



De reactie-bewegingen van de bovenste extremiteiten na prikkeling van de halfcirkelvormige kanalen

<https://hdl.handle.net/1874/276951>

1922

**DE REACTIE-BEWEGINGEN VAN
DE BOVENSTE EXTREMITeiten
NA PRIKKELING VAN DE
HALFCIRKELVORMIGE
KANALEN**

DOOR P. DE HAAN



A. qu.
192

DE REACTIE-BEWEGINGEN VAN DE BOVENSTE
EXTREMITETEN NA PRIKKELING VAN DE
HALFCIRKELVORMIGE KANALEN

A. 4^e 1922 1922.

DE REACTIE-BEWEGINGEN VAN DE BOVENSTE EXTREMITeiten NA PRIKKELING VAN DE HALFCIRKELVORMIGE KANALEN

PROEFSCHRIFT TER VERKRIJGING VAN DEN
GRAAD VAN DOCTOR IN DE GENEESKUNDE
AAN DE RIJKS-UNIVERSITEIT TE UTRECHT,
OP GEZAG VAN DEN RECTOR-MAGNIFICUS
DR. J. A. C. VAN LEEUWEN, HOOGLEERAAR IN
DE FACULTEIT DER GODGELEERDHEID, VOL-
GENS HET BESLUIT VAN DEN SENAAT DER
UNIVERSITEIT TE VERDEDIGEN TEGEN DE
BEDENKINGEN VAN DE FACULTEIT DER GE-
NEESKUNDE OP DINSDAG 13 JUNI 1922, DES
NAMIDDAGS TE 4 UUR, DOOR
PAULUS DE HAAN
ARTS, GEBOREN TE LOOSDRECHT



NAAMLooZE VENNOOTSCHAP
DRUKKERIJ EN UITGEVERS-MAATSCHAPPIJ DE VLIJBT
ARNHEM

AAN MIJN OUDERS

Bij het voltooien van dit proefschrift is het mij een aangename taak, U, Hoogleeraren en Docenten der Medische en Philosophische Faculteiten, mijn dank te betuigen voor het onderwijs, dat ik van U genoten heb.

In 't bijzonder dank ik U Hooggeleerde QUIX, Hooggeachte Promotor, voor de welwillende hulp mij bij de bewerking van dit proefschrift geboden en eveneens voor de opleiding, die ik als assistent van U heb ontvangen. Dagelijks heb ik opnieuw kunnen profiteeren van Uw zeer gewaardeerde voorlichting.

Ik stel het ten zeerste op prijs, Zeergeleerde BOSSCHA, dat steeds Uw zalen gastvrij voor mij openstonden, wat mijn algemeen medische kennis ten goede is gekomen.

Zeergeleerde VAN DER PLAATS, Uw hulp bij het mathematische gedeelte van dit proefschrift was voor mij van groote waarde.

Zeer erkentelijk ben ik U allen, die zich bereidwillig beschikbaar stelden voor de niet zeer aangename proeven.

INLEIDING.

De tegenwoordig algemeen heerschende meening over de functie van het vestibulair orgaan is wel deze, dat dit orgaan een aandeel heeft in de functie voor de reguleering van het evenwicht.

De wijze waarop wij ons evenwicht bewaren is zeer gecompliceerd. Hieraan werken behalve het vestibulair orgaan nog andere zintuigen mee, zooals het gezichtszintuig, de dieptesensibiliteit in den meest uitgebreiden zin (het spiergevoel, het gevoel in de gewrichten, druk der inwendige organen op hunne omgeving, enz.) en de oppervlakte-sensibiliteit.

In den laatsten tijd zijn vele onderzoekingsmethoden gevonden, waardoor een beter inzicht verkregen werd in de wijze waarop het orgaan zijn functie verricht; vooral sedert onze opvatting omtrent deze functie van het vestibulair orgaan zich gewijzigd heeft. Terwijl men vroeger dacht, dat bij prikkeling van het vestibulair orgaan enkel een gewaarwording ontstond, ging men daarna inzien, dat ook reflexen daarvan het gevolg zijn.

Dat het bestaan van het zintuig zoolang verborgen is gebleven moet wel hieraan worden toegeschreven, dat wij, bij normale functie, niets merken, zoowel van de gewaarwordingen, als van de reflexen, die het orgaan opwekt.

Thans denkt men zich het vestibulair orgaan een zintuig, dat ons aangeeft:

- 1e de waarneming van den stand van het hoofd,
- 2e de waarneming van draaiende bewegingen, en wel, de richting en de verandering van snelheid daarvan,
- 3e de waarneming van snelheidsveranderingen tijdens progressieve bewegingen.

Met deze waarnemingen treden reflexen op, waardoor oogen en lichaam zich aanpassen aan de verandering van stand en snelheid.

Men onderscheidt dus eigenlijk twee zintuigen:

- 1e. het statische zintuig. Hieraan is de waarneming van standen opgedragen. Deze functie wordt verricht door de otolithenorganen.
- 2e. Het kinetische zintuig. Dit dient voor de waarneming van draaiende bewegingen. Deze functie is opgedragen aan het stelsel der booggangen.

Wat de waarneming van progressieve bewegingen betreft, hierover bestaat geen eenheid van meening, evenmin als over de vraag, door welke gedeelten van het vestibulair orgaan, booggangstelsel of otolithensysteem, zij wordt opgewekt.

Hoe groot de rol is, die het zintuig, bij het behoud van het evenwicht, bij den mensch speelt, daarover loopen de meeningen uiteen.

Voor het behoud van het evenwicht is het noodzakelijk, dat er een harmonische samenwerking bestaat tusschen de zintuigen, die hieraan meewerken. Ontstaat er een disharmonie tusschen de gewaarwordingen, uit de verschillende genoemde zintuigen opgewekt, dan treden typische verschijnselen op, welke subjectief en objectief waar te nemen zijn.

Deze verschijnselen kunnen ontstaan door abnorme prikkels van het zintuig (ongewoon intensief of langdurend).

Onze proeven voor het onderzoek der functie, vooral voor het kinetisch zintuig, berusten op het opwekken van deze verschijnselen door ongewoon sterke prikkels. Vooral heeft men hierbij de reflexen op het oog, daar de waarnemingen zich aan de objectieve contrôle onttrekken.

De reflexen opgewekt door het kinetisch zintuig zijn kortdurende spiercontracties, die door het statisch zintuig opgewekt zijn langdurende, tonische, welke zoolang voortduren als het hoofd in een bepaalden stand blijft.

Wekt men bij een mensch een krachtigen booggangsprikkel op, dan heeft dit de volgende resultaten:

- 1e. het draaigevoel (a) van zichzelf, (b) van de omgeving,
- 2e. nystagmusbewegingen van de oogen,
- 3e. reactiebewegingen, a) van de extremiteiten, b) van het lichaam,

4e eventueel misselijkheid, braken, uitbreken van koud zweet, bleek worden, enz.

De eerste onderzoekers schonken hun aandacht vooral aan de gewaarwordingen, later ging men de reflexen onderzoeken.

Bij het bewerken van mijn proefschrift heb ik mij tot doel gesteld de reactiebewegingen van de bovenste extremiteiten na te gaan, na prikkeling van het kinetisch zintuig.

Vele onderzoekingen zijn gericht op het bestudeeren der reflexen op de oogspieren: den nystagmus. Men heeft hierdoor reeds een inzicht gekregen in de functie van ieder kanaal afzonderlijk.

Hoewel de reflexen op de oogspieren niet zonder meer met de reactiebewegingen van de extremiteiten te vergelijken zijn, zooals later zal blijken, is het voor mijn proeven echter gewenscht na te gaan, wat het onderzoek van den nystagmus opgeleverd heeft.

BÁRÁNY was de eerste, die bij den mensch de reactiebewegingen op de bovenste extremiteiten bij prikkeling van het kinetisch zintuig nader bestudeerde. Hij dacht zich hierbij een groote samenwerking tusschen het kinetisch en statisch zintuig. Het voorbijwijzen, waarmee hij de reactiebeweging tengevolge van een booggangprikkel naging, is volgens hem afhankelijk:

1e van den booggangprikkel,

2e van den prikkel opgewekt door de positie van het hoofd.

Deze laatste is te verdeelen in een prikkel van het statisch zintuig, van de otolithen afkomstig, en een prikkel opgewekt in de verschillende deelen van den hals, (spieren, gewrichten, peezen, enz).

Het is dus ook van belang na te gaan, wat van deze laatste factoren bekend is.

HOOFDSTUK I.

LITTERATUUR OVERZICHT.

De litteratuur over het vestibulair orgaan heeft zich, vooral in de laatste jaren, belangrijk uitgebreid, niet alleen over de wijze waarop het percipieerend orgaan zijn functie verricht, maar eveneens over de banen en centra in de hersenen.

Hier een volledig overzicht te geven zou te ver voeren. Ik heb mij bepaald tot een kort overzicht van de onderzoekingen en beschouwingen, die ik voor mijn onderwerp van belang achtte.

§ 1. OVER DE FUNCTIE VAN HET VESTIBULAIR ORGAAN.

FLOURENS ¹⁸⁾ was wel de eerste, die door experimenten op dieren, de functie der halfcirkelvormige kanalen trachtte op te sporen.

Hij toonde hiermee aan, dat deze booggangen een functie hebben bij de reguleering der beweging, en niets hebben te maken met de perceptie van het geluid.

Voor zijn onderzoekingen gebruikte hij duiven en konijnen. Bij deze dieren sneed hij den nervus acusticus door; ook verrichtte hij pique der halfcirkelvormige kanalen of doorsnijding van deze.

Van belang is het hier zijn resultaten te noemen:

- 1e. Bij genoemde behandeling der halfcirkelvormige kanalen bleef het gehoor intact,
- 2e. er traden slingerbewegingen op van den kop in het vlak van het gelaedeerde kanaal,
- 3e. manegebewegingen bij doorsnijding der horizontale kanalen,
- 4e. analoge bewegingen van het lichaam voor de andere kanalen in hun vlakken.

5e. Bij doorsnijding van alle kanalen of van den nervus acusticus, kon het dier zich niet meer overeind houden, er trad een storm van bewegingen op.

FLOURENS geeft hiermede de eerste mededeeling van den invloed van het booggangstelsel op de lichaamsmusculatuur. Door zijn experimenten werd het duidelijk, dat het opwekken van reactiebewegingen gelocaliseerd was in de halfcirkelvormige kanalen.

De grondleggers van de theorie over de functie van het vestibulair orgaan waren MACH en BREUER. Daar deze theorie algemeen als juist aangenomen wordt, zal ik enkele punten hiervan naar voren brengen.

MACH ^{24, 25)} bepaalde zich voornamelijk tot de gewaarwordingen, opgewekt van uit het vestibulair orgaan. Hij kwam tot de conclusie, dat bij passieve rotatie of progressieve bewegingen slechts versnellingen of vertragingen waarneembaar zijn; dan alleen werkt een kracht op ons lichaam. De middelpuntvliedende kracht kan men bij langzame rotatie verwaarloosen. Door deze kracht bij versnelling van rotatie of progressieve bewegingen, zullen zwaardere deelen achterblijven.

In den vrijen val is de onderlinge druk der organen weg gevallen. Het stoppen van een rotatie of progressieve beweging geeft dezelfde gewaarwording als het in gang zetten, maar tegengesteld gericht.

Bij gelijkmatige rotatie, waarbij men niets voelt, geeft verplaatsing van de lichaamsas een nieuwe gewaarwording.

Bij snelle rotatie geldt als verticaal de resultante van zwaartekracht en middelpuntvliedende kracht. Dit zinsbedrog was al door PURKYNE opgemerkt en naar hem genoemd. Het wordt opgeheven door het hoofd scheef te stellen, parallel aan de resultante.

Met zijn draaistoel ging MACH de gewaarwordingen na en vond ze in overeenstemming met zijn veronderstellingen.

Daar een beweging van het hoofd alleen gedurende een eenparige rotatie, voldoende is om een gewaarwording te geven meende hij dat het orgaan, dat dezen prikkel percipieerde, in het hoofd gelegen moest zijn. Het labrynth leek hem

daartoe het meest geschikt en wel op grond van zijn anatomischen bouw. In de drie halfcirkelvormige kanalen, volgens de theorie van MACH, de vloeibare inhoud, bij een rotatie met snelheidsveranderingen, in beweging komen ten opzichte van den wand der kanalen. Daardoor zou een verbuiging der haren der cristae plaats hebben, waardoor een prikkel in de zintuigcellen optreedt.

BREUER ^{9, 10)} stelde zich verder voor, dat de otolithen een geheel andere functie hadden dan de halfcirkelvormige kanalen. Zij zouden dienen voor de waarneming van den stand van het hoofd en voor de waarneming van progressieve bewegingen. Door hun grooter soortelijk gewicht dan dat der endolympe, zouden zij geschikt zijn om achter te blijven bij progressieve bewegingen; hun druk op de maculae zou bij verschillende hoofdstanden variëren. Ook hiervan zou een prikkel van de zintuigcellen het gevolg zijn.

Nu had MACH reeds gevonden, dat bij progressieve bewegingen, de gewaarwordingen zwakker en korter zijn, de nagewaarwordingen minder duidelijk en eveneens de gevoeligheid geringer was, dan die opgewekt van uit de halfcirkelvormige kanalen.

CRUM BROWN ¹⁴⁾ schreef aan iedere ampulle het vermogen toe, slechts één draaiingsmoment te percipieeren. Hij wees reeds op de ligging der booggangen in den schedel. Beide horizontale kanalen liggen nagenoeg in één vlak, beiderzijds ligt het vlak van het voorste verticale kanaal nagenoeg evenwijdig aan het vlak van het achterste verticale kanaal van de andere zijde.

NAGEL ³²⁾ meende, dat het otolithenorgaan ons alleen gewaarwordingen van stand geeft. De verplaatsing der otolithen, bij beweging van het hoofd, dacht hij zich alleen mogelijk door een lang inwerkende kracht, als b.v. de centrifugaalkracht.

Een groote steun voor de localisatie van het percipieerend orgaan in het labyrinth is aangebracht door KREIDL ²³⁾, door zijn onderzoek van doofstommen. Bij 50 % van zijn proefpersonen ontbrak na rotatie de oognystagmus. Hij vergeleek nu zijn uitkomsten met hetgeen MYDING ³¹⁾ in

118 sectieverslagen van doofstommen gevonden had. Uit deze statistiek bleek, dat 50% der doofstommen onvoldoende ontwikkelde halfcirkelvormige kanalen bezaten.

Van 62 onderzochte proefpersonen ontbrak bij 13 personen (21%) het zinsbedrog van PURKYNE. Het onderzoek naar de anatomische afwijkingen van de vestibula van doofstommen bleek in overeenstemming met de resultaten van KREIDL.

De groote beteekenis van de onderzoekingen van FLOURENS werd veel later pas ingezien. Toen werden door verschillende onderzoekers een groot aantal proeven op de booggangen verricht. Vogels bleken het meest geschikt, hun labyrinth is gemakkelijk te bereiken en hun reflexen zijn sterk. Vooral moet EWALD ¹⁶⁾ hier genoemd worden. met zijn proeven op duiven; zijn techniek van mechanische prikkeling der booggangen is bewonderenswaardig.

Een belangrijke proef was de volgende. Het niet ampullair gedeelte van een booggang plombeerde hij. Tusschen ampulle en afsluitende plombe bracht hij een pneumatisch hamertje aan. Werde dit door druk op een ballon naar binnen gedreven, dan drukte het op de vliezige booggang en bewoog zich de endolympe in de richting van de ampulle. Bij aspiratie trad beweging in omgekeerde richting op. Het bleek nu, dat de richting der opgewekte kop- en oogbeweging geheel afhing van de richting der endolymphstroom in een bepaalde booggang. Zijn onderzoekingen geven een nieuwen steun aan de theorie van MACH, en BREUER, dat de prikkeling van de zintuigcellen in een booggang door een endolymphstroom zou worden opgewekt. Tevens kwam hier de werking van den endolymphstroom wat zijn richting betreft naar voren.

EWALD heeft ook gewezen op den invloed van het labyrinth op de tonus der musculatuur. Een groot deel der storingen, die men opmerkt bij labyrinthlooze dieren berusten op antonie der musculatuur; hij spreekt dan ook van een labyrinthtonus. Deze is later uitgewerkt door QUIX, MAGNUS en DE KLEYN.

Ook BREUER ¹⁸⁾ zag bij zijn dierproeven reactiebewegingen ontstaan in het vlak van de geprikkelde booggang.

De nieuwere onderzoekingen van MAIER en LION ¹²⁹⁾, over de endolymphbeweging in de halfcirkelvormige kanalen, waren eveneens een steun voor de theorie van MACH-BREUER. Hun onderzoek was gericht op het waarnemen van deze endolymphbeweging bij rotatie of calorische prikkeling van de booggangen. Zij werkten met glascapillairen van verschillende doorsnede, die den vorm der booggangen hadden; hierin brachten zij physiologische keukenzoutoplossing. Om de beweging der vloeistof zichtbaar te maken, werden hierin roode bloedlichaamtjes gebracht. Deze beweging werd met het microscoop nagegaan, waarvoor de capillairen werden gedraaid op een speciale draaischijf.

Voor den calorischen prikkel werd een toestel gebouwd, dat zooveel mogelijk de toestand bij den mensch nabootste. Een van de beenen van de capillaire buis werd door stroomende vloeistof afgekoeld of verwarmd; tevens konden nog stoffen voor de capillaire buis worden gebracht, om de warmtegeleiding te beïnvloeden. Op deze wijze konden zij de endolymphbeweging waarnemen; daarbij zagen zij, dat deze beweging van bepaalde factoren afhankelijk was. Deze zullen later nagegaan worden.

Eveneens namen zij proeven op de booggangen van doode duiven en visschen, waarbij een gedeelte van den beenigen wand van een kanaal was verwijderd. Zoo'n preparaat werd zoowel voor een rotatoire als calorische prikkeling gebruikt.

Tenslotte werd bij de levende duif het vliezige kanaal calorisch geprikkeld, waarbij eveneens endolymphbewegingen waargenomen konden worden.

§ 2. OVER DEN NYSTAGMUS.

De nieuwere onderzoekingsmethoden voor het labyrinth van den mensch zijn in hoofdzaak opgebouwd door BÁRÁNY ^{1, 2)}. Deze heeft een uitgebreid onderzoek ingesteld naar den reflex op de oogspieren, den nystagmus. Gaan we thans na, wat het onderzoek van dezen reflex opgeleverd heeft.

Het valt op, dat deze vestibulaire nystagmus bestaat uit twee fasen, een langzame en een snelle. Terwijl algemeen aangenomen wordt, dat door prikkeling van het vestibulair orgaan de langzame phase optreedt, heerscht er nog verschil van meening over den oorsprong van de snelle phase. Proeven hebben wel uitgemaakt, dat beiden verschillend van oorsprong zijn. Zoo ziet men bij prikkeling van het vestibulairorgaan in narkose alleen de langzame deviatie van de oogen optreden. Velen denken, dat het diepe gevoel in de uitwendige oogspieren en hun pezen een rol speelt bij het ontstaan van de snelle phase. (VICTOR CHEVAL¹³). Een verdere eigenschap van den vestibulair nystagmus is, dat hij versterkt wordt, wanneer men den proefpersoon laat kijken in de richting van de snelle component, hij verzwakt of verdwijnt wanneer men in de richting van de langzame component laat kijken. Door middel van dezen reflex heeft men getracht een inzicht te krijgen in de functie van de booggangen. FLOURENS EN EWALD hadden gezien bij hun dierproeven, dat bij prikkeling van een der kanalen, oogbewegingen ontstonden in het vlak van het geprikkelde kanaal. De laatste zag, dat de richting der endolymphbeweging de richting van de oogbeweging aangaf. De richting van den nystagmus, is dus een eigenschap, die aanknoopingspunten geeft voor den stand van de kanalen.

Men onderscheidt naar de richting een horizontalen, verticalen, rotatoiren, diagonalen en segmentalen nystagmus. Tusschen deze vormen vindt men overgangen.

QUIX³⁴) gaf een nauwkeurige ontleding van de prikkels, die het kinetisch zintuig ontvangt bij rotatie in verschillende hoofdstanden. Hij kreeg een inzicht in het verband tusschen den aard van den nystagmus en den prikkel in elke booggang. Het inzicht in de functie van de kanalen werd hierdoor verbeterd.

Om direct georiënteerd te zijn over de richting van den nystagmus na rotatie, stelde BARANY een algemeene wet op, welke hij afleidde uit de waarnemingen: de nystagmusbeweging zou steeds plaats vinden in het vlak waarin gedraaid werd.

QUIX nam als uitgangspunt, de reeds genoemde, door FLOURENS ontdekte wet, dat de reactiebeweging, na prikkeling van een booggang, plaats vindt in het vlak van die booggang. Hij onderzocht de functie van het booggang-systeem mathematisch.

Wanneer de oogbewegingen tengevolge van booggang-prikkels plaats vinden in de vlakken der booggangen, lag het voor de hand de vlakken der booggangen te projecteeren op de oogbollen. Hierdoor leert men de bewegingsvlakken kennen, waarin de oogen bewegen, wanneer bepaalde booggangen geprikkeld worden. Daar meestal de buitenste booggang een hoek van ongeveer 30° met den horizon maakt, zal na rotatie geen zuiver horizontale nystagmus ontstaan; de nystagmus zal plaats vinden in een vlak, dat van voren boven, naar achteren beneden helt.

Met deze voorstelling kan men nagaan, welke oogspieren bij een bepaalden booggang-prikkel in functie treden. Evenals de beide buitenste booggangen samenwerken, doen dit eveneens de voorste verticale van de eene zijde met de achterste verticale booggang van de andere zijde. QUIX ging nu na, welke kanalen bij een bepaalden hoofdstand geprikkeld worden en in welke richting de daarbij opgewekte endolymph-stroom plaats vindt.

Bij een rotatie om een verticale as, hangt de prikkel in een bepaalde booggang af van zijn projectie op het horizontale vlak. Ligt een booggang in het horizontale vlak, dan is de prikkel, die zij ontvangt maximaal. Haar projectie is 100 pCt. Staat een booggang loodrecht op het rotatievlak, dan treedt bij rotatie geen prikkel op in dit kanaal. Haar projectie is nul.

Worden twee stel booggangen geprikkeld, dan is de richting van de resulterende nystagmus afhankelijk van de prikkel-grootte, die elk stel booggangen ontvangt. Beide booggang-prikkels geven oogspier-contracties. Sommige spieren zullen elkaar in hun functie tegenwerken, van anderen zal de werking, door beide prikkels versterkt worden.

De mathematische analyse gaf:

- 1e. voor elk stel booggangen de verschillende posities van het hoofd, waarbij deze booggangen bij draaiing ge-

prikkeld worden, terwijl de anderen niet geprikkeld worden,

- 2e. de posities van het hoofd, waarbij bij draaiing deze booggangen niet geprikkeld worden, terwijl in de beide anderen deze prikkel gelijk en zoo groot mogelijk geworden is.

Men kan dus een booggang gelijk prikkelen bij verschillende hoofdstanden. Bij deze verschillende posities is de otolithen-functie verschillend. QUIX dacht dat de reflexwerking bij deze posities verschillend zal zijn door deze otolithen-functie.

QUIX zag steeds deze theoretisch opgestelde oogspierwerking door de waarnemingen bevestigd.

Verschillende onderzoekers zijn het niet eens met deze voorstelling, wat betreft het ontstaan van de nystagmus-richting. Velen, SCHILLING, RUTTIN, e. a., houden vast aan de voorstelling, dat de voorste verticale booggang bij prikkeling een rotatoiren-, de achterste verticale booggang een verticalen nystagmus geeft. Nu valt reeds dadelijk op, dat dit niet in overeenstemming is met hetgeen door FLOURENS met zijn dierproeven gevonden is. Bij den mensch en vele diersoorten liggen de oogassen buiten de vlakken der booggangen. EWALD vond ook bij de duif, welke zijdelings staande oogen en geen geconjugeerde oogbewegingen heeft, dat prikkeling van een verticale booggang in beide oogen verschillende oogbeweging tengevolge heeft.

Gaan we nu de rotatieproeven van SCHILLING⁴³⁾ na, welke verricht werden met personen, wier eene labyrinth verloren was gegaan. Het zal dan blijken, dat hij bij zijn poging hierbij de nystagmusrichting te verklaren een hulphypothese noodig heeft.

SCHILLING zag, wanneer hij die personen roteerde met het hoofd 90° opzijde geneigd, een verticalen nystagmus optreden. Roteerde hij ze met het hoofd 90° voorover gebogen, dan ontstond een rotatoire nystagmus. Beide verticale booggangen werden bij deze rotaties ongeveer even sterk geprikkeld. Volgens de voorstelling van SCHILLING zou moeten ontstaan een verticaal-rotatoire of diagonale

nystagmus, hetgeen niet in zijn resultaten is te vinden. Bij zijn verklaring heeft hij dan ook de hulp-hypothese noodig, dat telkens bij deze proeven de werking van een booggang uitgeschakeld wordt. Men ziet dat de verklaring, door QUIX gegeven, eenvoudiger is.

Bij een volgende reeks proeven ging SCHILLING den invloed van de richting van den endolymphstroom na, als prikkel voor het percipieerend orgaan. Hij trachtte door rotatieproeven uit te maken, op welke wijze voor een bepaalde booggang de sterkste prikkel ontstond. Daarvoor bracht hij één stel verticale booggangen op twee wijzen in het vlak van rotatie, b.v. canal. vert. ant. dextra en canal. vert. post. sin.

Om genoemde booggangen zoo nauwkeurig mogelijk in het rotatievlak te brengen, maakte hij gebruik van een goniometer, welke aan het hoofd van den proefpersoon was bevestigd. Het hoofd werd eerst om een verticale as 45° naar links gedraaid, vervolgens om een sagittale as 90° naar rechts geneigd. De rechtsche voorste en de linksche achterste verticale booggang kwamen in het rotatievlak.

Dezelfde booggangen, echter 180° gedraaid, kwamen eveneens in het vlak van rotatie, door het hoofd 45° naar rechts te draaien en vervolgens 90° naar voren te buigen. Hierbij ontstond in deze booggangen, bij rotatie met deze twee verschillende hoofdstanden, in het eene geval een ampullopetale, in het andere een ampullofugale endolymphstroom. Werd bij deze rotaties de voorste verticale booggang het meest geprikkeld, dan zou volgens de voorstelling van SCHILLING een rotatoire nystagmus ontstaan; omgekeerd zou bij sterkere prikkeling van de achterste booggang een verticale nystagmus ontstaan. Op deze wijze werden twintig personen onderzocht; de resultaten waren zeer uiteenlopend. QUIX vond bij deze wijze van roteeren den segmentalen nystagmus. In de uitkomsten van SCHILLING vinden we bijna uitsluitend rotatoiren en verticalen nystagmus, een enkele maal diagonalen nystagmus.

De zoo afwijkend gevonden resultaten trachtte SCHILLING te verklaren door te wijzen op de anatomische variaties

in de standen van de booggangen. Verder wijst hij er op, dat gedurende het roteeren onwillekeurige verplaatsingen van het hoofd optreden, wanneer dit volgens zijn methode in den gewenschten stand is gebracht. Het blijkt hieruit wel, dat zijn proeven geen sterk bewijs vormen voor de juistheid van zijn voorstelling over de functie van het kinetisch zintuig. Verder valt hierbij op, dat de beoordeeling van den nystagmus, wat zijn richting betreft, moeilijkheden oplevert.

Evenals SCHILLING is ook RUTTIN ⁽⁴²⁾ de meening toegedaan, dat prikkeling van het voorste verticale kanaal een rotatoiren, prikkeling van het achterste verticale kanaal een verticalen nystagmus zou geven. We vinden dit terug bij zijn proeven met personen, welke, volgens zijn voorstelling, een overprikkelbaarheid van de achterste verticale kanalen hadden. Hij meende, dat bij langdurige, beiderzijdsche calorische prikkeling van het kinetisch zintuig, een verticale nystagmus zou ontstaan, wanneer dit zintuig juist was aangelegd. Immers zouden, volgens zijn voorstelling, de beiderzijds opgewekte, tegengesteld gerichte horizontale en rotatoire nystagmusbewegingen, elkander opheffen. Dat dit niet het geval was, maar een rotatoire nystagmus ontstond, zou volgens RUTTIN een gevolg zijn van fouten in het vestibulair orgaan. Hierdoor zouden de beiderzijds opgewekte rotatoire nystagmusbewegingen elkaar niet opheffen. Waren echter de achterste verticale kanalen overprikkelbaar, dan zou een verticale nystagmus op den voorgrond treden.

Ook in een onderzoek van BONDY ⁶⁾ vindt men deze voorstelling over de richting van den nystagmus terug.

Uit het voorgaande is wel gebleken, dat voor prikkeling van de kanalen vooral gebruik gemaakt wordt van rotatie- en calorische prikkels. Beschouwen we de eerste wijze van prikkelen nader, dan zien we, dat vooral bestudeerd werd de na-reactie, welke ontstaat wanneer een rotatiebeweging plotseling geremd wordt. Hierbij werd een functie van het kinetisch zintuig nagegaan, die in de orientatie wel

eens storend werkt. Elke booggang functioneert niet alleen bij het begin van een draaiende beweging of bij een snelheidsverandering van deze beweging, maar eveneens bij het plotseling remmen. Ten gevolge van haar traagheid zet de endolympe in de kanalen haar beweging voort en treden een gewaarwording en reflexen op, alsof een beweging in tegengestelde richting plaats vindt. Deze gewaarwording is in strijd met die, welke verkregen worden door het gezichtszintuig en den tastzin, waarmee het gevoel van duizeligheid te verklaren is.

Nu geven deze rotatieproeven een abnormaal sterke prikkel aan het booggangstelsel. QUIX¹³⁵⁾ wees daarentegen op het nut van het vestibulair orgaan, voor de reguleering van het evenwicht, in de dierenwereld. Daarbij merkte hij op, dat tijdens de actieve bewegingen, die deze dieren in de natuurstaat uitvoeren, zulke sterke prikkels niet voorkomen.

BÁRÁNY¹⁾ stelde een groot onderzoek in naar den duur van deze na=reactie op de oogen, den na=nystagmus. Velen meenen, dat de duur van dezen na=nystagmus, na een bepaalden rotatie=prikkel, een uitdrukking voor de prikkelbaarheid van het zintuig is. Hij maakte gebruik van een eenvoudige draaistoel, waarvan de rotatie met de hand geschiedde; aan de fixatie van het hoofd werd weinig zorg besteed. Op de bezwaren hiervan kom ik later terug.

In dit verband zal ik eenige van zijn resultaten nagaan. Hij vond dan, dat 10 rotaties in 10—22 seconden uitgevoerd den langsten duur van den na=nystagmus gaf. De tijden werden telkens met den chronometer bepaald. Een groot aantal personen werd nu ongeveer gelijk sterk geprikkeld en den duur van den na=nystagmus onderling vergeleken. Zoo vond hij, dat de gemiddelde duur van den horizontalen na=nystagmus naar rechts 41 seconden bedroeg. De duur van den na=nystagmus naar links na rotatie bedroeg 39 seconden. Toch waren er groote afwijkingen van dit gemiddelde; zoo kon hij bij één persoon geen na-nystagmus opwekken na 10 maal draaien, hoewel het vestibulair orgaan calorisch prikkelbaar was. Als maximum duur van den na=nystagmus vond hij 98 tot 100 seconden.

Bij een volgende reeks proeven ging hij na of de duur van den na-nystagmus constant was bij zijn proefpersonen. Deze proeven werden herhaald op denzelfden dag of op verschillende dagen. Het bleek, dat dit bij verschillende personen niet het geval was. Wel vond hij, dat speciaal bij die personen, die een duur van den na-nystagmus boven het gemiddelde vertoonden, het verschijnsel vooral niet constant gevonden werd. Slechts in $\frac{1}{5}$ deel der gevallen vond hij hier een constante duur van den na-nystagmus naar links en rechts.

BÁRÀNY ging verder den invloed na, die verschillende factoren op den duur van den na-nystagmus hadden. Allereerst onderzocht hij den invloed van snelle en langzame rotaties. Voor de eerste wijze van prikkeling werden 10 rotaties uitgevoerd in 26 tot 30 seconden, voor de laatste 10 rotaties in 18 tot 19 seconden. Het resultaat was, dat in de helft der gevallen, de snelle rotatie een vergrooting van duur en sterkte van den na-nystagmus gaf, in de andere helft van de gevallen was een verschil in den duur t.o.z. van de langzame rotatie niet te bemerken.

Verder onderzocht hij den invloed van het aantal rotaties op den duur van den horizontalen na-nystagmus. Den langsten duur verkreeg hij gemiddeld na 10 rotaties, terwijl naar beide zijden de tijden in grootte afnamen. Zoo gaf 5 maal draaien gemiddeld ongeveer hetzelfde resultaat als 20 maal. Echter vertoonden zich bij deze meerdere rotaties duidelijk grootere en snellere excursies.

Van belang zijn de onderzoekingen over het gewinnen aan rotatie. Hoewel zijn proeven gering in aantal waren, kon hij geen verandering van den duur vaststellen. Zoo vond hij bij dansers, die zoowel naar rechts als naar links konden dansen, zonder duizelig te worden, een horizontalen na-nystagmus van 44—46 seconden; dit was dus boven den gemiddelden duur. De resultaten bij de niet-dansers waren 41 seconden, dus minder als bij de rechts- en links-dansers.

De proeven van BÁRÀNY over den rotatoiren nystagmus gaven afwijkende uitkomsten van die over den horizontalen

nystagmus. De duur van den rotatoiren nystagmus vond hij nooit langer.

Na meerdere rotaties kon BÁRÀNY een „nach=nach=nystagmus” aantoonen, welke de richting had van de primaire beweging.

De versterking der na=nystagmus na herhaalde rotaties, verklaarden MAIER en LION door de werking van de centrifugaalkracht. Deze zou werken op de haartjes van het percipieerend orgaan in de kanalen. Na stoppen van een rotatie houdt deze kracht op te werken en de haartjes zouden door hun elasticiteit in beweging komen. Hiermee was echter nog niet verklaard waarom een nystagmus na 10 rotaties langer duurt dan een nystagmus opgewekt door 20 rotaties.

Een groot voordeel voor het aantoonen van de nystagmusbeweging was de nystagmograaf van BUIJS¹²⁾. Hij bracht op de gesloten oogen kleine luchtkussentjes aan. Op deze wijze konden de nystagmusbewegingen van de oogen geregistreerd en onderscheiden worden van willekeurige en onwillekeurige oogbewegingen.

BUIJS kon op deze wijze aantoonen, dat de nystagmus, opgewekt door 10 rotaties in 20 seconden, bij het stoppen van de beweging nog niet beëindigd was.

Bij een gelijkmatige beweging zag hij, nadat de opgewekte nystagmus beëindigd was, een nystagmus optreden in tegengestelde richting, analoog aan den „nach nachnystagmus” van BÁRÀNY.

Terwijl door rotatie steeds beide labyrinthen geprikkeld worden, stelt de **calorische prikkel** ons in staat elk labyrinth afzonderlijk te onderzoeken. Men begrijpt, dat dit onderzoek een praktische diagnostische beteekenis heeft. Het al of niet functioneeren van het labyrinth bij etterige oorontstekingen is voor den oorarts van het grootste belang. BÁRÀNY vond, dat wanneer hij een proefpersoon, met een intact vestibulair orgaan, het rechter oor met water beneden lichaams=temperatuur uitspoot, deze een naar links gerichte horizontaal=rotatoiren nystagmus vertoonde. De proefpersoon moest hierbij het hoofd rechtop houden. Nam hij

water boven lichaamstemperatuur, dan was de nystagmus naar rechts gericht. Wanneer hij het rechter oor uitspoot met koud water en daarna het hoofd 180° naar voren boog, was de nystagmus eveneens naar rechts gericht. Het merkwaardige verschijnsel deed zich dus voor, dat het uitspuiten van een oor met koud water en het uitspuiten met warm water, gevolgd door een vooroverbuigen van het hoofd van 180° , een nystagmus gaf welke dezelfde richting had. Ter verklaring van dit verschijnsel nam hij aan, dat temperatuursverschillen aan den wand der halfcirkelvormige kanalen een endolymphbeweging zouden doen ontstaan. Hij stelde zich daarbij een booggang voor als een met vloeistof gevuld vat, waarvan een gedeelte van den wand afkoeld of verwarmd werd. In het eerste geval wordt de vloeistof bij dit gedeelte van den wand gelegen eveneens afgekoeld en zinkt naar den bodem van het vat. De plaats van deze vloeistof wordt weer ingenomen door vloeistofdeeltjes, die nog lichaamstemperatuur bezitten. Op deze wijze wordt het ontstaan van de endolymphbeweging begrijpelijk. Deze beweging leidt tot prikkeling van het percipieerend orgaan.

Door deze mechanische voorstelling wordt het duidelijk, dat in een kanaal de sterkste endolymphbeweging zal ontstaan, wanneer zijn stand verticaal is. Ligt het kanaal horizontaal, dan zal geen beweging van de endolymph op te wekken zijn. In overeenstemming hiermee ziet men den nystagmus, welke door calorische prikkeling van het buitenste kanaal is opgewekt, verdwijnen wanneer door buigen van het hoofd dit kanaal horizontaal gesteld wordt. Tevens wordt nu duidelijk, dat wanneer na het uitspuiten van een oor het hoofd 180° voorovergebogen wordt, ook de nystagmus in tegengestelde richting optreedt.

De bloedsomloop zorgt ervoor, dat bij een langdurenden calorischen prikkel, geen gelijkmatige verwarming of afkoeling van het booggangstelsel ontstaat. We zien dan ook, dat hierbij de nystagmusbeweging blijft bestaan. BRÜNINGS¹¹⁾ trachtte een gelijkmatige verwarming van het systeem te verkrijgen door gebruik te maken van de

Joulesche stroomwarmte. Hij zag bij deze proef geen prikkeling van den nervus vestibularis ontstaan. De door BÀRÀNY opgestelde theorie over den calorischen nystagmus is later door BRÜNINGS verder uitgewerkt. Hij vestigde er de aandacht op, dat het bij den calorischen prikkel van belang is, welk gedeelte van den wand der kanalen afgekoeld of verwarmd wordt. Immers, wanneer een vat beneden aan zijn wand afgekoeld wordt is de valhoogte der afgekoelde vloeistofdeeltjes gering. Wordt een hooger niveau afgekoeld, dan zijn de omstandigheden beter voor het ontstaan van een vloeistofbeweging. Inderdaad toonen zijn proeven aan, dat wanneer we het buitenste kanaal in het verticale vlak brengen, door het hoofd 60° achterover te buigen en we neigen het daarna naar die zijde, waar de afkoeling plaats vindt, de prikkelbaarheid sterk toeneemt. Neigen we het hoofd naar de andere zijde, dan neemt de prikkelbaarheid af, hoewel het buitenste kanaal in het verticale vlak blijft. Dit laatste is juist omgekeerd met hetgeen we verwachten. BRÜNINGS voegt er dan ook aan toe, dat men den stand van het hoofd, waarbij door deze overweging een kanaal ad maximum geprikkeld wordt, moeilijk uit de anatomische verhoudingen kan afleiden. De uitbreiding van de afkoeling (het temperatuurverval) van uit de uitwendige gehoorgang, ondervindt wijzigingen door het verschil in warmtegeleidingsvermogen der verschillende media.

Beschouwen we in dit verband eenige resultaten van de proeven van MAIER en LION²⁹⁾. Het blijkt dan, dat deze in overeenstemming zijn met de theorie van BÀRÀNY. Zij konden reeds door een gering temperatuursverschil een vloeistofbeweging opwekken ($0,5^\circ$ C.) Het begin van de beweging was afhankelijk:

- a) van de wijidte van het kanaal,
- b) van de geleidingsweerstand en
- c) van de neiging van het kanaal tot den horizon.

Zij vonden verder, dat de stroomsnelheid geleidelijk steeg tot het maximum. Deze was afhankelijk:

- a) van het temperatuursverschil,
- b) van de wijidte van het kanaal,

- c) van de geleidingsweerstand en
- d) van de neiging van het kanaal tot den horizon.

Uit het voorgaande is wel gebleken, dat de richting van den nystagmus na een calorischen prikkel, voor BÀRÀNY een aanknoopingspunt was voor het opstellen van zijn theorie. Bij den rotatieprikkel hebben we reeds gezien, dat er verschil van meening bestaat over de richting van den nystagmus, welke elk kanaal afzonderlijk geeft. Dit meeningsverschil komt ook hier, bij de verklaring van de richting van den calorischen nystagmus naar voren. Velen nemen aan, dat de rotatoire nystagmus bij een calorischen prikkel ontstaat door prikkeling van het voorste verticale kanaal. Anderen zijn de meening toegedaan, dat beide verticale kanalen, bij het optreden van een rotatoire nystagmus, geprikkeld worden.

Door gebruik te maken van den calorischen prikkel trachtte BRÜNINGS een inzicht te krijgen in de **prikkelbaarheid** van het booggangstelsel van verschillende personen. Hij bepaalde het tijdsverloop, dat noodig was om een nystagmus op te wekken, terwijl hij het systeem met water van een bepaalde temperatuur calorisch prikkelde. Hiervoor was noodig, dat het water, bij de verschillende proeven, steeds een constante stroomsnelheid had. De hoeveelheid gebruikt spoelwater was voor hem dus ook een maat voor de prikkelbaarheid. Hij gebruikte voor deze proeven zijn oto-calorimeter, waardoor hij verzekerd was, dat de valhoogte van het water steeds constant was.

Nu moet voorop gesteld worden, dat op de grootte van het genoemde tijdsverloop, de prikkelbaarheid van het percipieerend orgaan niet alleen van invloed is. Men dient ook het verdere verloop van de reflexbaan in het oog te houden: het zenuwstelsel, den toestand van de oogspieren. Te meer daar het resultaat hier een rhythmische beweging van de oogbollen is, voor wier totstandkoming niet alleen een prikkeling van het vestibulairorgaan de oorzaak is. Wanneer we alleen het eerste gedeelte van de reflexbaan beschouwen, dan vinden we hier verschillende factoren, die van invloed zijn op den duur van het tijdsverloop

tusschen begin der spoeling en het ontstaan van den nystagmus. Ten eerste de geleidingsweerstand voor de afkoeling of verwarming. Deze wordt voor een groot gedeelte bepaald door de anatomie van het middenoor. Het ontstaan van de endolymphbeweging, welke tot prikkeling van het percipieerend orgaan leidt, hangt af van den vorm en ligging van het kanaal en verder van den toestand der endolympe. Ten slotte is de prikkelbaarheid van het percipieerend orgaan van belang.

Men ziet dus, dat wanneer op deze wijze de eigenlijke prikkelbaarheid van het percipieerend orgaan quantitatief wordt gemeten, verschillende factoren de uitkomsten onzuiver maken. Bij eenzelfde persoon vond BRÜNINGS een nagenoeg constante grootte van de prikkelbaarheid. Het onderzoek van meerdere personen leverde verschillen op.

BRÜNINGS ging verder den invloed van de temperatuur van het spoelwater na op den duur van het genoemde tijdsverloop. Deze proeven werden bij eenzelfde proefpersoon verricht. Achtereenvolgens werd gespoeld met water van 20° , 26° , 29° en 32° . Het bleek, dat voor het opwekken van den nygstagmus noodig waren: 51, 100, 142 en 252 c.M.³

De duur van het genoemde tijdsverloop was verder afhankelijk van de blikrichting. Ook dit werd door BRÜNINGS nagegaan. Hij liet zijn proefpersonen bij verschillende proeven telkens onder een grooteren hoek zijwaarts kijken. Het bleek, dat daarbij steeds minder spoelwater noodig was voor het opwekken van den nystagmus. Natuurlijk werden deze proeven steeds onder gelijke omstandigheden uitgevoerd, waarbij het buitenste kanaal in verticalen stand was gebracht.

Anderen o.a. KIPROFF²⁰⁾ waren het niet eens met deze meting van prikkelbaarheid. Zij bepaalden den nystagmusduur, welke zij een uitdrukking vonden van de prikkelbaarheid. Ook deze duur van den nystagmus is onder verschillende omstandigheden niet gelijk. Een nystagmus opgewekt door spoelen met water van 20° duurt langer als een nystagmus opgewekt door spoelen met water van 30° . Wekken we

een nystagmus op, zonder de proefpersoon zijwaarts te laten kijken, dan duurt deze langer dan een nystagmus, opgewekt bij een zijwaartsche blikrichting van 50° .

Ook bij deze bepalingen zal men dus steeds moeten zorgen, dat alle omstandigheden gelijk zijn.

§ 3. OVER DE REACTIEBEWEGINGEN VAN HET LICHAAM.

Gaan we thans eenige onderzoeken na, die wijzen op den invloed, welke het booggangstelsel op de lichaams-musculatuur heeft.

FLOURENS¹⁸⁾ was wel de eerste, die met zijn dierproeven de aandacht hierop vestigde. Bij prikkeling toch van bepaalde kanalen zag hij reactiebewegingen van kop en lichaam optreden in het vlak van de geprikkelde booggang. Dergelijke bewegingen van het hoofd, ziet men bij den mensch, na prikkeling van bepaalde kanalen in den regel niet optreden. De invloed van het booggangstelsel op de lichaams-musculatuur kwam hier vooral voor den dag in de valreactie. Wanneer men een proefpersoon rechtop laat staan, met gesloten oogen en aaneengesloten hielen, dan ziet men onder normale omstandigheden, dat hij zijn evenwicht volkomen bewaart; hoogstens treedt een licht wankelen op. Gaat men echter bij dezen proefpersoon bepaalde kanalen prikkelen, en geeft men hem daarna dezelfde opdracht, dan treedt een valreactie op in typische richting.

BÁRÁNY²⁾ heeft den aard van deze valreactie verder ontleed. Hij zocht het verband tusschen een bepaalden prikkel van het booggangstelsel en de richting van de valreactie. Zoo prikkelde hij bij een proefpersoon het booggangstelsel zoodanig, dat een rotatoiren nystagmus naar rechts werd opgewekt. Dit was te bereiken door een rotatie naar links, terwijl het hoofd ongeveer 60° naar achteren gebogen was. Liet hij nu den proefpersoon rechtop staan, met gesloten oogen en aaneengesloten hielen, dan vertoonde deze een valreactie naar links. Wanneer hij nu het hoofd van den proefpersoon 90° naar rechts draaide, vertoonde deze een valreactie naar voren. Werd omgekeerd

na een zelfde rotatieprikkel het hoofd 90° naar links gedraaid, dan dreigde de proefpersoon achterover te vallen. BÀRÀNY merkte dus op, dat deze valreactie na een prikkeling van het booggangstelsel plaats vindt in het vlak van de nystagmusbeweging en wel in een richting tegengesteld aan de snelle component.

In overeenstemming hiermee vond hij, dat bij een proefpersoon geen valreactie optrad, wanneer deze na een rotatie een nystagmus vertoonde in het horizontale vlak.

Om dus direct na een prikkeling van het booggangstelsel georiënteerd te zijn over de richting der reactie van het lichaam, leidde BÀRÀNY deze af uit de richting van den daarbij opgewekten nystagmus. Hij sprak zich aldus uit: „Die Bewegungen des Körpers finden in derjenigen Ebene statt, in welcher der Nystagmus schlägt, und ihre Richtung ist der rasche Bewegung des Nystagmus entgegen gesetzt.”

Hierdoor kregen we echter geen inzicht in de rol, die elk kanaal afzonderlijk speelt bij het opwekken van deze reactiebewegingen.

Evenals het lichaam den invloed van deze prikkels van het booggangstelsel ondervindt, waarvan een valreactie het gevolg was, zien we ook in de extremiteiten reactiebewegingen optreden. We kunnen deze als volgt aantoonen. Een proefpersoon wordt een krachtige rotatieprikkel gegeven waarvan een horizontale nystagmus naar rechts het gevolg is. Wanneer men hem nu de opdracht geeft den arm recht uit te steken, zal men deze in vele gevallen naar links zien afwijken. De proefpersoon denkt hierbij, dat de arm in rust is. Deze afwijking is beperkt, zij gaat zoover, tot het spier- en gewrichtsgevoel den proefpersoon de gewaarwording van de afwijking geeft; wanneer deze sensatie optreedt is individueel verschillend. BÀRÀNY merkte op, dat hoe minder de proefpersoon ontwikkeld is, des te minder hij ook let op zijn spier- en gewrichtsgevoel. Deze reactie in de bovenste extremiteiten leent zich voor klinische doeleinden goed, om een prikkeling van het booggangstelsel aan te toonen. BÀRÀNY gaf hiervoor de wijsproef

aan. Ging hij de reacties na, welke in het schoudergewricht optreden, dan werd deze proef als volgt uitgevoerd. Met gesloten oogen liet hij den proefpersoon de hem voorgehouden wijsvinger van onder aanraken; vervolgens den gestrekten arm op de knie zakken en daarop weer den arm tot aanraking van zijn vinger heffen. Wanneer na prikkeling van het booggangstelsel een nystagmus naar rechts optreedt, ziet men in vele gevallen den proefpersoon naar links voorbijwijken. Weet de proefpersoon van te voren, welke reactie het gevolg van den prikkel is, dan zal hij trachten het miswijzen te corrigeren. Het is dus goed, dat hij deze reactie niet kent, om hierdoor niet beïnvloed te worden.

Evenals men een reactie naar rechts of links kon aantoonen, was dit na een bepaalde prikkeling van het booggangstelsel eveneens mogelijk voor een reactie naar boven of beneden. BÀRANY toonde deze op analoge wijze met zijn vingerwijsproef aan. Hij liet nu echter den proefpersoon na aanraken van zijn vinger, een horizontale beweging met den gestrekten arm uitvoeren, om daarna dezen vinger opnieuw aan te raken.

Behalve in het schoudergewricht, kon BÀRANY eveneens in andere gewrichten van de bovenste extremiteit reactiebewegingen aantoonen, zoo ook in het handgewricht. Hij moest hierbij echter zorg dragen, dat deze reactiebewegingen dan alleen door dit bepaalde gewricht gegeven werden. Het was dus noodzakelijk den onderarm te fixeeren.

Bij zijn onderzoekingen bleek nu, dat telkens na een bepaalden prikkel de reactiebeweging steeds in dezelfde richting optrad, ook wanneer telkens de extremiteit een anderen stand innam. Zoo wees de vinger na een rotatie naar links, telkens naar links voorbij, onverschillig of de arm zich in supinatie of pronatiestand bevond. Het merkwaardige hierbij was dus, dat voor deze beide reactiebewegingen verschillende innervaties noodig waren.

De verdere proeven leerden, dat men na een rotatie de richting van het voorbijwijken kon wijzigen, door den stand van het hoofd te veranderen. Hetzelfde verschijnsel

zagen we eveneens bij de valreactie. Stellen we ons voor, dat we bij een proefpersoon na een rotatie naar rechts, met het hoofd recht op, een voorbijwijken naar rechts hebben opgewekt. Neigen we daarna zijn hoofd 90° op den rechter schouder, dan zien we een voorbijwijken naar beneden optreden.

Werden eenige rotaties uitgevoerd met verschillende hoofdstanden, dan bleek, dat steeds in dezelfde richting werd voorbijgewezen. Hierbij moest na de rotatie de stand van het hoofd niet gewijzigd worden.

BÁRÀNY leidde uit deze laatste proeven af, dat de richting, waarin het voorbijwijken optrad, niet alleen afhankelijk was van den prikkel, welke het booggangstelsel bij rotatie ontvangt. Hij meende, dat ook de stand van het hoofd hierop invloed had, de otolithen zouden hierbij een rol spelen. BÁRÀNY nam dus aan, dat bij het opwekken van reactiebewegingen door rotatie een nauwe samenwerking optrad tusschen beide zintuigen van het labirynth.

Wanneer we een proefpersoon na rotatie herhaalde malen de wijsproef laten uitvoeren, zien we een na-reactie optreden. Wanneer hij eenige keeren in typische richting heeft voorbijgewezen, zien we de grootte van de afwijking verminderen; spoedig treedt een reactie op in omgekeerde richting, waardoor na eenigen tijd weer in de juiste richting wordt gewezen. Tenslotte wijst de proefpersoon naar de tegenovergestelde zijde voorbij.

BÁRÀNY¹⁴⁾ zag deze na-reactie reeds na 10 maal draaien optreden.

Evenals men na prikkeling van het booggangstelsel reactiebewegingen van de bovenste extremiteiten kan aantoonen, is dit eveneens mogelijk voor de onderste extremiteiten. Echter vond BÁRÀNY hierbij dikwijls een ontbreken van de reactiebewegingen.

Uit het voorgaande blijkt dus, dat na prikkeling van het booggangstelsel reacties optreden, zoowel wanneer het lichaam zich in rusttoestand bevindt (valreactie), als wanneer actieve bewegingen uitgevoerd worden (wijsproef).

Voor deze inwerking op de willekeurige innervatie nam

BÁRÀNY verschillende centra aan, welke zich in de kleine hersenen zouden bevinden. Dit laatste vooral op grond van zijn klinische waarnemingen. BÁRÀNY vond, dat wanneer bij een patiënt, een van deze centra door een ziekteproces was uitgevallen, deze ook een typische afwijking vertoonde van de wijsproef, zooals deze door een normaal persoon na rotatie gegeven wordt.

De samenwerking tusschen booggangstelsel en otolythen bij het opwekken van reactiebewegingen, komt eveneens duidelijk uit, wanneer we de gewaarwording, welke bij een rotatie ontstaat, ontleden. Daar velen een verband leggen tusschen deze gewaarwordingen en het optreden van reactiebewegingen, is het van belang dit hier na te gaan. Bij deze ontleding treden eenige factoren op den voorgrond, welke den aard van een rotatiebeweging bepalen.

Ten eerste de gewaarwording van rotatie in engeren zin; door positieve of negatieve versnellingen bij deze beweging worden de kanalen geprikkeld. Bij een gelijkmatige rotatie worden deze niet geprikkeld. Wanneer deze rotatie met eenige snelheid wordt uitgevoerd, treedt het verschijnsel van PURKYNE op; bij deze beweging toch werkt de centrifugaalkracht in op het otolithensysteem, waardoor de verticaal foutief wordt aangegeven.

Veronderstellen we, dat na prikkeling van een kanaal een gewaarwording van rotatie optreedt in het vlak van dit kanaal, evenals we ook bij dierproeven een reactiebeweging zagen optreden in het vlak van het geprikkelde kanaal. Voor het juist functioneeren van het booggangstelsel bij rotatie, is het dan noodzakelijk, dat de gewaarwordingen in de drie kanalen opgewekt een resultante geven in het rotatievlak. Immers, dan is de gewaarwording door dit zintuig gegeven niet in strijd met de waarnemingen van de overige zintuigen, waarmee wij ons oriënteren. In het volgende hoofdstuk zullen we zien, bij de ontleding van den rotatieprikkel, in hoeverre het zintuig aan zijn doel beantwoordt.

Onze veronderstelling, dat we na prikkeling van een

kanaal een gewaarwording van rotatie ontvangen in het vlak waarin dat kanaal zich in de ruimte op het oogenblik der prikkeling bevindt, sluit in dat we georiënteerd zijn over den stand van de kanalen in de ruimte. Hierdoor wordt de samenwerking met het otolithensysteem duidelijk. Deze toch geven juist de gewaarwording van den stand van den schedel.

Wanneer we een proefpersoon telkens roteeren, met gelijke snelheid en gelijken hoofdstand t.o.z. van een rotatieas, maar deze as bij de verschillende proeven telkens een andere stand in de ruimte geven, worden de kanalen telkens gelijk geprikkeld. Dit is echter niet het geval met de otolithen; in de verschillende fasen van de beweging is de stand der otolithen ten opzichte van de verticaal een andere, daarmede wisselt hun druk op de maculae, waardoor deze standen worden waargenomen. Uit deze proeven blijkt, dat voor de waarneming van het rotatievlak de otolithen onmisbaar zijn.

Dat de halfcirkelvormige kanalen niet in staat zijn ons de gewaarwording van rotatie in al zijn onderdeelen te geven, wordt eveneens duidelijk door het volgende onderzoek.

Wordt een proefpersoon eenige malen geroteerd om dezelfde as, met denzelfden hoofdstand en met gelijke hoekversnelling, maar telkens op verschillende afstanden van de rotatieas, dan worden de kanalen hierbij telkens gelijk geprikkeld. Voor de waarneming van dezen afstand van de rotatieas zijn zij dus niet geschikt. De otolithen echter worden bij deze rotaties telkens verschillend geprikkeld, wijl de grootte van de centrifugaalkracht afhankelijk is van den afstand tot het draaipunt.

Ook MULDER³⁰⁾ vestigde de aandacht op deze samenwerking van de twee zintuigen bij zijn ontleding van de gewaarwordingen.

§ 4. OVER DE TONISCHE REFLEXEN VAN DE EXTREMITATEIN.

Gaan we thans na, wat omtrent de functie van het otolithensysteem bekend is. Het blijkt dan, dat dit zintuig ons de gewaarwording geeft van den stand van

het hoofd in de ruimte. Tevens treden bij verandering van den stand van het hoofd tonische reflexen op in de oogen en de ledematen. Deze reflexen werden voornamelijk gevonden bij dieren. Bij deze onderzoeken bleek, dat nog een andere groep reflexen, opgewekt door de diepe deelen van den hals, invloed op den spiertonus heeft. Hier moeten in het kort de proeven door MAGNUS en DE KLEYN^{21, 26, 27, 28)} op dieren verricht, vermeld worden. Deze proeven werden vooral op dieren verricht met ont-herseningstijfheid, waarbij de strektonus op den voorgrond trad. Zij gingen na welken invloed de stand van den kop had op dezen strektonus van de extremiteiten. Zooals vermeld, vonden zij twee groepen reflexen. De eerste groep wordt opgewekt door verandering van den stand van het hoofd in de ruimte. Deze reflexen zijn labyrinthair, ze verdwijnen na verwijdering van beide labyrinthen. Zij vonden, dat beide voorpooten in denzelfden zin reageerden met toename of afname van den strektonus.

De tweede groep wordt opgewekt door verandering van den stand van het hoofd tot den romp. Dit zijn halsreflexen, opgewekt door prikkeling van de sensibele zenuwen van spieren of gewrichten van den hals. Draaien en wenden van het hoofd geeft een tegengestelde reactie van de pooten van de rechter- en linkerzijde. Buigen en heffen geeft een reactie in denzelfden zin van beide zijden.

Om deze groepen van reflexen te onderscheiden werd, of wel de werking van de labyrinthen te niet gedaan, of omgekeerd den invloed der halsreflexen door fixeeren van het hoofd van het dier ten opzichte van het lichaam (ingipsen) uitgesloten.

Het bleek nu, dat bij dieren zonder labyrinthfunctie, bij elken stand van het dier draaien (rotatie om den oro-occipetale as) van den kop een strektonustoename tengevolge had in dat been, waarheen de onderkaak gericht was (Kieferbein); een strektonus vermindering trad op in dat been, waarheen de schedel gericht was (Schädelbein.)

Wenden (rotatie om den dorso-ventrale as) van den kop, gaf eveneens toename van den strektonus in het

„Kieferbein” en een tonusafname in het „Schädelbein”.

Eveneens bij dieren zonder labyrinthfunctie, werd door buigen van de halswervelkolom in ventrale richting de strektonus van de beide voorpooten verminderd. Buiging in dorsale richting gaf een vermeerdering van den strektonus in deze extremiteiten.

Het onderzoek van de labyrinthreflexen leerde, dat er maar één stand van het hoofd in de ruimte is, waarbij de strektonus maximaal is en één stand, waarbij deze minimaal is. Eén labyrinth bleek voldoende om den tonus der ledematen aan beide lichaamszijden, gelijkmatig te beïnvloeden.

QUIX ^{36, 37)} ging na, welke reflexen, bij standsverandering van het hoofd, door den utriculus en sacculusotolith afzonderlijk werden opgewekt. Hij vond, dat de reflexen, welke optreden bij buigen van het hoofd in het sagittale vlak om een bitemporale as, werden opgewekt door den otolith van den utriculus. De reflexen, welke optreden bij draaien van het hoofd in het frontale vlak, om de occipito-orale as, zouden opgewekt worden door den otolith van den sacculus. Hij kwam tot deze conclusie door vergelijking van de reflexkrommen met de drukkrommen van de otolithen bij draaiing om genoemde assen. Het otolithensysteem is dus werkzaam in twee coördinatievlakken.

Deze vergelijking van reflexkromme met drukkromme, wees er dus op, dat de lapilli (otolithen van de utriculi) reflectorisch verbonden zijn met de buigers en strekkers der ledematen, van den hals, van den romp en met die spieren, welke de oogen bewegen om een bitemporale as. De sagittae (otolithen van de sacculi) zijn reflectorisch verbonden met den abductoren en adductoren van de ledematen, met de draaiers en wenders van hals en romp en verder met de oogspieren, die den oogbol bewegen om de occipito-orale as.

De lapilli zijn synergisten, zij werken op dezelfde spiergroepen der beide lichaamshelften in den zelfden zin. De sagittae daarentegen zijn antagonisten, elke sagitta heeft op de spiergroepen van de eene lichaamshelft de

teggestelde inwerking van die op dezelfde spiergroepen van de andere lichaamshelft. Beide sagittae te zamen werkende heffen elkaars reflectorischen invloed op.

Dezelfde reflexen als bij dieren, konden MAGNUS en DE KLEYN, in pathologische toestanden ook bij den mensch aantoonen. Bij eenige patiënten, waar de functie van de groote hersenen dermate was afgenomen, dat spontane bewegingen en willekeurige tonusveranderingen der ledematen uitgesloten waren, konden door hoofdbewegingen tonusveranderingen der ledematen opgewekt worden. Het waren patiënten met hydrocephalus, etterige meningitis, hersenbloeding en een geval van amaurotische idiotie.

MAGNUS meende, dat men nog niet kon beslissen of deze reflexen bij den normalen mensch een gewichtige rol spelen. Hij dacht aan de mogelijkheid, dat ze, na uitsluiting van de groote hersenen, als phylogenetisch oude reflexen weer manifest werden.

Interessant zijn de onderzoekingen van normale zuigelingen, waarbij eveneens een reflex op de armen was aan te toonen. Daarvoor moest het kind van de zittende in de liggende houding worden teruggelegd; werd het sterk ventraal gebogen hoofd teruggelegd, dan traden eveneens reflexen op en wel abductie van de bovenarmen, strekking in de ellebogen, spreiding van de vingers.

In dit verband is het van belang eenige proeven van DELAGE ¹⁵⁾ te vermelden. Reeds veel vroeger dan BÀRÀNY maakte hij gebruik van de vingerwijsproef. Toen echter om te onderzoeken of een proefpersoon georiënteerd was in de ruimte bij bepaalde hoofdstanden. Hij stelde zijn proefpersoon tegenover een richtpunt en liet hem met gesloten oogen dit punt aanwijzen. Stond de proefpersoon rechtop dan geschiedde dit met groote nauwkeurigheid. Hield deze zijn hoofd sterk om een verticale as naar rechts gedraaid, dan wees hij het richtpunt 15° naar links voorbij, alsof de omgeving 15° in deze richting was gedraaid. Nu kwam het ook voor, dat proefpersonen bij dezen hoofdstand het punt juist aanwezen; werd hen de opdracht gegeven een stok verticaal op de borst te plaatsen,

dan werd deze scheef gezet in de richting van de hoofdrotatie. Beide illusies sluiten elkander uit; de eerste heeft meestal de nieuweling in de proef.

Bij draaien van het hoofd om een verticale as ziet men de oogen 15° verder uitwijken dan het hoofd. Als wij ons hoofd draaien, bv. op zij om iets te zoeken, dan doen we de draaiing hoofdzakelijk met de oogen en draaien hierbij het hoofd zoo weinig mogelijk. Worden bij de proef alleen de oogen sterk op zij gedraaid, dan wordt slechts 10° in tegengestelde richting voorbijgezezen. Men ziet, dat door het in rust blijven van de halsspieren de fout iets verkleind wordt.

Hetzelfde verschijnsel van voorbijwijken, bij verandering van den hoofdstand, werd later door REINHOLD³⁸⁾ opgemerkt; hoofdwenden naar links gaf een voorbijwijken naar rechts. Hij vond, dat ook sommige personen het verschijnsel niet vertoonden. Over den aard er van kon hij niets met zekerheid zeggen; hij dacht, dat het niet van vestibulairen oorsprong was, maar was toe te schrijven aan een halsreflex.

FISCHER¹⁷⁾ zag bij neigen van het hoofd naar voren, naar achteren of op zij een voorbijwijken in dezelfde richting optreden. Eveneens zag hij deze reacties bij kinderen, welke beiderzijds een verlies hadden van de labyrinthfunctie.

HOOFDSTUK II.

ANATOMISCH OVERZICHT.

Bij het geven van een anatomisch overzicht van het booggangstelsel interesseert ons vooral de stand van de kanalen in den schedel en daarbij hun onderlinge stand.

Belangrijke gegevens hiervoor werden verkregen door de onderzoekingen van SATO^{45, 46}). Deze vulde het labirynth met metaal, waarna het been gemacereerd werd; hij zorgde er echter voor, dat er een verbinding tusschen de beide labirynthes bleef. Aan deze preparaten was dus de onderlinge stand van de kanalen te bepalen. Nu was echter de stand ten opzichte van den horizon nog niet bekend; hiervoor werd aangenomen een vlak, dat verliep door den onderrand van de oogkassen en den bovenrand van de uitwendige gehoorgangen (Duitsche horizontale). SATO opende het buitenste kanaal zoover mogelijk en mat op deze wijze den hoek, welke het vlak van dit kanaal met het aangenomen vlak maakte. Deze hoek werd door hem $\pm 24^\circ$ gevonden. Door anderen wordt deze hoek iets grooter aangegeven.

In den vorm en de afmetingen van de kanalen werden bij verschillende preparaten groote verschillen gevonden, echter bleek dat deze voor de gelijknamige kanalen van de rechter en linkerzijde van een zelfde preparaat gelijk waren.

Het meten van de hoeken, welke de vlakken van de kanalen onderling maken, was nooit absoluut nauwkeurig uit te voeren; het was moeilijk zich een vlak voor te stellen, waarin een kanaal geheel verliep. Door bochten traden zij uit het vlak, dat men zich had voorgesteld.

De metingen van SATO gaven het volgende resultaat:

a.) De hoek tusschen de vlakken van het buitenste kanaal en het voorste verticale kanaal is gemiddeld iets kleiner dan 90° .

b.) De hoek tusschen de vlakken van het voorste en het achterste verticale kanaal is ongeveer 90° .

c.) De hoek tusschen de vlakken van het achterste verticale kanaal en het buitenste kanaal is gemiddeld iets grooter dan 90° .

Deze laatste hoek werd bij oudere personen grooter gevonden dan bij pasgeborenen.

SATO vond verder, dat de verticale kanalen een hoek van 45° met het sagittale vlak maakten; de buitenste kanalen lagen nagenoeg in hetzelfde vlak.

Bij onderzoek van meerdereschedels vond SCHÖNEMANN^{47,48)} soms een afwijking van den onderling evenwijdigen stand van de vlakken der verticale kanalen. In vele gevallen was deze afwijking gering en maakten de gelijknamige kanalen rechts en links een gelijken hoek met het sagittale vlak; echter werd soms een sterke asymmetrie gevonden.

EIGEN ONDERZOEK.

HOOFDSTUK III.

ALGEMEENE BESCHOUWINGEN.

Bij mijn onderzoek van de reactiebewegingen van de bovenste extremiteiten, na een prikkeling van het booggang-systeem, dienden mij de onderzoekingen van QUIX over de richting van den nystagmus tot uitgangspunt.

Het is daarom van belang hier samen te vatten, wat het onderzoek van den nystagmus opgeleverd heeft. Het blijkt dan hierbij, dat in sommige punten geen overeenstemming is verkregen over de functie van het kinetisch zintuig.

Bij het onderzoek naar de prikkelbaarheid van het booggang-systeem deed zich voor eerst een verschil van meening voor. Een deel der onderzoekers vonden, na een bepaalden calorischen prikkel, den nystagmusduur een maatstaf voor de prikkelbaarheid. Anderen meenden, dat de tijd noodig voor het ontstaan van den nystagmus, bij uitspuiten, hiervoor een uitdrukking was.

Evenzoo waren de meeningen verdeeld over de functie van ieder kanaal afzonderlijk, wat betreft de richting der oogbeweging welke dit kanaal bij prikkeling opwekt. Terwijl een deel der onderzoekers zich voorstelt, dat het voorste verticale kanaal een rotatoiren en het achterste verticale kanaal een verticalen nystagmus geeft, denken anderen, dat elk kanaal een nystagmus geeft in zijn eigen vlak.

Nu dient hier vooreerst opgemerkt te worden, dat de vestibulaire nystagmus niet zonder meer te vergelijken is met de reactiebewegingen, welke na prikkeling van het booggang-systeem, in de extremiteiten optreden.

Iedereen is het er over eens, dat de langzame componenten der oogbewegingen buiten het cerebellum omgaat, en direct door middel van vestibulo-oculaire banen kan worden opgewekt. Wat de normale reactie van de wijsproef betreft, hiervoor neemt STENVERS ⁴⁴⁾ aan, dat samenwerking van cerebrum en cerebellum noodzakelijk is.

Wij hebben gezien, dat BÀRÀNY ²⁾ van meening is, dat in het cerebellum verschillende centra aanwezig zijn, die invloed hebben op de willekeurige innervatie van de spieren. Prikkeling of uitvallen van een dezer centra, geeft een typische storing in de normale reactie van de wijsproef.

Velen nemen aan, dat het voorbijwijken na prikkeling van het booggangstelsel, nauw samenhangt met het gevoel van gedraaid te worden. BÀRÀNY ³⁾ vond dit bij zijn rotatieproeven met personen, bij wie te voren een alcohol-intoxicatie was te voorschijn geroepen. Wanneer deze personen na rotatie het gevoel verloren van gedraaid te worden in een bepaalde richting veranderde hiermee ook de richting van de reactiebeweging. De nystagmus bleef bij deze proeven dezelfde richting behouden.

BONDY ⁶⁾ vat de reactiebewegingen op als een reflex, welke echter zeer nauw samenhangt met de baan, welke het gevoel van gedraaid te worden overbrengt.

JONES ¹⁹⁾ spreekt zich uit, dat de oogreactie een reflex is, het miswijken zou volgens hem een gevolg zijn van de desoriëntatie door den vestibulair prikkel opgewekt. Hij vindt den duur van het miswijken en de vertigo gelijk.

Beide reactiebewegingen, op de oogen en op de ledematen behoeven niet samen te gaan. Bij sommige personen ziet men na prikkeling van het booggangstelsel wel miswijken en geen nystagmus optreden.

Het blijkt wel, dat het optreden van het voorbijwijken op een veel ingewikkelder proces berust, dan het ontstaan van den oognystagmus.

Naar analogie van wat opgemerkt is bij den nystagmus, zullen we thans de factoren samenvatten, welke van invloed zijn op de reactiebewegingen van de extremiteiten.

Bij de bespreking van de wijsproef hebben we gezien,

dat na een booggangprikkel de extremiteit een beperkte miswijzing vertoonde. De dieptesensibiliteit in spieren en gewrichten licht den proefpersoon weldra in over deze miswijzing. Tevens merkte BÀRÀNY op, dat dit laatste vooral afhankelijk was van het meer of minder ontwikkeld zijn van den proefpersoon.

Wanneer we dus de grootte van deze miswijzing, na een bepaalde prikkeling van het booggangstelsel, beschouwen, moeten we niet uit het oog verliezen, dat ze niet alleen een uitdrukking is van de prikkelbaarheid van het zintuig. Bij het ontstaan van deze reactiebewegingen is dus de toestand van het zenuwstelsel van belang. Verder heeft het bij meerdere personen verschillende spier- en gewrichtsgevoel een groote beteekenis.

Tot nu toe spraken we over de wijsproef, zooals deze na rotatie zonder afgeweken hoofdstand wordt uitgevoerd. Laten we den proefpersoon na rotatie de wijsproef uitvoeren met het hoofd afgeweken in verschillende richtingen, dan komen andere factoren naar voren, die van invloed zijn op deze proef. We hebben gezien, dat DELAGE¹⁵⁾ gevonden had, dat een afwijking in den hoofdstand op zichzelf reeds een desoriëntatie gaf. Mogelijk hebben we hier te doen met een halsreflex. De proeven van MAGNUS en DE KLEIN op dieren verricht, wezen op een tonusverandering in de extremiteiten bij verandering van den hoofdstand.

Bij de beoordeeling van de reactiebewegingen, welke door prikkeling van het booggangstelsel worden opgewekt, dienen we er dus op te letten, dat het hoofd geen afgeweken stand inneemt.

Beschouwen we tenslotte alleen het booggangstelsel, dan zien we, dat dit orgaan op zichzelf reeds de uitkomsten bij meerdere personen verschillend kan doen uitvallen. In het anatomisch overzicht is gewezen op afwijkingen in stand van de kanalen. Verder kan het percipieerend orgaan verschillend prikkelbaar zijn.

In pathologische gevallen, als etterige oorontstekingen, zal dit nog meer uitkomen. Het vestibulair orgaan kan hierbij mede aangedaan worden; de endolympe kan ver-

anderingen gaan vertoonen, afwijkingen van de wanden kunnen stenosen geven, en daardoor de endolymphbeweging beïnvloeden.

Naar analogie van de proeven van QUIX³⁴⁾ heb ik mij vooreerst ten doel gesteld, de richting van de reactiebewegingen in de bovenste extremiteiten na te gaan na een bepaalden booggangprikkel.

QUIX vatte het vestibulairorgaan op als een mechanisch stelsel, in overeenstemming met MACH, die er reeds den nadruk oplegde, dat een physische grondslag steeds de basis zal blijven van ieder onderzoek op dit gebied.

We hebben gezien, dat de waarnemingen van FLOURENS en EWALD voor QUIX van groot belang waren bij de verklaring van de nystagmusrichting na een bepaalden booggangprikkel. Deze dierproeven hadden geleerd, dat bij prikkeling van een kanaal reactiebewegingen optraden in het vlak van dit kanaal en in de richting van de endolymphbeweging.

QUIX projecteerde, zooals we gezien hebben, de vlakken der booggangen op de oogbollen. Hierdoor leerde hij de vlakken kennen, waarin de oogen bewegen bij prikkeling van elke afzonderlijke booggang. Bij het toepassen van het principe van QUIX voor de bovenste extremiteiten dient één omstandigheid in acht genomen te worden. De schedel toch, met de daarin opgesloten labyrinthen is bewegelijk t.o.z. van den romp. Bij verandering van den stand van het hoofd, dus van de labyrinthen, zal ook de richting der reactiebeweging op een bepaalden booggangprikkel veranderen. Hierbij weer voorop gesteld, dat de waarnemingen van FLOURENS en EWALD bij dieren, ook voor den mensch van toepassing zijn. Om de reacties van de extremiteiten, na prikkeling van de verschillende kanalen, onderling te kunnen vergelijken, moeten we dus uitgaan van een vasten hoofstand.

BÁRÁNY had er op gewezen, dat de reactiebewegingen in vele gewrichten aan te toonen zijn. In het schoudergewricht zijn de bewegingen in alle richtingen mogelijk. Voor het aantoonen van de reactiebewegingen kunnen we ons dus voornamelijk tot dit gewricht bepalen.

Voor het opsporen van de richting van de reactiebeweging, na prikkeling van elk kanaal afzonderlijk, gaan we volgens het principe van QUIX te werk. We denken ons daartoe drie vlakken, welke evenwijdig zijn gelegen aan de vlakken van de kanalen en welke het schoudergewricht snijden.

Deze vlakken geven, volgens de voorstelling van QUIX, de richting aan, waarin na prikkeling van elk kanaal afzonderlijk, de reactiebewegingen zullen optreden.

Wij zullen zien of de waarnemingen deze voorstelling bevestigen.

BÁRÁNY vestigde er de aandacht op, dat wanneer ook een extremitéit verschillende standen inneemt bij de prikkeling van een kanaal, toch steeds in dezelfde richting zal worden voorbijgewezen. Het is echter duidelijk, dat de eene positie gunstiger is dan de andere voor het aantoonen van een reactiebeweging op een bepaalden booggangprikkel.

Stellen we ons daartoe den prikkel, welke de reactiebeweging geeft, voor door een koppel. (Hierover meer in het volgende hoofdstuk). Het vlak, waarin het koppel werkt, ligt volgens de voorstelling van QUIX evenwijdig aan het vlak van het geprikkelde kanaal. Het is duidelijk, dat de werking op de extremitéit het grootst is, wanneer deze dus ligt in een van de drie aangegeven vlakken, welke bij het geprikkelde kanaal behoort. Bevindt de extremitéit zich loodrecht op het vlak van het geprikkelde kanaal, dan is reactie van den prikkel moeilijker aan te toonen.

Als voorbeeld, kunnen we ons voorstellen, dat de buitenste kanalen geprikkeld zijn. Deze kanalen zijn nagenoeg afzonderlijk te prikkelen, door den proefpersoon eenige malen om zijn eigen as en met opgericht hoofd naar rechts te roteeren, en deze beweging daarna plotseling te stoppen. Het vlak, waarin de reactiebeweging in het schoudergewricht het duidelijkst uitkomt bij prikkeling van deze kanalen, snijdt het schoudergewricht, volgens onze voorstelling, en helt een weinig met den horizon van voor boven naar achteren beneden. Bevindt de gestrekte arm zich in dit vlak, dan zal de invloed van den prikkel het grootst zijn.

We kunnen ons verder voorstellen, dat de extremiteit grooter reactie zal vertoonen, wanneer ze gestrekt is dan wanneer ze een in het ellebooggewricht gebogen stand inneemt in dit vlak. Immers, dan bevindt de wijzende vinger zich dicht bij de rotatieas. Bevindt de arm zich loodrecht op dit vlak, dus nagenoeg verticaal gestrekt, dan zal de invloed van den prikkel geringer zijn.

Hoe laat zich nu deze reactie door de wijsproef het best aantonen? Het is duidelijk, dat we deze zullen laten uitvoeren in het genoemde vlak. Bij het wijzen moet de proefpersoon telkens den gebogen arm strekken in dit vlak. De meeste proefpersonen zullen dan naar rechts voorbijwijzen.

Eveneens wordt de reactie duidelijk, wanneer we met gestrekten arm in verticale richting laten wijzen. Bij deze bewegingen wordt het genoemde vlak gesneden.

Laten we nu den proefpersoon de wijsproef met gestrekten arm in het genoemde vlak uitvoeren, en daarbij dus wijzen van rechts naar links; er zal dan geen voorbijwijzen naar boven of beneden mogen optreden.

Wanneer wij dus op deze wijze onze proeven inrichten, kunnen we waarnemen of onze voorstelling juist is.

Tot nu toe spraken we over de richting der reactiebewegingen na prikkeling van één kanaal.

Worden meerdere kanalen geprikkeld, dan hangt de richting der reactiebeweging af van de grootte van den prikkel, die elk kanaal afzonderlijk ontvangt. De richting van de reactiebeweging is dan te bepalen door samenstelling van deze prikkels.

HOOFDSTUK IV.

DE ONTLEDING VAN DEN PRIKKEL VAN HET BOOGGANG-SYSTEEM, DOOR ROTATIE OPGEWEKT.

Beschouwen we thans den prikkel, welke door rotatie met willekeurigen hoofdstand, in het booggangstelsel wordt opgewekt. Het is daarbij van belang na te gaan hoe de richting van de reactiebeweging, welke dezen prikkel geeft, zich verhoudt ten opzichte van het rotatievlak. Hierbij komt de vraag naar voren of het booggangstelsel bij den mensch aan zijn doel beantwoordt. QUIX³⁵⁾ wees op de beteekenis van het zintuig voor het opwekken van reactiebewegingen. Deze zouden van belang zijn bij de regeling van het evenwicht, wanneer ze tegengesteld in richting waren aan de primaire beweging. Zij zouden tot doel hebben deze primaire beweging in haar uitwerking te temperen. Wat de waarneming van rotatieversnelling of vertraging door dit zintuig betreft, is het van belang, dat we bij elken willekeurigen hoofdstand juist georiënteerd zijn over de richting van deze bewegingsverandering.

Bij ons vraagstuk nemen we aan, dat de reactiebeweging na prikkeling van een kanaal plaats vindt evenwijdig aan het vlak van het geprikkelde kanaal en in de richting van de endolymphbeweging. Ter vereenvoudiging zien we af van de onderlinge liggingsafwijkingen van de kanalen en stellen ons voor, dat hun onderlinge stand loodrecht is.

Verder wordt aangenomen, dat de toestand in de kanalen wat betreft de prikkelbaarheid, hetzelfde is. M. a. w. wanneer we elk kanaal achtereenvolgens in het rotatievlak brengen en telkens op gelijke wijze roteeren en remmen, wordt eenzelfde prikkel opgewekt.

De prikkel, die elk kanaal bij rotatie met willekeurigen hoofdstand ontvangt is afhankelijk van den hoek, welke

het vlak van dat kanaal met het rotatievlak maakt. Deze prikkel is evenredig aan den cosinus van dezen hoek te stellen.

Nu kunnen we de prikkels, welke in elk der kanalen bij rotatie worden opgewekt, het best voorstellen door koppels. Immers wanneer een koppel op een lichaam inwerkt, is het resultaat een draaiende beweging.

Zooals bekend is, een koppel ter vereenvoudiging voor te stellen door zijn koppelas. Deze heeft de eigenschap, dat zij loodrecht staat op het vlak van het koppel en een grootte heeft evenredig aan het moment van het koppel.

In ons vraagstuk, waar we aannemen, dat de drie kanalen bij een willekeurigen hoofdstand geprikkeld worden, stellen we deze prikkels voor door koppelassen. Deze zijn dus loodrecht gericht op de vlakken der kanalen, terwijl hun grootte evenredig is aan den cosinus van den hoek, die het vlak van het bepaalde kanaal maakt met het rotatievlak.

De stand van het vlak, dat de richting van de resulterende reactiebeweging aangeeft, wordt bepaald door de richting van de resulterende koppelas. Deze koppelassen toch kunnen we samenstellen volgens het parallellogram van krachten.

De vraag is nu, welke richting heeft de resulterende koppelas, en wat is haar grootte.

De vlakken *I*, *II* en *III* stellen de vlakken voor van de halfcirkelvormige kanalen.

Het vlak ABC stelt het rotatievlak voor en wordt V genoemd.

O is het snijpunt van I , II en III .

CP en OP staan loodrecht op AB

AQ en OQ » » » BC

$$\overline{BR} \text{ en } \overline{OR} \quad \gg \quad \gg \quad \gg \quad AC$$

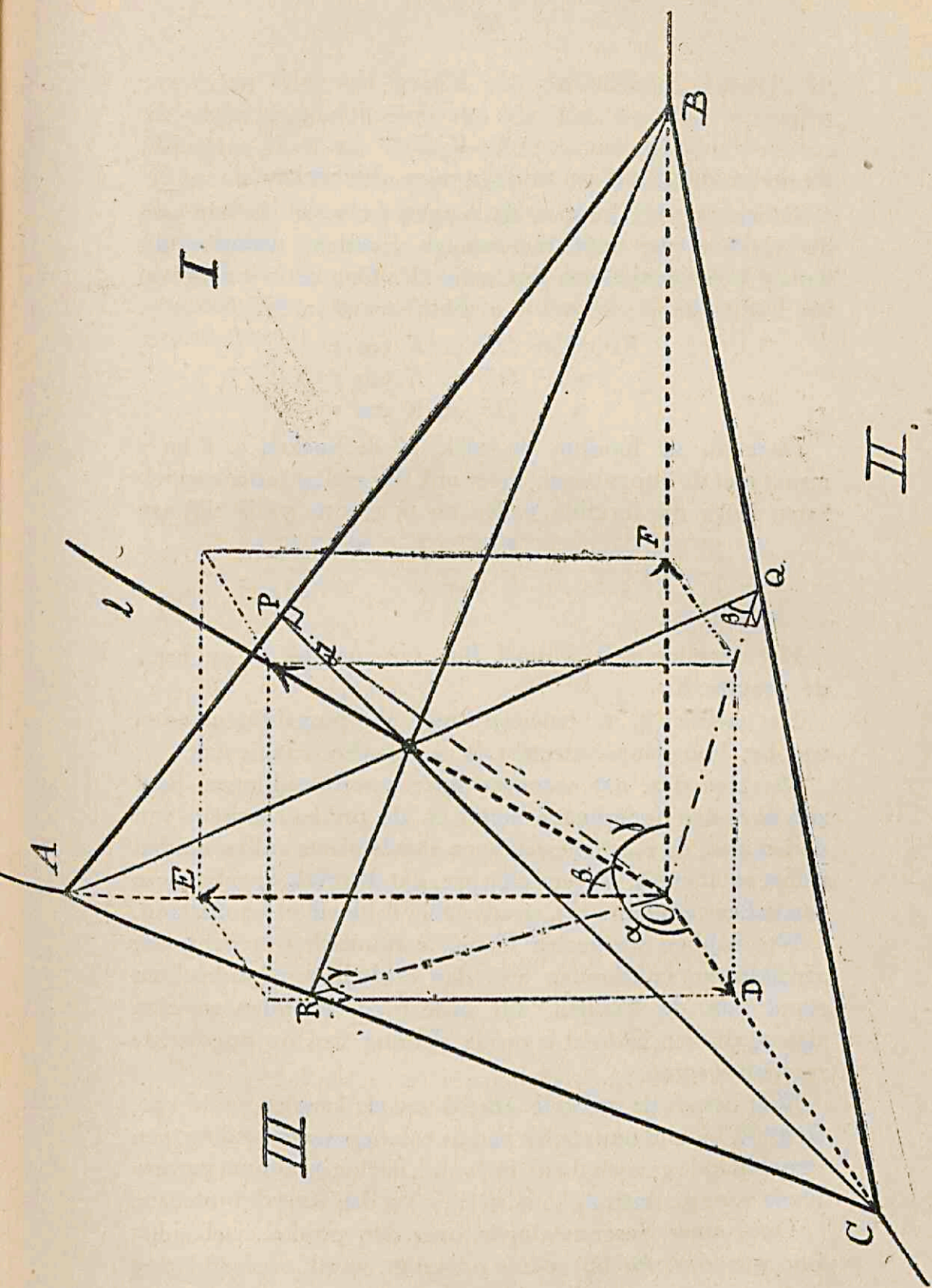
Stel : hoek tusschen V en I : $L\alpha$.

» » » *V en II : Lβ.*

» » » *V en III : L_γ.*

$$l = \text{loodlijn uit } O \text{ op } V$$

We kunnen bewijzen, dat deze verloopt door het snijpunt van AQ , BR en CP .



$$\begin{aligned}\text{Dan is : } L \quad IOC &= L\alpha \\ L \quad IOA &= L\beta \\ L \quad IOB &= L\gamma\end{aligned}$$

dit volgt direct uit de gelijkvormige driehoeken.

Stellen we het koppel, dat opgewekt wordt in één van de vlakken der halfcirkelvormige kanalen, wanneer dit kanaal in het rotatievlak ligt, gelijk K . Dan is in ons geval het koppel in $I : K \cos \alpha$ in $II K \cos \beta$ in $III K \cos \gamma$.

$$\begin{aligned}\text{Koppelas } OD &= K \cos \alpha \\ \text{» } OE &= K \cos \beta \\ \text{» } OF &= K \cos \gamma\end{aligned}$$

Daar nu de loodlijn op vlak V de hoeken α , β en γ maakt met de koppelassen, moet ook de resultante der koppelassen langs die loodlijn vallen en in grootte gelijk zijn aan

$$\begin{aligned}& \sqrt{K^2 \cos^2 \alpha + K^2 \cos^2 \beta + K^2 \cos^2 \gamma} = \\ &= \sqrt{K^2 (\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma)} = \\ &= K\end{aligned}$$

Het resulterende koppel ligt dus in vlak V en heeft de grootte K .

Het zelfde is te bewijzen voor alle mogelijke standen van het booggang-systeem t. o. z. van het rotatievlak.

We zien dus, dat wanneer onze vooropstellingen juist zijn over den onderlingen stand en de prikkelbaarheid van de kanalen, de reactiebewegingen steeds plaats zullen vinden in het rotatievlak. Tevens zien we, dat de prikkel, welke deze reactiebeweging opwekt, steeds gelijk is bij elken hoofdstand.

Nu hebben we gezien in het anatomisch overzicht, dat afwijkingen voorkomen van den onderlingen loodrechten stand van de kanalen. Bij onze proeven zullen we zien of dit van invloed is op de richting van de opgewekte reactiebeweging.

Wat betreft de prikkelbaarheid van de kanalen, vond VAN ROOSEM, bij zijn onderzoek van de rotatiegewaarwording, een verschillende gevoeligheid. Hij vond, dat het minimum perceptibele voor de verticale kanalen lager lag dan voor de buitenste.

Door onze beschouwingen over den prikkel, welke het booggang-systeem bij rotatie ontvangt, wordt een verklaring

gevonden voor het gevoel van duizeligheid, hetwelk bij ziekelijke aandoeningen van de kanalen kan optreden. Wanneer door een etterige midden-oorontsteking een van de kanalen mede aangetast wordt door de ontsteking, zal dat van invloed zijn op zijn prikkelbaarheid. Deze zal hierdoor veranderen, waardoor de waarnemingen van rotatie door de stelsels der kanalen gegeven in strijd komen met de waarnemingen van de andere zintuigen, waarmee wij ons oriënteren.

HOOFDSTUK V.

DE REACTIEBEWEGINGEN VAN DE BOVENSTE EXTREMITEITEN NA ROTATIE.

Na deze beschouwingen over de functie van het booggangstelsel willen we ons bezigheden met de verschillende wijzen, waarop we het booggangstelsel door rotatie kunnen prikkelen.

Bij de bespreking van de nystagmusrichting hebben we reeds gewezen op de samenwerking van de kanalen van beide booggangstelsels. Om hier er nog eens op terug te komen, zien we, dat door hun ligging de beide buitenste kanalen samenwerken; eveneens is dit het geval voor het voorste verticale kanaal van de eene zijde met het achterste verticale kanaal van de andere zijde.

Door middel van rotatie is het nu mogelijk elk stel kanalen nagenoeg afzonderlijk te prikkelen. We moeten daarbij zorg dragen, dat de beide andere stellen zich in verticalen stand bevinden. De rotaties vonden steeds plaats om een verticale as. Prikkelen we twee stellen kanalen, dan moet daarbij het derde zich in verticalen stand bevinden; van deze beide stellen kanalen zal datgene den grootsten prikkel ontvangen, wiens projectie op het horizontale vlak het grootst is.

Eveneens is het mogelijk alle zes kanalen, op alle mogelijke manieren te prikkelen.

Om de beide labyrinthen op al deze manieren te prikkelen werd het hoofd tijdens de rotaties in bepaalde standen gefixeerd. Voor de vergelijking van de resultaten werd daarna het hoofd weer in den normalen physiologischen, opgerichten stand teruggebracht.

Vele onderzoekers schenken weinig aandacht aan een goede *fixatie van het hoofd* tijdens een rotatie. Dit is

echter van groot belang voor het bepalen van de richting der reactiebewegingen. We hebben gezien, dat de prikkelgrootte, welke een kanaal ontvangt, bepaald wordt door den hoek, welke het vlak van dat kanaal maakt met het rotatievlak. Door de grootte van den prikkel, die elk kanaal ontvangt, wordt weer de richting van de reactiebeweging bepaald, volgens onze voorstelling.

Wanneer we door rotatie trachten een stel kanalen afzonderlijk te prikkelen, zullen bij onwillekeurige verplaatsingen van het hoofd andere kanalen geprikkeld worden. Hierdoor wordt het onderzoek onzuiver.

SCHILLING⁴³⁾ wees er op, dat wanneer het hoofd volgens zijn methode in moeilijk in te nemen standen gebracht werd, onwillekeurige verplaatsingen optraden. Hierdoor werden zijn proeven minder nauwkeurig.

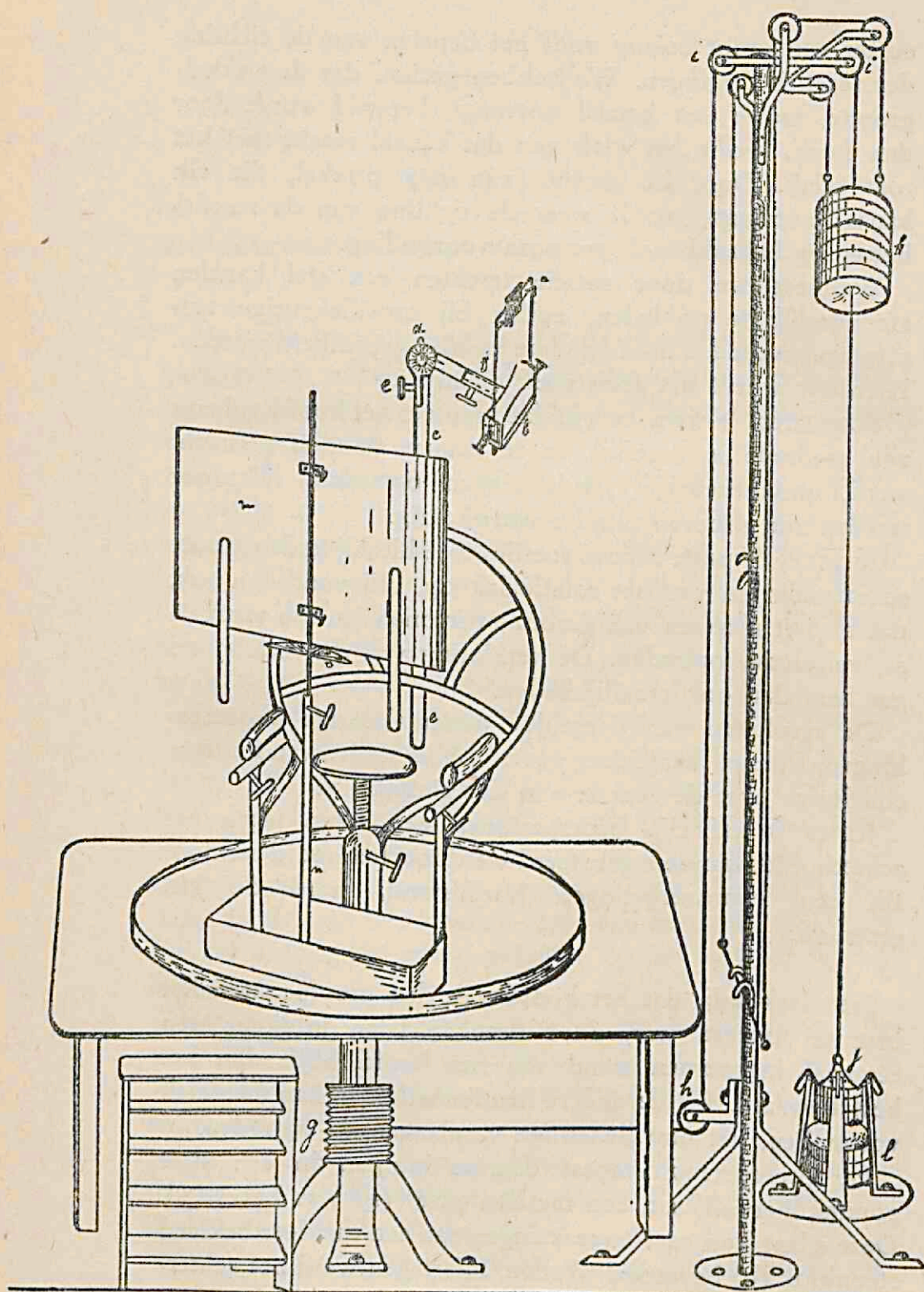
RHESE^{39, 40)} paste actieve rotaties toe; hierbij treden groote schommelingen van het rotatievlak op. Hij vond dan ook, dat na het roteeren van gezonde personen om een verticale as, valreacties optraden. De verklaring van dit verschijnsel gaf hem dan ook moeilijkheden.

De resultaten van dergelijke onnauwkeurige onderzoeken, kunnen aanleiding geven tot het stellen van foutieve conclusies over de functie van het zintuig.

JONES¹⁹⁾ gaf zijn proefpersonen een steun tegen het achterhoofd, wanneer geroteerd werd met het hoofd rechtop. Bij een voorovergebogen hoofdstand, werd de kin gesteund.

Het leek mij, dat het hoofd van den proefpersoon het best te fixeeren was, door deze te laten inbijten; een eenmaal ingenomen stand van het hoofd blijft dan het best bewaard. Bij de andere fixatiemethoden kan men zich voorstellen, dat onwillekeurige verplaatsingen optreden.

De proefpersoon moest daartoe inbijten in een stuk gummi, hetwelk aan een metalen plaat (a) was bevestigd. Deze plaat kon met twee stangen aan een met leer bekleed steunblok (b) bevestigd worden. Hiertegen werd het achterhoofd van den proefpersoon gebracht. De inbijtplaat kon



snel verwijderd worden door de beide schroeven aan het blok los te draaien. Op deze wijze kon het hoofd, na rotatie in een afgeweken stand, weer in den middenstand teruggebracht worden. Dit hoofdstel was bevestigd aan een verticale stang (c), welke achter de leuning van den draaistoel was aangebracht. De beweging van dit hoofdstel moest nu in verschillende richtingen mogelijk gemaakt worden. De stang (c) achter aan den stoel was draaibaar om haar eigen as. Hierdoor was het mogelijk aan het hoofd een stand te geven, waarbij het naar rechts of links gedraaid was; op een graadboog kon deze afwijking worden afgelezen. Voor personen van verschillende grootte kon de stang met het hoofdstel naar boven of beneden bewogen worden. Voor bewegingen in het frontale en sagittale vlak, bracht ik twee gewrichten (d en e) dicht onder elkaar aan. Op graadbogen was ook hier de ingenomen stand af te lezen. Door middel van een verlengstuk (f) kon de afstand tusschen deze gewrichten en het hoofdstel vergroot worden. Dit was noodig, omdat bij het innemen van bepaalde standen het hoofd ver uit de mediaanlijn werd gebracht. Soms was het niet alleen noodig, dat de hals gebogen werd, maar moest ook de bewegelijkheid van den romp meehelpen voor het innemen van bepaalde posities.

Hoewel de stang met het hoofdstel zich dicht achter den proefpersoon bevond, werden toch geringe fouten gemaakt bij het innemen van bepaalde standen. Men moest zorg dragen, dat het gewricht ongeveer op dezelfde hoogte lag met de plaats, waar ook de hals gebogen werd.

Dikwijls werd van den proefpersoon veel inspanning gevergd.

Wanneer wij ons thans met *de rotatiebeweging* gaan bezighouden, dienen vooreerst eenige proeven van MAIER en LION²⁹⁾ vermeld te worden. Deze gingen de endolymphebeweging in zijn verschillende fasen na bij rotatie. Zij vonden hierbij tevens de factoren, die van invloed zijn op deze endolymphebeweging. Op grond van hun proeven kwamen zij tot de volgende conclusie:

- 1e. De endolymphebeweging is reeds door een zeer kleine draaiing op te wekken.
- 2e. Bij een gelijkmatige draaiing van een kanaal werden vier stadia onderscheiden:
 - a) stilstand van de endolymphe,
 - b) gelijkmatig versnelde beweging van de endolymphe,
 - c) een gelijkmatige beweging en
 - d) een gelijkmatig vertraagde beweging (stoppen).

Het begin van het stadium der gelijkmatige beweging vonden zij afhankelijk van de breedte van de booggang. Dit is volkomen begrijpelijk; in een nauw kanaal zal de endolymphe eerder, door adhaesie met den wand, dezelfde snelheid als het kanaal hebben, als in een breed kanaal.

De duur van het stadium der gelijkmatig vertraagde beweging was eveneens afhankelijk van de breedte van de booggang en verder van de rotatiesnelheid. Daarbij stond de duur van deze vertraagde beweging in directe verhouding tot deze factoren.

Zij vonden verder bij hun proeven, dat de endolymphebeweging afhankelijk was van den hoek, welke het vlak van het kanaal maakte met het rotatievlak.

Bij mijn rotatieproeven paste ik een gelijkmatige beweging toe; na stoppen van deze beweging werden de na-reacties nagegaan. Wil men een proefpersoon telkens gelijk sterk prikkelen, dan dienen we er dus voor te zorgen, dat telkens de phase van eenparig vertraagde beweging van de endolymphe gelijk is. Alle factoren, die van invloed zijn op deze endolymphebeweging dienen dan gelijk te zijn.

Reeds hebben we gezien, dat door onze methode van fixatie van het hoofd, de booggangen telkens onder een zelfden hoek met het horizontale rotatievlak gedraaid kunnen worden.

De constructie van den draaistoel heeft er verder voor te zorgen, dat de andere factoren steeds gelijk zijn. Na een zelfde aantal rotaties, als de rotatiesnelheid telkens een gelijke grootte heeft bereikt, moet op dezelfde wijze gestopt worden.

Vele draaistoelen worden met de hand bewogen; nu hebben deze drie nadeelen:

- 1e aan de fixatie van het hoofd is te weinig zorg besteed,
- 2e de rotatie is niet gelijkmatig,
- 3e het remmen van de beweging kan niet steeds gelijk geschieden.

Deze nadeelen treden vooral op den voorgrond, wanneer nauwkeurige proeven worden verricht. Door rotatie met de hand gelukt het wel na eenige oefening, de rotatie meer gelijkmatig te krijgen, volkomen is dit toch niet te bereiken. Deze ongelijkmatige rotatiebeweging is natuurlijk van invloed op de beweging van de endolympe in de kanalen. Het plotseling remmen van de rotatiebeweging, dat den prikkel voor de nareactie doet ontstaan, geschiedt veelal door een voetpedaal. Dat hierdoor in alle gevallen een gelijke vertraagde beweging ontstaat, valt te betwijfelen.

Voor mijn proeven maakte ik gebruik van den draaistoel, welke reeds in de kliniek aanwezig was. De zwaartekracht diende als drijfkracht voor het toestel; hierdoor was ik van een gelijkmatige beweging verzekerd. De proefpersoon neemt plaats in een gemakkelijk zittenden stoel, welke draaibaar is om een verticale as, hij is hierbij midden op de rotatie-as gezeten.

Onder de zitting is aan de as een koord bevestigd; wordt het toestel met de hand gedraaid, dan windt het koord zich om de as. Hiervoor is om de as een houten klos (*g*) met inkervingen bevestigd, waarin het koord zich bij het opwinden kan leggen.

Wanneer het koord op deze wijze om den klos is opgewonden, kan men, door een kracht aan het einde te laten werken, den stoel in tegengestelde richting in beweging brengen. Hiervoor gebruikte ik nu de zwaartekracht. Het koord liep van de rotatie-as in horizontale richting naar een katrol (*h*), daarna in verticale richting naar een tweede stel katrollen (*i*), hetwelk aan een $\pm 2\frac{1}{2}$ M. hooge stang bevestigd was. Wanneer het koord om den klos gewonden was, bevond het gewicht (*j*) aan het einde van

het koord zich $\pm 2\frac{1}{2}$ M. boven den grond, aan het boven-einde van de stang. Bij het zakken van het gewicht begon de stoel te roteeren. Als het gewicht den grond bereikte had de stoel $4\frac{1}{3}$ rotatie gemaakt en was het koord juist afgewonden. Door haar arbeidsvermogen van beweging zette de stoel nu zijn rotatie voort, waarbij het koord opnieuw om den klos gewonden en het gewicht opgetrokken werd. Het gevolg was, dat een vertraagde beweging ontstond.

Het doel was nu verder de verschillende fasen van de beweging te regelen. Daartoe was aan het toestel nog een tweede, zwaarder gewicht (*k*) aangebracht. Evenals bij het toestel van ARWOOD in de physica, werkte dit gewicht in bij het begin der rotatie, om den stoel in gang te brengen. Wanneer één rotatie met eenparig versnelde beweging was gemaakt, werd dit gewicht opgevangen; het eerste gewicht, aan het einde van het koord, zakte nu alleen naar beneden. Dit laatste gewicht was zoo zwaar gemaakt, dat de verkregen rotatiesnelheid bewaard bleef, m. a. w. de beweging eenparig werd.

We hebben gezien, dat de vertraagde beweging tot stand kwam, doordat dit gewicht opgetrokken werd bij het voortzetten van de rotatie. Om de kracht, die deze vertraagde beweging opwekte grooter te maken, moest het gewicht bij zijn opwaartsche beweging verzwaard worden. Ik bracht daartoe op den grond een derde gewicht (*l*) aan; dit was voorzien van „vangarmen”, waardoor het dalende gewicht gegrepen werd. Beide gewichten bewogen zich daarna omhoog.

Deze drie gewichten konden nu door schijven willekeurig verzwaard worden. Hierdoor waren dus de verschillende fasen der rotatiebeweging te regelen.

Wanneer voor een proef een rotatie in een bepaalde richting had plaats gehad, behoefde de stoel slechts weinig met de hand verder gedraaid te worden en kon een rotatie in tegengestelde richting plaats vinden.

Het was nu mogelijk een proefpersoon telkens nagenoeg gelijk te prikkelen; men had daartoe de gewichten, die

zijn snelheid bepalen, gelijk te laten bij elke proef. De stand van het hoofd moest daarbij natuurlijk steeds gelijk zijn.

Bij de proeven bleek nu, dat houdingsveranderingen van den proefpersoon van invloed waren op de rotatiesnelheid. Bij vergelijkende proeven werd dus voor elke rotatie nagegaan of de proefpersoon zich in dezelfde positie bevond; de fixatie van het hoofd werkte hieraan vanzelf mee.

Om verschillende proefpersonen een gelijke rotatieprikkels te geven, moest telkens een verandering in de gewichten aangebracht worden.

Vele onderzoekers draaien hun proefpersonen 10 maal in 20–22 sec. BÀRÀNY verkreeg na 10 rotaties een optimale duur van den na-nystagmus. Draaide hij zijn proefpersonen meer of minder dan 10 maal, dan nam de duur van den na-nystagmus af; bij meerdere (20) rotaties vertoonden zich grootere en snellere uitslagen. Bij onderzoek van den invloed van de rotatiesnelheid, vertoonden de helft der onderzochte proefpersonen, bij snelle rotaties een verlenging van duur en versterking van den na-nystagmus.

JONES draait zijn proefpersonen met een snelheid van één rotatie in één seconde.

Mijn toestel maakte ongeveer 5 rotaties, waarvan één rotatie met eenparig versnelde beweging wordt gemaakt. Aan het einde van de rotatie trad een eenparig vertraagde beweging op gedurende ongeveer $\frac{2}{3}$ rotatie. De zwaarte van de gewichten was hierbij zoodanig geregeld, dat een rotatie met eenparige snelheid in 2 seconden werd uitgevoerd.

Bij meerdere proefpersonen ging ik nu na, of het mogelijk was, door verandering van de gewichten, de rotatie telkens gelijk te doen verlopen. Ik bepaalde hiervoor met het aftikhorloge den tijd, dat volgens de veronderstelling de beweging eenparig moest zijn. Vervolgens werd de duur van één zoo'n rotatie bepaald. Op deze wijze controleerde ik of de beweging in werkelijkheid eenparig verliep, of dus het gewicht zwaar genoeg was om de snelheid te onderhouden. Verder ging ik bij deze proeven na of de weg,

met de vertraagde beweging afgelegd, telkens gelijk was.

Na eenige oefening gelukte het mij spoedig de juiste gewichten te kiezen. De tijden waren weinig uiteenlopend.

Naam:

J. E. Br.: 1 eenp. beweging in 2 sec.
 $3\frac{1}{3}$ eenp. beweging in 6,6 sec.
 vertrag. beweging $\pm \frac{2}{3}$ rot.

P. V.: 1 eenp. beweging in 2 sec.
 $3\frac{1}{3}$ eenp. beweging in 6,6 sec.
 vertrag. beweging $\frac{2}{3}$ rot.

S. v. H.: 1 eenp. beweging in 2 sec.
 $3\frac{1}{4}$ eenp. beweging in 6,4 sec.
 vertrag. beweging $\pm \frac{2}{3}$ rot.

Op deze wijze moest ik nu elke persoon voor elke proef minstens tweemaal roteeren. Dit leverde bezwaren op.

Ik ging daarom den totalen tijd na, waarin de geheele rotatieproef werd uitgevoerd. Deze tijden vertoonden eveneens weinig verschillen.

Naam:

M. Schl. 5 rot. in $12\frac{3}{5}$ sec.

G. P. $4\frac{7}{8}$ rot. in $12\frac{3}{5}$ sec.

J. F. D. $4\frac{11}{12}$ rot. in $12\frac{3}{5}$ sec.

P. C. P. $5\frac{1}{6}$ rot. in $12\frac{4}{5}$ sec.

R. A. H. 5 rot. in $12\frac{3}{5}$ sec.

J. M. J. J. $4\frac{3}{4}$ rot. in 12 sec.

Wes. 5 rot. in $12\frac{1}{5}$ sec.

Wi. 5 rot. in $12\frac{4}{5}$ sec.

Bij herhaalde rotatie van eenzelfde proefpersoon kwamen kleine verschillen voor in de tijden. Dit is mogelijk toe te schrijven aan kleine wisselingen in positie.

Men ziet, dat men met dit toestel bij verschillende personen het booggangstelsel gelijkmatig en nagenoeg gelijk sterk kan prikkelen.

Thans willen we ons bezighouden met de wijze waarop we de reactiebewegingen, door prikkeling van het booggangstelsel opgewekt, zullen aantonen. Hierbij interesseert ons niet alleen de richting, waarin deze optreden na een bepaalden prikkel, maar tevens de grootte van de reactie in deze bepaalde richting.

We hebben gezien, dat daarbij veelal gebruik gemaakt wordt van de vingerwijsproef door BÀRÀNY aangegeven. Daarbij wordt met gestrekten arm gewezen en de reacties in het schoudergewricht nagegaan. De proefpersoon wijst hierbij in horizontale of verticale richting om te zien of reacties in deze richtingen zijn opgewekt. Bij de beweging in verticale richting vindt de arm daarbij steeds een steunpunt in de knie, wanneer hij weer naar boven wijst. De proefpersoon is hierdoor steeds weer georiënteerd.

Ik liet den proefpersoon, bij het uitvoeren van de wijsproef, schrijven op een bord (*m*), dat zich voor hem bevond. Wanneer het hoofd zich in middenstand bevond, en er bestond geen prikkeling van het vestibulair orgaan, werd hierbij door de meeste personen het richtpunt weer gevonden. Daarbij werd telkens een rechte lijn geschreven, welke bij herhaald wijzen steeds op de voorgaande viel.

Wanneer een prikkeling van het booggangstelsel was opgewekt, wees de proefpersoon voorbij het richtpunt en ontstond op deze wijze, bij herhaald wijzen, een curve. Het bord was 60 c.M. lang, 50 c.M. breed en verdeeld in d.M².

Dit bord konden we nu vooreerst verticale standen geven in alle mogelijke richtingen. Hiertoe had ik op de voetenplank van den draaistoel, midden voor den proefpersoon, een statief (*n*) laten aanbrengen. Aan de verticale stang van dit statief was het bord zoodanig bevestigd, dat het kon draaien; op een graadboog (*o*) was telkens de stand af te lezen.

De afstand van den proefpersoon tot het bord, wanneer dit zich in het frontale vlak bevond, was zoo gekozen, dat deze er met nagenoeg gestrekten arm op kon schrijven. Verder kon het bord in horizontalen stand aan den stoel bevestigd worden. Daarbij bevond het zich ongeveer ter hoogte van de knieën van den proefpersoon.

Na prikkeling van een stel kanalen door rotatie, plaatste ik het bord loodrecht op het vlak van de geprikkelde kanalen. Nu liet ik op dit bord de wijsproef uitvoeren en wel in een richting, waarbij de hand schreef evenwijdig aan de vlakken van de geprikkelde kanalen. Wanneer onze

veronderstelling juist is, dat de reactiebewegingen plaats vinden evenwijdig aan de vlakken van de geprikkelde kanalen, zal de arm niet voorbijschrijven aan het richtpunt.

Bij een tweede proef, na eenzelfde prikkel, werd het bord evenwijdig geplaatst aan de vlakken van de geprikkelde kanalen. Bij het uitvoeren van de wijsproef op dit bord moest de reactiebeweging aan te toonen zijn.

Doordat het statief niet verplaatsbaar was, kon voor den rechterarm, bij prikkeling van linker achterste en rechter voorste verticale kanaal, niet den meest gunstigen stand van het bord verkregen worden. Bij het strekken van den arm bij deze laatste wijsproef lag deze niet geheel in het vlak van het bord.

Bij meerdere personen werd nu in de eerste plaats nagegaan of deze bij het uitvoeren van de wijsproef op deze wijze een spontaan voorbijschrijven vertoonden.

De proefpersoon nam daartoe plaats voor het bord, dat zich in het verticale en frontale vlak bevond. Hem werd opgedragen de wijsproef in horizontale en verticale richting, met beide handen uit te voeren, en daarbij meerdere malen te wijzen.

Met opzet liet ik beide armen bewegen, daar de aandacht dan over beiden verdeeld was. Het hoofd was hierbij gefixeerd in middenstand.

Naam:	uit de vert. lijn				uit de horizont. lijn	
	linkerhand	rechterhand	linkerhand	rechterhand	linkerhand	rechterhand
R. A. H.	0	n.r. $1\frac{1}{2}$ c.M.	n. bened. 4 c.M.	n. bened. $4\frac{1}{2}$ c.M.		
P. C. P.	n.r. 3 c.M.	n.l. 3 c.M.	0	0		
J. F. D.	n.l. $1\frac{1}{2}$ c.M.	n.l. 1 c.M.	0		{	n. bov. $1\frac{1}{2}$ c.M.
						n. bened. 2 c.M.
G. P.	n.r. 3 c.M.	n.l. $2\frac{1}{2}$ c.M.	n. bened. 2 c.M.	0		
M. Schl.	0	0	0	0		
J. V.	0	0	n. bened. 3 c.M.	n. bov. $1\frac{1}{2}$ c.M.		
J. M. J. J.	n.r. 3 c.M.	0	n. bened. 4 c.M.	n. bened. 2 c.M.		

De tabel toont aan, dat bij herhaald wijzen soms voorbijschrijven optreedt. Nu moet dit voor een groot deel hieraan toegeschreven worden, dat het schrijven met gesloten oogen niet zoo'n eenvoudige handeling is als het gewone wijzen.

Dit was bij de proeven duidelijk merkbaar. Geringe afwijkingen dienen dan ook verwaarloosd te worden.

Bij het wijzen in horizontale richting valt op, dat dikwijls een voorbijschrijven naar beneden optreedt. Dit is mogelijk toe te schrijven aan den invloed van de zwaartekracht op den schrijvenden arm.

Rotatieproeven bij opgerichten hoofdstand.

Allereerst werden rotatieproeven uitgevoerd, waarbij de proefpersoon zijn hoofd rechtop hield. Door de proefpersoon in de gummiplaat te laten bijten werd gezorgd, dat tijdens en na de rotatie het hoofd gefixeerd bleef. In ons anotomisch overzicht van den stand van de kanalen is gebleken, dat bij dezen hoofdstand de buitenste kanalen het sterkst geprikkeld worden; volgens de berekening van QUIX voor 87° van het maximum. De prikkel, die de verticale kanalen bij deze proeven ontvangen, is gering. Bij een juiste functie van het booggangstelsel zullen na rotatie, volgens onze beschouwingen, de reactiebewegingen plaats moeten vinden in het horizontale vlak. Derhalve wanneer wij na rotatie de wijsproef laten uitvoeren in horizontale richting, zal geen voorbijschrijven naar boven of naar beneden op mogen treden. Wanneer echter bij rotatie met dezen hoofdstand de invloed van de verticale kanalen op de richting van de resulterende reactiebeweging te gering is, zal deze wijsproef anders uitvallen. Daarbij zal de invloed van het buitenste kanaal op den voorgrond treden en wanneer inderdaad de reactiebewegingen plaats vinden evenwijdig aan de vlakken van de geprikkelde kanalen, zullen we een voorbijschrijven naar boven zien optreden.

Naarmate de afwijking uit den onderling loodrechten stand grooter is en de verticale kanalen daardoor bij dezen hoofdstand meer in het verticale vlak komen te liggen, zal dit voorbijschrijven sterker optreden.

Bij het uitvoeren van de wijsproef liet ik nu den proefpersoon beide armen bewegen in horizontale richting, daarbij was het bord verticaal geplaatst in het frontale

vlak. De uitgangspunten voor de beide extremiteiten lagen links van hun schoudergewrichten; vandaar werd naar rechts gewezen en weer terug.

Na afloop der rotatie naar rechts begon de proefpersoon de wijsproef en werd de nareactie nagegaan.

Onder invloed van deze reactie zagen we de extremiteiten naar boven afwijken bij hun beweging naar rechts. Na de nu volgende beweging naar links bleek, dat naar boven van het punt van uitgang was voorbijgeschreven.

Afwijkingen van de horizonlijn

	spontaan voorbijschrijven				na rotatie n. rechts			
	linkerhand		rechterhand		linkerhand		rechterhand	
W.	0		0		n. bov. 2 c.M.		n. bov. 3 c.M.	
J. M. J. J.	n. bened. 4	c.M.	n. bened. 2	c.M.	n. bov. 3½ c.M.		n. bov. 5 c.M.	
M. Schl.	0		0		n. bov. 4½ c.M.		n. bov. 4 c.M.	
G. P.	n. bened. 2	c.M.	0		n. bov. 2 c.M.		0	
J. F. D.	0		n. {	bov. 1½ c.M.	n. bov. 3 c.M.		n. bov. 5 c.M.	
				bened. 2 c.M.				
J. V.	n. bened. 3	c.M.	n. bov. 1½ c.M.		n. bov. 2½ c.M.		n. bov. 2½ c.M.	
W. J. W.	0		0		n. bov. 4 c.M.		n. bov. 3½ c.M.	
v. M.	n. bened. 2½ c.M.		n. bened. 4	c.M.	n. bov. 6 c.M.		} eerst 2 c.M. n. bened. toen 4 c.M. n. bov.	
Sp.	n. bened. 4	c.M.	n. bened. 3	c.M.	n. bov. 2 c.M.			
Sl.	n. bened. 3	c.M.	n. bened. 2	c.M.	0		n. bov. 4½ c.M.	
							0	

We zien hieruit, dat dit voorbijschrijven naar boven nagenoeg constant voorkomt.

Bij deze proeven, met gefixeerd hoofd, valt dus inderdaad het vlak van de reactiebewegingen niet samen met het rotatievlak. Uit onze theoretische beschouwingen over de prikkeling van het booggang-systeem door rotatie volgt, dat het voorbijschrijven in dit geval mogelijk is toe te schrijven aan de afwijking van den onderling loodrechten stand van de kanalen.

Merkwaardig is, dat na rotatie zonder hoofdfixatie, deze reactie naar boven vermindert of wegvalt.

met hoofdfixatie				zonder hoofdfixatie			
		linkerhand	rechterhand			linkerhand	rechterhand
We.	n. bov. 2	c.M.	n. bov. 3 c.M.			0	0
Wi.	n. bov. 4	c.M.	n. bov. $3\frac{1}{2}$ c.M.			0	0
v. M.	n. bov. 6	c.M.	$\left\{ \begin{array}{l} \text{eerst 2 c.M. n. bened.} \\ \text{toen 4 c.M. n. bov.} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{eerst n. bov. 2 c.M.} \\ \text{toen n. bened. 1 c.M.} \end{array} \right.$		n. bened. $3\frac{1}{2}$ c.M.	
Sp.	n. bov. 2	c.M.	n. bov. $4\frac{1}{2}$ c.M.			n. bened. 3 c.M.	n. bov. 2 c.M.
Schl.	n. bov. $4\frac{1}{2}$ c.M.		n. bov. 4 c.M.			n. bov. 3 c.M.	n. bened. $1\frac{1}{2}$ c.M.

In overeenstemming met deze waarnemingen zien we bij personen, welke geroteerd worden met geopende oogen, dikwijls een verandering van den hoofstand optreden. Het valt op dat daarbij het hoofd naar voren gebogen wordt; daarbij wordt wel aangegeven, dat dan de rotatiebeweging het best verdragen wordt.

Om verder de richting en de grootte aan te toonen van de reactiebewegingen na deze rotaties, liet ik den proefpersoon de wijsproef uitvoeren in verticale richting. Hier voor moest hij schrijven op hetzelfde verticale bord, dat zich dus in het frontale vlak bevond. De verticale bewegingen werden uitgevoerd ongeveer ter hoogte van het schoudergewricht en dus nagenoeg loodrecht op ons vlak, dat de richting der reactiebeweging aangeeft. De proefpersoon bewoog de armen, welke nagenoeg recht uitgestoken waren, van de uitgangspunten boven aan het bord, naar beneden; daarna werd weer naar boven gewezen. Uit onze beschouwingen is gebleken, dat de reactie, opgewekt in de buitenste kanalen, bij deze werkwijze, grooten invloed zal hebben op de beweging van de extremiteiten.

Nu is hieraan echter een nadeel verbonden. Het voorbij schrijven toch gaat zoolang voort, tot de spier- en gewrichtsensibiliteit den proefpersoon inlicht over zijn desoriëntatie. Om deze factor zoo klein mogelijk te maken, zou men den proefpersoon moeten schrijven laten in een gebogen bord, hetwelk de lengte van den arm als straal en het schoudergewricht als middelpunt had. In ons geval schrijft hij in een raakvlak van het genoemde gebogen bord. Bij een groote miswijzing zal zich het gebrek aan onze methode vooral doen voelen.

Onmiddellijk na afloop van de rotatie naar rechts werd weer de na=reactie nagegaan.

Dezelfde proefpersonen werden weer onderzocht, zoo= dat een vergelijking met de vorige tabel mogelijk is.

Naam:	spontaan miswijzen		na rotatie	
	linkerhand	rechterhand	linkerhand	rechterhand
W.	2½ c.M. n. l.	4½ c.M. n. l.	14 c.M. n. rechts	14½ c.M. n. rechts
J. M. J. J.	3 c.M. n. r.	0	7 c.M. n. rechts	8 c.M. n. rechts
				(eerst 2½ c.M. n. l.)
M. Schl.	0	0	6½ c.M. n. rechts	6 c.M. n. rechts
G. P.	3 c.M. n. r.	2½ c.M. n. l.	10 c.M. n. rechts	7½ c.M. n. rechts
J. V.	0	0	11 c.M. n. rechts	5 c.M. n. rechts
Wi.	3 c.M. n. l.	2½ c.M. n. l.	8 c.M. n. rechts	10 c.M. n. rechts
v. M.	3 c.M. n. r.	2½ c.M. n. r.	} eerst 1 c.M. n. r. toen 5 c.M. n. l.	5 c.M. n. rechts
Sp.	3 c.M. n. r.			5 c.M. n. rechts
Sl.	0	0	8 c.M. n. rechts	5 c.M. n. rechts
H.	0	1½ c.M. n. r.	5 c.M. n. rechts	6 c.M. n. rechts
P.	3 c.M. n. r.	3 c.M. n. l.	12 c.M. n. rechts	5 c.M. n. rechts
			7½ c.M. n. links	6 c.M. n. links

Uit deze proeven blijkt, dat de meeste proefpersonen na rotatie een voorbijschrijven vertoonen in de richting van de rotatie=beweging, dus in de richting van de endolymph=beweging. Slechts één persoon schreef voorbij in tegen= gestelde richting. Bij een andere (v. M.) week de linker= hand eerst weinig af in de richting van de endolymph=beweging; spoedig trad de na=reactie op en schreef de hand in tegengestelde richting voorbij.

In overeenstemming met onze beschouwingen over de factoren, die van invloed zijn op de grootte van de afwijking, vond ik hierin bij mijn proefpersonen veel verschillen.

Prikkeling van één stel verticale kanalen.

Thans werden rotatieproeven genomen, waarbij de reactie=bewegingen van de bovenste extremiteiten werden nagegaan, na prikkeling van één stel verticale kanalen.

Uit het anatomisch overzicht is gebleken, dat een af= zonderlijke prikkeling van een stel verticale kanalen nooit geheel te bereiken is. Door afwijkingen van den onderling

loodrechten stand werden, hoewel gering, steeds ook andere kanalen geprikkeld.

Voor deze proeven moest het hoofd een zoodanigen stand gegeven worden, dat het te onderzoeken stel kanalen in het horizontale vlak kwam te liggen.

Het is bekend, dat de vlakken van de verticale kanalen meestal een hoek van 45° met het sagittale vlak maken.

Wanneer men nu het linker voorste en het rechter achterste verticale kanaal wil prikkelen kan men als volgt te werk gaan. Vooreerst kan men het hoofd 90° naar rechts neigen en vervolgens 45° naar beneden draaien. Eveneens kan men deze kanalen in het horizontale vlak brengen door het hoofd 90° naar voren te buigen en daarna 45° naar links te draaien.

Ik koos de eerste methode. Het was voor den proefpersoon zeer moeilijk deze standen in te nemen, echter gelukte het na eenige inspanning en oefening. Door den proefpersonen te laten inbijten werd zorg gedragen, dat geen onwillekeurige bewegingen gedurende de rotatie optraden. Na de rotatie werd de fixatie snel opgeheven en het hoofd van den proefpersoon door een helper in den middenstand gebracht. Daarbij hield de proefpersoon de oogen gesloten.

Op overeenkomstige wijze kon het rechter voorste en het linker achterste verticale kanaal in het horizontale vlak gebracht en geprikkeld worden.

Mijn doel was vooreerst na te gaan of ook de reactiebewegingen, door een prikkeling van de verticale kanalen opgewekt, plaats vinden evenwijdig aan de vlakken van deze kanalen.

Na prikkeling van een stel verticale kanalen plaatste ik het bord loodrecht op de vlakken van deze kanalen. Hierop liet ik de wijsproef uitvoeren in verticale richting. Op deze wijze werd dus nagegaan of de reactiebewegingen inderdaad plaats vinden evenwijdig aan de vlakken van de geprikkelde kanalen. Voor het onderzoek van het linker voorste en het rechter achterste verticale kanaal was de stand van het bord zeer gunstig. De arm schreef daarbij

nagenoeg gestrekt; was onze voorstelling niet juist, dan zou een voorbijschrijven naar voren of naar achteren optreden. Voor het onderzoek van de beide andere verticale kanalen zou het statief meer naar rechts verplaatst moeten worden; dit was om technische redenen niet mogelijk. Bij het uitvoeren van de wijsproef in verticale richting, op het bord voor deze kanalen, was het mogelijk dat door buigen of strekken in het ellebooggewricht een voorbijschrijven optrad, wanneer onze voorstelling over de richting van de opgewekte reactiebeweging niet juist was.

Om de richting van de reactiebeweging verder te analyseren werd de wijsproef na een tweede rotatie uitgevoerd op het bord dat evenwijdig aan de vlakken van de geprikkelde kanalen was geplaatst. Hierbij werd vooreerst in horizontale richting gewezen, waarbij de arm gestrekt werd. Onder invloed van den prikkel zagen we een voorbijschrijven naar boven of beneden optreden.

v. d. K. Prikkeling linker voorste en rechter achterste verticale kanaal. Hoofd 90° naar rechts geneigd, $\pm 45^\circ$ naar rechts gedraaid.

Spontaan miswijzen:

- a. bord evenwijdig aan geprikkelde kanalen:
geen miswijzen (hor. beweg.)
- b. bord loodrecht op vlak van geprikkelde kanalen:
geen miswijzen (vert. beweg.)

Na rotatie naar rechts:

- bord a. 15 c.M. n. bov. (hor. beweg.)
- bord b. eerst wordt tot 3 c.M. naar links (achteren) gewezen, daarna naar rechts (voren) tot 7 c.M. (5 maal wijzen), Er volgt nog een geringe reactie naar rechts. (vert. beweg.)

SL. Prikkeling linker achterste en rechter voorste verticale kanaal. Hoofd 90° naar links geneigd, 45° naar links gedraaid.

Spontaan miswijzen:

- a. bord evenwijdig geprikkelde kanalen:
 $3\frac{1}{2}$ c.M. n. bened. (hor. beweg.)
- b. bord loodrecht op vlak van geprikkelde kanalen:
geen miswijzen (vert. beweg.)

Na rotatie naar rechts:

bord a. $2\frac{1}{2}$ c.M. n. bov. (hor. beweg.)

bord b. 2 c.M. n. achteren (vert. beweg.)

Thans liet ik den proefpersoon na rotatie verticale bewegingen uitvoeren op het bord dat evenwijdig geplaatst was aan het vlak van de geprikkelde kanalen. De proefpersoon bewoog den arm van boven aan het bord verticaal naar beneden en daarna weer naar het uitgangspunt terug. Dit uitgangspunt was boven het schoudergewricht gelegen.

We zullen zien, dat bij deze proeven een voorbischrijven door het ellebooggewricht werd gegeven.

VR. Prikkeling linker voorste en rechter achterste verticale kanaal. Hoofd 90° naar rechts geneigd, 45° naar rechts gedraaid.

Spontaan miswijzen:

a. bord evenwijdig aan geprikkelde kanalen:

geen miswijzen (vert. beweg.)

b. bord loodrecht op vlak van geprikkelde kanalen:

$2\frac{1}{2}$ c.M. n. voren (vert. beweg.)

Na rotatie naar links:

bord a. miswijzen 11 c.M. naar voren.

bord b. miswijzen: eerst naar voren tot 2 c.M.

daarna naar achteren tot $2\frac{1}{2}$ c.M.

HU. Prikkeling linker voorste en rechter achterste verticale kanaal. Hoofdstand als voorgaande.

Spontaan miswijzen:

a. bord. evenwijdig vlak van geprikkelde kanalen:

geen miswijzen (vert. beweg.)

b. bord loodrecht op vlak geprikkelde kanalen:

geen miswijzen (vert. beweg.)

Na rotatie naar links:

bord a. miswijzen: 12 c.M. naar voren.

bord b. miswijzen: eerst $3\frac{1}{2}$ c.M. naar voren,

daarna $2\frac{1}{2}$ c.M. naar achteren.

FI. Prikkeling linker voorste en rechter achterste verticale kanaal. Hoofdstand als voorgaande.

Spontaan miswijzen:

a. bord evenwijdig vlak geprikkelde kanalen:

geen miswijzen (vert. beweg.)

b. bord loodrecht op vlak v. geprikkelde kanalen:
miswijzen: 4 c.M. naar achteren.

Na rotatie naar links:

bord a. miswijzen: 20 c.M. naar voren.

bord b. miswijzen: $5\frac{1}{2}$ c.M. naar voren.

Tweede proef op hetzelfde bord b

miswijzen: 7 c.M. naar achteren.

v. Ro. Prikkeling linker achterste en rechter voorste verticale kanaal. Hoofd 90° naar links geneigd, 45° naar links gedraaid.

Spontaan miswijzen:

a. bord evenwijdig vlak van geprikkelde kanalen:
miswijzen: 1 c.M. naar voren (vert. beweg.)

b. bord loodrecht vlak van geprikkelde kanalen:
geen miswijzen (vert. beweg.)

Na rotatie naar rechts:

bord a. miswijzen: 7 c.M. naar voren.

bord b. geen miswijzen.

Deze proeven toonen aan, dat wanneer we na rotatie de wijsproef laten uitvoeren in een vlak evenwijdig aan de vlakken van de geprikkelde kanalen, een duidelijk voorbij-schrijven optreedt. De reactie wordt zoowel in het schouder als ellebooggewricht opgewekt.

Laten we de wijsproef uitvoeren op een bord, dat loodrecht geplaatst is op het vlak van de geprikkelde kanalen, en daarbij den arm bewegen in verticale richting, dan zien we geen of gering voorbij-schrijven optreden.

Deze proeven wijzen er dus op, dat onze veronderstelling juist is, dat de reactiebewegingen plaats vinden evenwijdig aan de vlakken van de geprikkelde kanalen.

Prikkeling van twee stel verticale kanalen.

Na deze proeven, waarbij zooveel mogelijk elk stel kanalen afzonderlijk werd geprikkeld, ging ik over tot prikkeling van twee stellen kanalen door rotatie.

Volgens onze veronderstelling zal de richting der opgewekte reactiebeweging afhangen van de grootte van den prikkel die elk stel kanalen ontvangt.

Bij deze proeven moest het hoofd gedurende de rotatie

een zoodanigen stand innemen, dat één stel kanalen zich loodrecht op het rotatievlak bevond. De beide andere ontvangen dan elk een prikkel overeenkomstig hun projectie op het horizontale vlak.

Voor mijn proeven prikkelde ik de verticale kanalen.

De beide buitenste kanalen zijn nu op verschillende wijzen in een verticalen stand te brengen. Vooreerst door het hoofd van uit den middenstand 90° zijwaarts te neigen. Wanneer de verticale kanalen elk een hoek van 45° met het sagittale vlak maken, worden ze bij deze rotaties gelijk sterk geprikkeld.

Stellen we ons voor dat het hoofd bij een rotatie naar links 90° naar rechts geneigd is.

Na plotseling stoppen der gelijkmatige rotatiebeweging ontstaat in de verticale kanalen een endolymphbeweging; deze is in het linker en rechter voorste verticale kanaal ampullopetaal gericht. In de beide andere verticale kanalen is deze endolymphbeweging ampullofugaal gericht.

We hebben gezien, dat de reactiebewegingen plaats vinden evenwijdig aan de vlakken van de geprikkelde kanalen. Volgens onze voorstelling zal dus door deze rotatie een prikkel worden opgewekt, welke de resultante is van de beide prikkels van de twee stel verticale kanalen en welke een reactiebeweging zal geven in het sagittale vlak.

Ik liet nu den proefpersoon inbijten, terwijl zijn hoofd 90° naar rechts was geneigd. Na de rotatie werd de fixatie snel opgeheven en het hoofd in middenstand gebracht door een helper. Onmiddellijk daarna werd de wijsproef uitgevoerd.

Deze liet ik vooreerst uitvoeren op een verticaal bord, dat in het frontale vlak geplaatst was. Hierbij maakte de proefpersoon met nagenoeg gestrekten arm verticale bewegingen.

Wanneer nu inderdaad een reactie was opgewekt in het sagittale vlak zou geen voorbijschrijven naar rechts of links mogen optreden.

Na een zelfde rotatie werd het verticale bord in het sagittale vlak gebracht. Den proefpersoon werd opgedragen na rotatie, hierop de wijsproef in horizontale richting uit

te voeren; de arm werd daarbij telkens gestrekt. Wanneer nu een reactie in het sagittale vlak was opgewekt, zou een voorbij schrijven naar boven of beneden optreden.

Hu. Prikkeling verticale kanalen (hoofd 90° naar rechts geneigd).

Spontaan miswijzen:

- a. bord vertic. front (loodrecht vlak van den resulterenden prikkel) geen miswijzen (vert. beweg.)
- b. bord vertic. sagitaal (evenwijdig vlak van den resulterenden prikkel) geen miswijzen (hor. beweg.)

Na rotatie naar links:

- bord a. geen miswijzen.
- bord b. miswijzen: eerst 5 c.M. naar beneden, vervolgens $8\frac{1}{2}$ c.M. naar boven.

Sl. Prikkeling verticale kanalen (hoofd 90° naar rechts geneigd).

Spontaan miswijzen:

- a. bord vertic. front (loodrecht vlak van den resulterenden prikkel) miswijzen: 1 c.M. naar links (vert. beweg.)
- b. bord vert. sagit. (evenwijdig vlak van den resulterenden prikkel) miswijzen: 9 c.M. naar beneden (hor. beweg.)

Na rotatie naar rechts:

- bord a. miswijzen: eerst naar rechts $3\frac{1}{2}$ c.M., daarna naar links 2 c.M.
- bord b. miswijzen: naar bov. $7\frac{1}{2}$ c.M.

v. Ro. Prikkeling vertic. kanalen (hoofd 90° naar rechts geneigd).

Spontaan miswijzen:

- a. bord vert. front (loodrecht vlak van den resulterenden prikkel) praktisch geen miswijzen (vert. beweg.)
- b. bord vert. sagit. (evenwijdig vlak van den resulterenden prikkel) miswijzen: naar beneden $4\frac{1}{2}$ c.M.

Na rotatie naar rechts:

- bord a. miswijzen: eerst 2 c.M. naar rechts, daarna 3 c.M. naar links.
- bord b. miswijzen: naar bov. $5\frac{1}{2}$ c.M.

We mogen dus aannemen, dat door deze rotatieproeven inderdaad een reactiebeweging wordt opgewekt in het sagittale vlak.

De prikkels, die elk der kanalen afzonderlijk ontvangen, laten zich dus samenstellen volgens het parallellogram van

krachten, waardoor de richting der resulterende reactiebeweging gevonden wordt.

Hetzelfde leeren ons de volgende proeven.

De buitenste kanalen zijn nog op andere wijzen in het verticale vlak te brengen, en wel door het hoofd te buigen.

Nemen we aan, dat deze kanalen een hoek van $\pm 30^\circ$ maken met den horizon, hellend naar beneden achter, wanneer het hoofd rechtop gehouden wordt. Door nu het hoofd 60° naar achteren te buigen zullen deze kanalen in het verticale vlak komen te liggen. De prikkeling van de verticale kanalen door rotatie met dezen hoofdstand zou 87° van het maximum bedragen, volgens de berekening van QUIX.

Na rotatie naar rechts met dezen hoofdstand en plotse-ling stoppen van deze beweging ontstaat in de verticale kanalen van het rechter booggangstelsel een endolymphische beweging, welke ampullo-fugaal gericht is. In de verticale kanalen van het andere booggangstelsel ontstaat een ampullopetale strooming.

Brengen we na rotatie het hoofd weer in den middenstand terug, dan is de richting der opgewekte reactiebeweging uit deze prikkeling van het booggangstelsel af te leiden.

Wanneer de beide verticale kanalen op deze wijze inderdaad gelijk geprikkeld zijn, zal de richting van den resulterende prikkel nagenoeg in het frontale vlak liggen.

Door de wijsproef kunnen we nagaan of de reactiebewegingen in dit vlak plaats vinden.

De beste methode hiervoor zou zijn, de proefpersoon te laten schrijven met gestreken arm op een bord, dat rechts van hem in het sagittale vlak stond. Wanneer hij hierop met den rechterarm verticale bewegingen maakte, zou geen voorbijschrijven op mogen treden volgens onze voorstelling.

Om de juiste ligging van het vlak der reactiebewegingen op te sporen, liet ik den proefpersoon de wijsproef uitvoeren op het horizontale bord. Dit stond dus eveneens loodrecht op het veronderstelde vlak van de reactiebewegingen. Het bord lag ter hoogte van de knieën, zoodat

bij het schrijven de arm nagenoeg gestrekt was. Bij het uitvoeren van de wijsproef moest de proefpersoon den arm bewegen in het frontale vlak. Er werd nu nagegaan of een voorbischrijven naar voren of achteren optrad.

Na eenzelfde rotatieprikkel moest de wijsproef uitgevoerd worden op het verticale bord, dat in het frontale vlak geplaatst was. Dit bord stond dus evenwijdig aan het veronderstelde vlak der reactiebewegingen. Ook voor het aantoonen van de reactiebeweging was het allereerst genoemde bord gunstiger gelegen.

Op ons bord moest de proefpersoon de wijsproef uitvoeren in horizontale of verticale richting. Hierbij kwam de extremitet scheef te staan op het vlak der veronderstelde reactiebeweging, en ondervond daarbij den invloed van de reactie.

P. V. Prikkeling verticale kanalen (hoofd 60° naar achteren gebogen).

Spontaan miswijzen:

a bord. horizontaal:

geen miswijzen (front. beweg.)

b bord. vert. front:

geen miswijzen (hor. beweg.)

Na rotatie naar rechts:

bord a praktisch geen miswijzen.

bord b miswijzen: 7 c.M. naar beneden.

SLO. Prikkeling verticale kanalen (hoofd 60° naar achteren gebogen).

Spontaan miswijzen:

a. bord horizontaal:

geen miswijzen (front beweg.)

b. bord vert. front:

geen miswijzen (hor. beweg.)

Na rotatie naar rechts:

bord a. geen miswijzen.

bord b. eerst 2 c.M. naar beneden, daarna 4 c.M. naar boven

Bij dezen proefpersoon liet ik op bord b de wijsproef in verticale richting uitvoeren. Daarbij werd de arm van boven aan het bord verticaal naar beneden bewogen en daarna weer terug naar dit uitgangspunt gewezen.

Spontaan miswijzen:

bord b. miswijzing: 1 c.M. naar links (vert. beweg.)

Na rotatie naar rechts:

bord b. miswijzen: 18 c.M. naar links.

P. Prikkeling verticale kanalen (hoofd 60° naar achteren gebogen.

Spontaan miswijzen:

a. bord horizontaal:

geen miswijzen (front beweg.)

b. bord vert. front:

geen miswijzen (hor. beweg.)

Na rotatie naar rechts.

bord a. miswijzen: $3\frac{1}{2}$ c.M. naar voren.

bord b. miswijzen: 11 c.M. naar bened.

Bij dezen proefpersoon werd nog een rotatie uitgevoerd, waarbij het hoofd 80° achterovergebogen was.

Bord a: miswijzen 8 c.M. naar voren.

Door deze rotatieproeven wordt dus, een reactiebeweging opgewekt ongeveer in het frontale vlak. Was dit niet het geval, dan zou bij de wijsproef op het horizontale bord het voorbijwijzen naar voren of naar achteren meer op den voorgrond treden. Dit toont ons ook de laatste proef aan.

HOOFDSTUK VI.

DE REACTIEBEWEGINGEN VAN DE BOVENSTE EXTREMITEITEN NA CALORISCHE PRIKKELING VAN HET BOOGGANGSYSTEEM.

We hebben gezien in de inleiding, dat volgens de voorstelling van BÀRÀNY ¹⁾ de calorische prikkel van het booggangstelsel is te beschouwen als een mechanischen prikkel van het percipieerend orgaan. Door de eenzijdige afkoeling of verwarming van de kanalen, wordt een endolymphische beweging opgewekt, waardoor de prikkeling van het percipieerend orgaan ontstaat.

De proeven van MAIER en LION bleken een bevestiging van deze voorstelling.

QUIX ³⁴⁾ wees er reeds op, dat men uit den aard van den nystagmus, welke bij calorische prikkeling van één booggangstelsel ontstaat, kon besluiten, welke kanalen hierbij geprikkeld werden. Hierbij vooropgesteld, dat elk kanaal een reactiebeweging geeft, waarvan de richting evenwijdig is aan het vlak van dat kanaal.

Bij uitspuiten van het rechteroor met water beneden lichaams-temperatuur, zag QUIX een nystagmus optreden met twee langzame componenten, welke naar rechts gericht waren. Eén er van was horizontaal de andere rotatoir, waarbij dus de bovenste oogpool naar rechts draaide. De horizontale component dacht hij zich, volgens deze beschouwing, opgewekt van uit het buitenste kanaal. De rotatoire component zou het gevolg zijn van een samengestelden prikkel, opgewekt in beide verticale kanalen. In dit geval zou deze prikkeling het gevolg zijn van een endolymphische beweging in deze kanalen, welke gericht was naar de ampulle.

Velen meenen echter, zooals we gezien hebben, dat deze rotatoire component het gevolg is van een prikkeling van het voorste verticale kanaal alleen. Volgens de voorstelling

van QUIX zou, bij afzonderlijke prikkeling van een verticaal kanaal, een segmentalen nystagmus optreden.

De calorische prikkel, die het booggangstelsel bij uitspuiten van een oor ontvangt, is van geheel anderen aard als de prikkel door rotatie opgewekt.

Terwijl bij den laatsten prikkel, de opgewekte reflexen afkomstig zijn van beide labirinthens, wordt bij het uitspuiten slechts het booggangstelsel van één labirinth geprikkeld.

De prikkel, die het kinetisch zintuig ontvangt bij draaien is in overeenstemming met de prikkels, die het zintuig in het dagelijksche leven ontvangt, bij de rotatieproeven echter in versterkte mate. De prikkel, door uitspuiten opgewekt, speelt in het dagelijksche leven geen rol.

Bij het uitspuiten van een oor met water beneden lichaams-temperatuur, kunnen we ons voorstellen, dat door de éenzijdige afkoeling van de wanden der kanalen langzamerhand een endolymphische beweging optreedt, welke tot prikkeling van het percipieerend orgaan leidt. Bij de rotatieproeven geschieden de veranderingen in snelheid van de endolymphe t. o. z. van den wand van het kanaal meestal veel sneller. Deze veranderingen in snelheid leiden tot prikkeling van het percipieerend orgaan.

De prikkels, die de kanalen bij rotatie ontvangen, laten zich wat hun grootte betreft eenigzins vergelijken naar de projectie van de vlakken der kanalen op het rotatievlak. De grootte van den prikkel, die een kanaal bij een calorischen prikkel ontvangt, hangt samen met den hoek welke het maakt met den horizon. De prikkel is het sterkst wanneer het kanaal hiermee een hoek van 90° maakt.

Terwijl het door den rotatieprikkel mogelijk is slechts één stel kanalen te prikkelen, is dit door den calorischen prikkel moeilijk te bereiken.

Er zijn bij de calorische prikkeling van de kanalen, behalve hun stand, nog andere factoren, die invloed hebben op de grootte van den prikkel, die zij hierbij ontvangen.

Wanneer een kanaal diep in den schedel ligt, kunnen we ons voorstellen, dat bij een gering temperatuursverschil met het spoelwater, geen endolymphische beweging optreedt in dat kanaal. Door den bloedsomloop zal het temperatuursverschil genivelleerd worden.

BRÜNINGS ¹¹⁾ wees er op, zooals we gezien hebben, dat het voor het ontstaan van een endolymphische beweging in een kanaal van belang is, op welk gedeelte van den wand de afkoeling of verwarming inwerkt. Door het hoofd bepaalde standen te geven, kunnen we de prikkelbaarheid van een kanaal op deze wijze doen toe- of afnemen. Het bepalen van deze verschillende standen uit de anatomische verhoudingen was moeilijk.

Men ziet, dat bij calorische prikkeling van het booggang-systeem, de prikkelgrootte, die elk kanaal afzonderlijk ontvangt, afhankelijk is van factoren, die moeilijk te overzien zijn. Deze prikkelgrootte, die elk kanaal ontvangt is van belang; immers hiervan hangt voor een deel de richting der resulterende reactiebeweging af.

Bezien we nu het booggang-systeem, wat betreft zijn ligging in den schedel. Het blijkt dan, dat het buitenste kanaal het meest lateraal gelegen is. Bovendien is ongeveer het midden van het kanaal het meest naar buiten gekeerd. Dit is voor het opwekken van de endolymphische beweging door een calorischen prikkel gunstig te beschouwen. De verticale kanalen bevinden zich dieper in den schedel.

Bij uitspuiten van een oor, terwijl het hoofd rechtop gehouden wordt, helt het buitenste kanaal in de meeste gevallen onder een kleinen hoek met den horizon van voor boven naar achter beneden. De verticale kanalen maken dan een veel grooteren hoek met den horizon. Wat deze laatste factor betreft hebben de laatsten een meer gunstigen stand.

In overeenstemming met onze beschouwingen waren de waarnemingen van BRÜNINGS: bij uitspuiten van een oor, terwijl het hoofd van den proefpersoon rechtop werd gehouden, zag hij, dat in den horizontalen nystagmus meestal een geringe rotatoire component aanwezig was.

De prikkelbaarheid van het buitenste kanaal voor een calorischen prikkel neemt toe, wanneer we het, door achteroverbuigen van het hoofd, verticaal stellen. Zij neemt af, wanneer we het kanaal door vooroverbuigen van het hoofd, in het horizontale vlak brengen.

BRÜNINGS vond verder, dat de prikkelbaarheid van het buitenste kanaal bij verticalen stand nog toenam, wanneer men het hoofd uit zijn achterovergebogen stand neigde naar de afgekoelde zijde. Er was in dezen stand minder spoelwater noodig voor het opwekken van een nystagmus.

Voor het opwekken van een rotatoiren nystagmus was sterkere prikkeling noodzakelijk.

Voor mijn proeven maakte ik gebruik van de *statokinet* van QUIX ¹³³⁾. Dit toestel maakt het mogelijk, dat het spoelwater steeds onder constanten druk naar de uitwendige gehoorgang stroomt. Onder invloed van een veer drijft een zuiger in een reservoir het water, eerst langs een thermometer, door een gummibuis naar het oor van den proefpersoon. In de uitwendige gehoorgang is daartoe een canule aangebracht voor den aan- en afvoer van het spoelwater.

Van belang voor de thermische werking van het water is nu zijn stroombaan in de uitwendige gehoorgang. Voor zijn proeven maakte BRÜNINGS ¹¹⁾ daartoe een speciale canule. Voor den aanvoer van het water bracht hij in de groote canule voor de uitwendige gehoorgang, een dun gummibuisje aan; dit reikte tot in de nabijheid van het trommelvlies. Hierdoor had hij echter geen overzicht van den vorm van de uitwendige gehoorgang bij zijn verschillende proefpersonen. Door bochten en verkeerd inbrengen van de canule konden vernauwingen optreden van dit gedeelte van de stroombaan.

Ik maakte daarom gebruik van den trechter VAN SIEGLE. In den metalen wand liet ik twee gaatjes tegenover elkaar boren. Eén er van diende voor het inbrengen van het dunne aanvoerbuisje, het andere voor den afvoer van het water.

Bij verschillende personen kon ik op deze wijze den

trechter steeds een zoo gunstig mogelijken stand geven. Het dunne aanvoerbuisje, dat zich in het centrum van de canule bevond, spoot het water steeds zooveel mogelijk midden op het trommelvlies.

Wanneer men den stand van den trechter eenmaal gekozen had, kon deze door gummislangetjes aan een leeren hoofdband gefixeerd worden.

Bij de nu volgende *proeven* stelde ik mij tot doel de drie kanalen calorisch te prikkelen en hierbij de reactiebewegingen door de kanalen afzonderlijk gegeven, na te gaan.

Hierbij ging ik op dezelfde wijze te werk als bij mijn rotatieproeven. De proefpersoon moest, terwijl zijn oor bij opgerichten hoofstand uitgespoten werd, de wijsproef uitvoeren op het bord, dat achtereenvolgens evenwijdig aan de vlakken van de kanalen werd geplaatst. Daarbij ging ik alleen de reacties van den rechterarm na, welke door het schoudergewricht werden gegeven.

Om technische redenen maakte ik voor het buitenste kanaal een uitzondering. Daar het wenschelijk was de reactiebewegingen door de drie kanalen opgewekt, kort na elkaar te onderzoeken, plaatste ik voor het buitenste kanaal het bord eveneens verticaal, maar in het frontale vlak. Hierop liet ik den proefpersoon bij het uitvoeren van de wijsproef verticale bewegingen maken. Ik ging daarbij na of een voorbijschrijven naar links of rechts optrad. Nu moet toegegeven worden, dat prikkeling van de verticale kanalen eveneens een reactie kan geven in dit vlak; voor het buitenste kanaal is dit vlak echter gunstiger gelegen. De reacties, door de verticale kanalen opgewekt, werden nagegaan door den proefpersoon de wijsproef in horizontale richting te laten uitvoeren. Daarbij werd de arm gestrekt op het bord, dat verticaal en achtereenvolgens evenwijdig aan het vlak van het te onderzoeken kanaal geplaatst was.

Om te voren genoemde redenen was de stand van het bord, evenwijdig aan het achterste verticale kanaal rechts, de meest gunstige. Immers wanneer wij dit bord verlengd

dachten, zou het ongeveer het schoudergewricht snijden.

Nu dient hier opgemerkt te worden, dat bij deze proeven geringe fouten gemaakt werden. We hebben gezien, dat de buitenste kanalen bij dezen hoofdstand meestal een hoek van $\pm 30^\circ$ maken met den horizon. Bij prikkeling van dit kanaal zal een reactiebeweging worden opgewekt, waarvan de richting evenwijdig is aan het vlak van dit kanaal. Deze reactiebeweging laat zich nu ten opzichte van onze oriëntatievlakken ontbinden in het horizontale en het verticale vlak. We zien dus, dat de prikkeling van het buitenste kanaal een geringen invloed zal hebben op de wijsproef, welke op de verticale borden uitgevoerd wordt. Bovendien liggen de verticale kanalen bij dezen hoofdstand niet geheel in het verticale vlak.

Voor mijn proeven maakte ik gebruik van water, dat ongeveer 5° beneden lichaamstemperatuur was. Dit kon worden bepaald met den thermometer aan de statokineter. Ik stelde me voor, dat bij deze temperatuur van het spoelwater langzamerhand een endolymphbeweging zou worden opgewekt, welke tot het optreden van reactiebewegingen aanleiding geeft. Het was bij het aanwenden van dezen zwakken prikkel van belang na te gaan op welke van de genoemde borden het voorbijschrijven het eerst optrad en in welke richting.

Velen leggen een verband tusschen het ontstaan van deze reactiebewegingen en het gevoel van draaien of vallen van den proefpersoon. In verband hiermee was het van belang dat de proefpersonen nauwkeurig aangaven welke sensaties zij kregen: vooreerst het tijdstip waarop zij optraden en ten tweede de richting daarvan.

Bij meerdere proeven werd bovendien gedurende het uitspuiten, met den tastenden vinger van den onderzoeker op de gesloten oogleden van den onderzochte, nagegaan wanneer een nystagmus optrad.

Aan het einde van de proef werd bij geopende oogen den nystagmus onderzocht.

Naam: Ar. Onderzoek rechter oor.

Temperatuur van het water 30° .

Trommelvliezen normaal.

Geen spontaan nystagmus, geen spontaan miswijzen op de drie genoemde borden.

Na $\pm$ 1 minuut uitspuiten, voorbijschrijven naar rechts op het vertic. front. bord.

Na $\pm$ 2 minuten optreden van nystagmus.

Na 4 minuten treedt op een voorbijschrijven naar boven, op het bord evenwijdig aan het achterste vertic. kanaal.

In het begin gevoel van draaien naar rechts.

Na afloop lichte nystagmus-bewegingen naar links.

Naam: Schl. Onderzoek linker oor.

Temperatuur van het water $\pm$ 32°.

Trommelvliezen normaal.

Geen spontaan nystagmus, geen spontaan miswijzen op de drie genoemde borden.

Het eerst zien we een voorbijschrijven naar links optreden op het vertic. front. bord.

Daarna treedt op een voorbijschrijven naar boven, op het bord evenwijdig aan het achterste vertic. kanaal.

We zien geen voorbijschrijven op het bord evenwijdig aan het voorste vertic. kanaal.

Er is geen gevoel van draaien opgewekt.

Na afloop zeer geringe nystagmus naar rechts.

„ J. E. v. d. K. Onderzoek rechter oor:

Trommelvlies normaal.

Geen spontaan nystagmus (enkele instelbewegingen) geen voorbijschrijven in de drie vlakken.

Op de drie borden treedt bijna gelijktijdig voorbijschrijven op. Voorbijschrijven naar rechts op het vertic. front. bord, naar boven op het bord evenwijdig achterste vertic. kanaal. Op het bord evenwijdig aan het voorste vertic. kanaal treedt eerst een voorbijschrijven naar boven op; aan 't einde van de proef wordt naar beneden voorbijgeschreven.

Gedurende de proef geen gevoel van draaien of vallen.
Nystagmus naar links, voornamelijk horizontaal met kleine rotatoire componenten.

Naam: P. V. Onderzoek rechter oor.

Trommelvliezen normaal.

Geen spontaan nystagmus (lichte instelbewegingen), geen voorbijschrijven in de drie vlakken.

Op de drie borden treedt bijna gelijktijdig voorbijschrijven op. Voorbijschrijven naar links op het vertic. front. bord, naar beneden op het bord evenwijdig voorste vertic. kanaal, naar boven op het bord evenwijdig achterste vertic. kanaal.

Er treedt een gevoel op van weinignaar rechts te draaien en te vallen naar links.

Temperatuur water 27°.

„ v. R. Onderzoek rechter oor.

Temperatuur van het water 32°.

Trommelvliezen normaal.

Geen spontaan nystagmus, geen spontaan voorbijschrijven in de drie vlakken.

Het eerst treedt op een voorbijschrijven naar rechts op het vertic. front. bord. Daarna een voorbijschrijven naar beneden op het bord evenwijdig aan het voorste vertic. kanaal. Vervolgens een voorbijschrijven naar boven op het bord evenwijdig aan het achterste vertic. kanaal. Er wordt een gevoel opgewekt van zachtjes om te vallen naar links.

„ Sl. Onderzoek rechter oor.

Temperatuur van het water 32°.

Trommelvliezen normaal.

Geen spontaan nystagmus.

Voorbijschrijven tot 3 c.M. naar boven op het bord evenwijdig aan het voorste vertic. kanaal; op de twee andere borden geen spontaan voorbijschrijven. Eerst treedt op voorbijschrijven naar rechts op het vertic. front. bord. Verder een voorbijschrijven naar boven op het bord evenwijdig aan achterste vertic.

kanaal. Geen reactie op het bord evenwijdig aan het voorste vertic. kanaal. Nadat het voorbijschrijven is opgetreden, is de nystagmus te voelen. Er is geen gevoel van draaien opgewekt.

Naam: D. Onderzoek van het rechter oor.

Temperatuur van het water $\pm 30^{\circ}$.

Trommelvliezen normaal.

Geen spontaan nystagmus, geen spontaan voorbijschrijven op de drie borden. Bij uitspuiten voorbijschrijven naar links op het vertic. front. bord. Bijna gelijktijdig hiermee treedt op een voorbijschrijven naar boven op het bord evenwijdig aan het voorste vertic. kanaal. Geen voorbijschrijven op het bord evenwijdig aan het achterste vertic. kanaal.

Proefpersoon kan niet aangeven in welke richting het draaigevoel optreedt.

We zien dus, dat bij de meeste personen het voorbijschrijven het eerst optreedt op het bord, dat zich in vertic. front. stand bevindt. Eveneens in een voorbijschrijven op te wekken in de vlakken evenwijdig aan de verticale kanalen; soms treden de reacties in de drie vlakken nagenoeg gelijktijdig op. Bij een zwakken prikkel zien we dat soms in een van de vlakken, evenwijdig aan een verticaal kanaal geen reactie optreedt.

De reactiebewegingen vinden meestal plaats in de richting van endolymphische beweging. Echter ziet men ook wel een voorbijschrijven optreden in tegengestelde richting (zie proefpers. D.).

De prikkelbaarheid werd bij meerdere personen verschillend gevonden. Zoo moest bij proefpers. V. water van 27° gebruikt worden voor het opwekken van reactiebewegingen. Bij meerdere proefpersonen deed zich het verschijnsel voor, dat zij voorbijschrijven vertoonden, zonder dat bij hen de sensatie van vallen of van gedraaid te worden was opgewekt. (Proefpers. Schl., v. d. K., Sl., D.).

RÉSUMÉ.

Door rotatie is het mogelijk, wanneer we het hoofd een bepaalden stand in de ruimte geven, elk stel verticale kanalen nagenoeg afzonderlijk te prikkelen.

Daarbij valt op, dat de reactiebewegingen plaats vinden in een richting evenwijdig aan het vlak van het geprikkelde kanaal.

Voor de buitenste kanalen kon worden aangetoond, dat de reactiebewegingen meestal plaats hebben in de richting van de endolymphbeweging, echter soms tegengesteld.

Wanneer twee stellen kanalen door rotatie geprikkeld worden, wordt de richting van de opgewekte reactiebeweging bepaald door de richting van de resultante van de prikkels, die de twee stellen kanalen afzonderlijk ontvangen.

Bij deze proeven is het noodzakelijk van een goede hoofdfixatie gebruik te maken.

Het valt dan op, dat de richting der reactiebeweging na rotatie niet steeds samenvalt met het rotatievlak. De geringe afwijking is mogelijk toe te schrijven aan de afwijkingen van den onderling loodrechten stand van de vlakken der kanalen, of hun meer of mindere prikkelbaarheid. Bij een ontleding van den prikkel van het booggang-systeem bij rotatie wordt dit duidelijk.

Door het booggang-systeem calorisch te prikkelen, zien we in de vlakken, welke nagenoeg evenwijdig staan aan de vlakken van de verticale kanalen reactiebewegingen optreden.

Bij het aanwenden van een zwakken prikkel treedt soms in één van deze vlakken, geen reactie op.

We zien tevens, bij het aanwenden van een zwakken calorischen prikkel, in vele gevallen voorbijschrijven optreden, zonder dat bij den proefpersoon een sensatie van gedraaid te worden of vallen is opgewekt.

De prikkelbaarheid werd bij onderzoek van meerdere personen verschillend gevonden.

LITTERATUUR.

1. BÁRANY, Physiologie und Pathologie des Bogengangapparates beim Menschen 1907.
2. R. BÁRANY u. K. WITTMACK, Functionelle Prüfung des Vestibularapparates. Verh. Deutsche Otol. Gesellschaft 20. 1911.
3. BÁRANY, Experimentelle Alcohol-intoxikation. Monatschr. f. Ohrenheilk. 1911 S 959.
4. BÁRANY, Die Bedeutung der Assoziationszellen im Kleinhirn. Centralbl. f. O. u R. L. Bd. 14. H. 9.
5. BÁRANY, Nachweis der Auslösung der Reinholdschen und der Fischerschen Reaktionen sowie des optischen Vorbeizeigens in der Rinde des Grosshirns. Zentr. bl. f. Orhenh. u. R. L. Bd. 15. H. 3.
6. BONDY, Die vestibulaire Reaktionsbewegungen nach Drehung. Zeitschr. f. O.h.k. u. f. d. Krankh. d. Luftw. 80^e B. 1^e u. 2^e H.
7. BREUER, Ueber die Function der Bogengänge des Ohrlabyrinths Med. Jahrb. 1874.
8. BREUER. Neue Versuche an den Ohrbogengängen. Pflügers Archiv. Bd. 44, S. 135, 1889.
9. BREUER, Ueber die Function der Otolithenapparate. Pflügers Archiv. Bd. 48. 1891.
10. BREUER, Studien über den Vestibularapparat. Wiener Sitzungsberichte Bd. 112. 3^e Abt, 1903.
11. BRÜNINGS, Beiträge zur Theorie, Methodik und Klinik der Kalorimetrischen Functionsprüfung des Bogengangapparates. Zeitschr. f. Ohr.heilk. 63 Bd. 1911.
12. BUYS, Beitrag zum Studium des Drehnystagmus. Monatschr. f. Ohrenheilk. 47. 1913.
13. V. CHEVAL, Physiologie de la VIII^e paire Audition et equilibre. Academie royale de médecine de Belgique 1919.

14. CRUM BROWN, On the sense of rotation and the anatomy and physiologie of the semicircular canals of the internal ear. *Journal of anatomy and physiologie* Vol 8 1874.
15. DELAGE, Etudes expérimentales sur les illusions statiques et dynamiques de direction. *Archives de Zoologie expérimentale* 2^e Serie IV p. 535. 1886.
16. EWALD. Physiologische Untersuchungen über das Endorgan des Nervus Octavius 1892.
17. FISCHER, Der Einfluss der Blickrichtung und Änderung der Kopfstellung (Halsreflex) auf den Bárány'schen Zeigerversuch. *Jahrbücher f. Psychiatrie u. Neurologie* Bd. 35, S 155.
18. FLOURENS, Experiences sur les canaux semicirculaires de l'oreille, dans les oiseaux. *Memoires de l'Institut de France* Tome IX, p. 455. Experiences dans les mammifères, p. 467. 1830.
19. JONES, *Acquilibrium and vertigo*, 1918.
20. KIPROFF, Quantitative Messung des kalorischen Nystagmus bei Labyrinthgesunden. *Passows Beiträge* II.
21. DE KLEIN u. MAGNUS, Über die Function der Otolithen. *Pflügers Archiv* Bd. 186, H $\frac{1}{3}$, 1^e u. 2^e Mitteilung.
22. A. DE KLEIN u. MAGNUS, Labyrinthreflexen auf Progressivbewegungen. *Pflügers Archiv*. Bd. 186, H. $\frac{1}{3}$.
23. KREIDL, Beiträge zur Physiologie des Ohrlabyrinthes auf Grund von Versuchen an Taubstummen. *Pflügers Archiv*. Bd. 51, S. 118, 1892.
24. MACH, Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen. 1875.
25. MACH, Physikalische Versuche über den Gleichgewichtssinn des Menschen. *Wiener Sitzungsberichte*, Bd. 68 Abt 3, 1873.
26. MAGNUS, Ueber die Beziehungen des Kopfes zu den Gliedern. *Münchener Medizin. Wochenschrift* no. 13, 1912.
27. MAGNUS u. DE KLEIN, Die Abhängigkeit des Tonus der Extremitätenmuskeln von der Kopfstellung. *Archiv. f. d. Ges. Physiologie*, Bd. 145.
28. MAGNUS u. DE KLEIN, Weitere Beobachtungen über Hals- und Labyrinthreflexen auf die Gliedermuskeln des Menschen. *Archiv f. d. Ges. Physiologie*, Bd. 160.
29. MAIER u. LION, Experimenteller Nachweis der Endolymphbewegung im Bogengangapparat des Ohrlabyrinthes bei adäquater und kalorischer Reizung. *Pflügers Archiv*. Bd. 187. H. $\frac{1}{3}$

30. MULDER, |Quantitatieve betrekking tusschen prikkel en effect bij het statisch orgaan. Diss. Utrecht 1908.
31. MYDING, Scharitze's Handbuch der Ohrenheilkunde 2^e Teil.
32. NAGEL, Handbuch der Physiologie, Bd. 3, 1905.
33. QUIX, Ein Apparat zur Untersuchung des Vestibularapparates. Verhandlungen der Deutschen otologischen Gesellschaft. Mai 1912.
34. QUIX, Het verband tusschen de richting van den oognystagmus en den prikkel in een bepaald halfcirkelvormig kanaal. Vergadering K. N. O. vereen. Maart 1919.
35. QUIX, Is het vestibulairorgaan een evenwichtszintuig? Vergad. Ned. K. N. O. vereen. Nov. 1921.
36. QUIX, De functie der Otolithen. Ned. Tijdschr. v. Geneesk. 1921. Eerste helft no. 20.
37. QUIX, La fonction des Otolithes, Arch. Néerland. de Physiologie de l'Homme et des Animaux, t. VI, 1^e livraison 1921.
38. REINHOLD, Die Abhängigkeit der Baranyschen Zeige-
reaction von der Kopfhaltung. Neurologisches Centralblatt, 1913 No. 20.
39. RHESE, Die Entstehung und klinische Bedeutung der Vestibulären Fallbewegungen. Zeitschr. f. O.heilk. 73 B. II H.
40. RHESE, Zur Frage der Vestibulären Fallbewegungen. Zeitschr. f. O.h.k. 74 Bd. II H.
41. v. ROSSEM, Gewaarwordingen en reflexen, opgewekt van uit de halfcirkelvormige kanalen, 1907. Diss. Utrecht.
42. RUTTIN, Aneurysma der Arteria carotis cerebri und über-
erregbarkeit der hinteren verticalen Bogengänge. Archiv. für O. N. u. K. heilk. 107 B. 3/4 Heft.
43. SCHILLING, Ein Beitrag zur Function des Vestibularapparates. Archiv. für O. N. u. K. heilk. 104 B 3/4 H. S. 1120 1919.
44. STENVERS, Klinische Studie over de functie van het cerrebellum en de diagnostiek der cerebellum- en bruggehoektumoren 1920, Diss. Utrecht.
45. SATO, Vergleichende Untersuchungen über die Bogen-
gänge des Labyrinthes beim neugeborenen und beim erwachsenen Menschen. Zeitschr. f. Ohrenheilk. 42^e Bd. 1903.

46. SATO, Richtung und Benennung der Bogengänge des menschlichen Labyrinthes. Zeitschr. für Ohrenheilk. Bd. 44 1903.
 47. SCHÖNEMANN, Schläfenbein und Schädelbasis, eine anatomisch otologische Studie 1906. Zürcher u. Furrer, Zürich.
 48. SCHÖNEMANN, die Topographie des menschlichen Gehörorganes 1904.
-

INHOUD.

	Blz.
Inleiding.	1
HOOFDSTUK I. Litteratuur Overzicht	4
§ 1. Over den nystagmus	4
§ 2. Over de reactiebewegingen van het lichaam	8
§ 3. Over de tonische reflexen van de extremiteten	21
HOOFDSTUK II. Anatomisch Overzicht	31
Eigen Onderzoek	
„ III. Algemeene beschouwingen	33
„ IV. De ontleding van den prikkel, welke door rotatie in het booggang-systeem wordt opgewekt	39
„ V. De reactiebewegingen van de bovenste extremiteten na rotatie	44
„ VI. De reactiebewegingen van de bovenste extremiteten na calorische prikkeling van het booggang-systeem	68
Résumé	77
Litteratuur	78

STELLINGEN

I

Bij het functioneel nieronderzoek mag men de uitkomsten van de verdunnings- en concentratieproeven niet overschatten.

II

Voor het vaststellen van de diagnose dreigende eclampsie is het van belang eenige malen daags den bloeddruk te bepalen.

III

Het Erythema nodosum is geen ziekte sui generis.

IV

Bij een meningeale complicatie van een otitis media is een bacteriologisch onderzoek van het lumbaalvocht van groote beteekenis voor het stellen van de prognose.

V

Het Rumpel-Leede'sche phenomeen heeft slechts geringe beteekenis voor de herkenning van dubieuze roodvonkgevallen.

VI

De broomloogmethode ter bepaling van het ureumgehalte van bloed of urine dient te worden verlaten.

