarm, 6 cm. lang, omhoog wijst, draagt op den kop van dien korten arm een gesteelden glastraan, terwijl de andere, lange arm, 15 cm. lang, een verschuifbaar gewichtje bezit, waardoor het moment van dien hefboomsarm veranderlijk is. Uit een bepaalden stand liet *Prof. Noyons* dit hamertje op het te onderzoeken object vallen en de bewegingen, die het hamertje maakte, werden opgeteekend op fotografisch papier. Op deze wijze kon hij „ballistische sklerogrammen” vervaardigen. Bij proeven op gelatineplaten van verschillende concentratie bleek de sklerometer de onderlinge hardheidsverschillen zeer nauwkeurig aan te geven. Ondanks dit feit meende *Prof. Noyons* deze methode niet zonder meer ter bepaling van de absolute hardheid te mogen gebruiken, daar het voorkomt dat objecten van verschillenden bouw, die zich bij betasten gelijk hard voordoen, met den sklerometer afwijkende uitkomsten geven. Dit zou zijn grond vinden in het feit, dat bij de ballistische sklerometrie vooral de elasticiteit van het object op den voorgrond treedt. Dit feit deed *Prof. Noyons* zoeken naar een andere methode

¹⁾ Versl. Koninkl. Akad. v. Wetensch. Wis- en Natk. afd., bl. 22, 1908 en bl. 801, 1910.

ter bepaling van de physiologische hardheid, die meer zou overeenkomen met wat bij betasten werd gevonden. Hiertoe gebruikte hij een ebonieten conus, die onder verschillende belastingen in de te onderzoeken stof werd gedreven, de diepte van indringen gold als maat voor de hardheid.

De overeenstemming van deze laatste methode met de gebruikelijke tonometriemethoden (*Mangold en Detering*¹⁾ volgden bij hun wijze van tonometreeren eigenlijk geheel de Noyonsche statische methode), lokte er zeer toe uit ook de dynamische onderzoekswijze op het oog toe te passen. Trouwens *Noyons* zelf gaf al een curve verkregen op een varkensoog.

In navolging van het beschreven toestelletje werd door mij ook een hamertje als botsend voorwerp genomen. De nadere bijzonderheden omtrent de proefopstelling zullen in het volgende hoofdstuk beschreven worden.

De door *Noyons* ingeslagen weg, werd later door verschillende physiologen gevolgd, o.a. door *Gildemeister*²⁾. Deze onderzoeker betwijfelde of het juist was, de eigenschap, die de sklerometer meet, „hardheid” te noemen. In de physica wordt bij de bepaling van hardheid gebruik gemaakt van methoden, die een blijvende vervorming meebrengen van het te onderzoeken voorwerp. *Gildemeister* meende, dat het daarom beter was om, ten einde verwarring te voorkomen, de met den sklerometer onderzochte eigenschap resistentie te noemen. Behalve tegen den naam had hij ook bezwaar tegen de methode. Hij toonde aan dat het hamertje sneller gedempt werd, wanneer het sloeg tegen een met papieren ruitertjes bezwaarde, dan tegen een onbezwaarde snaar. Daar de resistentie

¹⁾ Pflügers Archiv. 201, S. 202, 1923.

²⁾ Zeitschr. f. Biol. 63, S. 181, 1914.

voor den onderzoekenden vinger in beide gevallen gelijk bleef, bleek het vallende hamertje niet deze te meten, doch de in warmte omgezette hoeveelheid energie, bij snelle vervorming van het onderzochte voorwerp. Deze hoeveelheid energie neemt toe bij afnemende resistentie, maar het is niet toelaatbaar omgekeerd uit het bedrag der verloren energie de resistentie af te leiden, daar dit bedrag ook door andere oorzaken, b.v. door toename van de inwendige wrijving vermeerderd kan zijn. *Gildemeister* bepaalde ter meting van de eigenschap, waar het hier om gaat en die naar zijn meening een elastische grootte is, niet den uitslag van het hamertje maar den tijd van aanraking tusschen hamer en voorwerp, den stoottijd, die korter wordt naarmate het voorwerp harder aanvoelt. *Bethe* ¹⁾ ontwierp een toestelletje tot meting van de uittrekkingselasticiteit. Het hamertje valt hierbij op een arm van een hefboom, waarvan de andere arm bevestigd is aan het te onderzoeken voorwerp. Ook hij mat den tijd, gedurende welken de hamer den hefboomsarm aanraakte. *Steinhausen* ²⁾ bracht de op deze wijze verkregen curven in formule. *Richter* ³⁾ gebruikte den hefboom als slingerende massa. Deze wordt in beweging gebracht door een er op vallend hamertje, dat zooveel minder wegen moest, dat het voldoende ver weggeslingerd werd, om de beweging van den hefboom niet te storen door nastooten; hij toonde langs fotografischen weg aan dat zijn elastometer aan dezen eisch voldeed. Al deze physiologen hadden hun belangstelling voornamelijk op spierweefsel gericht. Op oogheekundig ge-

¹⁾ Pflügers Archiv. 205, S. 63, 1924.

²⁾ Pflügers Archiv. 205, S. 76, 1924 en 212, S. 31, 1926.

³⁾ Pflügers Archiv. 22, S. 26, 1929.

bied was *Vogelsang* ¹⁾ de eerste, die, op aansporing van Römer, de ballistische methode toepaste. Hij ging als volgt te werk: een kogel van hard gummi viel op het oog van een liggenden patiënt, het oog werd daarbij anaesthetisch gemaakt en opengehouden met een ooglidhouder. De kogel was met een lichte magneet verbonden, die zich in een inductieklos bewoog. Op deze wijze werden slingeren omgezet in wisselstroom, deze werden met behulp van een snaargalvanometer, weer veranderd in mechanische slingeren, die gefotografeerd konden worden. Een voordeel van deze ingewikkelde methode was, dat de registratie niet in de nabijheid van den patiënt behoefde te gebeuren.

Met deze opstelling verkreeg *Vogelsang* curven, die op de een of andere wijze de elastische eigenschappen van de oogomhulsels moesten bevatten. In de discussie naar aanleiding van de voordracht, waarin *Vogelsang* dit onderzoek meedeelde, werd opgemerkt, dat hier alleen sprake kan zijn van tonometrie en niet van elastometrie. Mocht deze naamsverandering inderdaad gewenscht zijn, dan is daarmee mijns inziens het onderzoek nog niet waardeloos, op reeds eerder uiteengezette gronden. *Vogelsang* kondigde een verder onderzoek aan naar de factoren, die den vorm van de verkregen curven bepalen.

In 1930 ²⁾ deed hij een tweede mededeeling over zijn onderzoekingen. Hij bleek zijn vorige methode geheel verlaten te hebben, omdat de in de curven tot uitdrukking komende demping, behalve van de drukelasticiteit, ook van de in-

¹⁾ Ber. über die 46ste Zus.kunft der Deutschen Ophth. Ges. in Heidelberg, S. 61, 1927.

²⁾ Ber. über die 48ste Zus.kunft der Deutschen Ophth. Ges. in Heidelberg, S. 106, 1930.

wendige wrijving van het voorwerp afhankelijk is en bovendien de wijze van overbrenging met den snaargalvanometer niet geschikt bleek. Statische elastometrie, die hij volgens de methode van *Mangold* toepaste, oordeelde hij geheel ongeschikt voor het onderzoek van oogen, omdat deze te lang duurt en daardoor veranderingen veroorzaakt, die moeilijk op hun waarde te schatten zijn. Hij gaf een afbeelding van zijn nieuwe toestel, ontworpen in samenwerking met *Steinhausen* en *Richter*. Een volledige beschrijving geeft hij in zijn laatste publicatie ¹⁾, waarin hij de oogheelkundige literatuur betreffende de elasticiteit der oogomhulsels en de physiologische en klinische, betreffende het elasticiteitsonderzoek in het algemeen, bespreekt.

Het toestel is samengesteld uit den elastometer, die gelijk is aan den door *Richter* gebruikte en bestaat uit hamer en hefboom, een fotografion en een tijdschrijver. De hefboom heeft zelf ook den vorm van een hamer gekregen, en heeft aan den eenen kant een stootvlakje, waar het hamertje op valt en aan den anderen kant een dop, die op het oog steunt. Bij het draaipunt van den hefboom is een spiegeltje bevestigd, met behulp waarvan het draadbeeld van een nitalampje op het fotografion geworpen wordt. Voor ieder voorwerp van onderzoek moet het passende gewicht van hefboom opgezocht worden. Om het gewicht te kunnen veranderen is een schroef aangebracht, waarop schijven passen. Altijd moet de slingerduur zoo kort mogelijk zijn, opdat de met het onderzoek gepaard gaande prikkels geen tijd hebben veranderingen van het levende weefsel te voorschijn te roepen.

¹⁾ Arch. f. Augenheilk. Bd. 103 S. 358, 1930.

Tijdschrijver is een stemvork met 50 dubbelslinteringen in de seconde.

Na vastgesteld te hebben, dat de ballistische elastometrie alléén voor tonometrische doeleinden niet loonend zou zijn, hoewel de Schiötzsche methode theoretisch niet bevredigend is, stelt *Vogelsang* zich de volgende vraag: gelukt het bij gelijken oogdruk verschillen aan te toonen, wanneer de elasticiteitsverhoudingen van de oogomhulsels veranderd worden? Inderdaad gelukt het, wanneer het oog blootgesteld wordt aan de inwerking van 10% joodtinctuur, 30% melkzuur of 30% kaliloog gedurende 24 uur, verschillende curven te krijgen. Deze werden opgenomen bij gelijken oogdruk op de sclera. Te voren had *Vogelsang* reeds vastgesteld, dat bij stijgenden oogdruk de slinteringen van den hefboom steeds kleiner werden, totdat ten slotte een minimum werd bereikt; bij welken druk dit minimum ligt, vermeldt hij niet. Zooals uit de volgende hoofdstukken blijken zal, levert *Vogelsang's* wijze van werken juist andere resultaten als de bij mijn onderzoek verkregene. Dit kan geen verwondering wekken, daar geheel andere grootheden in het spel zijn. *Vogelsang* registreert de beweging van een 30½ gram zware hefboom, die in contact met het oog blijft, ook nadat hij door het vallende hamertje getroffen is, dus eigenlijk de beweging van den oogwand. Deze wordt bij stijgenden druk steeds geringer. Curven opgenomen op de cornea gaven eveneens verschillen te zien, tusschen normaal hoornvlies en hoornvlies, dat gedurende eenige uren was blootgesteld aan de inwerking van 30% melkzuur of 10% sublimaat. *Vogelsang* heeft de curven uitgerekend met behulp van de formules van *Steinhausen*. Het toestel is bruikbaar voor het patiëntenoog.

Een ballistisch onderzoek op lijkenoogen verrichtte

*H. K. Müller*¹⁾ ter opsporing van de fouten van den tonometer van *Schiötz*. Hij liet een kleinen slinger op de oogen vallen, terwijl hij den druk met een manometer regelde en mat langs fotografischen weg de diepte van indrukking.

Het in de volgende hoofdstukken te beschrijven onderzoek, heeft ten doel na te gaan hoe de terugkaatsing van een op het oog vallend hamertje beïnvloed wordt door verandering van den oogdruk en vat dus de tonometrische zijde van deze onderzoeksmethode aan, door *Vogelsang* terzijde gelaten, terwille van elastometrische onderzoekingen. *Müller* schijnt zich met hetzelfde onderwerp bezig gehouden te hebben. Het verslag van zijn mededeeling bevat echter weinig bijzonderheden.

¹⁾ Klin. Monatsbl. 85 S. 104, 1930. (Versl. D.O.G., Heidelberg).

HOOFDSTUK III.

METHODE VAN EIGEN ONDERZOEK

Zooals reeds gezegd is, werden voor het onderzoek varkens-oogen gebruikt. Deze werden vanaf het moment van exstirpeeren tot dat zij onderzocht werden, bewaard in physiologische zoutoplossing. Uit deze oplossing werd een oog gebracht in een koperen houdertje, dat met vele licht veerende armpjes om het oog heengreep, het hoornvlies vrijlatend, en waarin het oog rustte zonder noemenswaard gedrukt te worden. Aan dit houdertje was een holle buis bevestigd, die paste in een iets wijdere buis, waaraan twee koperen plaatjes waren bevestigd, die de pijlers van een statief tusschen zich in klemde. Door deze inrichting kon het houdertje langs deze pijlers op en neer geschoven worden en bovendien in de buis naar voren en achteren; vastzetten kon gebeuren door middel van een schroef. Aan dit statief was onder een hoek van 90° een vorkvormig koperstuk bevestigd, waarin het hamertje was opgehangen. Dit schommelde, met zeer weinig wrijving op de punten van een paar fijne schroefjes, die meer of minder ingedraaid konden worden, waardoor het hamertje een weinig naar links en rechts verplaatsbaar was. Een hefboomje kon over het boven het draaipunt uitstekende gedeelte van den hamersteel heengedraaid worden, den hamer in horizon-

talen stand vasthouden en door terugdraaien hem steeds van dezelfde hoogte doen neerkomen. Fig. 2 geeft het apparaatje weer. Een hamertje (zie fig. 3) bestond uit een aluminium steel van 1 dm. lengte, 4 mm. breedte en 1 mm. dikte. Aan

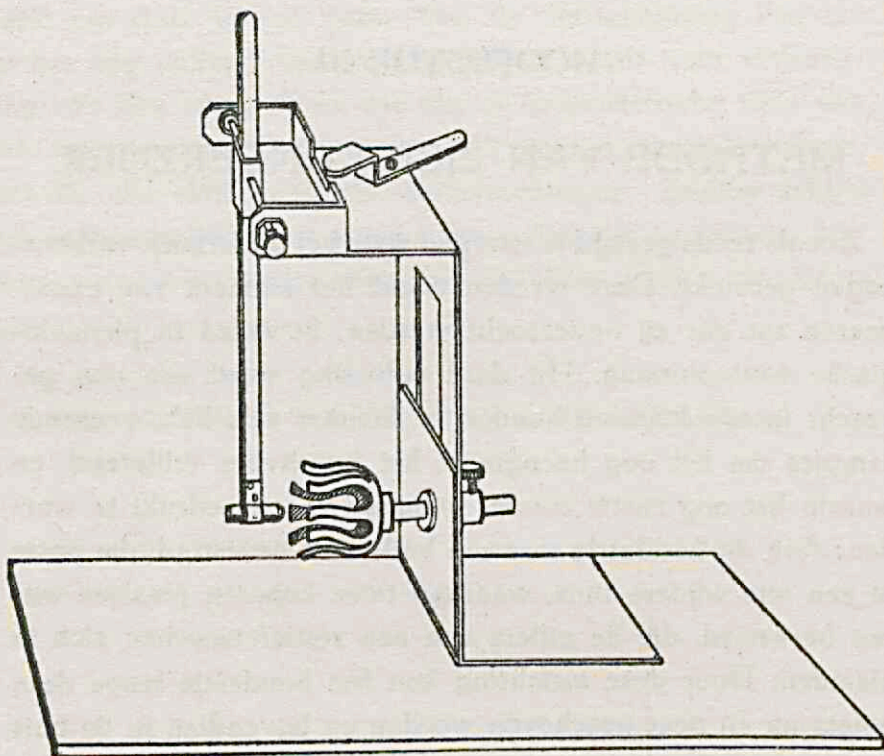
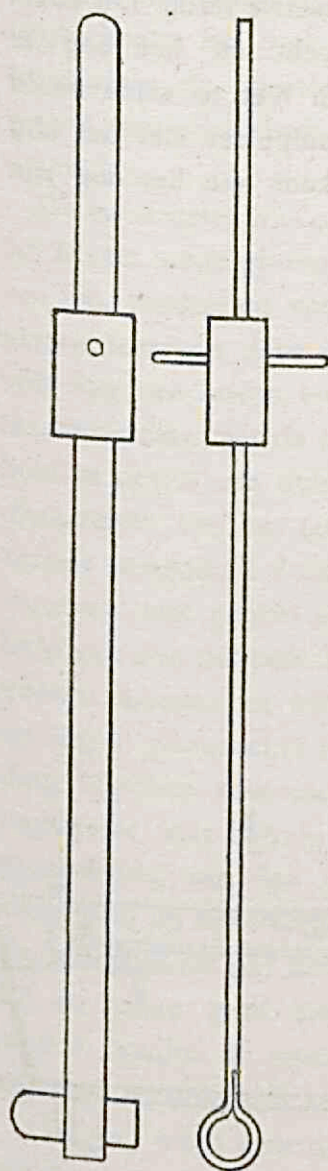


Fig. 2.

Statief met hamer en ooghouder.

den steel was aan de onderzijde een lus aangebracht, eveneens van aluminium, waarin de hamerkop, een beenen cylindertje, van voren afgerond, paste. Over den steel werd een koperen blokje geschoven, aan weerszijden voorzien van kleine stalen assen, die aan de uiteinden uithollingen hadden, waarin de

punten van de schroefjes, waaraan de hamer hing, pasten. Door het blokje meer of minder ver over den hamersteel heen



te schuiven, kon het draaipunt verlegd worden. Behalve met dit aluminium hamertje, werd nog met een ander gewerkt. Dit was van geheel gelijke afmeting, doch van koper en dus zwaarder. Dit koperen hamertje werd bij sommige proeven met behulp van een gewichtje, dat er aan vastgeschroefd werd, nog extra verzwaard.

Voordat het oog met het houdertje in het statief werd geplaatst, werd het eerst met behulp van een platina naald van 0,5 mm. inwendige doorsnee met een watermanometer verbonden. Deze naald droeg haar opening opzij, 2 mm. van de punt. In fig. 4 is het statief met hamertje en oog aangeduid met St., het oog met O, het hamertje met H. Bij de eerste proeven werd gepoogd de naald door den nervus opticus in te voeren, daartoe was aan het houdertje een buis gesoldeerd, zooals boven beschreven, waarin de naald den nervus opticus zou kunnen bereiken. Het bleek echter dat een naald, die in het glasvocht uit kwam, bijna steeds

Fig. 3.
Hamer, zij- en vooraanzicht.

steeds verstopt raakte en zeker niet anders zou toelaten dan van lagen naar hoogen druk te werken. Hetzelfde bezwaar vindt men bij alle schrijvers over manometrie terug. Dit euvel zou te verhelpen zijn door het glasvocht uit het oog te verwijderen. Dit bleek echter door een niet te wijde naald vrij moeilijk en niet zonder veel gemanipuleer met het oog te lukken. Daarom gaf ik er de voorkeur aan het oog zijn

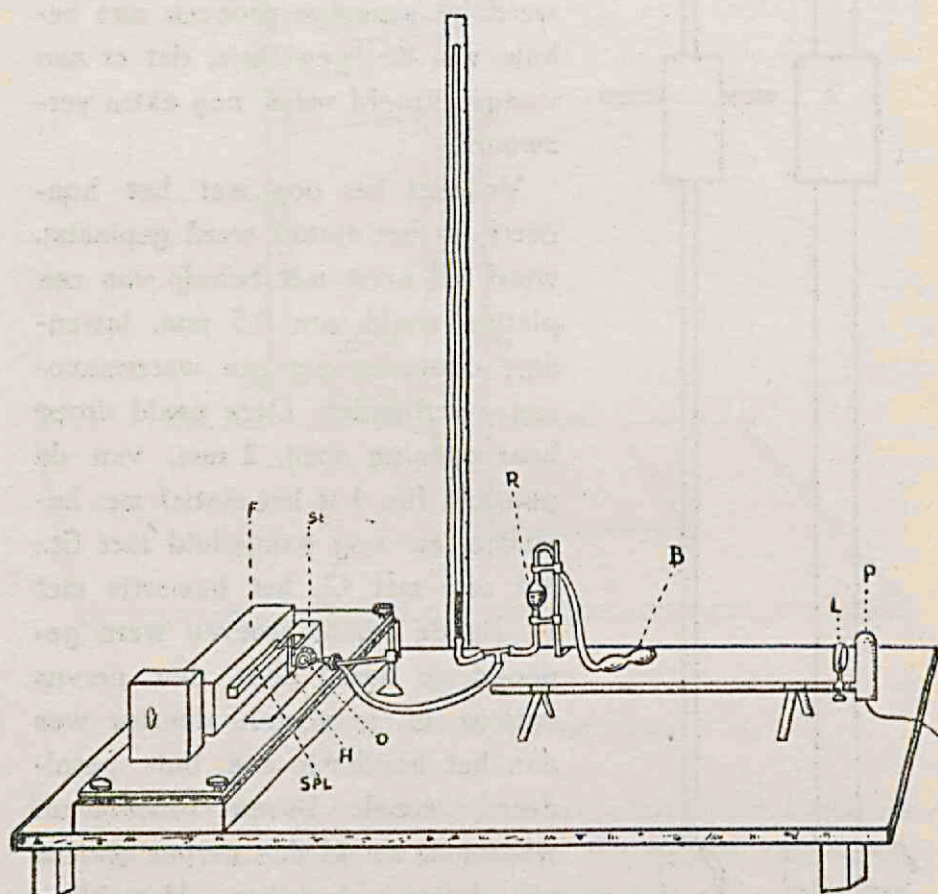


Fig. 4.

Overzicht proefopstelling.

gewonen inhoud te laten behouden en de naald in te brengen even achter den limbus corneae in de voorste oogkamer, waarbij beschadiging van de lens vermeden werd. In het begin kostte het wel eens moeite te verhinderen, dat een luchtbel in de voorste oogkamer kwam; door met een geringen wateroverdruk in te steken, was dit gemakkelijk te vermijden.

De manometer was op de volgende wijze geconstrueerd. Een 2,5 Meter lange glazen buis was bevestigd op een lat, die van een cm. verdeeling voorzien was en verbonden was met een glazen reservoir door middel van een gummislang. Dit reservoir liep van boven en van onder uit in een buis, van onder ter verbinding met de manometerbuis, van boven om gelegenheid te geven een dubbelballon, zooals in gebruik bij bloeddrukmeters, met het reservoir te verbinden. In fig. 4 is het reservoir aangeduid door R, de dubbelballon door B. Daar het reservoir niet geheel met vloeistof gevuld was, kon met behulp van den dubbelballon de lucht boven de vloeistof samengeperst worden en het vloeistofniveau in de manometerbuis op iedere gewenschte hoogte worden ingesteld. In de verbinding tusschen reservoir en stijgbuis was een glazen T-stuk ingelascht, met behulp waarvan de naar de naald voerende gummislang aan den manometer werd aangesloten. In deze slang was op enkele cm. van de naald een kraan aangebracht, die gelegenheid gaf het oog van den manometer af te sluiten. Bij de kraan werd deze slang stevig vastgehouden in een statief, zoodat de naald geen trekking op het oog kon uitoefenen, wanneer dit bij de proef op zijn plaats was gebracht.

Het oog werd voortdurend vochtig gehouden met physiologische zoutoplossing door een druppelinrichting.

Het statief met oog en hamertje werd, nadat gezorgd was,

dat het neerhangende hamertje in ruststand juist even het hoornvlies raakte, geplaatst in den met een lens (L) evenwijdig gemaakten stralenbundel van een pointolite lamp (P), zóó dat de schaduw van den hamersteel viel op de spleet (Spl.) van een fotografisch registreerapparaat (F.). Dit apparaat was geplaatst op een houten onderstel, dat met schroeven hooger en lager gemaakt kon worden. Het bestond uit een door een veer bewogen draaiende trommel, waarop met een klemrichting gevoelig papier kon worden bevestigd. Dit papier kon belicht worden door een spleet, waarachter een cylinderlens was aangebracht, zoodat het invallende licht verzameld werd in een smalle lijn. Voor de spleet bevond zich een klep, waarmee het opschrijven van de hamerbeweging op ieder moment onderbroken kon worden. De trommel kon met verschillende snelheden loopen. Ter opteekening van den tijd werd bij een deel der proeven een chronometer van *Jaquet* gebruikt. De aan dit toestel verbonden hefboom werd, evenals de hamersteel, zoo in den lichtbundel geplaatst, dat de schaduw op de spleet viel. De hefboom werd met een interval van $\frac{1}{6}$ sec. rhythmisch bewogen. De stand van de trommel kon afgelezen worden op een wijzerplaat, waarover een wijzer buiten op het apparaat de beweging mee volvoerde.

De proeven werden nu als volgt genomen: nadat het oog op de bestemde plaats was aangebracht, werd de druk op een bepaalde hoogte ingesteld; meest werd begonnen met 10 cm. waterdruk. Door lichten druk op het hoornvlies met den vinger was het gemakkelijk aan te toonen, dat de verbinding met den manometer open was, daar dan het niveau in de stijgbuis lichte schommelingen vertoonde. Daarna werd de trommel op gang gebracht, de hamer in horizontalen stand gebracht en vastgezet, het klepje voor de spleet geopend en vervolgens de

hamer losgelaten. Nadat deze weer tegen het hoornvlies tot rust gekomen was, werd de klep gesloten, de druk verhoogd en een nieuwe opname begonnen. Het ontwikkelen sloot onmiddellijk aan de opname aan. Het vertrek, waar de proeven genomen werden, was tevens donkere kamer.

Zooveel mogelijk werd getracht het hamertje op het midden van het hoornvlies te doen vallen. Doch niet altijd werd het hoornvlies als proefobject gebruikt. Bij een aantal proeven werd het oog zoo in het houdertje gedraaid, dat de sclera naar voren kwam en aan het hamertje als stootkussen aangeboden werd. De sclera werd dan zoo goed mogelijk gereinigd van conjunctivaal en episcleraal weefsel.

Ook werden proeven genomen met een „kunstoog”. Reeds in 1912 had Wessely ¹⁾ geëxperimenteerd met het voorste deel van een oog, bevestigd op een met een manometer verbonden metalen kapsel, om na te gaan in hoeverre de sclera de tonometrische waarden beïnvloedde. Dezelfde wijze van werken werd door mij ook toegepast. De metalen kapsel bestond uit een cylindervormige koperen huls, waaraan aan den achterkant een buisje was aangebracht voor de aansluiting van den manometer. Aan den voorkant kon er een deksel opgeschroefd worden, waarin zich een opening bevond, iets grooter dan een varkenshoornvlies. Tusschen deksel en huls werden 2 koperen platen eveneens met een gat voorzien, ingekneld, die het voorste deel van het oog, dat aan den aequatorialen rand werd ingeknipt, om het vlak te kunnen leggen, op de plaats hielden en de huls waterdicht afsloten, dank zij tusschengevoegde gummiringen. Oorspronkelijk was dit toestelletje

¹⁾ Deutsche Ophthalm. Geselsch. Heidelberg 1912 l.c.

ontworpen om rubber membranen van verschillende dikte ballistisch te onderzoeken. Dit werd hiermee dan ook gedaan. De rubber membraan puilden hoe langer hoe meer uit bij stijgenden druk en bootste een cornea na, voor zoover dit bij de inconstante welving mogelijk was.

HOOFDSTUK IV.

EIGEN ONDERZOEK

A. Voorbereidend onderzoek.

Zooals in het vorige hoofdstuk is beschreven, deed de beweging van den hamer een schaduw over de spleet en dus over het gevoelige papier glijden. Daar dit door de trommel in draaiende beweging werd gehouden, teekende de bewegende schaduw een figuur van nevenstaanden vorm op het papier (zie fig. 5). De op een rechte lijn liggende punten a , a' , a'' etc. geven de oogenblikken van aanraking met het hoornvlies weer, terwijl de punten b , b' , b'' het omkeerpunt in de hamerbeweging voorstellen. De spleet, door welke het gevoelige papier belicht wordt, is voorgesteld door de twee evenwijdige lijnen SS' . Het hamertje is in twee standen geteekend, waarvan één de ruststand. De reeds opgeteekende hamerbeweging is weergegeven door een getrokken lijn, de beweging, die nog opgeteekend zal worden door een stippellijn. De draaiende trommel deed het papier van boven naar beneden langs de spleet schuiven.

Reeds dadelijk bleek, dat op de beschreven wijze bruikbare curven konden vervaardigd worden. Ook bij lagen druk werd het hamertje over een goed meetbaren afstand teruggekaatst

en kwam het na eenige slingeringen tot rust. Werd de druk in het oog verhoogd, dan bleek het hamertje soms zoo dicht tot den uitgangsstand (hamersteel horizontaal) teruggekaatst te worden, dat er niet meer geregistreerd kon worden. Door te zorgen dat de spleet zich dicht onder het draaipunt

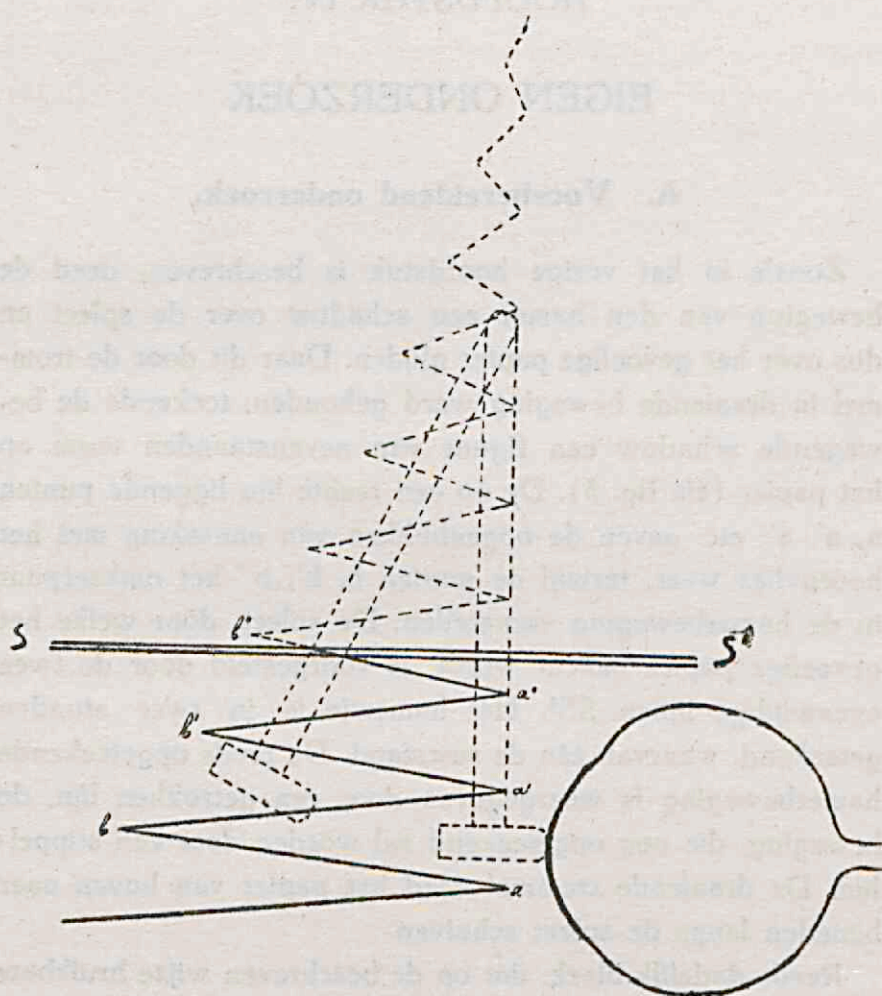


Fig. 5.

Schema van de wijze van registratie.

van den hamer bevond, werd de kans hierop zoo klein mogelijk gemaakt.

Toen vast stond, dat goed registreerbare bewegingen door den hamer werden uitgevoerd, werd nagegaan:

1° of deze bewegingen onder gelijke omstandigheden ook steeds gelijk uitvielen.

Het was noodig dit te onderzoeken, om zeker te zijn, dat niet toevallige omstandigheden de beweging van het hamertje in belangrijke mate beïnvloedden. Het leek bijvoorbeeld niet

TABEL I.

Slinge- ring	1	2	3	4	5
1	56	56	56	56	$56\frac{1}{2}$
2	35	35	34	$34\frac{1}{2}$	35
3	26	26	$25\frac{1}{2}$	$25\frac{1}{2}$	$25\frac{1}{2}$
4	20	$20\frac{1}{2}$	20	$20\frac{1}{2}$	$20\frac{1}{2}$
5	17	17	17	17	17
6	15	15	15	15	15
7	$12\frac{1}{2}$	13	$12\frac{1}{2}$	13	13
8	11	11	$11\frac{1}{2}$	12	12
9	10	10	10	$10\frac{1}{2}$	$10\frac{1}{2}$
10	9	9	$9\frac{1}{2}$	$9\frac{1}{2}$	$9\frac{1}{2}$
11	8	8	$8\frac{1}{2}$	9	8
12	$7\frac{1}{2}$	$7\frac{1}{2}$	8	8	$7\frac{1}{2}$
13	7	7	7	7	7
14	6	6	6	$6\frac{1}{2}$	6
15	$5\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$	6	$5\frac{1}{2}$
16	5	5	5	$5\frac{1}{2}$	5
17	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	5	$4\frac{1}{2}$
18	4	4	4	$4\frac{1}{2}$	4

onwaarschijnlijk, dat de hoeveelheid vocht, die op het hoornvlies aanwezig was, op het oogenblik van aanraking, den duur van deze aanraking en de daarop volgende beweging van het hamertje zou beïnvloeden. De vochtigheid van het hoornvlies wisselde, daar telkens een druppel physiologische zoutoplossing het oog overstroomde. Het bleek, dat niet dan zeer kleine verschillen tusschen de curven, die onder gelijke voorwaarden op hetzelfde oog waren opgenomen, zich voordeden, zooals uit de tabel blijkt (zie tabel I). Hierin zijn de getallen onder elkaar gezet, verkregen door het meten van de grootte van de uitslagen op 5 curven, die achter elkaar werden opgenomen op een varkensoog met een druk van 20 cm. H_2O , met het koperen hamertje. Bij de verdere proeven werd volstaan met het maken van telkens één curve bij één bepaalden druk. Als voorbeeld van de verkregen curven is de strook gevoelig papier, met de zoo juist besprokene, hierbij weergegeven (zie fig. 6.).

2° in hoeverre de plaats, waar het hoornvlies getroffen werd, van belang was.

Om dit te onderzoeken, werd nagegaan hoe hoog het hamertje opsprong bij het treffen van het hoornvlies op drie verschillende plaatsen, n.l. het midden (1), een plek dicht bij den rand op de langste cornea as (2) en een plek dicht bij den rand op de kortste as gelegen (3). Hierbij kwamen vrij groote verschillen aan het licht, zooals uit de volgende cijfers (tabel II) blijkt, die de hoogte van de eerste slingering aangeven in mm. Deze proef werd gedaan met het aluminium hamertje.

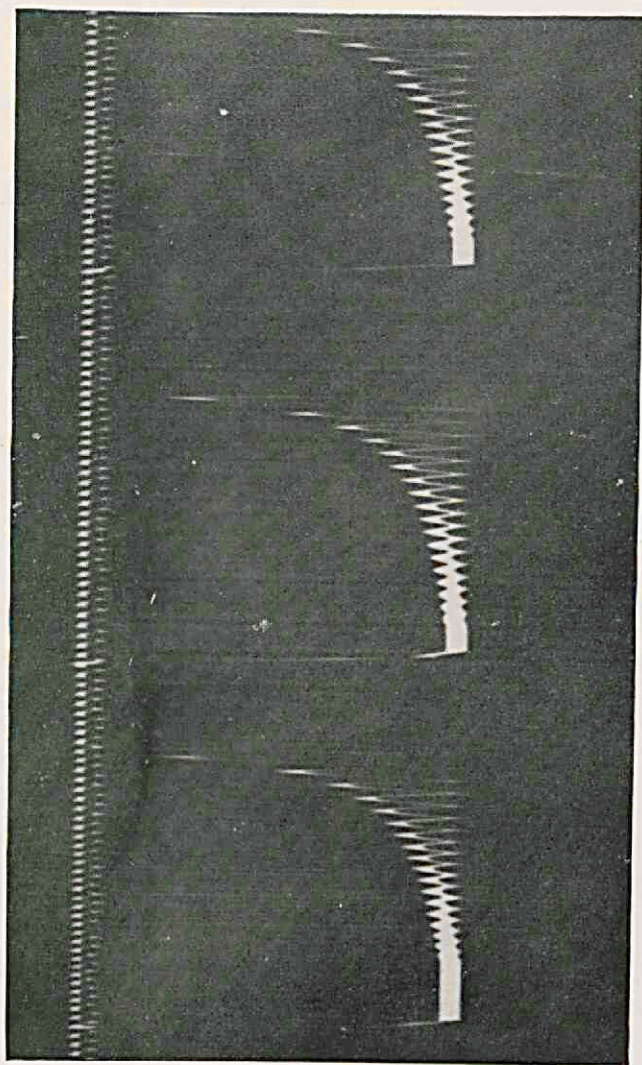


Fig. 6.
Voorbeeld van curven.

TABEL II.

druk	getroffen plaats	eerste slingering
20 cm. H ₂ O	1	19
— —	2	20
— —	3	19
40 —	1	33
— —	2	30
— —	3	26
60 —	1	39
— —	3	32
80 —	1	42
— —	3	33
100 —	1	44
— —	3	35

De hamer werd dus op het midden van het hoornvlies belangrijk hooger teruggekaatst dan op meer naar den rand gelegen plaatsen. Om deze verschillen te ontgaan, werd zoo veel mogelijk getracht den hamer op het midden van het hoornvlies te doen neerkomen en in radiaire richting.

3° hoe lang het contact tusschen hamer en hoornvlies duurde. Dit werd op de volgende wijze bepaald. De spleet werd op zoodanige hoogte gebracht, dat nu de kop van den hamer een schaduw op het gevoelige papier wierp en evenzoo het hoornvlies van het in het statief geplaatste oog. De trommel liep met de snelheid van 75 mm. per seconde. De tijdschrijver gaf iedere $\frac{1}{3}$ seconde aan. Op deze wijze was het mogelijk de aanraking van hamer aan hoornvlies op het papier vast te leggen. De duur was voor het aluminium ha-

mertje zoo kort, dat een nauwkeurige uitmeting met de snelheid van onze trommel onmogelijk bleek, in ieder geval bedroeg hij minder dan $\frac{1}{250}$ seconde. Vlak voor het tot rust komen tegen het oog bij de op een na laatste slingering bedroeg de aanrakingsduur $\pm \frac{1}{150}$ seconde. Anders was het gesteld bij het met het gewichtje bezwaarde koperen hamertje. Daar bedroeg de aanrakingsduur op het einde van de eerste slingering $\frac{1}{70}$ seconde en op het einde van de curve $\frac{1}{25}$ seconde.

B. Systematisch onderzoek van afzonderlijke oogen.

Nadat de in het vorig hoofdstuk beschreven proeven genomen waren, werd een aantal oogen aan een stelselmatig onderzoek onderworpen, waarbij de druk telkens met 10 cm. water verhoogd werd en gestegen werd van 10 tot 150 cm. waterdruk. De hamer viel hierbij steeds op het midden van het hoornvlies.

Bij het bewerken van de op deze wijze verkregen curven, deed zich in de eerste plaats de vraag voor: hoe kunnen deze onderling het beste vergeleken worden, of anders gezegd, hoe wordt de hamerbeweging het best gekarakteriseerd? Hiertoe leenden zich verschillende methoden:

- 1° het tellen van het aantal slingeringen;
- 2° het uitmeten van den tijd, gedurende welken het hamertje bewoog;
- 3° het meten van de amplitude van de eerste slingering;
- 4° het bepalen van de som van alle amplituden.

In de praktijk bleken de onder 1° en 2° genoemde methoden vrijwel dezelfde resultaten op te leveren. De afname van den slingertijd in iedere curve was te gering om de resultaten van het uitmeten van den tijd gedurende welken het hamer-

tje bewoog, te beïnvloeden en zou dit trouwens voor iedere curve in denzelfden zin gedaan hebben. De slingertijd bedroeg ongeveer $\frac{1}{4}$ seconde, het verschil tusschen de eerste en laatste slinging in slingertijd bedroeg voor de gevallen, waarvoor het berekend werd, ongeveer 8 % van den slingertijd van de eerste slinging. Tengevolge hiervan liepen de lijnen, die in een coördinatenstelsel het aantal slingeringsen en het aantal seconden van hamerbeweging in beeld brachten, vrijwel evenwijdig.

In fig. 7 zijn voor drie oogen in een coördinatenstelsel,

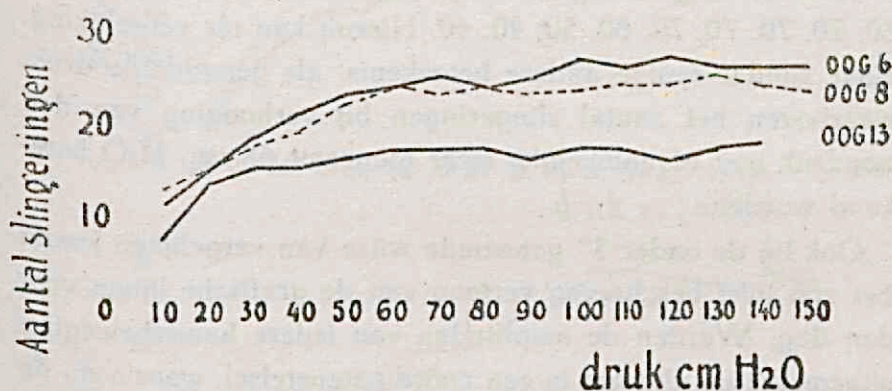


Fig. 7.

Verandering van het aantal slingeringsen bij verhooging van den druk

waarbij op de abscis de druk in cm. H₂O is afgezet en op de ordinaat het aantal slingeringsen, de betreffende getallen uitgezet en door lijnen verbonden; de curven van oog 6 en 8 werden met het koperen, die van oog 13 met het aluminium hamertje opgenomen. De absolute waarden zijn onderling niet vergelijkbaar. Het valt dadelijk op, dat deze lijnen eerst min of meer regelmatig stijgen om daarna een meer horizontaal verloop te nemen. Voor oog 8 houdt de stijging bij een druk

van 60 cm. water plotseling op, hetzelfde gebeurt geleidelijker voor de oogen 6 en 13, zoodat respect. bij een druk van 100 en 60 cm. de lijnen horizontaal komen te loopen. Soms waren er meerdere omknikkingsplaatsen, die de stijging deden verminderen of voor korten afstand ophieven. Oog 6 b.v. heeft bij 70 en oog 13 bij 30 een al bijna horizontaal loopende lijn. Toch was het bij de meeste curven mogelijk een bepaalden druk aan te geven, waarvóór de lijn vrij regelmatig steeg en waarna zij min of meer horizontaal liep. Voor de oogen 6, 8 en 13 zijn deze drukhoogten 70, 60 en 30. Bij 14 andere oogen werden de volgende getallen gevonden: 100, 90, 90, 80, 80, 80, 70, 70, 70, 70, 60, 50, 40, 40. Hieruit kan ter vergelijking, maar zonder eenige andere beteekenis, als gemiddelde druk, waarboven het aantal slingeren bij verhooging van den oogdruk niet of nauwelijks meer toeneemt 68 cm. H_2O berekend worden.

Ook bij de onder 3° genoemde wijze van vergelijken kwam het zoo juist beschreven verloop van de grafische lijnen voor den dag. Werden de amplituden van iedere hamerbeweging uitgemeten en uitgezet in een coördinatenstelsel, waarin nu de ordinaat de lengte van de amplitudo in mm. aangeeft, dan ontstonden de lijnen weergegeven in fig. 8. Hierin zijn zowel de eerste amplituden afzonderlijk, als de som der amplituden van alle slingeren van één curve uitgezet, volgens de onder 4° genoemde methode. Ook hier weer eerst een stijgen, daarna een omknikken en meer horizontaal loopen, al blijft hier ook bij de hoogere drukwaarden een neiging tot stijgen bestaan. Daar bleek, dat dit eigenaardig verloop in vrijwel alle curven weer te vinden was, leek het de moeite waard te trachten voor ieder oog de drukhoogte te bepalen, waarop deze omknikking viel. Het omknikkingspunt ligt voor oog 8.

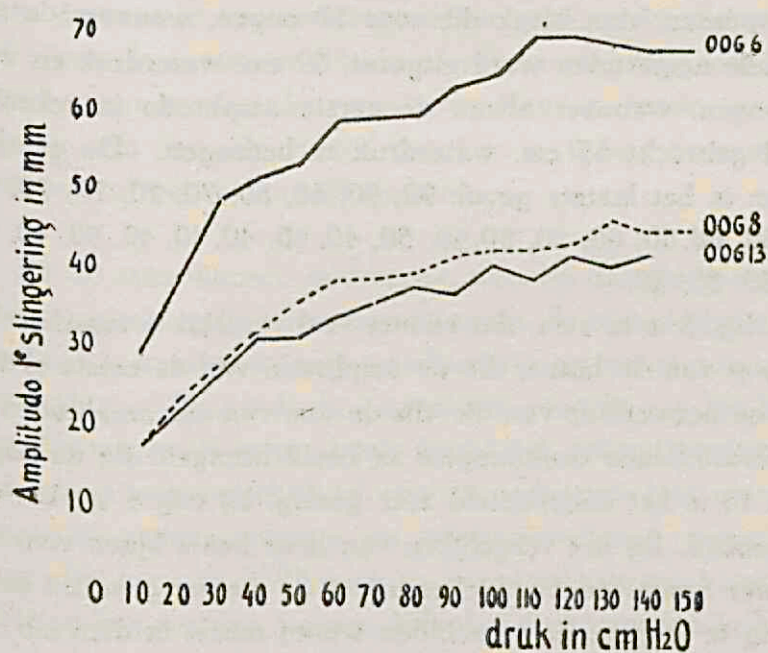
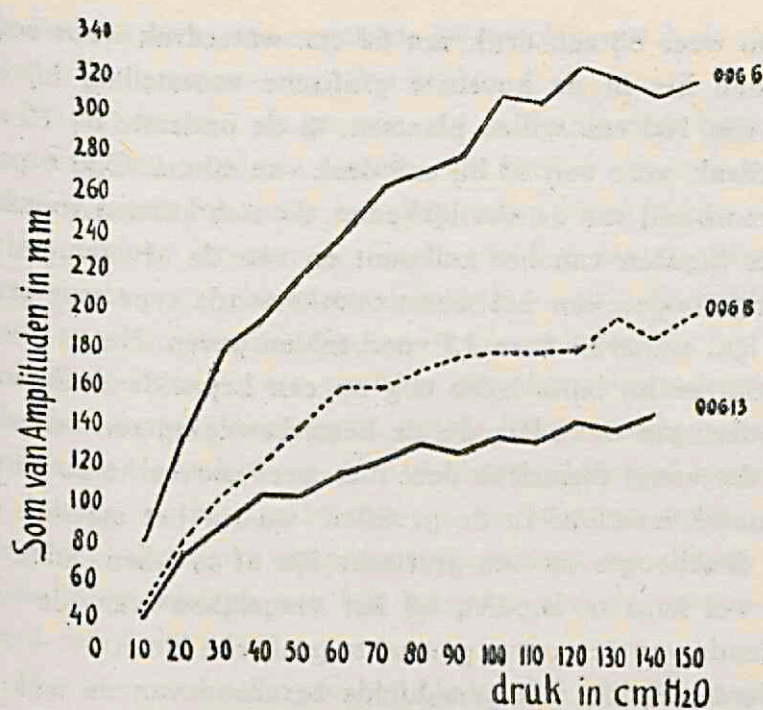


Fig. 8.

Verandering van de amplituden der slingeren bij verhooging van den druk.

ook nu weer bij een druk van 60 cm. waterdruk, voor oog 6 zou men het in de bovenste grafische voorstelling bij een druk van 100 cm. willen plaatsen, in de onderste bij 30 cm. waterdruk, voor oog 13 bij een druk van 40 cm. Oog 6 geeft een voorbeeld van de moeilijkheden, die zich kunnen voordoen bij het bepalen van het knikpunt en van de afwijkingen bij sommige oogen van het meest voorkomende type van grafische lijn, waarvan 8 en 13 voorbeelden geven. Het is duidelijk, dat er bij bijna ieder oog op een bepaalde drukhoogte veranderingen optreden, die de hamerbeweging zoo beïnvloeden, dat vanaf dien druk deze niet meer zooveel in amplitudo en aantal verschilt. In de gevallen, waarin het moeilijk viel deze drukhoogte uit één grafische lijn af te lezen, lukte het toch wel haar te bepalen bij het vergelijken van de verschillende van één curve gemaakte grafische lijnen.

Werd ook hier het gemiddelde berekend van de omknikingspunten, dan bleek dit voor 17 oogen, wanneer de som van alle amplituden werd uitgezet, 69 cm. waterdruk en voor 30 oogen, wanneer alleen de eerste amplitudo in rekening werd gebracht 55 cm. waterdruk te bedragen. De getallen waren in het laatste geval: 90, 90, 80, 80, 70, 70, 70, 70, 70, 70, 60, 60, 60, 60, 50, 50, 50, 50, 40, 40, 40, 40, 40, 40, 40, 40, 30, 30, 30.

In fig. 8 is te zien, dat er niet veel verschil is tusschen het verloop van de lijnen, die de amplitudo van de eerste slingering en het verloop van die, die de som van alle amplituden bij de verschillende drukhoogten in beeld brengen. Bij de oogen 8 en 13 is het onderscheid zeer gering, bij oog 6 sterker uitgesproken. Bij het vergelijken van deze beide lijnen voor een grooter aantal oogen, bleken zij in de meeste gevallen evenwijdig te loopen; de verschillen waren meest in dien zin, dat

de knik bij de eerste amplitudo bij een lageren druk viel, zooals uit de genoemde getallen blijkt.

Uit het feit dat de grootte van de amplituden blijft toenemen bij een oogdruk, waarbij het aantal slingeren constant is geworden — de juist besproken lijnen blijven een stijgend verloop toonen; de lijnen, die het aantal slingeren weergeven, gaan horizontaal loopen — valt de conclusie te trekken, dat de amplitudo van de slingeren van het hamertje „gevoeliger” is ten opzichte van den intraoculaire druk, dan het aantal slingeren, dat de hamer maakt, voor hij tot rust komt tegen het oog. Een verklaring hiervoor is zeker o.a. te zoeken in de kleefkracht, die de vochtige cornea op het hamertje uitoefent, waardoor slingeren met kleine amplitudo door kleving van het hamertje aan de cornea verhinderd worden.

Het bovenstaande, gevoegd bij het feit, dat het in de grafische figuren in de meeste gevallen geen onderscheid maakt of alleen de eerste amplitudo of alle in rekening worden gebracht, m.a.w. dat de verhouding van de eerste amplitudo tot de som van alle vrijwel constant is, maakt de eerste amplitudo tot een belangrijk gegeven.

Bij dit systematisch onderzoek, waarbij dus de invloed van den oogdruk op de hamerbeweging en, de beste wijze om dien invloed te karakteriseeren werd nagagaan, vroeg nog een belangrijk punt de aandacht en wel het gewicht van het hamertje. Zooals reeds in een vorig hoofdstuk gezegd is, werden er hamertjes van verschillend gewicht gebruikt. Het aluminium hamertje zonder ophang- en slingerinrichting, woog 1100 mgr., het koperen 3300 mgr. en het gewichtje dat hieraan bevestigd kon worden 3 gram. Werden de hamertjes, in het sta-

tief terwijl de hamersteel ongeveer horizontaal stond, geplaatst op de schaal van een balans, dan was voor het aluminium hamertje 650 mgr. noodig, voor het koperen 1900 mgr. en voor het koperen verzwaard met gewicht 6500 mgr. om evenwicht te maken. Met deze drie verschillende hamergewichten werden curven gemaakt. Bij vergelijking van deze curven bleek, dat hoe zwaarder het hamertje was, hoe meer slingeringen er gemaakt werden, daar het zware hamertje

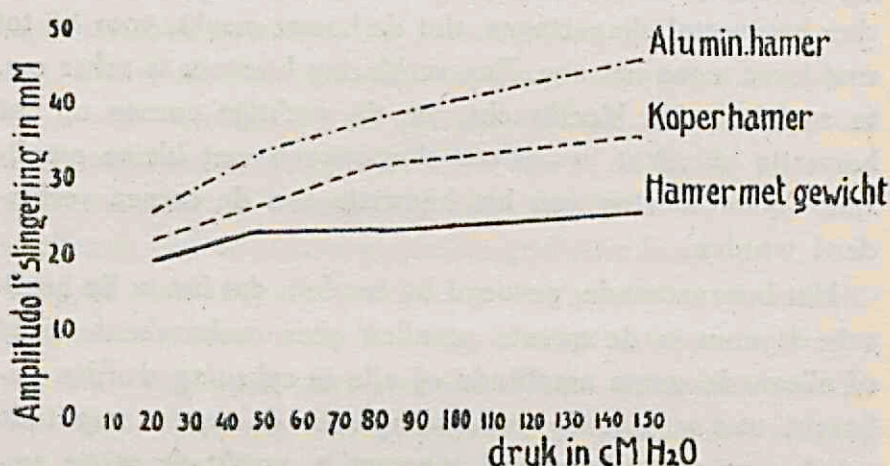


Fig. 9.

Vergelijking van hamertjes van verschillend gewicht.

veel minder tot kleven aan het hoornvlies neigde dan de lichtere. Het zware hamertje maakte op het eind van iedere curve een groot aantal zeer kleine slingeringen voor het tot rust kwam. Hierdoor was het minder geschikt voor deze proeven. Bovendien bleek de duur van aanraking tusschen hoornvlies en hamer hierbij vrij sterk toe te nemen naar het eind van iedere curve, zooals reeds vermeld is.

Bij vergelijking van de amplituden van de slingeringen de-

zer hamertjes bij gelijken oogdruk bleek het lichtste hamertje de grootste te hebben. In fig. 9 zijn de lijnen, verkregen door het uitmeten van curven, achtereenvolgens met de drie hamerjes op hetzelfde oog opgenomen, weergegeven.

Daar weinig slingeren en een groote amplitudo een gewenschte combinatie was, werd bij de meeste proeven van het lichte hamertje gebruik gemaakt. Wat vorm betrof liepen de curven met verschillende hamertjes opgenomen niet veel en niet altijd in denzelfden zin uit elkaar.

Veel lichter kon het hamertje bij mijn proefopstelling niet genomen worden, daar het dan tot dicht bij zijn uitgangspunt zou worden teruggekaatst en registratie onmogelijk zou worden. Dit bezwaar zou te ondervangen zijn door het hamertje van een ander, minder ver van het oog gelegen uitgangspunt te doen neerkomen. Daar het aluminium hamertje voor mijn proeven geschikt bleek, werd van het werken met nog lichtere afgezien. Temeer, daar er dan nieuwe bezwaren opduiken, omdat, hoe lichter het hamertje is, des te meer wordt de hamerbeweging beïnvloed door wrijving in de draaipunten van de assen, waarop het hamertje slingert, door kleven aan het hoornvlies en door luchtweerstand.

Naast den invloed van den oogdruk en het gewicht van den hamer was er nog een derde punt van veel belang, n.l. de beantwoording van de vraag of het al of niet open laten van de kraan, die het oog met den manometer verbond, van invloed was op de hamerbeweging. Om dit te onderzoeken werden curven gemaakt bij verschillende drukhoogten, telkens met open en gesloten kraan.

In fig. 10 is zoowel de grafische lijn, die de eerste amplitudo als zij, die alle amplituden vertegenwoordigt, weergegeven. Bij deze curven werd het koperen hamertje gebruikt. De ver-

schillen bij „open” en „gesloten” oog zijn klein en vallen nu eens naar den eenen, dan naar den anderen kant uit. Hieruit valt de conclusie te trekken, dat het vallende hamertje,

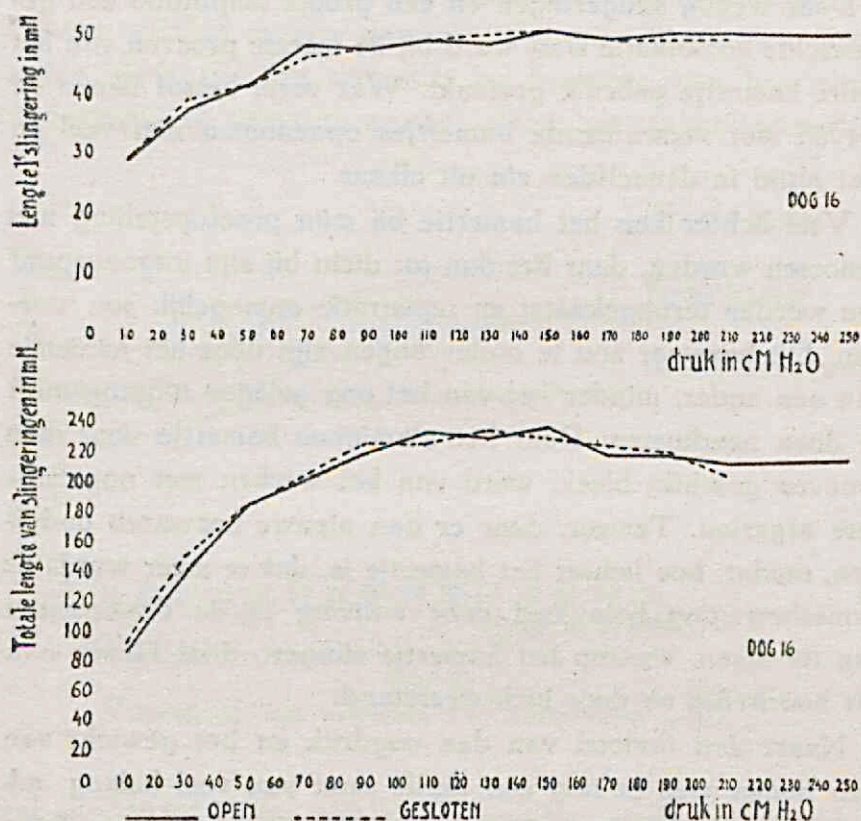


Fig. 10.
Vergelijking van „open” met „gesloten” oog.

zooals te verwachten was, slechts een zeer geringe drukverhooging in het getroffen oog teweeg brengt, of een zoo snel voorbijgaande drukverhooging, dat deze door de traagheid van den vloeistof niet tot uiting kan komen; in het andere ge-

val zou het telkens het oog treffende hamertje zeker grootere verschillen te zien geven in zijn beweging bij „open” en „gesloten” oog. De naald was bij deze proeven, evenals bij alle andere, in de voorste oogkamer gebracht, zoodat zeer gemakkelijk vloeistof uit het oog in de naald kon gedrongen worden, hetgeen, zooals reeds opgemerkt is, door lichten vingerdruk op het hoornvlies, was aan te toonen. De kraan werd, nadat deze ervaring was opgedaan, bij de proeven open-gelaten.

C. Vergelijkend onderzoek.

Nu het vaststond, dat er, althans binnen een zeker drukgebied, een gemakkelijk aantoonbaar verband bestaat tusschen de hoogte, waarop een op het hoornvlies vallend hamertje wordt teruggekaatst en den in het oog heerschenden druk, werd, nadat gezorgd was, dat alle andere voorwaarden gelijk bleven, een 25-tal varkensogen aan een vergelijkend onderzoek onderworpen. Hierbij werden bij een aantal oogen alleen de eerste amplituden op het gevoelige papier in beeld gebracht. Toen de op deze wijze verkregen curven uitgemeten en onderling vergeleken werden, wat nu ook voor zoover het de absolute waarden betrof kon gebeuren, bleek al dadelijk dat er groote verschillen tusschen de curven aanwezig waren. Het was geheel onmogelijk om bij onze proefopstelling uit de grootte van de eerste amplitudo te besluiten tot den in het oog heerschenden druk. Deze grootte wisselde bij verschillende oogen bij gelijken druk onderzocht, binnen wijde grenzen, zooals in fig. 11 te zien is, waarin de lijnen behooren bij 4 willekeurig gekozen oogen. Oog 37 valt met zijn sterk stijgende lijn bij de hooge drukwaarden, buiten den gewonen vorm. Nog enkele oogen

vertoonden deze weer sterker wordende neiging tot stijgen aan het eind van de grafische lijn.

Deze belangrijke verschillen kunnen aan vele oorzaken toegeschreven worden. Eenige van deze mogelijke oorzaken waren voor een onmiddellijk onderzoek toegankelijk. Het lag voor de hand te denken aan den invloed van *postmortale veranderingen*. Het tijdsverloop na den dood scheen echter geen

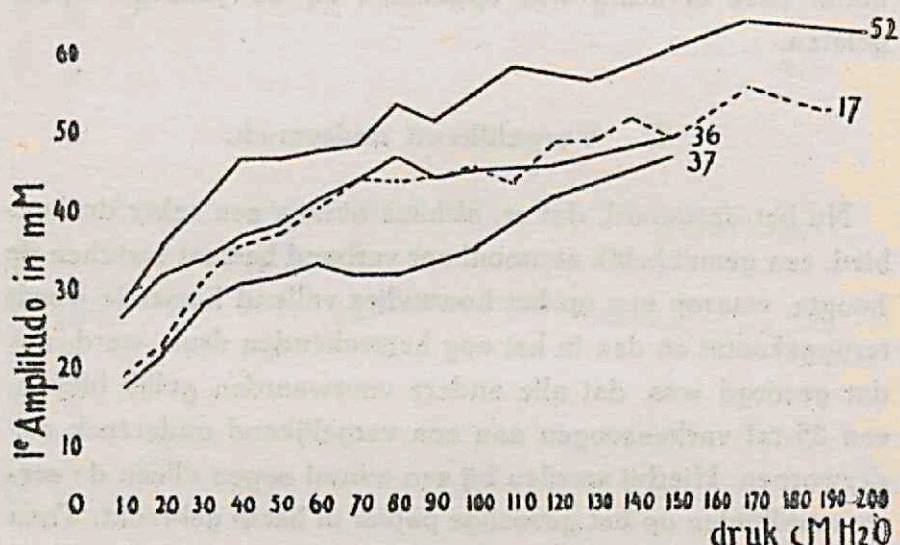


Fig. 11.

Onderlinge vergelijking van 4 willekeurig gekozen oogen.

invloed op de bewegingen van het hamertje te hebben. Groepeerings naar het uur van onderzoek leverde geen grootere overeenkomst tusschen de lijnen op, dan een willekeurige groepeerings. De proeven waren gedaan tusschen 14 en 23 uur steeds met oogen van een des morgens geslacht varken.

Een tweede mogelijkheid was, dat de wisselende grootte van de oogen de verschillen teweegbracht. Het volume wisselde van 7 tot 10½ ccm. Ook bij onderzoek van dit punt,

lukte het niet eenig verband met de hamerbeweging aan te toonen. Het lijdt geen twijfel, dat de grootte van de oogen inderdaad invloed heeft; deze invloed schijnt echter zeer gering te zijn in vergelijking met dien door andere factoren uitgeoefend, zoodat hij niet aangetoond kan worden in de curven.

Ten derde kan verschil in *kromming van het hoornvlies* de amplitudo van de hamerbeweging beïnvloeden. De kromming van het hoornvlies werd bij te weinig oogen gemeten, om een zeker oordeel te kunnen uitspreken. Bij 4 oogen werd deze slechts binnen zeer enge grenzen wisselend gevonden en bleek de kromming van het hoornvlies bij stijgen van 25 tot 200 cm. waterdruk niet of zeer weinig te verminderen. *Laqueur*¹⁾ geeft aan dat de krommingsstraal bij varkensoogen wisselt van 8,5—9,5 mm. en dat er normaliter een astigmatisme van 1,5—2 d. gevonden wordt. In ieder geval lijkt het onwaarschijnlijk, dat de groote gevonden verschillen uit het geringe onderscheid in hoornvlieskromming zouden moeten verklaard worden.

Waarschijnlijker is, dat de verklaring moet gezocht worden in verschillen in die physische eigenschappen van de oogomhulsels, die aangeduid worden met de woorden *elasticiteit* en *rigiditeit*.

Dat *veranderingen van den inhoud* van het oog geen al te belangrijke rol spelen, zal blijken uit een nog te beschrijven proef.

In de tot nu toe beschreven proeven trof steeds het hamertje het hoornvlies van het onbeschadigde oog. Zooals reeds in het hoofdstuk, waarin de methode van werken werd uiteengezet, gezegd is, werd ook bij een aantal oogen (9) de

¹⁾ v. Graefe's Archiv 30, S 99, 1884.

sclera aan een onderzoek onderworpen. Het hamertje viel op een zorgvuldig gereinigd deel van de sclera, dat ongeveer 1 cm. van den rand van het hoornvlies verwijderd was. Ook hier werd van een waterdruk van 10 cm. gestegen tot 150 of 200 cm. Bij 't doorzien van de curven bleek de amplitudo van de hamerbeweging veel kleiner dan bij de proeven, bij welke het hoornvlies als stootkussen diende en de demping van de hamerbeweging veel sneller tot stand te komen. De grafische

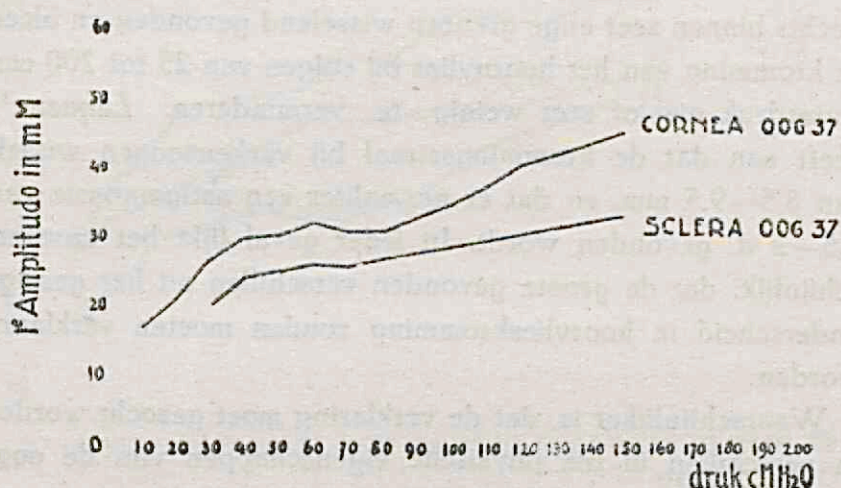


Fig. 12.

Vergelijking van cornea met sclera van hetzelfde oog.

lijnen, die deze curven in beeld brachten, liepen dan ook veel lager, dan zij, die bij de cornea hoorden. In fig. 12 zijn de beide grafische lijnen van hoornvlies en sclera van oog 37 weergegeven. De inzinking, die bij een druk van 70 cm. in de hoornvlies-lijn valt waar te nemen, is in die van de sclera ook aangeduid, en wel door een horizontaal verloop. Er is in deze beide lijnen en ook in die van de overige onderzochte oogen een neiging tot evenwijdig loopen. Dit wijst er op, dat

de *vorm* van de lijnen voor een goed deel wordt bepaald door een factor, die op hoornvlies en sclera gelijkelijk zijn invloed laat gelden en dat de bestaande verschillen in physische eigenschappen bij dezen gemeenschappelijken factor

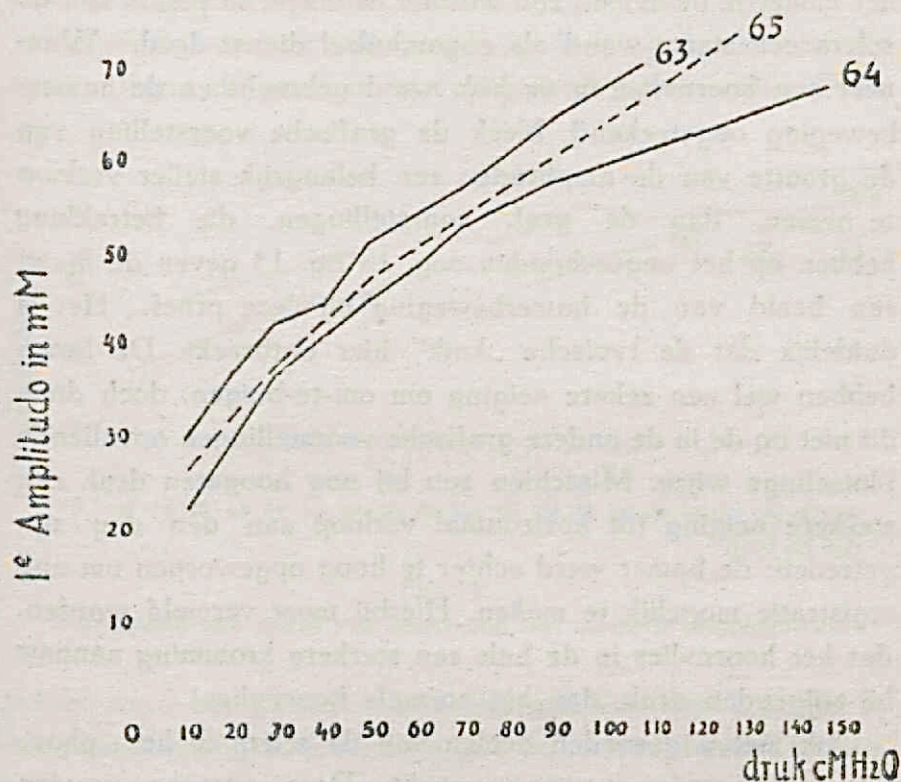


Fig. 13.

Verandering van amplitudo bij verhooging van druk in oogphantoom.

vergeleken een zwakken invloed uitoefenen. Wel schijnen deze verschillen de *amplitude* van de hamerbeweging in sterke mate te beïnvloeden, zooals reeds opgemerkt is, waarbij dan ook het verschil in kromming beteekenis toegekend moet worden, dat tusschen hoornvlies en sclera aanzienlijk is.

Op een mogelijke verklaring voor de vorm van de lijnen zal in de volgende hoofdstukken nog nader ingegaan worden.

Ten slotte werden nog onderzocht deelen van het oog, bevestigd in de beschreven koperen huls. De bedoeling van dit onderzoek was na te gaan in hoeverre de beweging van het hamertje beïnvloed zou worden, wanneer in plaats van de sclera een starre wand als oogomhulsel dienst deed. Wanneer een hoornvlies in de huls werd gebracht en de hamerbeweging opgeteekend, bleek de grafische voorstelling van de grootte van de amplituden een belangrijk steiler verloop te nemen, dan de graf. voorstellingen, die betrekking hebben op het ongeschonden oog. In fig. 13 geven de lijnen een beeld van de hamerbeweging bij deze proef. Het is duidelijk dat de typische „knik” hier ontbreekt. De lijnen hebben wel een zekere neiging om om-te-buigen, doch doen dit niet op de in de andere grafische voorstellingen opvallende plotselinge wijze. Misschien zou bij nog hooger druk een sterkere neiging tot horizontaal verloop aan den dag zijn getreden; de hamer werd echter te hoog opgeworpen om nog registratie mogelijk te maken. Hierbij moet vermeld worden, dat het hoornvlies in de huls een sterkere kromming aannam bij stijgenden druk, dan het normale hoornvlies.

Ook met uitgesneden deelen van de sclera in het „phantoomoog” werden curven gemaakt. Deze proeven werden niet verder uitgebreid, daar de welving van de sclera te veel wisselde bij verschillende drukhoogten en bij verschillende stukken onderling.

Fig. 14 geeft een voorbeeld van een curve op sclera opgenomen. De lijn, die bij deze curve hoort, is genummerd 64, de lijnen genummerd 60 en 62 behooren bij sclera-curven van ongeschonden oogen. Hier schijnt de „knik”, die bij de beide

laatste ligt bij een druk van 90 en 40 cm. water, omhoog geschoven te zijn tot 130 cm. (misschien ook moet 90 als het knikpunt beschouwd worden, in dat geval zou deze lijn bij een ongeschonden oog kunnen behooren). In hoeverre echter de toenemende welving hier zijn invloed heeft uitgeoefend, moet in het midden gelaten worden.

Hetzelfde bezwaar valt, zooals reeds is opgemerkt, ook te maken tegen de proeven met uitgesneden hoornvlies. Daar

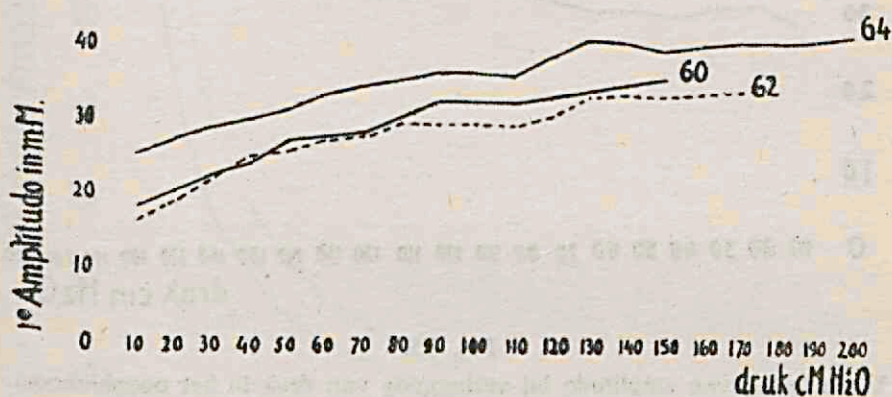


Fig. 14.

Vergelijking van sclera van intact oog met sclera in oogphantoom.

echter werd het geheele hoornvlies met een strook sclera in het phantoomoog bevestigd en gaf de hoornvliesrand binnen zekere grenzen een geraamte, dat sterke wisseling in welving tegen hield.

De curven op het phantoomoog met hoornvlies gemaakt, schijnen er op te wijzen, dat de typische „knik” gebonden is aan het ongeschonden zijn van het oog. Blijbaar is er bij hooger en druk een invloed werkzaam, die nog hooger opwerpen van het hamertje tegen werkt.

Werd een rubber membraan van ongeveer 1 mm. dikte in

het phantoomoog aangebracht, dan kon nevenstaande lijn uit de daarmee verkregen curven ontworpen worden. De lijn neemt een onregelmatig verloop, maar blijkt over den geheelen afstand te stijgen (fig. 15).

Bij de tot nu toe beschreven proeven met het phantoomoog, was dit gevuld met water. Bij enkele proeven werd het gevuld met een 0,5 % agar-agar oplossing, met het doel de

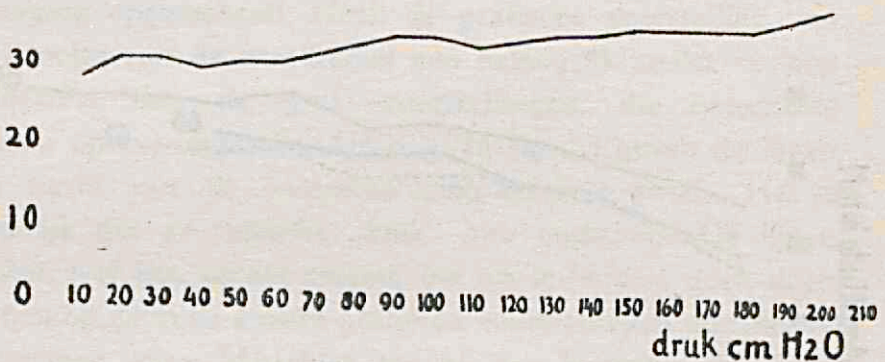


Fig. 15.

Verandering van amplitudo bij verhooging van druk in het oogphantoom, voorzien van een rubber membraan.

hamerbeweging te leeren kennen, wanneer de hamer een membraan trof, die in spanning werd gehouden, door een vloeistof met grootere viscositeit dan water. Als membraan werd hierbij een rubberplaatje gebezigd van 0,6 mm. dikte. Ter vergelijking werden ook eenige curven bij denzelfden druk met watervulling geregistreerd. In fig. 16 zijn de amplituden uitgezet van twee curven, na elkaar opgenomen, één met water en één met agar-agarvulling, bij een druk van 70 cm. water. De getrokken lijn hoort bij de curve met agar-agarvulling, de gestippelde bij die met watervulling. Bij de agar-agarvulling valt de geheele curve iets lager en gaat de

damping wat sneller. Daar een zoo groot verschil in viscositeit, als dat tusschen de 0,5 % agar-agar oplossing en water zoo weinig invloed uitoefent, kan een mogelijk verschil in visco-

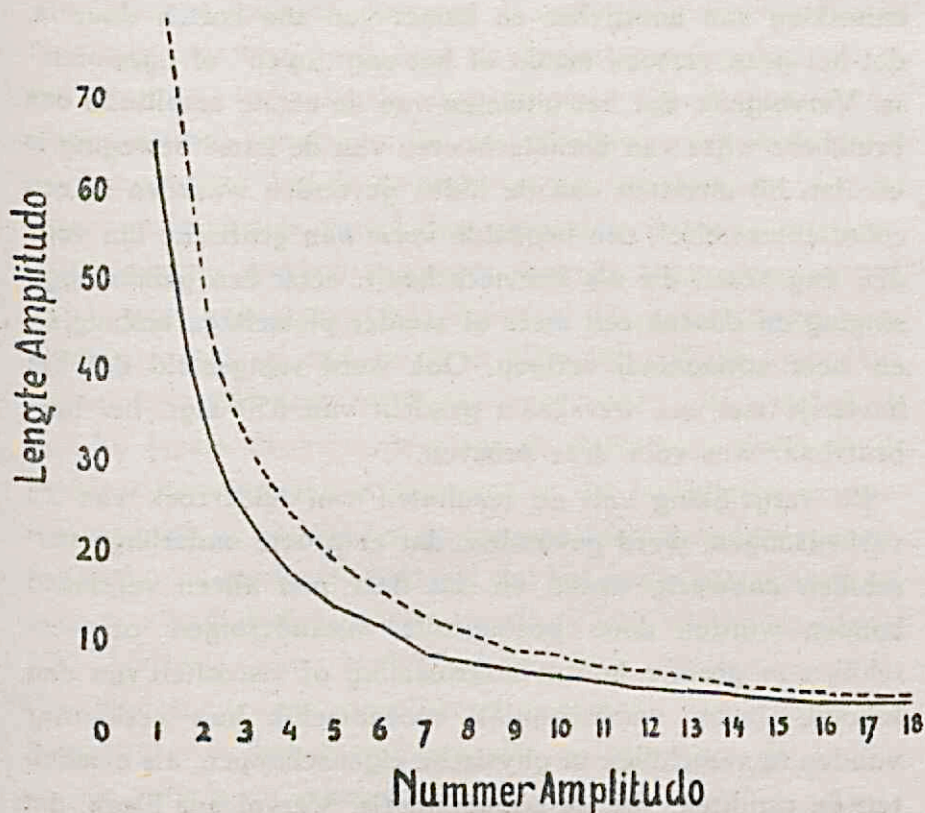


Fig. 16.

Vergelijking van oogphantoom gevuld met water (gestippelde lijn) met oogphant. gevuld met 0.5 % agar-agar, (getrokken lijn).

siteit van den inhoud van ongeschonden oogen, de hamerbeweging nauwelijks beïnvloeden.

Wanneer nog eens samengevat wordt wat de reeks proeven heeft opgeleverd, dan moet in de eerste plaats vermeld worden, dat gebleken is, dat hetzelfde oog onder dezelfde

omstandigheden verschillende malen onderzocht, telkens dezelfde curve oplevert; dat het daarbij van belang is, te letten op de plaats, waar het hoornvlies getroffen wordt; dat de aanraking van hoornvlies en hamer van zoo korten duur is, dat het geen verschil maakt of het oog „open” of „gesloten” is. Vervolgens, dat het uitmeten van de eerste amplitudo een bruikbare wijze van karakteriseeren van de hamerbeweging is en dat, bij uitzetten van de aldus gevonden waarden in een coördinatenstelsel, een bepaalde vorm van grafische lijn voor den dag komt, die als kenmerk heeft, eerst een gelijkmatige stijging en daarna een meer of minder plotselinge ombuiging en meer horizontaal verloop. Ook werd vastgesteld dat het hamertje met een werkzaam gewicht van 650 mgr. het best bruikbaar was voor deze proeven.

Bij vergelijking van de resultaten van onderzoek van 25 varkensoogen, werd gevonden, dat er groote onderlinge verschillen aanwezig waren en dat deze niet alleen verklaard konden worden door postmortale veranderingen of verschillen in grootte, hoornvlieskromming of viscositeit van den inhoud, maar waarschijnlijk voornamelijk hun verklaring vonden in verschillen in physische eigenschappen, als elasticiteit en rigiditeit, van de oogomhulsels. Vervolgens bleek, dat de op de sclera opgenomen curven een zekere overeenkomst in *vorm* met de op het hoornvlies van hetzelfde oog gemaakte hadden, wel bestond er een aanzienlijk verschil in *hoogte*, dat werd toegeschreven aan verschillen in physische eigenschappen tusschen hoornvlies en sclera.

Bij proeven met cornea, geplaatst in het koperen phantoom-oog, bleek de grafische voorstelling van de curven zijn eigenaardig karakter te verliezen en meer tot een rechte lijn te naderen, welke vorm van lijn eveneens gevonden werd bij

het onderzoek van een rubbervlies; hier vertoonden zich echter groote onregelmatigheden.

Het is bij het beschouwen van de grafische voorstellingen zonder meer duidelijk, dat vóór de ombuiging de heerschende oogdruk voor een goed deel de hamerbeweging bepaalt en dat daarnaast individueele eigenschappen van de onderzochte oogen invloed uitoefenen. Na de ombuiging gaan deze laatste voor 't grootste deel de hamerbeweging bepalen. Dat er zulke groote individueele verschillen gevonden werden, kan geen verwondering wekken, wanneer men in aanmerking neemt, dat er geen enkele soort van keuze op de varkensoogen werd toegepast; jong en oud, groot en klein zijn vertegenwoordigd.

Het lijkt met deze resultaten voor oogen niet onmogelijk, dat bij lagere drukwaarden met de ballistische methode de oogdruk kan bepaald worden, m.a.w. dat ballistische tonometrie mogelijk is, waarbij het groote verschil met andere tonometriemethoden hierin zou bestaan, dat het oog in zijn physiologische omstandigheden gelaten wordt, tijdens de meting. Voor dat hierover een beslist oordeel kan uitgesproken worden, zou eerst door vergelijkend onderzoek van levende en geëxstirpeerde menschenoogen, de invloed van de individueele verschillen moeten worden bepaald.

Het onderzoek naar de mogelijkheid van ballistische tonometrie was hiermee eigenlijk beëindigd. De mogelijkheid kon opengelaten worden, doch met twee beperkingen:

1° slechts bij lageren druk en 2° wanneer de individueele verschillen bij levende menschenoogen niet te groot zouden blijken te zijn.

De eigenaardige vorm van de grafische lijnen, die de hamerbeweging in beeld brachten, vroeg echter nog een verklaring. Om deze reden werden de in het volgende hoofdstuk beschreven proeven aan het voorgaande onderzoek aangesloten.

HOOFDSTUK V.

ONDERZOEK NAAR DE VORMVER- ANDERING VAN VARKENSOOGEN BIJ VERHOOGING VAN DEN INTRAOCULAIREN DRUK.

Zooals uit het in het vorige hoofdstuk meegedeelde blijkt, is het waarschijnlijk, dat de eigenaardige vorm van de beschreven curven (eerst steil, dan ombuigend naar horizontaal) afhankelijk is van het intact zijn van het oog.

Zonder twijfel treedt er bij verhooging van den oogdruk bij de meeste oogen op een gegeven moment een of andere verandering in de oogomhulsels op, hetzij doordat een nieuwe factor zijn invloed doet gelden, hetzij doordat een van af het begin van de drukverhooging werkende factor, wegvalt. Het lag voor de hand na te gaan, wat er bekend was over het gedrag van de omhulsels van het (intacte) oog bij drukverhooging.

Literatuuroverzicht.

Verskillende methoden van onderzoek bleken hierbij toepassing te hebben gevonden.

Een ervan hield zich bezig met het bepalen van de volumetoename van het oog bij drukstijging, een andere met het maken van afdrukken van een oog, bij verschillende oogdrukken, daarnaast was de verandering van krommingsstraal, speciaal van het hoornvlies, gemeten en tenslotte was ook met reepen scleraal en corneaal weefsel geëxperimenteerd, ter bepaling van de rekbaarheid. De meeningen waren aanvankelijk zeer verdeeld over de mate van rekbaarheid, die aan de sclera mocht worden toegeschreven.

Terwijl *Donders* gesproken had van de „kaum elastischen sclerotica“ ¹⁾ en *Berthold* ²⁾, wat de vaatverhoudingen betreft, het oog met den schedel vergeleek, noemde *Leber* ³⁾ de sclera een elastisch kapsel. In den loop der jaren nam de belangstelling voor de sclera hoe langer hoe meer toe en groeide het aantal experimenteele onderzoekingen op dit gebied snel aan. Deze belangstelling is ook op den huidige dag niet getaand. In den jongsten tijd beginnen physico-chemische onderzoekingen van de oogomhulsels de aandacht te vragen.

In 1864 deed *Schelske* ⁴⁾ een onderzoek over de betrekking tusschen oogdruk en hoornvlieskromming. Hij schreef bij die gelegenheid: de vraag naar de vormverandering van het hoornvlies, is geen andere dan deze, hoe het physische principe, volgens welk een hol elastisch lichaam bij verhooging van den inwendigen druk den bolvorm nadert, toegepast mag worden op het oog. Deze gedachte zou *Koster* later uitwerken. *Schelske* wees er reeds op, dat bij het oog geen

¹⁾ v. Graefe's Archiv I, S. 99, 1854.

²⁾ Klin. Monatsbl. VII Beilageheft 1870.

³⁾ Graefe-Saemisch II, S. 368, 1876.

⁴⁾ v. Graefe's Archiv 10.2 S. 1, 1864.

gelijkmatige elasticiteit en geen homogeniteit van de wanden mag aangenomen worden. Hij deed proeven met menschenoogen en vond, dat bij uitrekking van uitgesneden reepen corneaal en scleraal weefsel „knickungen” in het regelmatig verloop van de uitrekking aan het licht kwamen, die hij toeschreef aan het verschillend gedrag van verschillende scleralagen.

Weber¹⁾ herhaalde de proeven van Schelske met 3 tot 5 mm. breede strooken uit verse menschenoogen en kwam tot het besluit, dat de verwardheid van het resultaat grooter werd evenredig met het aantal genomen proeven. Daarom bepaalde hij geen gemiddelden, dit zou „mathematischer Unsinn” geweest zijn. De eenige methode om over de uitrekbaarheid van de sclera gegevens te krijgen, ligt in de bepaling van de uitzetting van den bulbus bij toename van den inwendigen druk, was zijn oordeel.

von Schultén²⁾ voerde met honden- en konijnenooogen proeven uit, in den door Weber bedoelden zin. Hij verbond deze versch weggenomen oogen door middel van een canule, die naast den nervus opticus in de sclera was ingestoken, met een manometer, waarin met behulp van een zuiger de kwikdruk geregeld kon worden. Tusschen oog en manometer bevond zich een glazen buis van fijn kaliber. In deze buis werd een luchtbel gebracht, die de in de buis plaats hebbende vloeistofbeweging controleerbaar maakte. von Schultén ging op de volgende manier te werk: hij verhoogde den manometerdruk tot een bepaalde hoeveelheid vloeistof in het oog was gedrongen, las den dan heerschenden druk af en liet dezen

¹⁾ v. Graefe's Archiv 23, S. 23, 1877.

²⁾ v. Graefe's Archiv 30, S. 1, 1884.

weer dalen tot het beginniveau, waarbij werd genoteerd hoeveel vloeistof het oog weer verliet. Op deze wijze trachtte hij den invloed van het „lekkende” van het oog weg te werken. Het gemiddelde van de in- en van de uitstroomende hoeveelheden vocht was de volumetoename, immers werd bij het inpersen de volumevermeerdering evenveel te hoog, als bij het uitlaten de volumevermindering te laag werd geschat. Deze bepalingen werden zeer snel gedaan. *v. Schultén* vond, dat de „elastische uitrekbaarheid” van den bulbus bij de onderzochte dieren bij lagen druk relatief belangrijk is en reeds bij 30—40 mm. Hg. druk zeer gering wordt.

*Straub*¹⁾ meende, dat de oorzaak van dit verschijnsel gelegen was in het feit, dat de sclera eerst ontplooid werd en daarna gerekt. Deze opvatting was een voorloopster van die van *Koster*, waarbij op de benadering van den bolvorm de aandacht werd gevestigd. Ook *Straub* was de meening toegedaan, dat eerst vormverandering, „ontplooijing”, van de sclera optrad en daarna rekking.

*Ischreyt*²⁾ kon zich met deze zienswijze niet vereenigen, omdat een plooiing van de sclera zou moeten ontstaan, volgens hem, onder den invloed van elastische vezels en er dus twee soorten elastische vezels zouden moeten worden aangenomen. Deze verklaring nam *Schelske*³⁾ voor een analoog verschijnsel bij zijn rekkingsproeven wel aan. *Ischreyt* deed deze rekkingsproeven op uitgebreide schaal opnieuw en verwaarloosde daarbij niet, zooals *Weber* gedaan had, ten koste van een bruikbaar resultaat, het onderzoek van de verschil-

¹⁾ v. Graefe's Archiv 35, S. 35, 1889.

²⁾ v. Graefe's Archiv 46, S. 677, 1898 en 48 S. 384, 1899.

³⁾ v. Graefe's Archiv l.c.

lende deelen van de sclera. Een anatomisch onderzoek naar het vezelverloop van dit weefsel sloot hij hierbij aan. Hij kwam op grond van zijn onderzoek tot de conclusie, dat het achterste deel van de sclera verschillen in bouw en eigenschappen vertoont met het voorste. De achterste sclerakoepel bezit een grootere rekbaarheid en hieruit meent *Ischreyt* de conclusie te mogen trekken, dat dit een elastisch apparaat is, dienende tot het onschadelijk maken van volumenveranderingen.

In 1895 reeds had *Koster*¹⁾ proeven gedaan ter nader onderzoek van het punt, waarop *Schelske* gewezen had, in hoe verre het oog bij verhooging van den inwendigen druk den bolvorm tracht te naderen. Zijn groote vindingrijkheid blijkt uit de wijze, waarop hij de vormverandering van het oog naging. Op een trechter werd een gummimembraan gespannen, op het midden waarvan een naald was aangebracht. De nauwe opening van den trechter stond in verbinding met een gecalibreerde buis, zoodat iedere beweging van den naald, zich vele malen vergroot herhaalde in het vloeistofniveau van de buis. Eenige van zulke trechters werden met de naald tegen het te onderzoeken oog aangezet, terwijl de druk in dat oog sprongsgewijs verhoogd werd. Bij het varkensoog bleek tot een druk van 80 mm. Hg. alleen de afstand van nervus opticus tot cornea toe te nemen, daarna begonnen ook de andere afmetingen toe te nemen.

Koster herhaalde de proeven van *v. Schultén* en bepaalde de volumentoename van varkens- en konijnenooien bij verhooging van den oogdruk. Hij gebruikte daarbij de manometer van *Leber*, en kon met dit instrument niet zooals *v. Schultén* op de boven beschreven wijze deed, het lekken uitschakelen.

¹⁾ v. Graefe's Archiv 41, S. 113, 1895.

Het weer laten zakken van den druk tot het beginniveau kostte te veel tijd, de fout door de filtratie werd zooveel te groot, dat er voor de volumetoename geen betrouwbare getallen konden verkregen worden. *Koster* perste een bepaalde hoeveelheid vloeistof in het oog, en bracht onmiddellijk daarna het kwikniveau in het naar het oog gekeerde been op 0 en las den druk af. Door zoo snel mogelijk te werken trachtte hij de filtratiefout tot een minimum te beperken. De volumetoename bleek het sterkst te zijn tot een druk van 30 mm. Hg. (zie fig. 17, p. 76). Daar volgens *Koster* ook tot dien druk de veranderingen in de maten 't duidelijkst optraden, (uit de door hem gegeven tabellen blijkt dit wel voor konijnenoogen, niet voor varkensoogen) is de volumetoename tot 30 mm. Hg. voornamelijk toe te schrijven aan vormverandering van het oog, en wel aan benadering van den bolvorm, daar de korte assen langer en de lange korter worden of gelijk blijven. Het laatste zou dan toe te schrijven zijn aan een tegen elkaar opwegen van verlenging door rekking van de sclera en verkorting door nadering tot den bolvorm. Bij de hoogere drukwaarden zou de rekking van de sclera hoe langer hoe grooter rol gaan spelen.

Op de proeven van *Ischreyt* leverde *Koster* ¹⁾ kritiek, betoogende, dat omtrent een weefsel, dat bestaat uit samengevlochten vezels, niet door het uitsnijden van een strook gegevens kunnen worden verkregen en dat de door *Ischreyt* bij de rekkingsproeven gebruikte gewichten veel te zwaar waren in verhouding tot de rekking, waaraan de sclera in physiologische omstandigheden is blootgesteld.

Later was *Koster* ²⁾ in de gelegenheid een volumencurve

¹⁾ v. Graefe's Archiv 49, S. 448, 1900.

²⁾ v. Graefe's Archiv. 52 S. 402, 1901.

van een wegens lidcarcinoom geëxstirpeerd menschelijk oog te maken (zie fig. 18, p. 78). Daarna werden volgens een, reeds eerder door hem gevolgd methode gipsafdrukken van het oog genomen bij verschillende oogdrukken en ten slotte 24 uur later de volumemeting herhaald, nu met een vulling van olijfolie, om lekken te voorkomen. Uit de gipsafdrukken bleek, dat de achterste bulbuswand naar buiten verplaatst wordt, terwijl de aequatoriale streek naar binnen komt. Aan het voorste deel van het oog was haast geen verandering op te merken, blijkbaar speelt de rekking van de sclera bij het menschelijk oog een ondergeschikte rol, daar juist in het voorste deel de sclera het dunst is. Ook bij het menschelijk oog bleek volgens *Koster* bij drukverhooging de nadering tot den bolvorm op te treden.

*Leber*¹⁾ deelde deze opvatting van *Koster* en meende de ruimtevermeerdering, die in het oog bij stijgenden druk ontstaat, deels aan de nadering tot den bolvorm, deels aan rekking te moeten toeschrijven. Het naderen tot den bolvorm gaat reeds met *ongelijkmatige* rekking gepaard, eerst is deze dus onregelmatig, later gelijkmatig. Hij deed een uitgebreid onderzoek naar de filtratie van varkens- en konijnenoogen. Het bleek hem, dat een van te voren ontspannen oog gedurende zeer langen tijd (uren), nadat het weer op een druk van b.v. 24 mm. Hg. is gebracht, blijft uitzetten. Hij schreef dit toe aan elastische nawerking. De hoeveelheid vloeistof, die het oog verliet, bedroeg gemiddeld bij een, niet van te voren ontspannen, konijnenoog 4 cmm. per minuut. De temperatuur bleek hierbij van grooten invloed, bij lage temperatuur is er geringere filtratie, dan bij hoogere.

Ook deed *Leber* een proef over de volumetoename van

¹⁾ Archiv f. Ophthalmol. 64, S. 1, 1906.

een varkensoog bij stijgen van den druk. Door snel werken trachtte hij daarbij den invloed van de filtratie te ontgaan. De geheele proef duurde nog geen 4 minuten. Wordt de hierbij behorende curve geteekend omgerekend op waterdruk, dan blijkt deze steil te stijgen tot ongeveer 35 cm. waterdruk en daarna zeer langzaam te gaan ombuigen. *Leber* ging tot bijna 100 cm. waterdruk; een duidelijk rechtlijnig verloop wordt daarbij niet bereikt.

Met het voorgaande in overeenstemming is, wat de meeste onderzoekers vonden omtrent het gedrag van de krommingsstraal van het hoornvlies bij drukverhooging. *Helmholtz*¹⁾ deelde mee, dat hij gevonden had, dat de krommingsstraal des te grooter was, naarmate de oogdruk hooger was. *Schelske*²⁾ kon bij zijn proeven op konijnen- en menschenoogen deze uitspraak van *Helmholtz* bevestigen. *Laqueur*³⁾ vond bij versche varkensoogen, wanneer hij den druk door insputting in het glasvocht zoo hoog maakte, dat 't oog „ganz prall” aanvoelde, een verlenging van den radius van 0,3—0,5 mm. Ook *Eissen*⁴⁾ vond, dat in 't algemeen bij hooger en druk de cornea vlakker is dan bij lageren. Het bleek, dat onder 46 konijneogen er niet twee gelijk reageerden op de drukverhooging, zoodat er geen sprake kon zijn van eenige groepeerings van de onderzochte oogen. *Koster*⁵⁾ vond bij levende konijneogen geen verschil in cornea radius tusschen een druk van 30 en 120 mm. Hg. *Ten Doesschate*⁶⁾ bevestigde de vondst van *Eissen*,

¹⁾ v. Graefe's Archiv. I, S. 2, 1854.

²⁾ v. Graefe's Archiv l.c.

³⁾ v. Graefe's Archiv l.c.

⁴⁾ v. Graefe's Archiv 34, S. 1, 1888.

⁵⁾ v. Graefe's Archiv 1895 l.c.

⁶⁾ Klin. Monatsbl. 61, S. 411, 1918.

dat bij konijnen de stijging van druk de cornea platter maakt. Hij geeft eenige voorbeelden van wisselende hoornvliesstralen bij wisselenden oogdruk in het levende menschenoog, echter niet alle wisselingen zijn in den zin van grooter radius bij hooger druk.

In lateren tijd herhaalde Greeves¹⁾ nog eens de volumemetingen, volgens een andere methode. Hij deed een versch varkensoog in een met zoutoplossing gevuld fleschje, dat afgesloten werd met een rubber stop, die doorboord werd door een gecalibreerde buis en een naald. De laatste verbond het oog met een „pressure bottle”, een soort gelijke inrichting, als ik gebruikte om den druk in het oog te verhoogen. Een varkensoog van gemiddelde grootte, had, terwijl uitgegaan werd van 25 mm. Hg. druk, 1 cmm. grooteren inhoud per mm. Hg. drukstijging. Na een druk van 35 mm. Hg. werd de volumetoename geleidelijk minder.

Casolino²⁾ herhaalde de proeven met reepen corneaal en scleraalweefsel. Hij belastte reepen sclera met gewichten van 250 en 500 gr. en mat telkens na 5 min. de uitrekking. De lengtetoename was in het eerst snel, bij het verzwaren van het gewicht nam ze langzaam toe, om kort voor het scheuren van de reep weer snel toe te nemen.

Eigen onderzoek.

Wanneer het er om te doen is, na te gaan of er bij het intacte oog een eigenaardig beloop van de uitrekking van de oogomhulsels te vinden is, dan is het meten van de volu-

¹⁾ Proc. Roy. Soc. of Med. Vol. VI Sect. Ophth. p. 72, 1913.

²⁾ Zentral bl. 1927 l.c.

metoename, daartoe het doelmatigst. Tegen het werken met reepen kan al dadelijk het bezwaar geopperd worden, dat het oog niet meer intact is. Het meten van den radius van het hoornvlies, laat het gedrag van de sclera in het duister. De andere, door *Koster* gevolgde, methoden zijn omslachtig en moeilijk op grootere schaal toe te passen.

Tot het doen van deze proeven werd een glazen bakje voorzien van een opschroefbaar koperen deksel. In het deksel waren bevestigd een glazen stijgbuis, die in cmm. verdeeld was en een koperen tusschenstuk, waarop eenerzijds een naald, anderzijds een gummislang kon bevestigd worden, ter verbinding van oog en manometer. De naald werd door den nervus opticus in het oog gevoerd en daarna het deksel met de naald en het daaraan hangende oog op het bakje geschroefd. Bij de vulling met physiol. NaCl-oplossing werd gezorgd, dat er geen luchtbel achterbleef en daarna werd de stijgbuis in de daartoe bestemde opening geschroefd.

Begonnen werd met het slappe oog op een druk van 10 cm. water te brengen. Het niveau in de buis werd genoteerd en de druk 10 cm. verhoogd. Daarna werd de stijging in de buis afgelezen, de druk verhoogd enz. Spoedig bleek, dat bij hogere drukwaarden er een soms geringe, soms sterkere voortdurende stijging van het niveau in de buis optrad. Om dit lekken van het oog in rekening te kunnen brengen werd op de volgende wijze te werk gegaan. Eerst werd de stand van de vloeistof in de buis genoteerd, daarna werd een halve min. gewacht en de stand weer afgelezen. Vervolgens werd de druk verhoogd en weer na een halve minuut een aflezing gedaan. De eventuele stijging in de eerste halve min. werd van die in de tweede afgetrokken en het gevonden bedrag als de volumetoename beschouwd. Dit is zeker niet geheel juist.

Leber vond, zooals reeds gezegd is, dat er een elastische nawerking optreedt, die eerst na uren ophoudt. Een halve minuut is een willekeurig gekozen tijdsduur, na afloop van welken in deze proeven de nawerking werd verwaarloosd. Bovendien was de in de eerste halve minuut optredende stijging niet geheel op rekening van het lekken te stellen, maar droeg ook de uitrekking van het oog daartoe bij. Deze tijdsduur van een halve minuut werd gekozen, omdat het bleek dat de plotselinge sterke stijging tengevolge van de drukverhooging dan afgeloopen was. De elastische nawerking werd opzettelijk verwaarloosd, daar om deze in rekening te brengen, de proef zich telkens over vele uren zou hebben moeten uitstrekken en er dan voor de oogen geheel andere omstandigheden zouden zijn gaan gelden, dan bij het ballistische onderzoek. *Leber* vond de volumetoename zelfs in de eerste $\frac{1}{4}$ minuut veel grooter dan in de tweede. Bij deze proef werd dus slechts de inhoudsverandering gemeten, die onmiddellijk na de drukverhooging tot stand kwam; bovendien moeten de volumevermeerderingen iets (enkele cmm.) grooter zijn, dan zij in fig. 17 aangegeven zijn, d.w.z. de grafische lijn moet iets hoger en misschien iets anders van richting loopen. De genoemde fouten van deze methode om de volumetoename te onderzoeken, betreffen zoo geringe hoeveelheden, dat het karakter van de lijn er niet door gewijzigd kan worden.

Op de beschreven wijze werden een 20-tal oogen onderzocht. In fig. 17 is op de ordinaat de volumetoename, op de abscis de druktoename uitgezet. Ter vergelijking is een curve van *Koster* (aangeduid met K) eveneens weergegeven, omgerekend op waterdruk (v. Graefe's Archiv 41 S 155). Dadelijk valt op dat er eerst een sterke stijging optreedt en daarna een ombuigen naar een meer horizontaal verloop. Het punt

van ombuigen viel voor 15 varkensoogen ongeveer bij 40, 40, 50, 50, 60, 60, 60, 60, 60, 60, 60, 60, 60, 70, 70, 100 cm. waterdruk. Over 't algemeen loopen de curven hooger dan die van andere schrijvers. De hoogte, waarop de curve zal loopen, is o.a. afhankelijk van de aanvankelijke vulling van 't oog. Wordt er uitgegaan van een lagen druk, dan is het oog een slappe zak, die

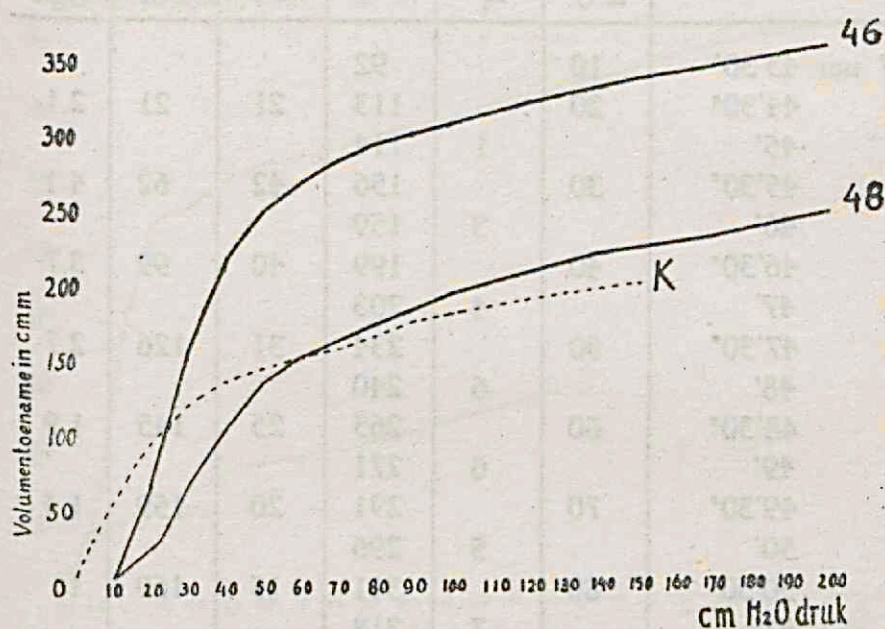


Fig. 17.

Meting van volumetoename bij verhooging van den oogdruk.

tegen indeuking vrijwel geen weerstand biedt. Van de mate van indeuking en vervorming zal het afhangen hoeveel vloeistof in het oog kan gepompt worden, voordat een bepaalde druk optreedt. Het gevolg hiervan is, dat men van één oog verschillende curven kan maken op verschillend niveau loopend. Het punt van ombuiging blijkt dan toch bij dezelfde drukhoogte te liggen. De tabel III geeft een proefverslag. De

TABEL III

11-2-'30, 7 uur

Varkensoog 48						
Volumen $8\frac{1}{2}$ cm. ³						
Tijd	Druk in cm. H ₂ O	"Filtratie"	Stand- stijgbuis	Stijging in cmm.	Volum. toename	Aantal cmm. vol. toename p. cm. druk- stijging
7 uur 43'30"	10		92			
44'30"	20		113	21	21	2.1
45'		1	114			
45'30"	30		156	42	62	4.1
46'		3	159			
46'30"	40		199	40	99	3.7
47'		4	203			
47'30"	50		234	31	126	2.7
48'		6	240			
48'30"	60		265	25	145	1.9
49'		6	271			
49'30"	70		291	20	159	1.4
50'		5	296			
50'30"	80		311	15	169	1
51'		7	318			
51'30"	100		342	24	186	0.85
52'		6	348			
52'30"	130		374	26	206	0.67
53'		8	382			
53'30"	160		405	23	221	0.50
54'		10	415			
54'30"	200		444	29	240	0.47
55'		8	452			
55'30"		8	460			

3de kolom geeft de filtratie, hier dus ook voor een gedeelte nog volumetoename. Dat dit slechts een klein gedeelte kan zijn, volgt uit het grooter worden van de getallen in deze kolom, terwijl de volumetoename hoe langer hoe kleiner wordt (zie laatste kolom, waarin het aantal cmm. is aangegeven telkens

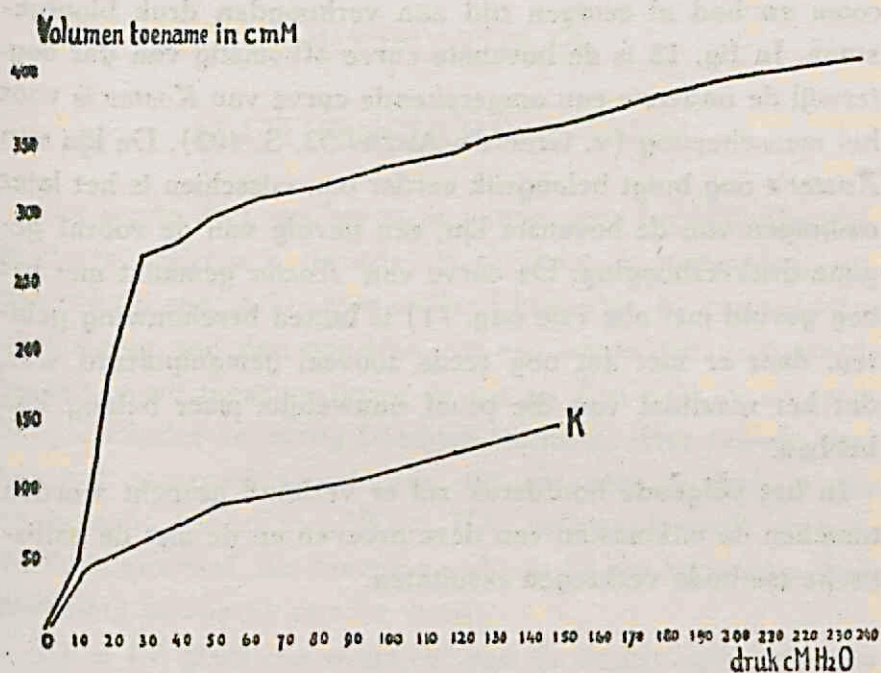


Fig. 18.

Meting van volumetoename bij menschenoogen.

noodig om den druk 1 cm. te doen stijgen, berekend uit de vorige kolommen). Het is toch onaannemelijk dat, terwijl de dadelijk optredende rekking hoe langer hoe kleiner wordt, de narekking zou toenemen; terwijl een dergelijke toename van de filtratie te begrijpen en te verwachten is.

Als verklaring voor dit merkwaardig verloop van de volumetoename lijkt de hypothese van *Koster*, eerst nadering

tot den bolvorm, dan rekking van de sclera, veel aannemelijker, dan een hypothese, die verschillende soorten elastische vezels moet aannemen.

Bij één menschen oog kon een volumebepaling gedaan worden. Het oog was geëxstirpeerd wegens secundair glaucoom en had al eenigen tijd aan verhoogden druk blootgestaan. In fig. 18 is de bovenste curve afkomstig van dat oog, terwijl de onderste een omgerekende curve van *Koster* is voor het menschenoog (v. Graefe's Archiv 52, S. 402). De lijn van *Koster's* oog buigt belangrijk eerder om, misschien is het later ombuigen van de bovenste lijn, een gevolg van de vooraf gegane drukverhooging. De curve van *Koster* gemaakt met het oog gevuld met olie (zie pag. 71) is buiten beschouwing gelaten, daar er met dat oog reeds zooveel gemanipuleerd was, dat het resultaat van die proef nauwelijks meer belang kan hebben.

In het volgende hoofdstuk zal er verband gezocht worden tusschen de uitkomsten van deze proeven en de met de ballistische methode verkregen resultaten.

HOOFDSTUK VI.

SLOTBESCHOUWINGEN

Het eerste deel van het in de voorgaande hoofdstukken beschreven onderzoek, leverde als resultaat de wetenschap op, dat een op een varkensoog vallend hamertje, bij trapsgewijze verhooging van den oogdruk, tot een bepaalden druk steeds hooger wordt teruggeworpen en dat na dien druk de opwerphoogte minder en onregelmatiger toeneemt. Het tweede deel van het onderzoek toonde aan, dat wanneer de druk in een varkensoog telkens met 10 cm. H_2O verhoogd wordt, de hoeveelheid vloeistof, die daartoe noodig is, bij een bepaalden druk plotseling belangrijk minder wordt.

Tabel IV geeft een overzicht van de drukhoogten, waarop de toename van de uitwijking (kolom 2) en de hoeveelheid vloeistof (kolom 3) minder wordt. De getallen duiden op het aantal oogen, dat bij den op denzelfden regel staanden druk, de genoemde verschijnselen vertoonde. Kolom 1 heeft betrekking op de curven, waarin de som van de amplituden is uitgezet. Daar de volgende beschouwingen de wijze van demping van het hamertje betreffen, zijn deze hier belangrijker, dan de curven, die alleen de eerste amplitude in beeld brengen. De laatste vertoonen de knik bij sommige oogen bij lageren druk.

Het blijkt, dat in beide kolommen tusschen 60 en 70 cm.

TABEL IV

Druk in cm.H ₂ O	Demping van Hamer	Volumemeting
20		
30	1	
40	2	2
50	2	2
60	2	8
70	5	2
80		
90	2	
100	1	1
110	2	

De getallen onder de woorden: demping van hamer geven het aantal oogen, dat bij den op denzelfden regel staanden druk het knikpunt vertoont in de curve, die de som van de amplituden weergeeft; de getallen onder: volumemeting geven hetzelfde voor de curven, die de volumetoename in beeld brengen.

waterdruk het veelvuldigst het knikpunt gevonden wordt. De overeenkomst is niet volkomen, toch zijn de verschillen niet grooter, dan de betrekkelijke onnauwkeurigheid, waarmee het betreffende punt bepaald is, deed verwachten. Het ligt voor de hand een samenhang tusschen deze twee verschijnselen aan te nemen. Als een mogelijke verklaring van dezen samenhang, mogen de hier volgende beschouwingen dienen, waarbij eerst de wijze van demping van het hamertje ter sprake moet

komen. Hierbij heeft Prof. *Fokker* mij den weg gewezen, langs welken sommige van de hier werkende krachten te benaderen waren.

Wanneer het vallende hamertje het oog treft, is het beladen met een zekere hoeveelheid energie. Het teruggekaatste hamertje komt niet weer in zijn uitgangsstand terug, er is een deel van de energie verloren gegaan. Waaraan moet dit energieverlies toegeschreven worden?

Het hamertje doet een indeuking in het oog ontstaan, waarbij het al zijn energie afgeeft. De vormverandering bij de vloeistofverplaatsing, die bij de indeuking moet ontstaan, zal een deel voor zich opeischen. Daarnaast komen voor energieverbruik in aanmerking: de vormverandering van den oogwand en de kleving aan den oogwand. Het grootste deel van de energie, het deel n.l., dat noodig was om bij de indeuking den druk der oogvloeistof te overwinnen, wordt weer teruggegeven. Het energieverlies in den oogwand zal, in den beginne, wanneer de oogwand nog slechts weinig gerekt is, gering zijn. Bij stijgen van den druk zal het verlies uit dezen hoofde belangrijker worden. Bij een hevige botsing zal het ook grooter zijn, dan bij een zwakke. Hoe hooger de druk en hoe heviger de botsing des te meer energie gaat in den oogwand verloren.

Het energieverlies tengevolge van kleven aan het oog is een verschijnsel van de inwendige wrijving der vloeistof, die het oog vochtig houdt. Deze vloeistof wordt bij de botsing weggeperst. Bij een berekening, die Prof. *Fokker* zoo vriendelijk was, te laten uitvoeren, bleek dat dit energieverlies afhangt van den duur der botsing, zoodat het bij hooger en druk geringer wordt. Ook is het evenredig met de derde macht van de dikte van het vloeistoflaagje, zoodat bij opeenvolgende botsingen, wanneer de eerste vloeistof hebben weggeperst, de verliezen bij de laatste geringer zullen zijn.

Nemen we een oogenblik aan, dat het energieverlies bij de vloeistofverplaatsing, ongetwijfeld een voorname factor, de eenige factor is, die de demping van het hamertje bepaalt, dan geldt het volgende:

de arbeid, die bij de indeuking verricht wordt, wordt bepaald door product van den oogdruk P en den inhoud van de indeuking V , waarbij aangenomen wordt, dat de druk in het oog niet verandert bij de botsing. De kinetische energie, die aangewend wordt tot het maken van deze indeuking, bedraagt, wanneer de snelheid van het hamertje v en de massa m wordt genoemd, $\frac{1}{2} mv^2$, dus $PV = \frac{1}{2} mv^2$ of $V = \frac{mv^2}{2P}$.

Nemen we aan, dat het energieverlies evenredig is met de verplaatste hoeveelheid vloeistof, dan laat zich dit energieverlies (E) voorstellen door $E = \beta \frac{mv^2}{2P}$, waarin β afhankelijk is van den aard van de vloeistof in het oog.

Is de begin-energie $\frac{1}{2} mv^2$ en bedraagt het verlies $\beta \frac{mv^2}{2P}$ dan bedraagt de overschietende energie $\frac{1}{2} mv^2 (1 - \frac{\beta}{P})$.

Dit wil dus zeggen, dat bij elke botsing de energiehoeveelheid kleiner wordt in de verhouding $1 - \frac{\beta}{P}$; de achtereenvolgende energiehoeveelheden verhouden zich dus als:

$1 - \frac{\beta}{P}, (1 - \frac{\beta}{P})^2, (1 - \frac{\beta}{P})^3$ etc., d.w.z. zij vormen een meetkundige reeks.

Blijkt het, dat de demping van het hamertje is voor te stellen door een meetkundige reeks, dan kan men aannemen, dat de bovenstaande beschouwing inderdaad op het hamertje

toepasselijk is en dat de vloeistofverplaatsing de voornaamste factor is, die het energieverlies bepaalt en wel zoo, dat dit verlies evenredig is met de vloeistofverplaatsing.

Het bleek mogelijk uit de amplituden, die op het papier, uitgemeten konden worden, waarden voor de energie, waarmee het hamertje beladen was, te berekenen. Wanneer nagegaan wordt, wat eigenlijk op het gevoelige papier werd vastgelegd, dan blijkt dat de lijnen, die de amplituden weergeven, veranderen met den tangens van den hoek, waarover de hamersteel slingert. Niet de lengte van de lijnen is van belang, doch de afstand, over welchen de massa van het

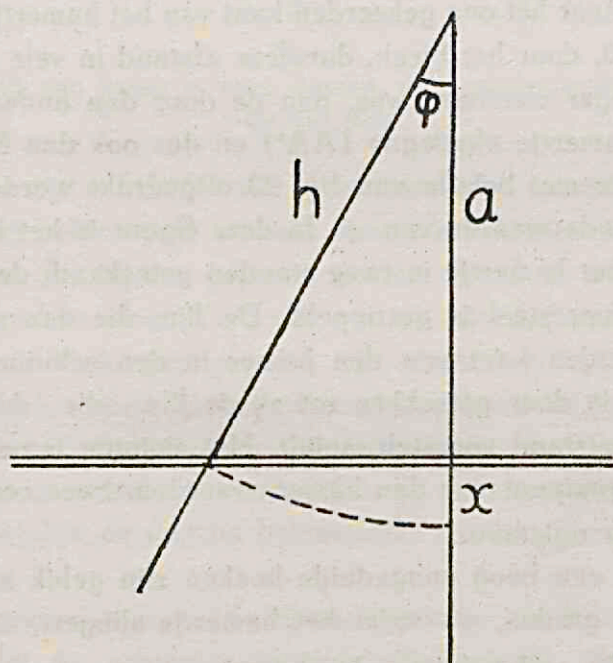


Fig. 19.

a = afstand van draaipunt van hamer tot spleet; $\varphi = L$ over welke de hamer slingert; x = afstand over welke massa v. hamer wordt opgelicht.

hamertje wordt opgeheven, in fig 19 x genoemd. Deze afstand geeft een maat voor de hoeveelheid energie, noodig om het hamertje een bepaalde uitwijking te doen maken, respect. de hoeveelheid kinetische energie, waarmee het hamertje uit een bepaalden stand vallend, het oog treft.

$$\text{In deze fig. is: } \cos \varphi = \frac{a}{h}, \text{ dus } h = \frac{a}{\cos \varphi},$$

$$x = h - a, \text{ dus } x = \frac{a}{\cos \varphi} - a.$$

Daar de afstand a bekend is, kan bij elke waarde van φ , de bijbehorende waarde van x berekend worden.

Op de curven werd uitgemeten de afstand, die afgelegd werd door den naar het oog gekeerden kant van het hamertje $BB' = l$ in fig. 20, daar het bleek, dat deze afstand in vele gevallen nauwkeuriger meetbaar was, dan de door den anderen kant van het hamertje afgelegde (AA') en dus ook dan MM' .

Deze l kan met behulp van fig. 20 uitgedrukt worden in de bijbehorende waarde van φ . In deze figuur is het bovenste stuk van het hamertje in twee standen geteekend; de hartlijn van de hamersteel is gestippeld. De lijn, die den naar het oog gekeerden kant van den hamer in den schuinen stand voorstelt, is door getrokken tot zij de lijn, die denzelfden kant in ruststand voorstelt, snijdt. Het snijpunt is verbonden met het draaipunt van den hamer, waardoor twee congruente driehoeken ontstaan.

De met een boog aangeduide hoeken zijn gelijk en geven het aantal graden, waarover het hamertje slingert, aan (φ)

Uit de fig. volgt dat $p = b \operatorname{tg} \frac{1}{2} \varphi$ en

$$l = q \operatorname{tg} \varphi$$

$$q = a - p$$

$$q = a - b \operatorname{tg} \frac{1}{2} \varphi, \text{ dus}$$

$$l = \operatorname{tg} \varphi (a - b \operatorname{tg} \frac{1}{2} \varphi)$$

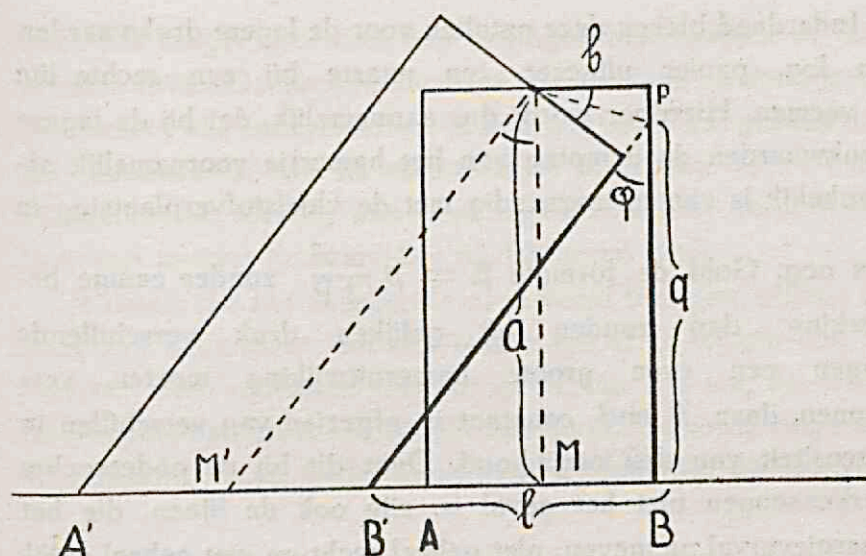


Fig. 20.

Bovenstuk van hamer in twee standen; voor verklaring der teekens zie den tekst.

Daar a en b bekend zijn, kan voor elke waarde van φ , de daarbij behoorende waarde voor l berekend worden.

Nu kan dus bij een gegeven grootte van L φ , zoowel l als x berekend worden. Voor een aantal waarden van φ is dit gedaan, de verkregen getallen zijn uitgezet in een coördinatenstelsel, waarin op de ordinaat waarden voor x , op de abscis voor l zijn uitgezet. Op deze wijze werd een curve verkregen met behulp van welke, bij een gemeten waarde van l , dadelijk de daarbij behoorende voor x gevonden kan worden.

Was voor een curve de rij getallen, die de hoeveelheden energie bij de achtereenvolgende slingeringen voorstelden, bepaald, dan kon door deze getallen uit te zetten op logaritmisch papier, gemakkelijk nagegaan worden of zij afnamen in een meetkundige reeks.

Inderdaad bleken deze getallen voor de lagere drukwaarden op log. papier uitgezet, ten naaste bij een rechte lijn te vormen. Hierdoor wordt dus aannemelijk, dat bij de lagere drukwaarden de demping van het hamertje voornamelijk afhankelijk is van en evenredig met de vloeistofverplaatsing in het oog. Gold de formule $E = \beta \frac{mv^2}{2P}$ zonder eenige beperking, dan zouden bij gelijken druk verschillende oogen een even groote hameruitwijking moeten vertoonen, daar βmv^2 constant is, afgezien van verschillen in viscositeit van den ooginhoud. Daar dit bij de onderzochte varkensoogen niet het geval is, zijn ook de lijnen, die het energieverval aangeven, niet geheel recht en niet geheel gelijk van loop.

Volgens de genoemde formule, zal het energieverlies kleiner worden bij stijging van den druk P , het hamertje dus hooger teruggeworpen worden. Bij lagen druk komt de vloeistofverplaatsing in het oog relatief gemakkelijk tot stand, is echter het in het vorige hoofdstuk besproken punt, na hetwelk een geringe vloeistoftoevoer een belangrijke drukverhooging tot stand doet komen, voorbij, dan zal een indeuking van het oog een grootere tegenkracht ontmoeten en de vloeistofverplaatsing een veel geringeren omvang aannemen. Het energieverlies uit dezen hoofde zal binnen veel enger grenzen wisselen, dan voor het bereiken van dit punt. Het hamertje zal bij verhooging van den druk niet meer die groote verschillen in uitwijking met de lagere drukhoogten vertoonen, die vóór dit punt aan het licht kwamen.

De demping van het hamertje zal bij hooger en druk ook langzamer tot stand komen dan bij lageren, daar de eerst zeer belangrijke factor, het energieverlies bij de vloeistofverplaat-

sing, hoe langer hoe meer aan belangrijkheid verliest bij stijgenden druk. De andere factoren zullen meer invloed gaan uitoefenen, het energieverlies in den oogwand zal gedeeltelijk het verminderen van de voornaamste bron van verlies compenseeren; de kleving aan den oogwand echter veroorzaakt juist een minder groot verlies bij hoogereren druk.

De lijnen, die het energieverval in beeld brengen, blijken bij hoogereren druk meer van een rechte lijn af te wijken dan bij lageren. Een voorbeeld hiervan geeft fig. 21. De lijn buigt naar rechts om, eerst hoe langer hoe sterker, daarna ongeveer in constante mate, uitdrukking van het feit, dat het energie-

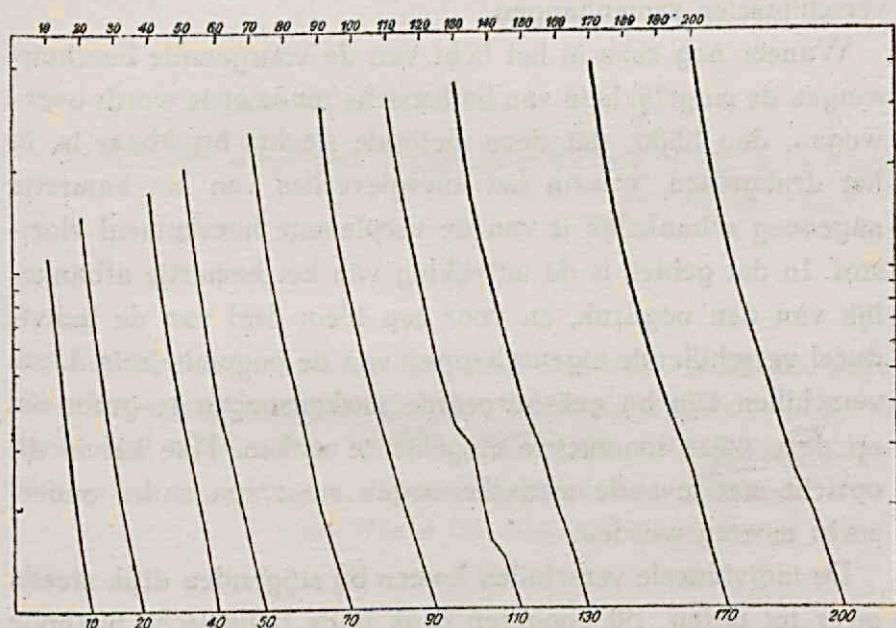


Fig. 21.

De lijnen zijn ontstaan door het verbinden van de punten, die de relatieve waarden voor de energiehoeveelheden op logarithm.-papier aangeven. De getallen geven den waterdruk aan, bij welken de betreffende curven werden opgenomen.

verlies bij hooger en druk langzamer verloopt, dan bij lageren.

Bij verschillende oog en nemen de lijnen, zooals reeds gezegd is, een verschillend verloop. Wanneer men in aanmerking neemt dat de factoren, die dit verlies bepalen, bij het stijgen van den druk wisselen in belangrijkheid en dat de gedragingen van den oogwand, wat betreft vormverandering en rekking in hoofdzaak de demping van het hamertje bepalen, dan kan het geen verwondering wekken, dat de lijnen verschillen opleveren. Het is dus mogelijk met behulp van de onderstelling dat het energieverlies evenredig is met de verplaatste hoeveelheid vloeistof, zich een denkbeeld te vormen over de wijze waarop de in de vorige hoofdstukken behandelde verschijnselen samenhangen.

Wanneer nog eens in het licht van de voorgaande beschouwingen de mogelijkheid van ballistische tonometrie wordt overwogen, dan blijkt, dat deze methode slechts bruikbaar is, in het drukgebied, waarin het energieverlies van het hamertje nagenoeg afhankelijk is van de verplaatste hoeveelheid vloeistof. In dat gebied is de uitwijking van het hamertje afhankelijk van den oogdruk, en voor een klein deel van de individueel verschillende eigenschappen van de oogomhulsels. Deze verschillen zijn bij geëxstirpeerde varkensoogen te groot om op deze wijze tonometrie mogelijk te maken. Hoe het in dit opzicht met levende menschenoogen staat zou nader onderzocht moeten worden.

De individueele verschillen komen bij stijgenden druk steeds meer tot uiting. Bij hooger en druk is de ballistische methode dus bruikbaar voor onderzoek van deze individueele verschillen. Het onderzoek hiervan heeft echter meer nut binnen physiologische drukgrenzen.

STELLINGEN

I.

In principe verdient ballistische tonometrie de voorkeur boven statische methoden.

II.

Strabismus dient zoo vroeg mogelijk behandeld te worden.
(lit.: Worth, Squint).

III.

Art. 2, 4de lid van het Ontwerp van Wet, houdende regelen betreffende het hebben van Röntgentoestellen en het in voorraad houden van radio-actieve stoffen, bevat een ongewenschte beperking van de bevoegdheid van den arts.
(lit.: Handel. 2de Kamer 1930—'31, bijlage 202).

IV.

Bij acute nephritis en beschadiging van de nieren door vergiften worde diathermie toegepast.
(lit.: Eppinger, Klin. Wochenschr. 1930, No. 44).

V.

Bij onverklaarde rectale temperatuursverhooging verdient gelijktijdige meting van de rectale en de mond-temperatuur, eventueel voor en na lichaamsbeweging, aanbeveling.

(lit.: Zimmermann, D. Arch. Kl. M. 147, S. 82, 1925).
Zimmermann, M. M. W. 1930, No. 48).

VI.

De meening, dat het sterven van het kind in utero een gunstigen invloed heeft op het beloop van de eclampsie, is onjuist.

(lit.: Dr. A. Schaberg, Eclampsie).

VII.

De aquaductus cochleae vormt geen open verbinding tussen de subarachnoïdale ruimte en de scala tympani.

(lit.: Rejto, Monatschr. f. Ohrenheilk. 55, S 324, 1921.

Karowski, Monatschr. f. Ohrenheilk. 55, S. 496, 1921.

Grünberg, Zeitschr. f. H. N. u. Ohlk. 2, S 146, 1922).

VIII.

De goede resultaten met het dieet van G. H. S., bij tuberculosis cutis luposa bereikt, maken het waarschijnlijk, dat vitamine-gebrek een rol speelt bij het ontstaan van deze huidaandoening.

(lit.: Jesionek u. Bernhardt,

Diätet. Behandl. der Hauttub. und Ernähr. biologie 1930).

IX.

Het ontstaan der „zweetlucht” moet grootendeels toegeschreven worden aan het ontleden van producten der talgklieren.

(lit.: Löhner, Pflügers Arch. 202, S. 25, 1924).

X.

Bij stuwingspapil is behoud van het gezichtsvermogen slechts dan met eenige zekerheid te verwachten, wanneer ingegrepen wordt, voordat de functie van het oog heeft geleden.

(lit.: v. Hippel, Arch. f. Augenhlk. 103, S. 76, 1930).

XI.

Bij Morbus Basedow ga men niet tot operatie over, dan na het falen van Röntgenbestraling.

(lit.: Strahlentherapie 15, S. 450

„ „ 20, S. 233

„ „ 27, S. 393

Röntgenpraxis 1, S. 100 en S. 160).

XII.

Bij het zoeken naar de oorzaken van de stijging der kankersterfte, diene men in het oog te houden, dat het percentage der eerstgeborenen, steeds toenemende is.

XIII.

Dierproeven zijn onmisbaar en geoorloofd.

