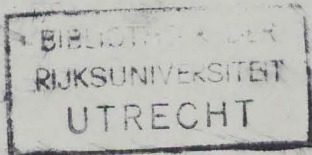


Diss. Utrecht 1975 115

# PATROONCENTRUM

EEN ELECTRONYSTAGMOGRAFISCHE STUDIE MET DE TORSIESCHOMMEL

H. FESTEN



s.  
cht











1 Diss. Utrecht 1975 115

# PATROONCENTRUM

EEN ELECTRONYSTAGMOGRAFISCHE STUDIE MET DE TORSIESCHOMMEL

PATTERN CENTRE

AN ELECTRONYSTAGMOGRAPHIC STUDY WITH THE TORSIONSWING

(WITH A SUMMARY IN ENGLISH)

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DE GRAAD VAN DOCTOR IN  
DE GENEESKUNDE AAN DE RIJKSUNIVERSITEIT TE  
UTRECHT, OP GEZAG VAN DE RECTOR MAGNIFICUS  
PROF. DR. SJ. GROENMAN, VOLGENS BESLUIT VAN  
HET COLLEGE VAN DEKANEN IN HET OPENBAAR TE  
VERDEDIGEN OP DINSDAG 23 NOVEMBER 1971  
DES NAMIDDAGS TE 4.15 UUR

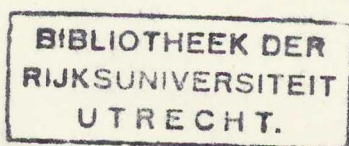
DOOR

HENRI FESTEN

geboren op 20 augustus 1933 te Heerlen

1971

DRUKKERIJ H. VERSTEDEN & CO., TILBURG



PROMOTOR: PROF. J. J. GROEN

Helaas! ik heb het in het schrijven nooit heel ver gebracht; daarom  
laat ik nu ook maar drukken.

Hildebrand: Camera Obscura.

aan mijn vrouw

aan mijn kinderen





## VOORWOORD

Waar men zich als jong assistent had voorgenomen geen voorwoord tot de dissertatie te schrijven, menend dat deze overdreven en hol klonken, dan zijn na enige jaren perifere praktijk die gedachten veranderd. Er is toch een soort behoefte ontstaan om bij dit moment, waarop men eigenlijk pas zijn geestelijke volwassenheid bereikt, al diegenen te danken, die daaraan hebben bijgedragen.

Waarde ouders. Niet alleen ben ik dank verschuldigd voor de geboden mogelijkheid tot studie, maar meer nog voor al datgene, wat men opvoeding noemt en dat thans als geestelijke bagage mede mijn achtergrond bepaalt. Zonder die achtergrond zou ik nooit deze plaats in de maatschappij hebben bereikt, zou ik nooit deze relatie met mijn patiënten hebben gehad. Dit zijn verworvenheden, waarvoor in de vroege jeugd de basis wordt gelegd en ik hoop bij mijn kinderen ooit ditzelfde terug te vinden. Zijn er al kleine verschillen als gevolg van de generatieverschuiving, de grote lijnen blijven doorlopen.

Hooggeleerde Groen, Hooggeachte Promotor. Het geduld, dat gij in de afgelopen jaren hebt getoond, vooral op momenten dat de belangen van de praktijk de wetenschappelijke activiteit tot bijna nul deden afnemen, heeft zeker tot het uiteindelijk voltooien bijgedragen. Uw kritische opmerkingen op de meest onverwachte momenten hebben ervoor gezorgd mij, als niet exact clinicus binnen de wetenschappelijke perken te houden. Op ogenblikken van wanhoop zaagt gij altijd licht achter een andere horizon. Ik en de mijnen zijn U zeer erkentelijk voor deze onmisbare hulp. Dat de persoonlijke contacten, ook die met Jopie, niet zullen ophouden na deze dag, is onze vurige wens.

Hooggeleerde Gerlings, Zeer gewaardeerde Leermeester. De dank aan U geldt niet alleen mijn opleiding tot K.N.O.-Arts (keelarts). Door Uw voorzichtige, doch regelmatige aandrang is uiteindelijk dit proefschrift voltooid. Hopelijk kan het resultaat in Uw kritische ogen genade vinden. De precisie, waarmede gij de keel- neus- en oorheelkunde uitoefent, zal mij altijd een voorbeeld zijn.

Geleerde Clemens, beste Andries. Hoe het kwam, dat jij in de kliniek je ré-entree maakte, juist toen mijn onderzoek was vastgelopen, weet niemand. Dank zij jouw originele ideeën en de gave fysieke problemen voor leken als ik duidelijk te maken, heb ik de wegen gevonden het onderzoek af te ronden. Eigenlijk is dit proefschrift ontstaan door

onze samenwerking. Voor dit belangrijke aandeel ben niet alleen ik jou zeer erkentelijk.

Hooggeleerde Staal, beste Arthur. Dat onze ontmoetingen in de sneeuw nog eens verder zouden uitgroeien, hadden wij geen van beiden kunnen bevroeden. Mijn dank voor jouw hulp, die wel nodig bleek, is zeer groot. Moge onze vriendschap voor jou en Yvonne verder reiken dan de lange latten lang zijn.

Geleerde Gallé, beste Huub. Voor jouw bijdrage in de discussie ben ik veel dank verschuldigd. Je hebt blijk gegeven van een grote veelzijdigheid. Jouw kritische opmerkingen zijn van grote waarde geweest bij de realisering van de uiteindelijke redactie van dit geschrift.

Zeergeleerde Sedee. Gij hebt in Uw functie van chef de clinique mij de hand geleid bij mijn eerste chirurgische oefeningen. Uw inventiviteit en inzicht zullen steeds in mijn herinnering zijn.

Waarde Hovius. In de eerste jaren van dit onderzoek waart gij mijn factotum. De vele veranderingen aan de apparatuur, die steeds weer nodig waren, tot het bijna volmaakte was bereikt, hebt gij uitgevoerd. Dat uiteindelijk hier het resultaat is, moge ook U tot voldoening stemmen.

Waarde van Duivenbouden. Dank ben ik U verschuldigd voor de kundige wijze waarop gij de illustraties hebt verzorgd.

Daar ik de laatste jaren niet meer aan de kliniek was verbonden en het verdere onderzoek in de vorm van een bliksembezoek werd uitgevoerd, moet ik duidelijk al diegenen bedanken, die voor het steeds bedrijfsklaar zijn van de apparatuur hebben zorggedragen.

Tot slot blijft mij mijn echtgenote te noemen over. Vaak tot het uiterste heeft zij mij achter de veren gezeten om de belofte, aan mijn Leermeester gedaan, waar te maken. Ik moet bekennen, dat zonder haar steun, mijn aandacht reeds lang andere wegen dan die van het patrooncentrum zou zijn gegaan. Hopelijk waardeert zij, met dit resultaat in handen, toch het feit, dat ik mijn gezin niet helemaal heb verwaarloosd. Het plezier en de animo, waarmee zij het manuscript meerdere malen heeft overgetypt, was voor mij voldoende bewijs voor haar waardering.



# INHOUD

## HOOFDSTUK I

### INLEIDING

De historische achtergrond voor het begrip patrooncentrum wordt belicht. Op grond van subjectieve gegevens wordt het begrip verder ontwikkeld en geplaatst.

## HOOFDSTUK II

### BEGRIPSBEPALING

De met betrekking tot het evenwichtssysteem bestaande begrippen worden nader omschreven en gedefinieerd. De patrooncentrumactiviteit wordt als vorm van habituatie omschreven.

## HOOFDSTUK III

### MEETCRITERIA

Uit diverse vormen van vestibulaire reactie wordt nystagmus als best meetbare gekozen en verder beschreven. Tevens wordt hier de keuze van het laterale kanalenpaar nader toegelicht.

## HOOFDSTUK IV

### ANATOMISCHE RELATIES

Getracht wordt een schematisch beeld te ontwerpen van de verbindingen in het centraal zenuwstelsel, die tussen de vestibulaire prikkel en de oogreactie als schakels optreden en waar de belangrijkste invloeden van andere centra aangrijpen.

## HOOFDSTUK V

### OBSERVATIEMETHODEN EN MEETMETHODIEK

Een historisch overzicht van de nystagmusregistratiemethoden wordt gegeven. De principes van de electronystagmografie worden nader toegelicht. Het torsieschommelonderzoek wordt beschreven.

## HOOFDSTUK VI

### EIGEN ONDERZOEK

De gebruikte torsieschommel wordt beschreven. De gebruikte onderzoeksequentie wordt toegelicht en de geregistreeerde oculogrammen beschreven.

## HOOFDSTUK VII

### INTERPRETATIE

De gevonden oculogrammen worden nader geanalyseerd en de invloed van het patrooncentrum aangegeven. Ook optokinetische en optokinetisch-vestibulaire proeven worden vermeld.

## HOOFDSTUK VIII

### CONCLUSIES

Het patrooncentrum wordt duidelijk als habituatiemechanisme gerubriceerd en in het cybernetisch systeem ingepast.

## HOOFDSTUK IX

### SLOTBESCHOUWING

INLEIDING

Waar reizen en trekken als vulling van de toenemende vrije tijd steeds meer in zwang komt en door de toename van onze welvaart de af te leggen afstanden steeds groter, nemen de begeleidende verschijnselen zoals bewegingsziekte, als zodanig voor het eerst beschreven in 1881 door J. A. Irwin, als een soort epidemie toe.

W. James (1882), Reynolds (1884) en Pollack (1893) toonden aan, dat mensen zonder functionnerend labyrinth, zoals bij sommige vormen van aangeboren doofheid of na het doormaken van een tweezijdige labyrinthitis, niet gevoelig waren voor bewegingsziekte.

Sinds duidelijk is, dat bewegingsziekte berust op ongewone prikkeling van het evenwichtsorgaan, is mede onder invloed van de toenemende vraag naar comfort, het onderzoek naar de prikkelverwerking in het vestibulaire systeem onderwerp van onderzoek geworden in vele centra.

Ook de bewegingscondities tijdens de ruimtevaart zijn gedurende de laatste twee decennia aanleiding geweest het evenwichtsorgaan in zijn gehele werking op het menselijk organisme nader te bestuderen.

Uit de zeevaart is bekend, dat na enige tijd gewenning optreedt aan de, voor de mens toch wel abnormale bewegingen en wel zodanig, dat men zich dan zonder veel moeite over het schip kan verplaatsen. Ook de neurovegetatieve reacties als door de Wit in 1958 beschreven, verdwijnen bij de meeste mensen. Merkwaardig is echter, dat men, na ontschepping het gevoel van de scheepsbeweging terugkrijgt, zo zelfs, dat het lopen op de vaste grond moeilijkheden kan geven in de eerste tijd. Vooral in perioden van verminderde waakzaamheid kunnen deze verschijnselen vrij sterk zijn. Bovendien blijkt bij verandering van het bewegingspatroon, zoals bij overstappen op een ander schip, niet alleen dat er voor die omstandigheden geen gewenning is, doch dat de onaangename reacties zelfs veel sterker kunnen zijn dan verwacht kan worden.



Er is dus ergens een compenserend mechanisme, dat de mens het leven in een voortdurend veranderend systeem, zoals een schip op zee, mogelijk maakt. Niet alleen zou dit compenserend mechanisme de mens motorisch besturen en zodoende de gewenning aan de beweging doen ontstaan, maar het zou eventueel ook de invloed van het evenwichtssysteem op het vegetatieve zenuwstelsel kunnen compenseren, zodat de bewegingsziekte na enige tijd uit zou blijven.

Het is ook deze compensatie die, door nog te blijven doorwerken na stoppen van de oorzakelijke beweging, verantwoordelijk gesteld kan worden voor het optreden van naverschijnselen en ook voor de moeilijkheden bij het zich dan voortbewegen.

Deze compensatie is typisch alleen gericht op het oorzakelijke bewegingspatroon, hetgeen blijkt uit het feit, dat bij verandering van dit patroon een nieuwe compensatie moet worden opgebouwd. Zelfs is het mogelijk, dat door interferentie van het compenserend patroon met de prikkels van het nieuwe bewegingspatroon juist een toename van de onaangename verschijnselen wordt veroorzaakt, die bij het ontstaan van de nieuwe compensatie verdwijnt.

Het is Groen geweest, die in 1957 op grond van deze overwegingen het begrip patrooncentrum voor dit compenserend mechanisme heeft geformuleerd en in latere publicaties heeft uitgewerkt en toegelicht.

Doordat vergeten werd een proefdier uit een proefopstelling te bevrijden, werd de eerste objectieve aanwijzing verkregen voor het bestaan van een patrooncentrum op basis van experimenteel vestibulair onderzoek. Het waren Klijn en Ek die waarnamen dat een duif, lange tijd na het ondergaan van een prikkeling op een torsieschommel, nog steeds compensatoire kopbewegingen vertoonde, zoals tijdens de oorspronkelijke prikkeling. Deze min of meer toevallige vondst werd in 1960 gepubliceerd, doch niet verder onderzocht.

Het zijn daarna verschillende publicaties van Groen en dissertaties onder zijn directe en indirecte leiding, die steeds weer op het hypothetische patrooncentrum terugkomen. Bij onderzoeken over zeeziekte (Nieuwenhuysen 1958, van Maanen 1965) en adaptatie (Goetmakers 1968) wordt het patrooncentrum zijdelings genoemd. Het duidelijkst komt het naar voren als een neveneffect bij de onderzoeken van Guedry in 1962 in verband met de ruimtevaart gedaan. Bij deze onderzoeken aan normale proefpersonen werden tot een uur na beëindiging

van een meerdaagse rotatie in een langzaam ronddraaiende kamer, waarbij vooraf vastgestelde hoofdbewegingen werden uitgevoerd, na verschijnselen gevonden bij bewegen van het hoofd, zij het tegengesteld aan die tijdens de rotatie. Ook door Guedry is deze bevinding niet verder uitgewerkt en slechts genoemd als een toevallige vondst, met verwijzing naar boven aangehaalde publicatie van Groen.

Al met al is de hypothese over het patrooncentrum iets van de laatste jaren. De studie van objectieve patrooncentrum-fenomenen is onderwerp van dit proefschrift.



## BEGRIPSBEPALING

Alvorens het begrip patrooncentrum nader te evalueren, lijkt het nuttig in te gaan op enkele andere begrippen met betrekking tot zintuigsystemen in het algemeen en het evenwichtssysteem in het bijzonder.

Onderwerpt men het evenwichtsorgaan aan een langdurige of zich herhalende prikkel dan ziet men, evenals bij vele andere zintuigen, de reactie van het totale organisme na enige tijd afnemen of zelfs geheel verdwijnen. Breuer (1874) constateerde dat reeds en Abels (1906) gaf er de naam habituatie aan.

Men treft echter ook wel de term adaptatie aan voor dergelijke verschijnselen, soms zelfs vermoeidheid. Het zijn derhalve termen, die een bepaalde toestand in reactievermogen weergeven.

Men moet hier wel de mechanismen, die aan de genoemde verschijnselen ten grondslag liggen (zoals inhibitie, depletie) in betrekken.

Uit de vele omschrijvingen in de literatuur gevonden, worden de volgende als de meest gangbare en elkaar niet tegensprekende definities gekozen.

**Inhibitie** (in een zintuiglijk systeem):

een efferent neurale cybernetisch proces, dat de afferentie van het perifere orgaan doet verminderen, zodat adaptatie ontstaat.

**Adaptatie**: een toestand van verminderde prikkelbaarheid van een systeem, teweeggebracht door inhibitie.

**Habituatie**: een toestand van gewenning van het totale individu aan een bepaalde langdurige prikkelvorm.

**Vermoeidheid**: een toestand van verminderde prikkelbaarheid van een systeem op metabole gronden, waardoor o.a. gebrek aan essentiële werkzame substantie(s) bij de prikkeloverdracht (depletie) ontstaat.

N.B. vermoeidheid van het vestibulaire orgaan is niet aangetoond.



Onder habituatie wordt dus verstaan: de gewenning van het normale individu aan nieuwe prikkels of situaties; voor het evenwichtssysteem uit zich deze gewenning in reactieafname zoals verminderde nystagmus bij herhaalde calorische of rotatoire prikkeling. Deze reactievermindering moet een centrale oorzaak hebben zoals uit de proeven van o.a. Lidvall (1961) met calorische en Crampton (1962) met rotatoire prikkeling blijkt. Herhaalde prikkeling in één richting doet de reactie in die richting afnemen; wordt hierna een prikkel in de andere richting gegeven, dan is er een normale reactie waarneembaar. Het perifere orgaan zelf reageert dus normaal.

Habituatie treedt pas op na een herhaalde of langdurige prikkeling en toont die eigenschappen zoals aangegeven door Mowrer (1934) en Fearing (1940), te weten:

1. „Acquisition”, de progressieve vermindering van de nystagmusduur.
2. „Retention”, de vermindering blijft (enige tijd) bestaan.
3. „Transfer”, nystagmusafname in een bepaalde richting is niet gebonden aan de soort prikkel.

Habituatie verdwijnt door „arousal”, dat is een plotselinge verandering in de omgeving, bijvoorbeeld een geluid. Gedurende korte tijd is de reactie op het oorspronkelijke niveau om daarna als er niets anders gebeurt, weer snel af te nemen.

Adaptatie van het vestibulaire orgaan is de verandering van de prikkelgevoeligheid van het perifere cybernetische systeem onder invloed van de in 1955 door Petroff voor het vestibulair-orgaan aangetoonde efferentie. Deze adaptatie ontstaat door inhibitie, waardoor gevoeligheidsvermindering optreedt; het tegendeel, facilitatie, die gevoeligheidstoename veroorzaakt, kan zich ook voordoen. De verandering treedt momentaan op en gaat tot een bepaald niveau, afhankelijk van de sterkte van de toegediende prikkel. Adaptatie verdwijnt spoedig na stoppen van de prikkel.

Adaptatie verdwijnt niet door „arousal”.

Vermoeidheid, een andere vorm van gevoeligheidsvermindering van het perifere orgaan, treedt op na langdurige prikkeling, gaat door tot uitputting en heeft een relatief lange herstelperiode. Bovendien zoals hierboven reeds gezegd is, werd vermoeidheid voor het evenwichtsorgaan niet aangetoond.



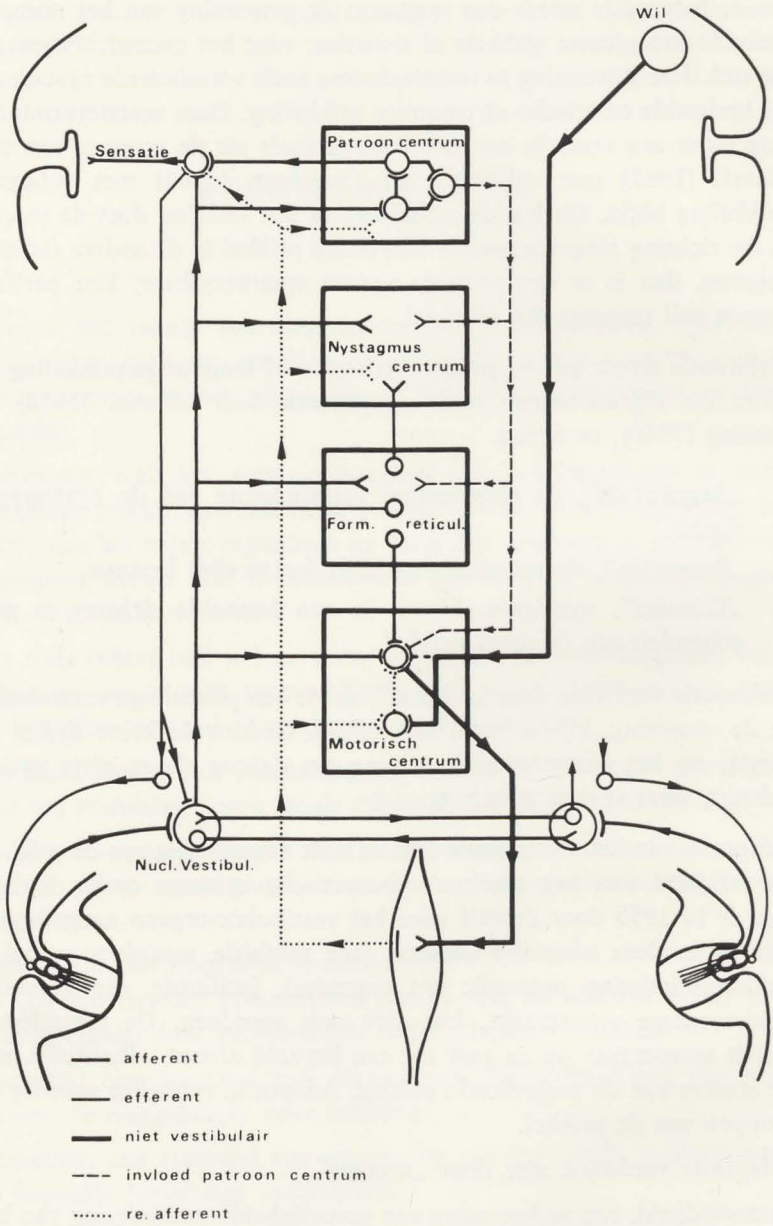


fig. 1. Mogelijke werkwijze van het Patroon-Centrum (naar Groen)

Habituatie is in wezen verschillend van adaptatie, wordt na lange tijd bereikt, blijft relatief lang behouden, kan tijdelijk opgeheven worden door „arousal”, bevat allerlei elementen van een leerproces, waardoor habituatie wegens dit „geheugen” wel eens voor een deel van extra neurale oorsprong zou kunnen zijn (L. R. Young 1969).

Het patrooncentrum moet gezien worden als een deel van het habituatie-mechanisme voor de complexe prikkeling zoals bijvoorbeeld de scheepsbeweging. Onder invloed van voortdurende stimulering van het evenwichtsorgaan ontstaat na enige tijd gewenning. Men kan zich voorstellen, dat van de beweging een copie wordt gevormd in het hypothetische centrum, die als referentiewaarde wordt gebruikt ten opzichte van de door het evenwichtsorgaan gemeten versnellingen. Zijn deze gelijk aan de copie, dan passeert er geen impuls naar het vegetatieve zenuwstelsel of het bewustzijn. De werking zou op deze wijze te vergelijken zijn met die van een stuurmachine op een super-tanker.

Zo kan bij het uitvoeren van normale willekeurige spierbewegingen rekening gehouden worden met de quasi-periodiek veranderende omgeving, zodat op deze verandering kan worden geanticipeerd, soms zelfs tegengesteld aan de reactie, die normaal het gevolg van de vestibulaire prikkel zou zijn. Op deze wijze kan men zich met redelijk gemak op het schip bewegen.

Dat er een copie van de beweging, een patroon ontstaat, en dat het niet een eenvoudig onderdrukken van de vestibulaire informatie is, blijkt in de eerste plaats uit het feit, dat, wanneer men van schip verandert, zodat er een ander bewegingspatroon is, er geen gewenning meer is. Het patroon moet opnieuw worden opgebouwd. Het bestaande patroon kan zelfs met de nieuwe prikkels zodanig interfereren, dat de reacties in eerste instantie veel heftiger zijn dan op grond van de beweging alleen mocht worden verwacht. Deze interferentie kan niet optreden als de gewenning slechts een onderdrukken van de vestibulaire prikkel zou inhouden. Ook bij verandering van weer, waardoor de scheepsbeweging verandert, blijkt er onvoldoende gewenning te zijn, zodat tijdelijk opnieuw moeilijkheden kunnen ontstaan.

Nog duidelijker en dwingender wordt het bestaan van een patroon gedemonstreerd in de optredende naverschijnselen zoals na ontschepping. Men voelt de scheepsbeweging nog lange tijd, vooral in perioden van verminderde waakzaamheid. Men voelt bijvoorbeeld zijn bed nog

deinen. Het patroon gaat kennelijk een zelfstandig leven leiden. Het tracht bewegingen, die er niet meer zijn te corrigeren en het duurt enige tijd voor dit uitdooft. Vooral de naverschijselen kunnen als eerste „bewijs” gelden voor het bestaan van een patrooncentrum.

Het patrooncentrum moet gezien worden als een component in een cybernetisch systeem in het geheel van de regulerende functies (fig. 2). Het is, zeker tot op heden, geen centrum in de anatomische betekenis, dat wil zeggen een min of meer scherp begrensde en als zodanig te herkennen verzameling zenuwcellen.



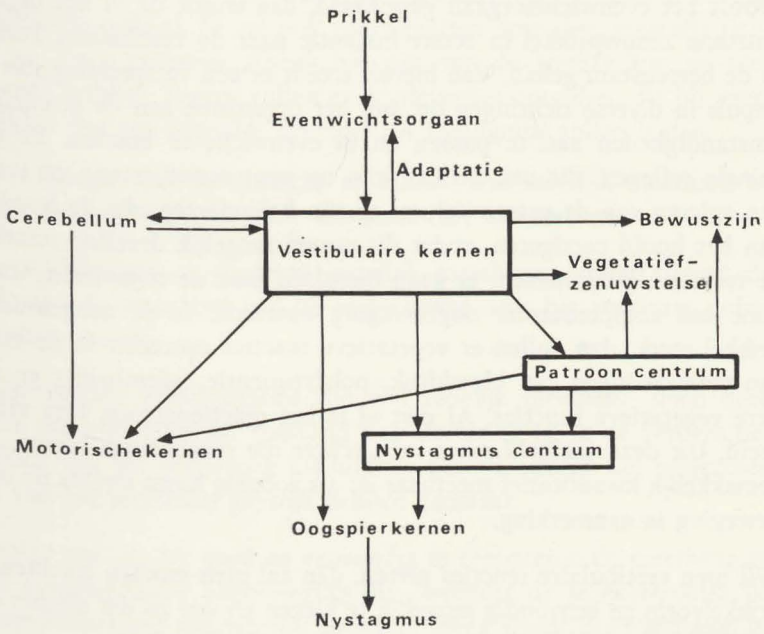


fig. 2. Schematische plaats van het patrooncentrum bij de vestibulaire prikkelverwerking



## MEET - CRITERIA

Wordt het evenwichtsorgaan geprikkeld, dan wordt de in het orgaan ontstane zenuwprikkel in eerste instantie naar de vestibulaire kernen in de hersenstam geleid. Van hieruit treedt er een verspreiding van de impuls in diverse richtingen op, om het organisme aan de gewijzigde omstandigheden aan te passen en in evenwicht te houden. Er zijn spinale reflexen, die van invloed zijn op contractietoestand en tonus van spieren van de extremiteiten, er zijn halsreflexen, die de houding van het hoofd corrigeren, zodat dit zoveel mogelijk dezelfde stand in de ruimte blijft innemen, er gaan impulsen naar de oogspieren, waardoor een compensatoire oogbeweging optreedt. Is de aangebrachte prikkel sterk, dan zullen er vegetatieve reacties optreden in de vorm van veranderingen van bloeddruk, polsfrequentie, ademhaling en andere vegetatieve functies. Al met al is het reactiepatroon zeer uitgebreid. Uit deze veelheid moet men echter die reactievorm kiezen, die gemakkelijk kwantitatief meetbaar is: als zodanig komt slechts de oogbeweging in aanmerking.

Wil men vestibulaire reacties meten, dan zal men moeten trachten de prikkelvorm zo eenvoudig mogelijk te kiezen en wel zo dat slechts één onderdeel van het perifere orgaan wordt gestimuleerd.

Verder moet men zich afvragen tot welk deel van het evenwichtsorgaan men zich zou mogen beperken om het patrooncentrum en diens activiteit te kunnen bestuderen. Gezien de vele moeilijkheden, die het meten aan otolithenprikkel en-reactie met zich meebrengt, ligt het voor de hand een kanalenpaar te gaan onderwerpen aan langdurige adequate prikkeling, bijvoorbeeld op een torsieschommel, hoewel prikkeling van een booggangstelsel zelden oorzaak voor zeeziekte is. Wel mag men verwachten dat het booggangstelsel zodanig karakteristiek is voor het hele evenwichtssysteem, dus ook ten aanzien van een eventueel patrooncentrum, dat studie ervan via de booggang verantwoord is. Bovendien is van balletdanseressen, schoonrijdsters en

jachtvliegers bekend, hoezeer habituatie aan rotatoire prikkels bij hen op de voorgrond staat.

Worden de horizontale booggangen gestimuleerd met een veranderlijke hoeksnelheid welke, gezien de bouw en physiologie de meest passende prikkel is, dan zullen als gevolg van de prikkelverwerking in het centraal zenuwstelsel (naast mogelijk vegetatieve reacties alleen optredend bij sterke prikkels), de „marche en étoile”, de proef volgens Romberg, het „Tretversuch” volgens Unterberger en de koorddansersgang gestoord zijn in een mate, afhankelijk van de sterkte van de toegediende prikkel. Er zal ook voorbijwijken optreden, waarvan richting en mate eveneens afhankelijk zijn van de sterkte van de toegediende prikkel. Tevens zullen er oogdeviaties optreden, die bij overschrijden van een bepaalde drempel tot nystagmus zullen leiden.

De afwijkingen van de „marche en étoile” zijn moeilijk meetbaar en tijdens het onderzoek is deze uiteraard niet uitvoerbaar.

Het voorbijwijken is eveneens moeilijk meetbaar, omdat tijdens de prikkeling de traagheid van de uitgestrekte arm het resultaat onbetrouwbaar maakt.

De optredende draaisensaties zijn wel redelijk meetbaar, doch deze vragen een voortdurende toestand van alertering en in de verdere bespreking van het onderzoek zal blijken, dat wij tijdens het onderzoek juist van het tegendeel gebruik hebben gemaakt.

De enige reactie, die goed en eenvoudig te registreren en meetbaar is, is de compensatoire oogbeweging die, wanneer de prikkelgrootte de nystagmusdrempel overschrijdt, gemodificeerd wordt door nystagmus.

Volgens Déjerine is nystagmus „un tremblement associé des globes oculaires”. De belangrijkste indeling van de nystagmus is naar oorzaak, in een vestibulaire en een niet-vestibulaire.

De vestibulaire nystagmus is gekenmerkt door het optreden van alternerend langzame en in richting daaraan tegengestelde snelle verplaatsingen van het oog. Hierbij is de langzame fase het directe gevolg van de prikkeling van het labyrint. De snelle fase is secundair wat o.a. blijkt uit het onderzoek aan pasgeborenen (Groen 1963). Bij vestibulaire prikkeling in de perinatale periode zag men wél de deviatie van het oog zonder dat een snelle fase optrad. Pas in de loop van de daarop volgende dagen zag men de snelle fase als het ware ontstaan.



Bij vestibulaire prikkeling ziet men ook steeds eerst een langzame oogdeviatie optreden en pas daarna een snelle slag.

Voor het mechanisme van de nystagmus wordt een nystagmuscentrum (Lachmann, Bergmann, Monnier 1958) verondersteld in de hersenstam, het mesencephalon, welk centrum ook anders dan vestibulair te prikkelen is.

De meest bekende vorm van niet vestibulaire nystagmus is de optokinetische. Door aanbidding van een zich bewegend, regelmatig patroon (bijvoorbeeld strepen) kan langs visuele weg nystagmus worden opgewekt, die eveneens een langzame en snelle phase heeft. Door ter Braak (1948) wordt deze optokinetische nystagmus onderverdeeld in een corticale en een sub-corticale vorm. Bij de eerste kan het object klein zijn maar is de aandacht nodig, bij de tweede kan de aandacht gemist worden, maar moet het object zodanig zijn, dat de indruk wordt gewekt dat de gehele omgeving draait. Bij proefdieren kan meestal alleen de subcorticale vorm van optokinetische nystagmus worden opgewekt; er mag geen fixatiepunt zijn. Het verschil tussen vestibulaire en optokinetische nystagmus wordt door Hood (1967) gevonden in de richting van de snelle phase van de nystagmus. Bij optokinetische nystagmus is de snelle phase voornamelijk van de mediaanstand van het oog af gericht en bij vestibulaire nystagmus voornamelijk náár de mediaanstand van het oog toe gericht. Hood beschouwt voor de optokinetische nystagmus de snelle phase als wezenlijk voor de besturing van het waarnemingsmechanisme; het oog anticipeert op de aangeboden beweging. Hiertegen pleit het onderzoek van ter Braak (1957) met de zgn. ambivalente optokinetische prikkeling, waarbij via twee tegen elkaar indraaiende spiralen een gelijktijdige optokinetische prikkel in twee richtingen wordt aangeboden. Het oog volgt afwisselend beide richtingen waarbij de omslag steeds in een langzame phase valt. Hood maakt geen onderscheid in de twee vormen van optokinetische nystagmus zoals ter Braak. Wel beschrijft hij, dat bij oogafwijkingen in de vorm van een centraal scotoom, waarbij geen foveaal zien en dus geen fixatie mogelijk is, de optokinetische nystagmus gelijk is aan de vestibulaire, dat wil zeggen met de snelle phase náár de mediaanstand.

Voegen wij beide publicaties tezamen, dan zou bij de subcorticale optokinetische nystagmus de snelle phase náár de mediaanstand van het oog gericht zijn, immers bij ontbreken van fixatie hebben we met subcorticale optokinetische nystagmus te maken volgens de opvatting

van ter Braak. Bij de corticale vorm van optokinetische nystagmus zou de snelle phase dus van de mediaanstand af gericht zijn.

Het corticale en subcorticale element speelt ook bij de vestibulaire nystagmus een belangrijke rol. Het beste nystagmuspatroon ziet men als de aandacht wordt afgeleid, met behoud van de waakzaamheid door bijvoorbeeld de proefpersoon te laten rekenen. De vestibulaire reacties, dus ook de nystagmus verlopen dan subcorticaal. Het moment, dat men zich bewust met de nystagmus en zijn sensaties bezighoudt, het geheel dus bewust laat worden, ziet men de nystagmus afnemen tot zelfs geheel verdwijnen. Wordt aan de andere kant de waakzaamheid minder, dreigt de proefpersoon in te slapen, dan ziet men eveneens de nystagmus verdwijnen. Wekt men de proefpersoon, dan ziet men tevens de nystagmus opleven. Dit verschijnsel wordt meestal met „arousal” aangeduid en moet waarschijnlijk gezien worden als een tijdelijke verhoging van de activiteit van de formatio reticularis.

Wanneer in dit proefschrift over nystagmus wordt gesproken, wordt steeds de vestibulaire bedoeld, tenzij uitdrukkelijk anders vermeld.





## ANATOMISCHE RELATIES

Het evenwichtsorgaan, gepaard aanwezig en bestaande uit een drietal halfcirkelvormige kanalen en twee otolithen, heeft een nauwe verwantschap met de cochlea. Deze phylogenetische verwantschap uit zich niet alleen in de samenhang van nervus vestibularis en nervus acusticus. In de hersenstam treedt echter divergentie op en deze neemt naar centraal steeds toe. Is namelijk de acoustische verwerking vooral gericht op bewustwording, zo is de vestibulaire verwerking in eerste instantie op reflexen gericht en onbewust. Vestibulaire prikkels die bewust worden, zijn meestal van onaangename aard en weinig specifiek.

Afgezien van de draaisensaties zijn de onaangename reacties van neurovegetatieve aard. Via de *formatio reticularis* komen de abnormale signalen van het evenwichtsorgaan terecht in het vegetatieve zenuwstelsel en uiten zich in de vorm van bleekheid, hoofdpijn en tachycardie met aanvankelijk lichte tensiestijging. Dit is de *sympaticone* fase, die bij continueren van de prikkel overgaat in de *parasympaticone* fase, gekenmerkt door algemeen gevoel van onbehagen, bradycardie, bloeddruk daling, koud zweet, hyperperistaltiek van de darm, speekselvloed en antiperistaltiek van de maag, dus braken. Bekijkt men deze symptomen, dan blijken ze weinig specifiek. Bij vele andere aandoeningen treden immers de genoemde verschijnselen op de voorgrond, zij het misschien niet alle tegelijk.

In de praktijk blijkt dan ook, dat het begrip duizeligheid een klachtenpatroon omvat, dat meestal niet van vestibulaire oorsprong is.

De nervus vestibularis gaat bij de mens van de *crista ampullaris* naar de vestibulaire kernen. De *crista ampullaris* is bij de *cavia* opgebouwd uit flesvormige en cilindrische cellen, de specifieke zintuigcellen, typen I en II (Wersäll 1956) en steuncellen, welke aan de periferie gelegen zijn. Er zijn volgens Cajal (1908) bij de duif, Lorente de Nó (1926) bij de muis, Poljak (1927) bij de mens, Engström en Rexed

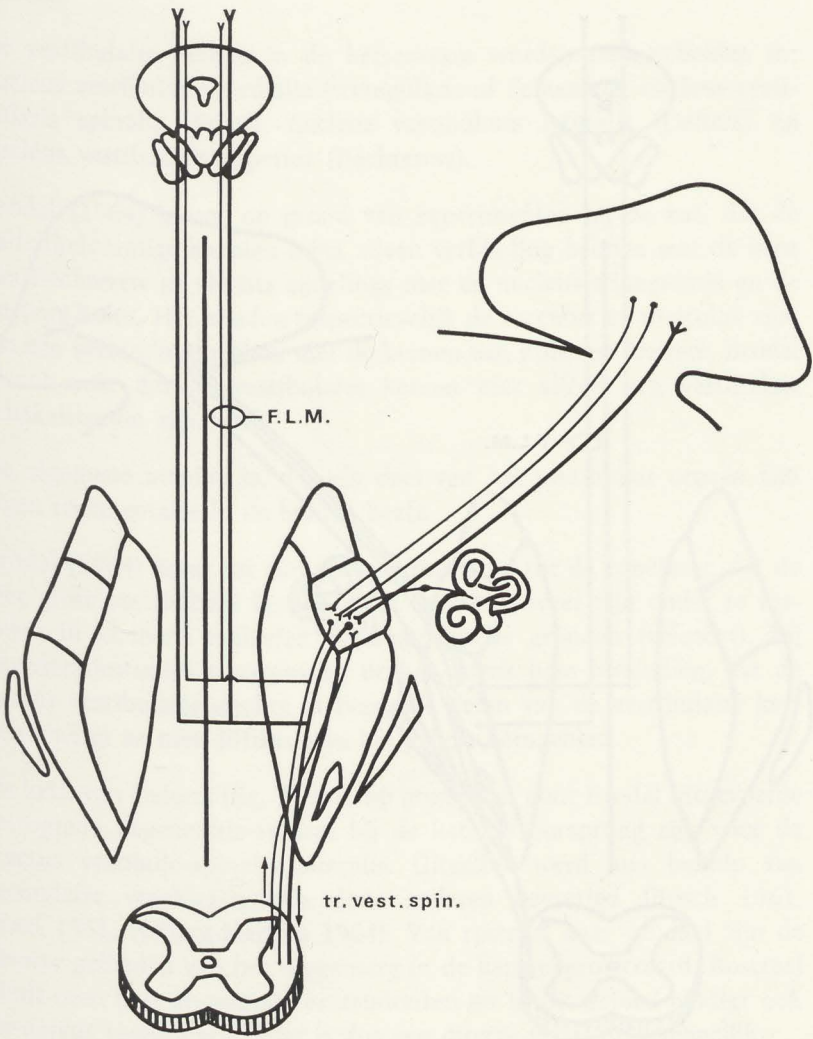


fig. 3. Schema van de verbindingen der nucleus vestibularis lateralis  
(naar Brodal - Pompeiano)

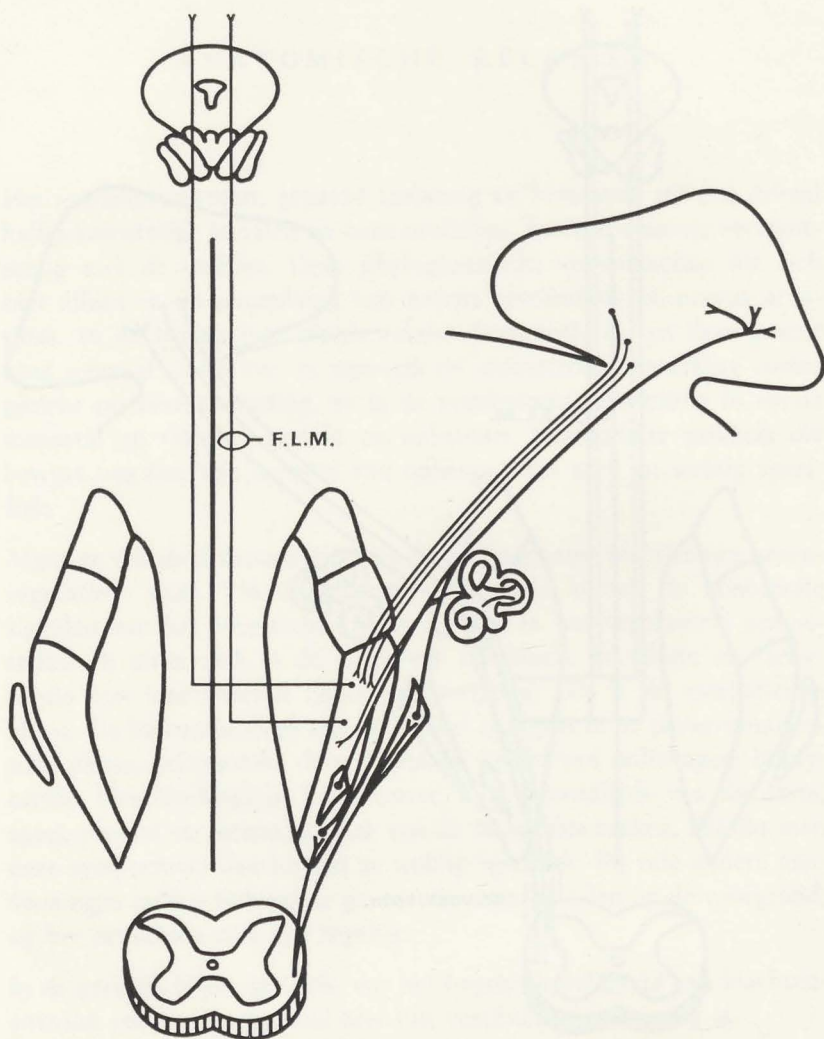


fig. 4. Schema van de verbindingen der nucleus vestibularis inferior  
(naar Brodal - Pompeiano)



(1940) bij de mens drie soorten vezels te onderscheiden; dikke (6-9  $\mu$ ) uit de top van de crista, middelmatige (3-5  $\mu$ ) van lateraal en fijne (2  $\mu$ ) uit het gehele gebied. De betekenis van deze verschillen is niet bekend.

De vestibulaire kernen in de hersenstam worden onderscheiden in; nucleus vestibularis medialis (triangularis of Schwalbe), nucleus vestibularis spinalis (Roler), nucleus vestibularis lateralis (Deiters) en nucleus vestibularis superior (Bechterew).

Brodal (1964) meent op grond van experimenten bij de kat, dat de halfcirkelvormige kanalen bijna alleen verbinding hebben met de kern van Bechterew en slechts zijdelings met de nucleus triangularis en de nucleus Roler. Het zouden respectievelijk de sacculus en utriculus zijn, die een verbinding hebben met de kernen van Roler en Deiters. Brodal meent ook, dat de vestibulaire kernen niet alléén een vestibulair schakelstation zijn.

De algemene mening is, dat elk deel van het vestibulair orgaan zijn eigen representatie in de kernen heeft.

Brodal (1964) komt bij zijn dierexperimenten tot de conclusie, dat de vier grote vestibulaire kernen ieder voor zich weer zijn onder te verdelen in kleinere eenheden op anatomische gronden (celsoort). Bij degeneratiestudies eveneens bij de kat, bleek hem bovendien, dat de nervus vestibularis slechts in bepaalde delen van de vestibulaire kernen eindigt en niet diffuus over het gehele kerngebied.

De kern van Deiters (fig. 3) zou, op grond van door Brodal uitgevoerde retrograde degeneratie-studies bij de kat, de oorsprong zijn voor de tractus vestibulo-spinalis lateralis. Ditzelfde werd met behulp van secundaire vezeldegeneratie door anderen bevestigd (Busch 1961, Staal 1961, Nyberg-Hansen 1964). Van rostraal naar caudaal zijn de diverse gebieden van het ruggemerg in de kern geprojecteerd. Rostraal vindt men hals en voorste extremiteiten en in dit gebied eindigt ook de nervus vestibularis. Hier is dus een directe verbinding mogelijk.

De cerebellaire banen naar de kern van Deiters lopen ipsi-lateraal naar het dorsale gedeelte en gekruist via de nucleus fastigeus naar het centrale deel van de kern van Deiters. Verdere verbindingen van de kern gaan naar de fasciculus longitudinalis medialis, de formatio reticularis en de contra-laterale kern van Deiters.



Uit dit alles volgt, dat de kern van Deiters niet homogeen is, maar samengesteld uit duidelijk functioneel verschillende eenheden.

De nucleus vestibularis superior (fig. 4) geeft volgens Brodal alleen opstijgende banen. Er blijken, bij experimenten bij de kat, geen afdalende banen te zijn, evenmin verbindingen naar het cerebellum. Wel ontvangt deze kern banen uit het cerebellum, vooral van nodulus en flocculus. Er is ook een belangrijke verbinding met de nucleus fastigeus.

De nucleus vestibularis medialis (fig. 5) is, ook weer volgens dezelfde experimenten van Brodal, de enige oorsprong voor de afdalende banen van de fasciculus longitudinalis medialis, als tractus vestibulo-spinalis medialis.

De nucleus vestibularis inferior (fig. 6) heeft vooral verbinding met het cerebellum, zowel cerebello-petaal als -fugaal.

Er blijken dus slechts weinig verbindingen van het kernsysteem van de nervus vestibularis met het cerebellum te bestaan, wel veel in omgekeerde richting. De regionen van het cerebellum, die invloed op de vestibulaire kernen uitoefenen, ontvangen hun impulsen uit het ruggemerg. Er is dus een wisselwerking tussen vestibulaire kernen, cerebellum en ruggemerg.

De misschien belangrijkste vestibulaire banen lopen in de fasciculus longitudinalis medialis, die de verbinding vormt met de oogspierkernen (fig. 7) en de ongekruiste tractus vestibulo-spinalis lateralis in het ruggemerg, waarover de halsspierreflexen tot stand komen. Bij de mens is deze laatste echter zeer gering van omvang (Sie 1956) en beneden de medulla oblongata nauwelijks nog te onderscheiden. De fasciculus longitudinalis medialis omvat ongekruiste vezels uit de nucleus vestibularis superior, die opstijgen, gekruiste vezels uit de nucleus vestibularis medialis, die zowel opstijgen als afdalen en gekruiste vezels uit de nucleus vestibularis spinalis, die afdalen.

Het is waarschijnlijk, dat de fasciculus longitudinalis medialis ook vezels van de nucleus olivaris superior bevat, dus van de gehoorbaan en wel voornamelijk naar de nucleus trochlearis en afdalende banen naar het ruggemerg. De afdalende banen van de fasciculus longitudinalis medialis zijn volgens Brodal (1964) in het ruggemerg beneden het cervicale gedeelte niet meer aan te tonen. Busch (1961) onderscheidde bij de kat drie afdalende vestibulo-spinale vezelsystemen, die

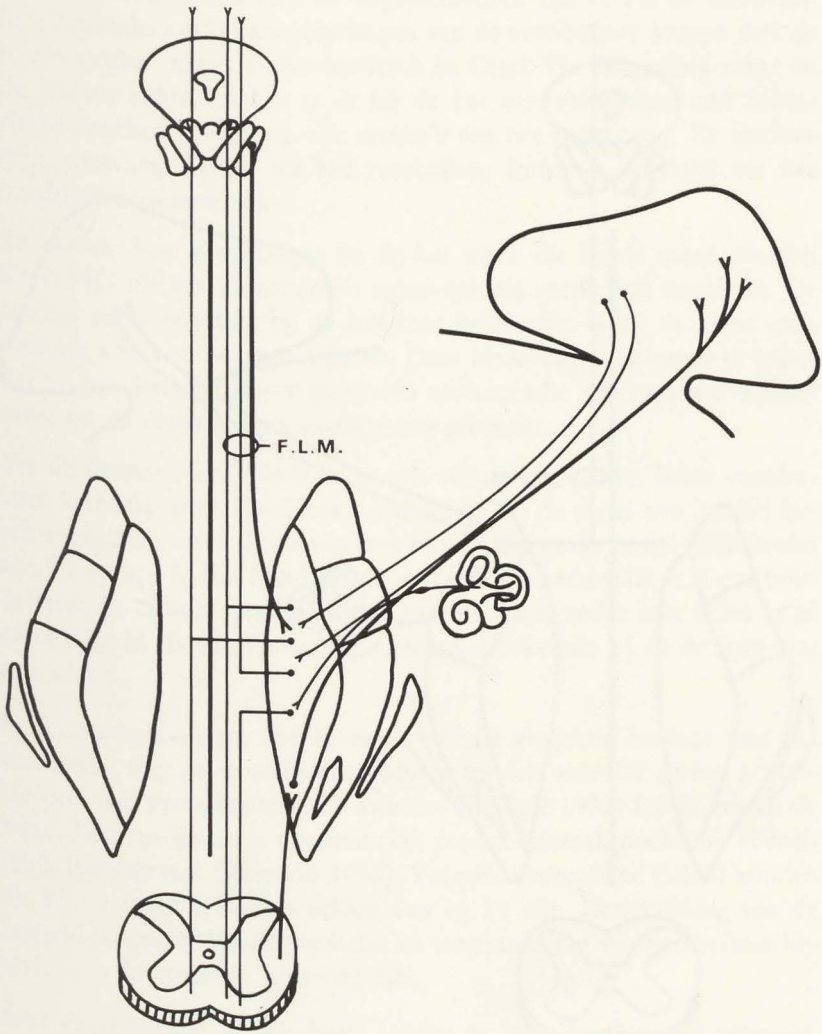


fig. 5. Schema van de verbindingen der nucleus vestibularis medialis  
(naar Brodal - Pompeiano)

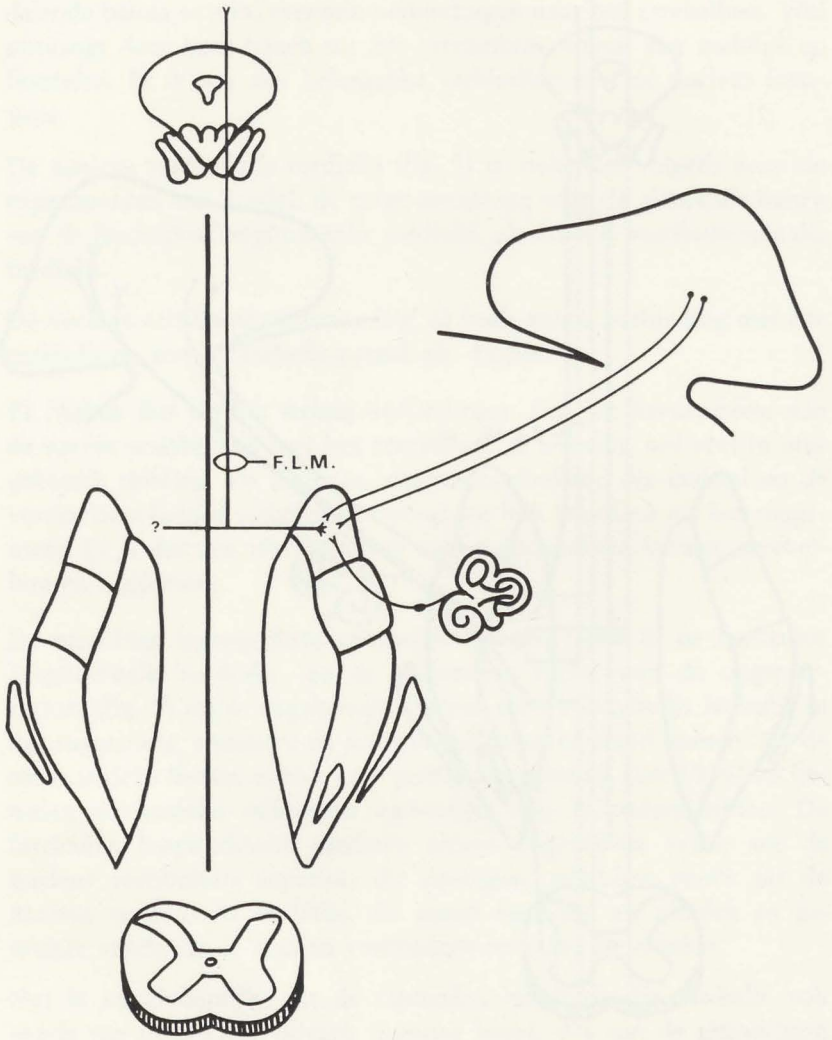


fig. 6. Schema van de verbindingen der nucleus vestibularis superior  
(naar Brodal - Pompeiano)



hij tot cervicaal niveau vervolgde. Staal (1961) kon met behulp van de Häggqvist- en Nauta-Gygax-techniek deze systemen eveneens bij de kat tot lumbo-sacrale niveau's vervolgen.

Behalve verbindingen met de oogspierkernen zijn er via de fasciculus longitudinalis medialis verbindingen van de vestibulaire kernen met de nucleus ruber, niger, Darkschewitsch en Cajal. Via de nucleus ruber en de tractus rubro-spinalis is er bij de kat een verbinding met motorische voorhoorn-cellen op alle niveau's van het ruggemerg. De nucleus ruber ontvangt vezels uit het cerebellum (nucleus dentatis) via het brachium conjunctivum.

Tegenover deze bevindingen bij de kat staan die bij de mens, waarbij Sie (1956) slechts 10 afdalende rubro-spinale vezels kon aantonen. De tractus rubro-spinalis, bij de kat zeer belangrijk, is bij de mens anatomisch welhaast te verwaarlozen. Deze bevinding toont eens te meer, dat bij het dierexperiment gevonden anatomische gegevens niet zonder meer op de mens mogen worden overgebracht.

Via de formatio reticularis is er een verbinding tussen beide vestibulaire kernsystemen. Cajal heeft bovendien bij de mens een bundel beschreven, die vanuit de nervus vestibularis direct de mediaanlijn kruist zonder synaps in het ipsi-laterale vestibulaire kernsysteem. Deze bundel eindigt diffuus aan de hetero-laterale kant, zodat niet zeker is of ze eindigt in de contra-laterale vestibulaire kernen of in de formatio reticularis.

Er zijn aanwijzingen, dat er een corticale projectie bestaat van het vestibulair orgaan en wel in de gyrus ectosylvii anterior en het achterste deel van gyrus supra sylvii anterior (Spiegel 1932) bij de kat en de hond. Deze projectie is voornamelijk contra-lateraal, doch ook gedeeltelijk ipsi-lateraal (Aronson 1933). Volgens Kornmüller (1937) zouden dit bij de aap Brodman's velden 6a $\alpha$  en 19 zijn. Doorsnijding van de fasciculus longitudinalis medialis en wegname van het cerebellum beïnvloedde de corticale projectie niet.

Wat de efferentie betreft heeft Leidler in 1914 het bestaan vermoed. Het zijn Petroff (1955, kat) en na hem Rasmussen en Gacek (1958, eveneens kat) en Engström en Wersäll (1958, met voornamelijk cavia) geweest, die deze beschreven hebben.

Eén van de meest typische reacties op vestibulaire prikkels is de nystagmus, waarvan de langzame fase het eigenlijke gevolg is van



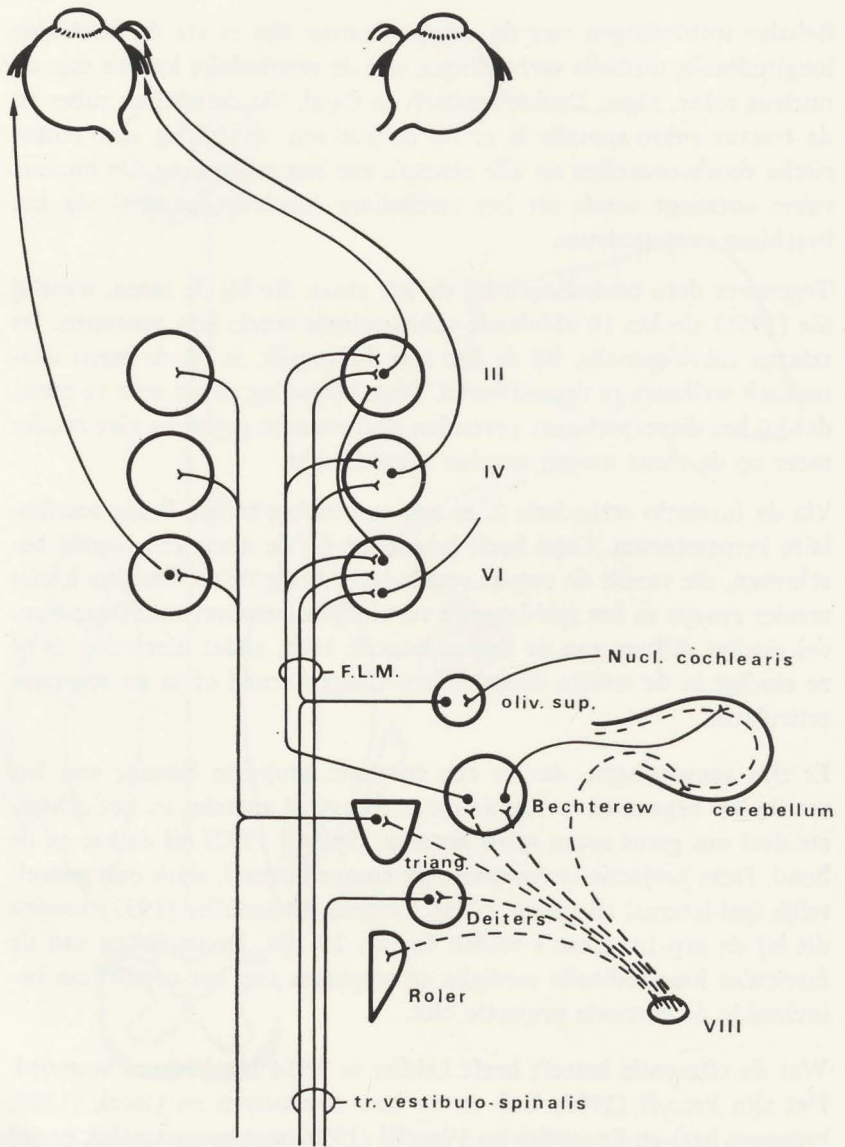


fig. 7. Innervatie van de oogspierkernen vanuit het vestibulaire systeem

deze prikkels, terwijl de snelle phase van centrale oorsprong is. Het centrum hiervoor ligt ergens tussen de nucleus van de nervus III en de nucleus van de nervus VIII, daar doorsnijding boven en onder dit niveau (bij konijn) de nystagmus niet beïnvloedt. Volgens Lorente de N6 ligt, op grond van proeven bij het konijn, het centrum in de formatio reticularis ter hoogte van de abducenskernen. Zelfs bij doorsnijding van de fasciculus longitudinalis medialis blijft de vestibulaire nystagmus opwekbaar, zodat er nog een collaterale verbinding tussen de nervus vestibularis en de oogspierkernen moet bestaan. Mogelijk vindt deze verbinding zijn weg via de formatio reticularis (Bender en Weinstein 1944, Macaques).

Uit onderzoekingen van Szenthàgothai (1950) bij de hond is gebleken, dat er een directe invloed is van de achterste ampulla op de ipsi-laterale musculus obliquus oculi superior en contra-laterale musculus rectus oculi inferior. De ampulla superior zou directe invloed uitoefenen op de ipsi-laterale musculus rectus oculi superior en contra-laterale musculus obliquus oculi inferior. De laterale ampulla zou rechtstreeks werken op ipsi-laterale musculus rectus oculi medialis en contra-laterale musculus rectus oculi lateralis. Zo dit in grote trekken als waar kan worden aangenomen, moet deze verbinding toch tegen de achtergrond van de overige vestibulaire verbindingen als zeker te schematisch worden opgevat.

B. E. Gernandt (1964) beschrijft, dat electriche prikkeling van de nervus vestibularis bij de kat actiespanningen doet ontstaan in de homo-laterale nervus vagus, die echter onderdrukt worden bij adem-activiteit. Mogelijk ligt hierin een verklaring voor de positieve effecten van diep zuchten op de vegetatieve verschijnselen van sterke vestibulaire prikkeling.

Summatie van prikkels is voor de vaguskern moeilijk, daar deze een grotere frequentie dan 10 pulsen per seconden niet kan volgen in tegenstelling tot de somato-motorische kern, bijvoorbeeld die van de phrenicus. Polsfrequentie en bloeddruk worden door vestibulaire prikkels verhoudingsgewijs slechts weinig beïnvloed, zelfs bij sterke reacties van de phrenicus zoals braken. Er kan op deze wijze geen hartstilstand optreden!

## OBSERVATIEMETHODEN EN MEETMETHODIEK

Evenals bij de „ontdekking” van de nystagmus is in het begin slechts het ongewapende oog de enige mogelijkheid voor observatie geweest (Flourens 1824). Ook thans nog wordt de snelle observatie met het ongewapende oog gedaan. Deze directe observatie kan worden verbeterd door gebruik te maken van een loupe, de bril van Bartels of van Frenzel en zelfs door gebruik te maken van een gesloten televisie-circuit. Het blijft echter een vluchtige indruk en er kan niets worden gemeten of vastgelegd, behalve de duur van het totale verschijnsel.

Bij de oudste pogingen tot registratie werd een voorwerp op de cornea geplaatst, waarvan de beweging mechanisch of via een lichtbundel kon worden geregistreerd. In 1878 beschreef Raëhlmann een dergelijke observatiemethode, terwijl Högyes in 1881 een bruikbare methode realiseerde door een naald op het oog van een proefdier te fixeren. Voor de overbrenging gebruikte hij een tambour van Marey, zodat het eigenlijk een pneumatische registratie is. In 1885 gebruikte Knoll een geheel mechanisch systeem met een dubbele hefboom, rechtstreeks gefixeerd aan de sclera. Bij de mens maakte men echter nog gebruik van een ivoren kapje op de cornea, alhoewel Ohm in 1943 gebruik maakte van een, met een klemmetje, op de sclera bevestigde draad.

Naast deze directe mechanische methoden ontwikkelde zich de pneumatische. Buys maakte in 1908 een bruikbaar geheel met behulp van een bril, die twee rubber balgjes op de gesloten ogen drukte en die verbonden waren met 2 tambours van Marey. Hiermee was het dus mogelijk nystagmus te registreren met gesloten ogen. Bezwaar van deze pneumatische methode is de druk op het oog.

Reeds in 1878 heeft men (Javal) gedacht aan de mogelijkheid door middel van een gereflecteerde lichtstraal de oogbeweging zichtbaar te maken o.a. door het opplakken van een spiegelkje. In 1901 maakte Dodge en Cline gebruik van een direct door de cornea gereflecteerde lichtstraal. Dankzij het feit, dat de cornea een deel van een bol is,



maar niet om zijn eigen centrum draait, verandert de invalshoek van de lichtstraal bij beweging van het oog.

In 1905 begon men de beweging van het oog direct fotografisch vast te leggen (Judd, Mac Allister, Steele), waarna de verkregen beelden één voor één werden nagemeten ten opzichte van een vast punt. De eerste onderzoekers maakten gebruik van een kunstmatig op de cornea aangebrachte stip.

De eerste elektrische registratie dateert van 1935, toen Dohlman gebruik maakte van een foto-electrische cel, waarvan de belichting werd onderbroken door een schermpje, welk laatste met behulp van hefboomen rechtstreeks met de oogbol was verbonden. Het gehele apparaat kon op het hoofd worden gedragen. Torok verbeterde deze methode in 1951 door gebruik te maken van de reflectie van een lichtvlek „à cheval” op de rand van iris en cornea.

De mogelijkheid de elektrische verschijnselen van het oog zelf te registreren, waardoor een veel grotere vrijheid van beweging van hoofd en ogen ontstond, heeft de stoot gegeven tot een verre verbreiding van de registratie van de nystagmus, zo zelfs, dat het als routine gebruikt kan worden. In eerste instantie registreerde men elektrische verschijnselen van de oogspieren, maar de eenvoudigste is toch wel de registratie, die gebruik maakt van de cornea-retina-potentiaal van het oog. Dit potentiaalverschil tussen cornea en retina was bekend sinds 1849, ontdekt door Dubois-Reymond door het plaatsen van een electrode op de cornea en één op de achterzijde van het oog. In 1865 ontdekte Holmgren, dat bij lichtinval op het oog het potentiaalverschil beduidend toenam.

Aanvankelijk (1922) leidde Schott het potentiaalverschil rechtstreeks van de oogbol af en pas in 1929 was het Meyers, die, gebruik makend van een electrocardiograaf, op het idee kwam de elektroden op de huid naast het oog te plakken.

Pas in 1935 gaven Mowrer, Rusch en Miller een juiste verklaring voor de elektrische verschijnselen: de potentiaalverandering, die geregistreerd wordt, is alleen de rustpotentiaal van het oog. Immers, ook bij passieve oogbewegingen worden dezelfde verschijnselen gezien en deze zijn dus niet het gevolg van oogspieractiviteit zoals tot dan toe werd gemeend. Bij vernietiging van de retina was de registratie onmogelijk, zodat moet worden aangenomen, dat de activiteit van de cellen in de



retina (zenuwelementen) voor het onderhouden van het potentiaalverschil verantwoordelijk is.

Bij deze cornea-retina-potentiaal, waarbij de cornea electrisch positief is ten opzichte van de electrisch negatieve retina is het oog te beschouwen als een dipool. Draait het oog uit de middenstand, dan zal in de ooghoek, waarheen de draaiing heeft plaats gehad de positieve spanning stijgen ten opzichte van de andere ooghoek alsook ten opzichte van een indifferente electrode. Aangezien beide ogen gecoördineerde bewegingen uitvoeren, kan men door in beide laterale ooghoeken een electrode te plaatsen de horizontale oogbeweging in de vorm van spanningsveranderingen waarnemen. Hetzelfde is mogelijk in verticale richting. Alleen de zuiver rotatoire nystagmus, dus om de optische as, is niet op deze wijze waar te nemen.

De registratie van de cornea-retina-potentiaal is op twee manieren mogelijk, te weten via gelijkstroomversterking en met behulp van wisselstroomversterking. Bij de eerste registratiemethode verkrijgt men in de curve een directe afspiegeling van de beweging van het oog, doch ook invloed van velerlei stoelementen zoals bijvoorbeeld de veranderende huidweerstand. In het tweede geval wordt elk ingevoerd signaal beïnvloed door de automatische correctie van de naald naar de nulstand, waarvan de snelheid afhankelijk is van een in te stellen tijdconstante. Laag frequente signalen zijn dan niet te registreren en zo vervalt bijvoorbeeld de invloed van de veranderende huidweerstand. Tevens wordt echter de langzame phase van de nystagmus vervormd en wel meer naar mate de tijdconstante korter is. Bij een niet te korte tijdconstante (in de orde van seconden) komt ook de langzame phase vrijwel onvervormd op papier.

Het torsieschommelonderzoek mag zich de laatste jaren in een stijgende belangstelling verheugen. Vooral sinds gebruik gemaakt kan worden van de electronystagmografie is hiervoor een uitgebreide belangstelling en wordt deze wijze van onderzoek langzaam tot de standaardonderzoekingen van de keel- neus- en oorarts gerekend. Het te gebruiken toestel is vrij eenvoudig, het onderzoek kortdurend en voor de patiënt niet te zeer belastend en de informatieopbrengst is relatief uitgebreid.

Voor het routine-onderzoek maakt men gebruik van de gedempte torsieschommel, de aan een staaldraad bevestigde stoel, die men laat oscilleren na een aanvangsuitwijking te hebben gegeven, die meestal  $180^\circ$  is. De periode blijft gedurende de beweging constant, terwijl de

amplitude afneemt en daarmee dus ook de hoeksnelheid. Het is wel nodig de diverse grootheden zo te kiezen, dat een redelijk aantal schommelbewegingen wordt bereikt. Zo gebruikt van de Calseyde (1968) een periode van 20 seconden en een zodanige demping dat, beginnend bij  $180^\circ$  deviatie uit de middenstand ongeveer na 15 oscillaties de ruststand wordt bereikt. Nog een groot voordeel van deze torsieschommel is de acoustische indifferentie van het mechanische systeem, zodat de geluidsisolatie geen probleem is.

Het is op deze wijze mogelijk geïnformeerd te worden omtrent nystagmusrichtingsvoorkeur en over het bestaan van vestibulair recruitment, terwijl tevens een indeling naar type-nystagmus mogelijk is, die zou kunnen wijzen op centrale of perifere stoornissen.

De nystagmusvoorkeur uit zich in een duidelijk verschil in nystagmusgedrag tussen de halve perioden zowel wat frequentie als amplitude betreft. Soms zelfs wordt in één richting helemaal geen nystagmus gezien, terwijl er normale nystagmus is in de andere bewegingsrichting.

Bij vestibulair recruitment, dat wordt gezien als uiting van perifere aandoeningen, dempt de nystagmus in de ene schommelrichting sneller uit dan in de andere, terwijl de reacties in de aanvang gelijk zijn. De drempels zijn dus verschillend.

De kwaliteit van het nystagmogram kan als perifeer-schrift worden bestempeld bij regelmatige, laagfrequente nystagmus met grote amplitude. Het centraal-schrift staat bekend als „petit écriture” (Greiner 1963) en is gekenmerkt door hoge frequentie en kleine amplitude. Ook het sterk onregelmatige beeld zou op een centrale oorzaak voor afwijkingen kunnen wijzen. Tussen deze beide uitersten van het nystagmogram ligt het normale. De overgangen zijn niet duidelijk vast te leggen.

Bij de hier toegepaste vorm van vestibulair onderzoek (torsieschommel) wordt het systeem als geheel beoordeeld en met name ook de samenwerking van beide perifere organen. Ook hier kan het calorisch onderzoek niet gemist worden, waarbij beide systemen afzonderlijk worden getest. Het torsieschommelonderzoek is een aanvulling van het basisonderzoek, dat bestaat uit loop- en wijsproeven, onderzoek op spontane- en positienystagmus en calorisch onderzoek.





## EIGEN ONDERZOEK

**Methodiek**

Het onderhavige onderzoek naar het patrooncentrum werd verricht bij 35 jonge volwassenen met voor wat betreft het labyrint een blanco anamnese. Gebruik werd gemaakt van een torsieschommel, aangedreven door een motor, teneinde een constante amplitude langdurig te kunnen onderhouden.

De torsieschommel zelf bestond uit een zwaar open stalen raamwerk, boven en onder gelagerd, waarop een plateau. Hierop was een normaal type stoel bevestigd, voorzien van een hoofdsteun. De kracht van de aandrijvende motor werd via een dubbele v-snaar op schijven in eerste aanleg gereduceerd. Door verleggen van de v-snaar op andere schijvencombinaties was het mogelijk, een keuze te maken uit de schommel-oscillatieperioden 3, 4, 8 en 16 seconden. Hierna was een wormkast toegevoegd, waarmee een kruk werd aangedreven. Aan deze kruk was, verstelbaar, een staaldraad bevestigd, die om een schijf op de onderste lager geslagen en aan het andere uiteinde aan een veer bevestigd was. Op deze wijze werd de schommel tegen de kracht van de veer in getrokken, zodat doorzwaaien werd voorkomen, terwijl tevens door de voortdurende spanning geen stoten in de omkeerpunten werden waargenomen. De registratie van de schommelbeweging had plaats via een op de bovenste lager aangebrachte, variabele condensator, waarvan de capaciteitswisselingen op een apart kanaal van de schrijver werden weergegeven.

De stoel was zodanig op het plateau geplaatst, dat het hoofd van de proefpersoon zich in de as van de schommel bevond, gefixeerd door de reeds genoemde hoofdsteun en onder een hoek van  $30^\circ$  naar voren. Een bijtblok werd niet gebruikt, daar de spierspanningen, die als gevolg hiervan optreden, storingen in het oculogram geven.

De registratie van de oogbewegingen vond plaats door gebruik te maken van de cornea-retina-potentiaal, welke werd afgeleid met behulp



van zilverelectroden, geplaatst bij de laterale ooghoeken. De elektroden waren cirkelvormig met een diameter van 1 cm. Teneinde spanningsverschillen met de huid, waardoor artefacten in het oculogram ontstaan, te voorkomen, werden de elektroden gechloroerd, zodat er een bedekkende laag van zilver-chloride was. Na reiniging van de huid met ether werd „Cambridge jelly” opgebracht. Hierop werden de elektroden geplaatst en gefixeerd met cellotape, dat electrisch inactief is. De elektroden waren via een 50 cm lang snoer verbonden met een contactdoos in het dak van de torsieschommel. Van hier werd het signaal via een coaxiale kabel ingevoerd in een electro-encephalograaf, merk: Offner en D.C. geregistreerd. IJking vond plaats door middel van een over  $10^\circ$  horizontaal verspringend lichtpunt, waarbij de versterking zodanig werd gekozen, dat verplaatsing van het oog over een hoek van  $10^\circ$  overeenkwam met 10 mm deflectie van de naald op het papier. De papiersnelheid bij het registreren was 1 cm per seconde. De indifferente elektrode werd boven de neuswortel geplaatst.

De registratie vond plaats in het donker met gesloten ogen, in een rustige omgeving. Er werden geen extra maatregelen voor geluidsisolatie getroffen en ook het geluid van de aandrijvende motor was niet afgeschermd, omdat het constant monotone geluid niet als „arousal” werkt. Tijdens de stimulatietijd werd de proefpersoon niet aangesproken. Ook tijdens de registratie van de postoscillatoire verschijnselen was dit het geval, alhoewel soms van het „arousel”-effect gebruik werd gemaakt.

Alvorens de torsieschommel te starten, werd, na de ijking, 5 minuten in donker tijdens stilstand en met gesloten ogen het oculogram geregistreerd, teneinde eventuele spontane oogbewegingen op het spoor te komen. In dat geval werd de proefpersoon van verder onderzoek uitgesloten.

Na deze rustphase werd de torsieschommel gestart vanuit zijn uiterste stand rechts, waarbij een keuze werd gemaakt uit de perioden 3, 4, 8 en 16 seconden.

De stimulatietijd was 15 minuten gedurende welke de oogbewegingen werden geregistreerd. Nadat de schommel in een uiterste stand gestopt was, werd de registratie nog 15 minuten voortgezet.

Daar er tenminste twee mechanismen zijn, die bij de oogreactie een rol spelen, te weten: de zuivere compensatoire oogbeweging en de nystag-

mus, is het zinvol de stimulatie zodanig te kiezen, dat beide zo mogelijk afzonderlijk kunnen worden bestudeerd. De drempel voor het optreden van nystagmus ligt voor het merendeel der proefpersonen bij een hoeksnelheid van  $12^\circ$  per seconde. Bij een stimulatieperiode van 3 en 4 seconden ligt de maximale hoeksnelheid boven en bij een stimulatieperiode van 8 en 16 seconden onder deze nystagmus-drempel, de hier gebruikte amplitude van  $15^\circ$  in aanmerking genomen.

### Waarnemingen

Tijdens het stimuleren met een periode van 8 seconden en een amplitude van  $15^\circ$  is de maximale snelheid van de schommel steeds kleiner dan  $12^\circ/\text{sec}$ , welke snelheid voor bijna alle proefpersonen de drempel voor het optreden van nystagmus is. Er werd een pendulaire compensatoire oogbeweging waargenomen, soms constant van amplitude, soms wisselend tot volledig verdwijnen met plotseling optredende vrij langdurige „inphase”-bewegingen, dat wil zeggen dat de ogen met de schommel meebewegen en dus ten opzichte van de compensatoire beweging  $180^\circ$  zijn verschoven (fig. 8).

Bij een stimulatieperiode van 4 seconden en een amplitude van  $15^\circ$  wordt de pendulaire oogbeweging bijna altijd gemodificeerd door het optreden van nystagmus, omdat de maximale snelheid ( $22^\circ/\text{sec}$ ) boven de nystagmus-drempel van  $12^\circ/\text{sec}$  ligt. De dan gevonden curven kunnen tot de in fig. 8 weergegeven specimina worden herleid, modificaties genoemd.

Hierbij moet worden aangetekend, dat deze modificaties niet direct bij de aanvang van de stimulatie optreden, maar pas na enige schommelingen manifest worden. In eerste aanleg zijn de snelle nystagmuslagen ook alleen naar de mediaanstand van het oog gericht en pas later worden, onder invloed van het in werking komen van een centraal mechanisme snelle nystagmuslagen over de mediaanstand en naar de ooghoeken gezien.

In fig. 8 stelt 1 de zuiver compensatoire oogbeweging ten opzichte van de schommeldeviatie voor, zoals ook bij de stimulatieperiode van 8 sec werd waargenomen.

De modificaties 2, 6 en 11 zijn gekenmerkt door het optreden van snelle nystagmuslagen gedurende de gehele periode.

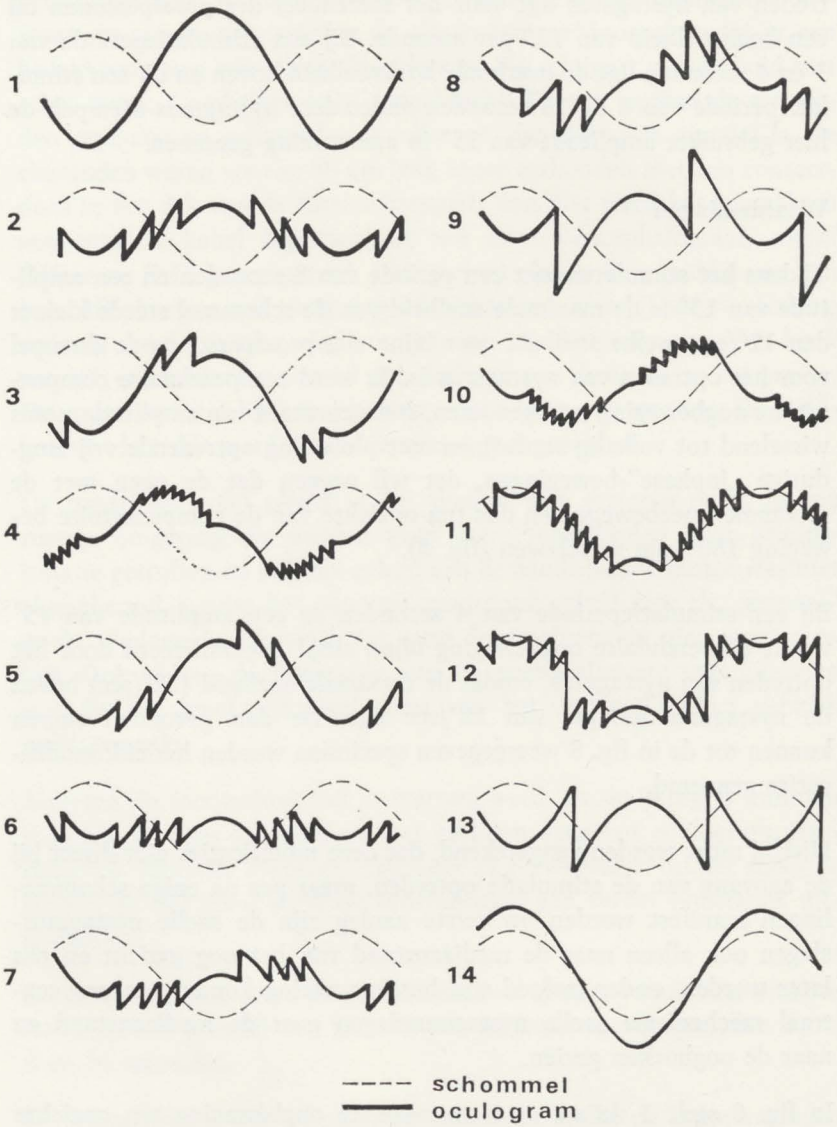


fig. 8. Modificaties van het nystagmogram



Bij modificaties 3 en 4 treedt nystagmus op vlak voor het omkeerpunt van de oogbeweging en bij de modificaties 5 en 10 juist daarna; hierbij zijn 4 en 10 versies met een grotere nystagmusfrequentie dan respectievelijk 3 en 5.

Bij modificaties 8 en 9 hebben we onregelmatige versies van 5 en 10, waarbij niet alleen het optreden van nystagmusslagen zelf, maar ook de grootte ervan afhankelijk schijnt te zijn van de grootte van de stimulussnelheid.

De modificaties 3 en 4 vertonen nystagmusslagen gericht naar de mediaanstand, bij modificaties 5, 7, 8, 9 en 10 zijn deze echter naar de ooghoek gericht. De modificaties 6 en 7 tonen nystagmus alleen in een marge rond de mediaanstand van het oog.

De modificatie 2 vertoont als „overall”-tendens een compensatoire oogbeweging. Bij modificatie 3 en 4 is deze tendens in tegenfase met de stimulussnelheid en bij modificatie 5 en 10 in fase met de stimulussnelheid. Bij de modificaties 11, 12, 13 en 14 is de „overall”-tendens in fase met de schommeldeviatie.

Alle peroscillatoire oculogrammen zijn tot deze 14 modificaties te herleiden; iedere modificatie kan gedurende één of meer stimulusperiodes voorkomen.

Bezien wij nu de postoscillatoire curven, dan vinden wij bij ongeveer 60% van de proefpersonen periodieke oogbewegingen, die in de praestimulatoire periode niet aanwezig waren. Deze oogbewegingen hebben aanvankelijk dezelfde periode als de gebruikte stimulatie en zijn of sinusoidaal of lijken op de boven beschreven perstimulatoir optredende modificaties.

Na de stimulatie met een periode van 8 sec blijken deze postoscillatoire oogbewegingen in ieder geval voor te komen als er tijdens de stimulatie inphasebewegingen van het oog worden gezien.

Na de stimulatie met een periode van 3 en 4 sec zijn deze postoscillatoire oogbewegingen in ieder geval waar te nemen als er in het perstimulatoire oculogram modificaties 11, 12, 13 of 14 voorkomen en zeker geen modificaties 3 en 4.



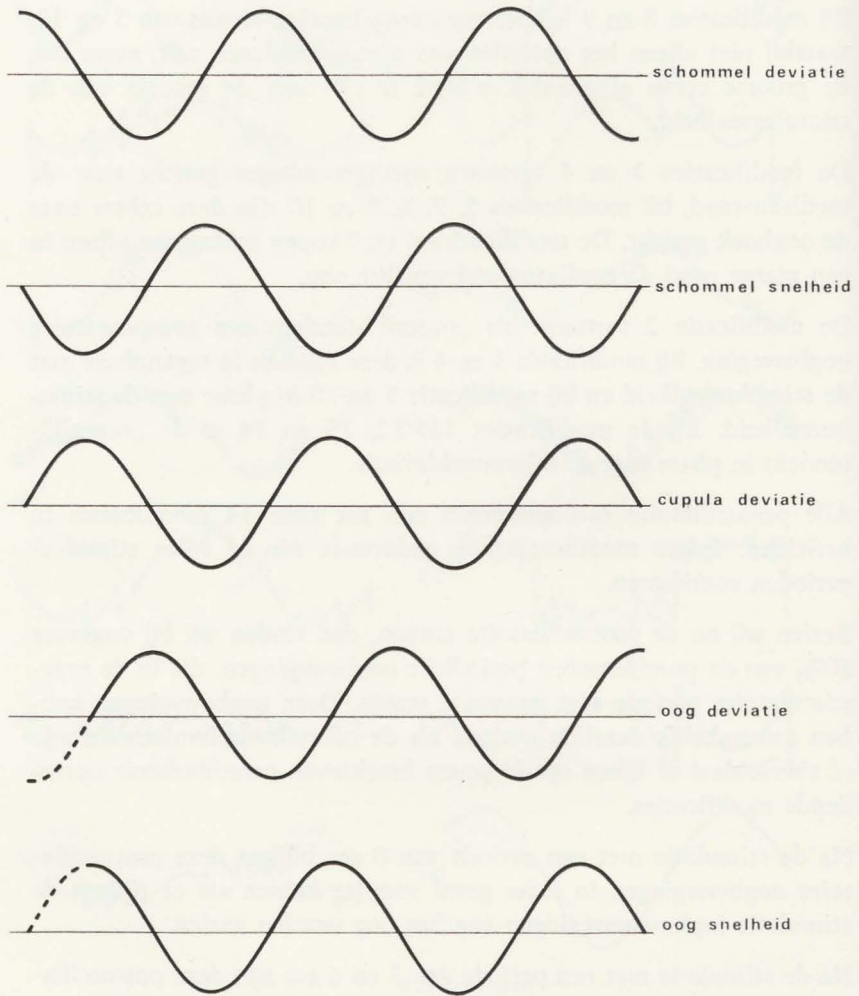


fig. 9. Momentane phaserelatie

Door kritische beschouwing van ca. 750 meter registratiemateriaal (oculogrammen van 35 proefpersonen) kon de navolgende analyse worden opgebouwd. In deze analyse blijken alle voorkomende modificaties in een vijftal groepen, elk met specifieke eigenschappen, te kunnen worden samengevat.

Specimina van experimentele gegevens staan weergegeven op de platen 4 tot en met 11 (pag. 53-60).

In zoverre het mogelijk was om de conclusies van de analyse met een enkel oculogram te staven, werden voorbeelden van registratiegedeelten op voornoemde platen opgenomen.

Daar in nagenoeg ieder oculogram verschillende groepen modificaties voorkomen, is vanuit de tekst bij de bespreking van de groepen niet naar de platen verwezen. Iedere torsieschommelmeting zal echter voldoen aan de resultaten van deze analyse.

Extra aandacht dient nog gevestigd te worden op de registraties van plaat 5, onderste curve, en de onderste twee van plaat 6, waar de manifestatie van patrooncentrumactiviteit visueel direct waarneembaar is; na het stilzetten van de schommel zetten de ogen de oscillerende beweging nog voort.







## INTERPRETATIE

Wanneer wij de deviatie van de schommel als functie van de tijd in een grafiek uitzetten, zal een sinusoïdale curve ontstaan, waarbij de doorgangspunten door de nullijn overeenkomen met de middenstand van de schommel (fig. 9). Dit zijn echter tevens de punten, waar de snelheid van de schommel het grootst is. Immers in de uiterste stand is de snelheid nul, groeit aan tot een maximum bij het passeren van de middenstand en neemt weer af tot nul bij het bereiken van de andere uiterste stand, het omkeerpunt. Zetten wij het snelheidsprofiel van de beweging eveneens tegen de tijd uit, in dezelfde figuur, dan ontstaat ook een sinusoïde, die echter  $90^\circ$  in phase voorloopt op de eerste curve (fig. 9).

Een theoretische beschouwing op basis van de mechanica van de booggang (Groen 1952), leert dat de cupuladeviatie als functie van de tijd  $90^\circ$  bij de schommeldeviatie achterloopt, indien de stimulusfrequentie overeenkomt met de resonantieperiode van het cupula-endolymphesysteem. Is de stimulusfrequentie groter, dan loopt de cupula meer dan  $90^\circ$  achter, is daarentegen de stimulusfrequentie kleiner dan de resonantiefrequentie, dan is het achterlopen minder dan  $90^\circ$ . Daar de perioden van 3 tot 16 sec gezien in het kader van de booggangmechanica, zeer dicht bij de resonantieperiode van 6 sec liggen, mag voor al deze stimulusperioden  $90^\circ$  phaseverschil tussen schommel- en cupuladeviatie verwacht worden (fig. 9).

Bij stimulusperioden van 8 sec en groter, is de oogbeweging compensatoir ten aanzien van de schommeldeviatie en in grafiek gebracht dus, met de laatst genoemde in tegenphase. De snelheid van de oogbeweging is weer  $90^\circ$  ten opzichte van de deviatie verschoven (fig. 9).

Vergelijken wij nu de snelheidscurve van het oog met de deviatiecurve van de cupula (fig. 9 C en E), dan blijkt de cupuladeviatie een maat te zijn voor de snelheid van de oogbeweging.

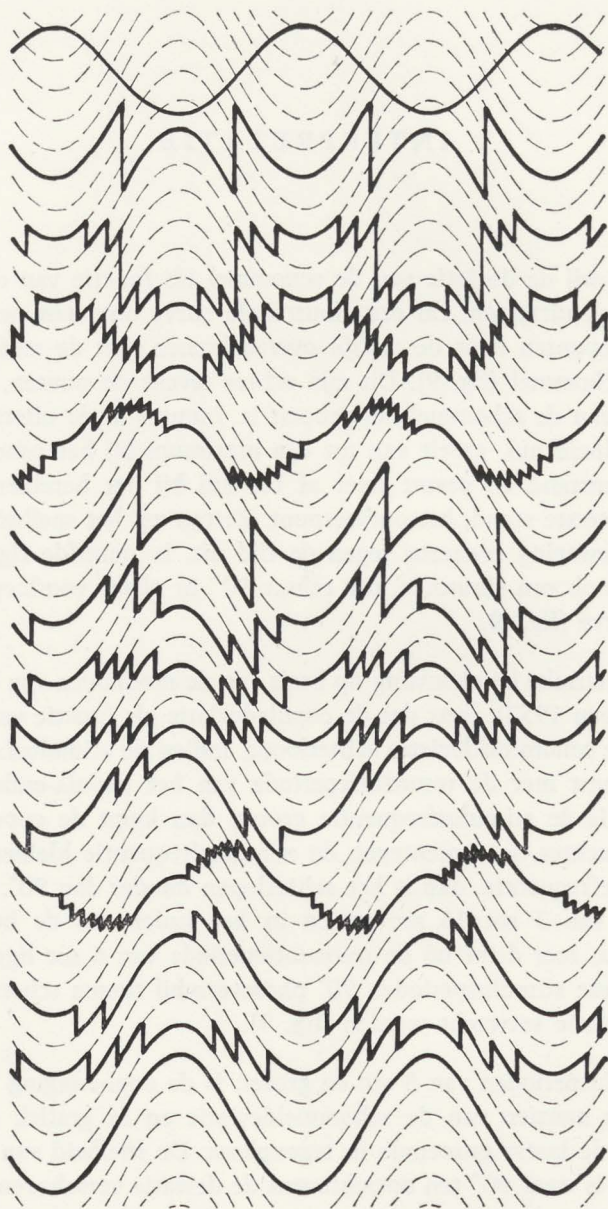


fig. 10. Constructie der modificaties van fig. 8

Bij de aanvang van de stimulatie is de mechanica van de booggang minder simpel, aangezien het systeem dan in de zogenaamde „transient”-phase is tengevolge van het aanslingeren. De hierboven beschreven curven gelden alleen in de „steady-state”-phase van het labrynth, bij vervolgen van de stimulatie.

Bij stimulatieperioden kleiner dan 8 sec wordt de compensatoire oogbeweging gemodificeerd door nystagmus. De compensatoire oogbeweging is dan als zodanig moeilijker te herkennen, door de invloed van centrale mechanismen hierop, maar de zojuist beschreven relatie tussen cupula en oogbeweging blijft bestaan. Het optreden van nystagmus is zodanig, dat de langzame phase tegengesteld gericht is ten aanzien van de schommelbeweging. Bij overschrijden van de snelheidsdrempel wordt het nystagmuscentrum geprikkeld en ontstaat een snelle slag, tegengesteld aan de langzame phase. Laat men uit dit nystagmogram de snelle componenten weg, dan ontstaat uit de langzame componenten een met de schommelbeweging in tegenphase verlopende oogbeweging, zijnde de zuiver compensatoire oogbeweging. De snelle nystagmuscomponent doet het oog steeds (een gedeelte van) een compensatoire beweging beschrijven rond een andere (wisselende) deviatiestand van het oog als midden. In het electronystagmogram uiten deze verschillende compensatoire oogbewegingen zich als sinusoidale curven met gelijke frequentie en amplitude, doch met een verschillend gelijkstroomniveau. Hoe meer naar rechts de deviatiestand van het oog, waaromheen zich de compensatoire oogbeweging afspeelt, hoe hoger in het electronystagmogram het gelijkstroomniveau ligt waarop de sinusoidale oogbeweging gesuperponeerd is en omgekeerd.

De modificaties van figuur 8 zou men zich dus kunnen voorstellen tegen een achtergrond van sinusoidale curves, ieder een compensatoire oogbeweging representerend rond een bepaalde oogdeviatiestand (fig. 10). De grootte van de afstand tussen de niveau's wordt bepaald door de grootte van de snelle phase van de nystagmus. De grootte van de snelle phase zal waarschijnlijk afhangen van de ooghoeksnelheid in de langzame phase, de verplaatsing van het oog uit de mediaanstand en de toestand van alertering van het nystagmuscentrum. Laat men de proefpersoon „insuffen”, dan vermindert in eerste instantie de nystagmusactiviteit om bij „arousal” weer terug te keren.

Gedurende de stimulatieperiode ziet men de ene modificatie in de andere overgaan o.a. onder invloed van de toestand van alertering.



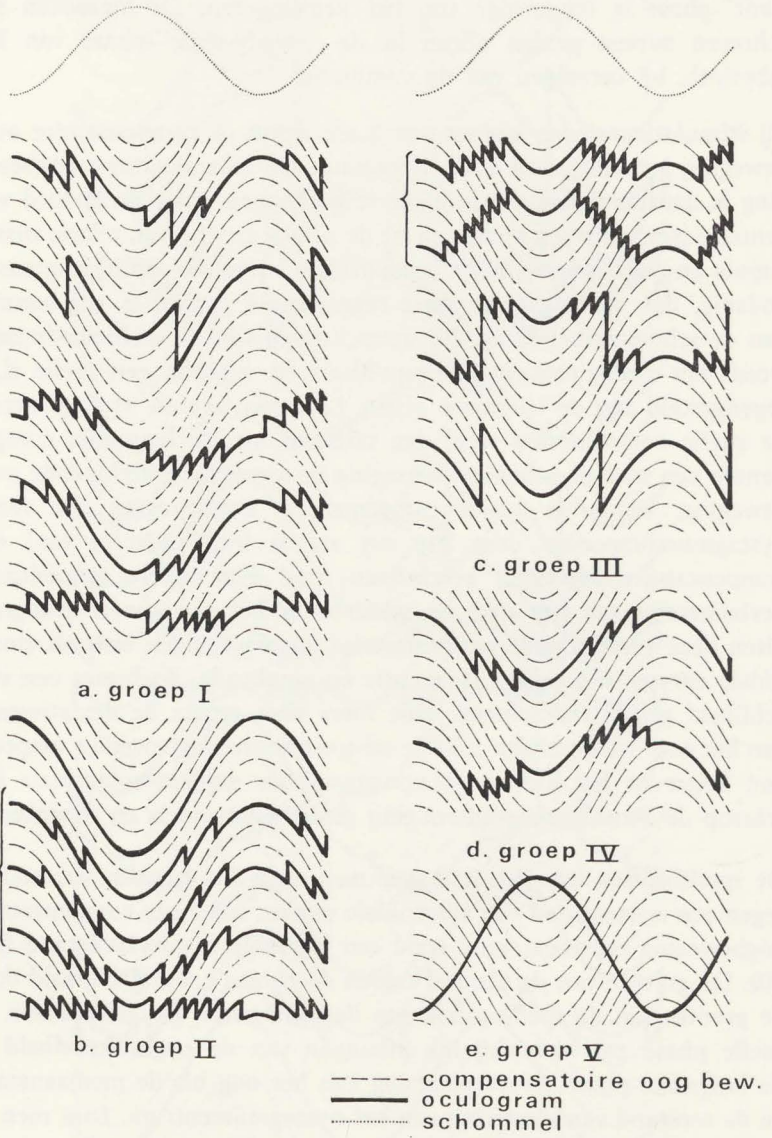


fig. 11. Groepering der modificaties

Uitgaande van de wijze van voorkomen van nystagmus en op grond van de „overall”-tendens van het oculogram kan men de modificaties in 4 groepen rangschikken, met de volgende karakteristieke kenmerken (fig. 11).

Groep I omvat de modificaties, die men het meeste tegenkomt, vooral modificatie 1. Het kenmerk van groep I is, dat nystagmus naar de ooghoeken gericht is. De oogbeweging schijnt in phase met het verloop van de stimulussnelheid.

Groep II komt ook frequent voor. Hierbij treedt de nystagmus symmetrisch rond de middenpositie van het oog op en derhalve is de nystagmus gedeeltelijk naar de ooghoek, gedeeltelijk naar de mediaanstand gericht. De totale oogbeweging is in tegenphase met de schommelbeweging.

In groep III is de som van de snelle fasen van de nystagmus zo groot, dat de gemiddelde oogbeweging in phase met de schommel lijkt te zijn. De modificaties van deze groep komen in het nystagmogram slechts kort voor.

Bij groep IV zijn de nystagmusslagen naar de middenstand van het oog gericht. De nystagmus treedt op bij afnemende schommelsnelheid. Als deze modificaties voorkomen, zijn ze frequent.

Hieraan kunnen we groep V toevoegen, welke alleen modificatie 14 bevat. Deze is niet op de eerder beschreven wijze te construeren.

Tussen postoscillatoire periodieke oogbewegingen (aanvankelijk in periodiciteit met de stimulusperiode overeenkomend) en de bovenstaande peroscillatoire groepen van oculogrammen bestaan de volgende relaties:

- a. Indien peroscillatoire modificaties van groep I voorkomen, kunnen er postoscillatoire periodieke oogbewegingen optreden.
- b. Indien peroscillatoire modificaties van groep III of V voorkomen, zijn er postoscillatoire periodieke oogbewegingen.
- c. Indien er peroscillatoire modificaties van groep IV voorkomen, zijn er postoscillatoire geen periodieke oogbewegingen.

Tevens geldt, dat groep III alleen gezien wordt als ook modificaties van groep I optreden.

De modificaties van groep II schijnen geen verband te hebben met het optreden van postoscillatoire periodieke oogbewegingen; zij kwamen bij alle proefpersonen voor.

Groep V treedt zowel op bij stimulatieperioden van 3, 4, 8 en 16 sec, groep III alleen bij perioden van 3 en 4 sec.

Het feit, dat postoscillatoir periodieke oogbewegingen werden waargenomen, die in de prae-stimulatoire periode niet werden gezien en die aanvankelijk overeenkwamen met de periode der aandrijving, wijst er op, dat tijdens de stimulatieperiode een patroon is opgebouwd dat, bij wegvallen van de prikkel blijft doorwerken. Dit zou aan patrooncentrumactiviteit toegeschreven kunnen worden.

Bezien wij nu de resultaten opnieuw, dan zouden de modificaties van groep III en V peroscillatoire manifestaties van patrooncentrumactiviteit kunnen zijn. Men zou dus kunnen stellen, dat deze modificaties een specifieke aanwijzing vormen.

### **Spontane oscillaties (Trincker)**

Wordt de postoscillatoire registratie langer vervolgd, dan doet zich het merkwaardige feit voor, dat de periode van de oogbeweging steeds dichter de 4 sec nadert, zowel bij een voorafgaande stimulusperiode van 3 als van 8 of 16 sec. De verklaring voor dit phenomeen moet waarschijnlijk gezocht worden in een neiging van het patrooncentrum te tenderen naar de natuurlijke periode van het onder bepaalde omstandigheden juist niet kritisch gedempte vestibulo-oculaire cybernetische systeem.

Uit de proeven door Alexander (1945) en Wendt (1964) uitgevoerd met de op en neer gaande lift, is gebleken, dat juist bij de frequentie van 16 bewegingen per minuut de sterkste vegetatieve reacties optraden en dat bij kleinere, zowel als grotere frequentie de reacties minder sterk waren. Omgerekend is dit een periode van ongeveer 4 sec. Ook uit onderzoekingen van Trincker (1961) bleek zowel bij optokinetische als vestibulaire sinusoidale prikkeling de grootste amplitude voor de nystagmus bij een periode van 4 sec voor te komen. De resonantieperiode van het cupula-endolymphesysteem zoals door Groen berekend, ligt in de buurt van 6 sec, zodat daar de oorzaak voor de door Alexander en Trincker gevonden verschijnselen niet gezocht moet worden. Trincker meent, dat de periode van 4 sec overeen zou komen



met de eigenfrequentie van het gehele vestibulo-oculairesysteem, dat, bij onvoldoende demping, zelfstandig zou gaan oscilleren.

Worden bij onze proefpersonen na enige dagen de spontane verschijnselen geregistreerd, dan vindt men soms periodieke oogbewegingen overeenkomend met die in de postoscillatoire registratie. Ook hierbij is de periode 4 sec, hetgeen dus steun zou geven aan de theorie van Trincker.

### **Optokinetische proeven**

Ook werd getracht door middel van een optokinetische prikkel het patrooncentrum te activeren. Uit onderzoekingen van ter Braak (1935) is bekend, dat, bij plotseling stoppen van de optokinetische prikkel in één richting de nystagmus soms tot 20 slagen blijft doorgaan, waarna het oog zich langzaam naar de middenstand begeeft. Wij nu wilden nagaan of bij een in een horizontaal vlak oscillerende omgeving, visueel een patroon werd opgebouwd. Hiervoor werden dezelfde voorbereidingen getroffen als eerder beschreven, behalve dat na de 5 minuten blanco registratie de ogen werden geopend en op ongeveer 2 meter voor de proefpersoon een patroon van schaduwstrepen werd getoond op een gebogen scherm. Deze schaduwstrepen werden met een amplitude van  $15^\circ$  en met perioden van 8 en 4 sec geoscilleerd gedurende 15 minuten. De schommel zelf stond hierbij stil, het hoofd van de proefpersoon steunde tegen de hoofdsteun en hem werd gevraagd het hoofd stil te houden en het geboden beeld zo passief mogelijk te volgen. Na de stimulatieperiode werden de ogen gesloten en de registratie nog 15 minuten gecontinueerd. Hierbij werd nooit post-stimulatoir periodiciteit van de oogbeweging gevonden, zodat mag worden geconcludeerd, dat op deze wijze het patrooncentrum zich niet laat aanspreken.

### **Simultane optokinetische en vestibulaire stimulering.**

Bij een derde vorm van onderzoek werd getracht door, tijdens de oscillatie van de schommel een optokinetische prikkel als boven beschreven aan te bieden, het effect in de postoscillatoire periode te vergroten. Hiertoe werd de reeds eerder genoemde optokinetische prikkel ingesteld in tegenfase met de schommel, beide met een amplitude van  $15^\circ$ , zodat de maximale verplaatsing van het oog  $60^\circ$  bedroeg, een bewegingshoek, die gemakkelijk bereikbaar is zonder dat

het oog in zijn uiterste stand komt. Ware dit laatste wel het geval, dan zou het oculogram gestoord kunnen worden door de excessieve spanning van de oogspieren. In het postoscillatoire oculogram kon geen bevorderend effect op het ontstaan van het patroon worden waargenomen.

Bekend is, dat de blikregeling uit de visuele cortex bij de mens sterk overheerst ten opzichte van de compensatoire oogbeweging zoals bijvoorbeeld vanuit de vestibulaire kernen geregeld. Het is mogelijk, dat hierdoor de opbouw van het vestibulaire patroon wordt onderdrukt.



## CONCLUSIES

De hier gebruikte vestibulaire stimulus is zeer mild in vergelijking met de in het dagelijks leven voorkomende prikkels: de hoeksnelheid van  $30^\circ$  per seconde wordt nergens overschreden. Uit wat wij van het dierexperiment weten, mogen wij aannemen, dat de prikkel geen distorsie veroorzaakt, daar het cupula-cristasysteem dan werkt in het lineaire gebied (Hartog 1963, Goetmakers 1968). Worden er dus in het oculogram andere dan compensatoire oogbewegingen al of niet met nystagmus gevonden, dan moeten deze van centrale oorsprong zijn en volgens ons overwegend een gevolg van patrooncentrumactiviteit. Dit in tegenstelling tot de invloed van de adaptatie, die vermindering van de reactie van het perifere orgaan zelf tot gevolg heeft.

**Adaptatie en habituatie**

Onder normale omstandigheden staat het perifere evenwichtsorgaan onder invloed van een voortdurende stroom efferente actiepotentialen, waardoor het sensorisch epitheel geïnhibeerd is (Goetmakers 1968). Het perifere orgaan is daardoor in een constante, zij het afhankelijk van de omstandigheden wisselende, toestand van adaptatie. De proefpersoon is reeds in een toestand van verminderde gevoeligheid vóór het onderzoek begint. Iedere onnatuurlijke vestibulaire prikkel, speciaal wat betreft duur of ongewoon karakter, doet de efferentie toenemen en daarmee de inhibitie, tot een nieuw en bruikbaar stadium van adaptatie is bereikt. Bij het torsieschommelonderzoek zal adaptatie alleen gedurende de eerste perioden van de oscillatie optreden. Door de complexe responsie, die het electro-nystagmogram vertoont, is deze invloed echter niet te onderkennen. Alle verdere variaties in de responsie zijn een gevolg van habituatie, want ze zijn door „arousal” op te heffen. Een specifieke vorm van habituatie is patrooncentrumactiviteit.



## Patrooncentrum

Perstimulator ontstaat er langzamerhand een copie van de sinusoidale beweging in het hypothetische patrooncentrum. Stopt de stimulatie, dan kan het patroon tot gelding komen en stuurt de ogen in de sinusvormige beweging van voorheen. Dit werd inderdaad bij 10% van de proefpersonen gevonden.

Tijdens de stimulatie wordt de invloed van de groeiende copie steeds groter, wat soms al na 10 oscillaties kan worden waargenomen in het oculogram. Zo is waarschijnlijk de overgang van modificaties van groep I naar groep III een gevolg van doorbreken van het patroon. Dit is na iets meer dan 1 minuut bij de periode van 8 sec en bij minder dan 1 minuut bij een periode van 4 sec. Dit houdt in, dat 15 minuten stimulatie zeker voldoende is voor het ontstaan van een patroon.

Bezien wij eerst het per- en postoscillatoire oculogram bij kleine stimuli. Bij een schommelperiode van 8 sec en maximale amplitude van  $15^\circ$ , is de grootste hoeksnelheid ongeveer  $12^\circ/\text{sec}$ , wat voor de meeste proefpersonen onder de nystagmusdrempel is: zij zullen daarom een pendulaire oogbeweging demonstreren, waarvan de amplitude geleidelijk afneemt. Een „wekeffect” brengt de originele amplitude terug, die echter vrij snel weer inzakt tot het voorafgaande niveau. Tijdens deze toestand van verminderde reactie kan plotseling een phaseverschuiving van  $180^\circ$  optreden; het oog loopt dan ineens in phase met de schommel. Een „wekeffect” doet ook hier de oude toestand van  $180^\circ$  phaseverschil terugkeren. Deze proefpersonen hebben een postoscillatoire oculogram met alleen pendulaire oogbewegingen en geen nystagmus. Naar onze opvatting zijn deze na-reacties een uiting van patrooncentrumactiviteit. Immers tijdens de registratie voorafgaande aan de stimulatieperiode werden geen periodieke oogbewegingen waargenomen; de oorzaak van deze spontane oogbewegingen moet dus tijdens de prikkelperiode ontstaan zijn.

Beschouwen we nu de grotere stimulus, te weten 3 en 4 sec-periode-duur bij een amplitude van  $15^\circ$ . De hoeksnelheid ligt dan boven de nystagmusdrempel. Postoscillatoire vindt men onder die omstandigheden 2 soorten nabeelden.

- a. Sinusoidale oogbewegingen.
- b. Oogbewegingen, die modificaties zijn van groep III.

In beide gevallen vindt men peroscillatoire groep III-varianties.

Uit deze resultaten mag ons inziens geconcludeerd worden, dat patrooncentrumactiviteit zich peroscillatoir als een sinusoidale oogbeweging kan manifesteren. Bij grotere stimuli kan er tevens interferentie optreden met de stimulus en het resultaat weer door nystagmus gemodificeerd worden (groep I). Ook kan de activiteit zich rechtstreeks manifesteren, gemodificeerd door nystagmus (groep III).

Wij kunnen thans opnieuw een model voor de prikkelverwerking opbouwen. De perifere informatie, in dit geval overgebracht door de beweging van de cupula, geeft aanleiding tot een compensatoire oogbeweging (spierbeweging), die via terugkoppeling wordt gecorrigeerd. Dit cybernetische principe is reeds door von Holst en Mittelstädt (1950) beschreven, zij het met een andere nomenclatuur. Hieraan kan nu de werking van het patrooncentrum worden toegevoegd. Het patrooncentrum dat, als habituatiemechanisme, langzaam wordt „opgeladen”, kan na enige tijd, bij verminderde alertering, het patroon in de reactie tot uiting doen komen. Indien door habituatie de perifere prikkel geheel onderdrukt wordt, kan het patrooncentrum zelf als prikkelmechanisme gaan optreden (fig. 12).

Een belangrijk verschil tussen het terugkoppelingsmechanisme in het principe van von Holst en Mittelstädt en het patrooncentrum is, dat eerstgenoemde momentaan werkt, terwijl laatstgenoemde pas na enige tijd in actie komt als er voldoende informatie verzameld is. Het patrooncentrum heeft ook weer tijd nodig om te „ontladen”, zodat het nog enige tijd als prikkelmechanisme kan fungeren, wat in reactie tot uiting kan komen op momenten van verminderde alertering.

Een invloed van het patrooncentrum op het nystagmuscentrum is niet onmogelijk.

Op deze wijze heeft het patrooncentrum ons inziens bestaansrecht binnen de cybernetica van het evenwichtssysteem.

Wanneer wij tot slot trachten het begrip patrooncentrum te definiëren, dan moet daaronder worden verstaan, het mechanisme dat, na opslag van voldoende informatie het organisme in staat stelt op relatief ingewikkelde bewegingspatronen te anticiperen in motorisch zowel als vegetatief opzicht.

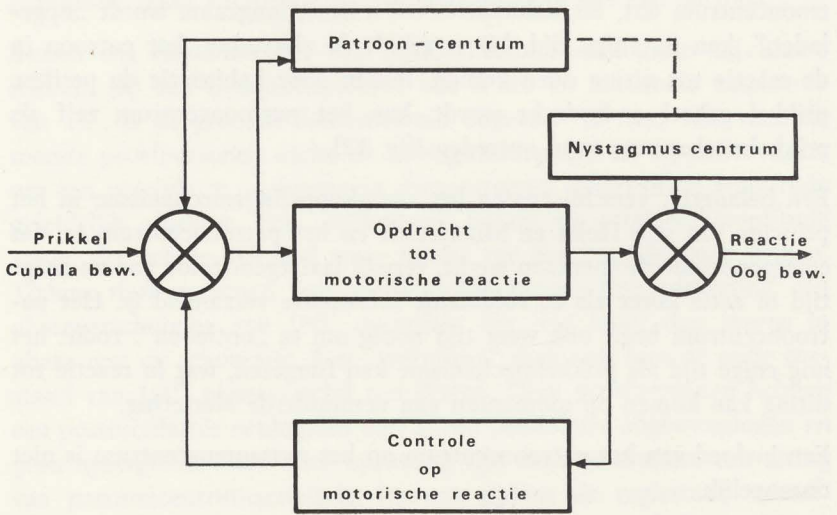


fig. 12. Cybernetisch model



## SLOTBESCHOUWING

Waar de eerste aanzet voor dit onderzoek werd gevonden bij zeeziekte of moderner: bij de bewegingsziekte, zijn de gevonden resultaten niet zo spectaculair als de bij deze „aandoening” optredende vegetatieve verschijnselen. De patrooncentruminvloed is uit de curven immers slechts door minutieus onderzoek te distilleren en zeker niet in één oogopslag waar te nemen. De oorzaak voor dit opvallend verschil moet waarschijnlijk gezocht worden in het feit, dat de bewegingsziekte voornamelijk een gevolg is van prikkeling van het otolithensysteem, waarbij de invloed van de halfcirkelvormige kanalen slechts een kleine bijdrage levert. Bovendien zijn de optredende versnellingen vele malen groter dan de bij dit onderzoek gebruikte. Er is bij dit onderzoek bewust gekozen voor het horizontale halfcirkelvormige kanaal, niet alleen omdat hiervan de meeste gegevens vrij goed bekend zijn en de reacties in het algemeen vrijwel voorspelbaar, dit alles in tegenstelling tot het otolithensysteem, maar ook omdat de stimulus technisch vrij gemakkelijk was aan te brengen en bovendien goed te doseren. Tot een voordeel van deze methode van onderzoek kan ook gerekend worden het niet of nauwelijks optreden van vegetatieve reacties. Bestudeert men immers de proeven van Alexander (1945) dan blijkt, dat juist de vegetatieve, meestal zeer onaangename reacties, het „point de repère” vormden. Bovendien zijn deze reacties niet in maat aan te geven, noch vast te leggen, zoals de nystagmus, die optreedt bij prikkeling van de horizontale booggang. Dit neemt niet weg, dat het zeer wel mogelijk is, dat juist het onderzoek van de otolithen belangrijke gegevens over het patrooncentrum kan opleveren. Het hier gedebiteerde moet daarom slechts als een eerste aanzet op dit gebied worden gezien.

## SAMENVATTING

Wanneer men vestibulaire reacties bestudeert en vooral die reacties die bij de zeevaart optreden en het langst bekend zijn, dan is een van de fenomenen, dat opvalt, dat bij het grootste deel van de mensen gewenning optreedt, zodat bij het uitvoeren van willekeurige bewegingen een automatische correctie optreedt ten opzichte van de continu veranderende omstandigheden. Bovendien blijken er naverschijnselen te zijn na wegvallen van de scheepsbeweging. Men kan zich voorstellen, dat de continu veranderende beweging in een patroon wordt vastgelegd, welk patroon door predictie voor de automatische correctie van de willekeurige beweging zorgdraagt; het patroon kan ook nog enige tijd blijven doorwerken na beëindigen van zijn oorzakelijke stimulus.

Een complexe beweging als de scheepsbeweging is niet eenvoudig in het laboratorium na te bootsen. Evenmin zijn de reacties als gevolg van prikkeling van het hele evenwichtsorgaan in hun complexiteit registreerbaar en te analyseren. Om die reden werd getracht door alleen de horizontale booggangen door middel van de torsieschommel te stimuleren en de dan optredende oogbewegingen te registreren, het hypothetische patrooncentrum aan te tonen.

Het bleek, dat na een 15 minuten durende stimulatie met schommelperioden van 3, 4 en 8 sec en een schommeldeviatie van  $15^\circ$  inderdaad bij 60% van de proefpersonen naverschijnselen konden worden geregistreerd, die overeenkwamen met oogbewegingen tijdens de stimulatie. Tevens konden wij de perstimulatoire oculogrammen, waarop nystagmus voorkomt en waarbij de oogbeweging bij oppervlakkige beschouwing in phase verschoven lijkt ten aanzien van de schommelbeweging op eenvoudige wijze herleiden tot de compensatoire oogbeweging en ook reeds hier de mogelijke invloed van het patrooncentrum aangeven. Het patrooncentrum bleek alle eigenschappen van een habituatiemechanisme te bezitten en een mogelijke plaats ervan binnen de cybernetica van het evenwichtssysteem kon worden aangegeven.

## S U M M A R Y

One of the remarkable phenomena in navigation is, that man has the ability to accustom to the ship's movement. Besides there are after-sensations after disembarkation, that resemble the ship's movement. So one can imagine a pattern built up somewhere in the central nervous system, which may neutralize the influence of the ship's movement on the body, enabling him to move freely on the ship's decks. This pattern can also cause the aftersensations. It was Groen who gave this mechanism the name „pattern-centre”.

In this thesis we tried to gather some objective data concerning this, hitherto hypothetical pattern-centre. Although it may be supposed that most of the reactions on the ship's movement are caused by the otoliths, we chose the horizontal canal as subject, because most of its data are known and its reactions best predictable. For criterion we chose the compensatory eye movement, again because the relations between horizontal canal and eye movement are best known.

Studying the response during 15 min. stimulation on a motor driven torsion swing with an amplitude of 15 degrees, we found, using a stimulation period of 3, 4 or 8 sec an oculogram with real compensatory eye movements, but sometimes eye movements in phase with the deviation of the swing. Using stimulation periods of 3 and 4 sec we found oculograms modified by nystagmus.

On close observation these oculograms seemed to us to be built up from compensatory eye movements around a changing midposition of the eye (see fig. 10, page 36). The quick phase of the nystagmus displaces the eye to different compensatory movements around the changing midposition. The size of the quick phase depends upon the displacement of the eye from the median position, the speed of the slow phase and the state of alertness of the nystagmus centre.

From these data we were able to construct 14 modifications of the oculogram during stimulation (see fig. 8, page 32). All sorts of per-stimulatory oculograms obtained could be reduced to these 14 modifications.

After a stimulation period of 15 min. we continued the recording of the eye movements another 15 min. with eyes closed (the torsion swing



stopped in an outer position). In 70% of the cases we found some periodic eye movements in the poststimulatory period, that were not seen in the prestimulatory recording. These periodic eye movements had the same characteristics as those during stimulation. After some time the period of the eye movement tended to change to 4 sec, even after stimulation periods of 3 and 8 sec. We thought to have a link here with the theory of Trincker.

On comparing the per- and poststimulatory oculograms there seemed to be a connection between the appearance of specific types of modifications during stimulation and the poststimulatory periodic eye movements. So we could classify the modifications into 4 groups adding a 5th group being the inphase eye movement (see fig. 11, page 38). Group II and V appeared to be directly linked with the appearance of poststimulatory periodic eye movements. The appearance of poststimulatory eye movements initially having the same period as the stimulus and not seen in the prestimulatory recording, gives evidence of the existence of a pattern centre.

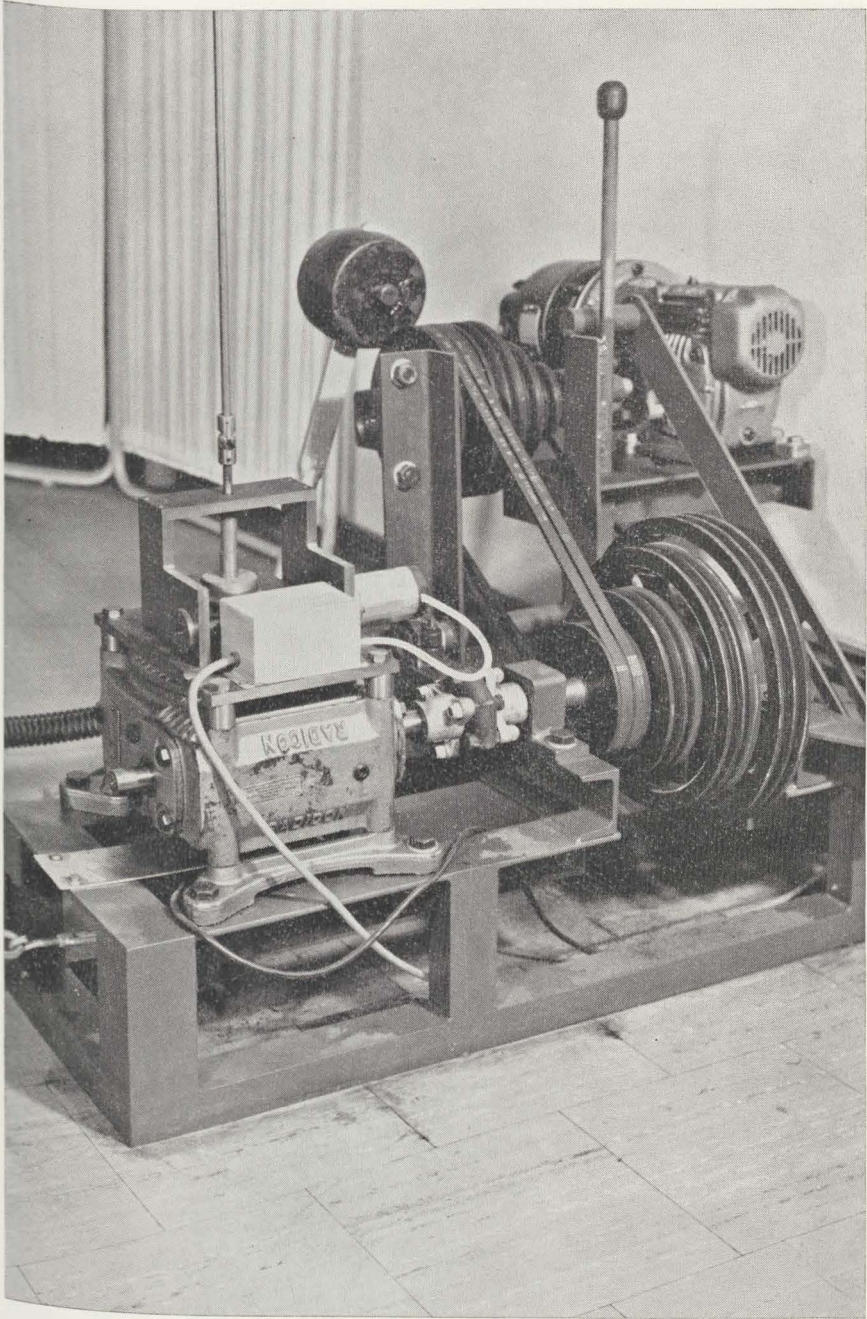
The conclusion is that the peripheral information, transferred by the cupula, causes a compensatory eye movement (muscle action), corrected via feedback.

This cybernetic principle has already been described by von Holst and Mittelstädt (1950) only in a different terminology. To this principle, the working of the pattern centre can be added (see fig. 2 page 9). The pattern centre, being a habituation mechanism, is slowly charged, and can after some time manifest its pattern in the reaction, if the state of alertness diminishes. In case the habituation suppresses the peripheral stimulus entirely, the pattern centre itself can provide the stimulus (see fig. 12, page 46).

An important difference between the feedback mechanism in the principle of von Holst and Mittelstädt and the pattern centre is, that the former acts instantaneous, whereas the latter has a delayed action, after sufficient information has been gathered. The pattern centre also requires time to be discharged, so it can still act as a stimulus during this period, which can be seen in the reaction on moments of diminished alertness.

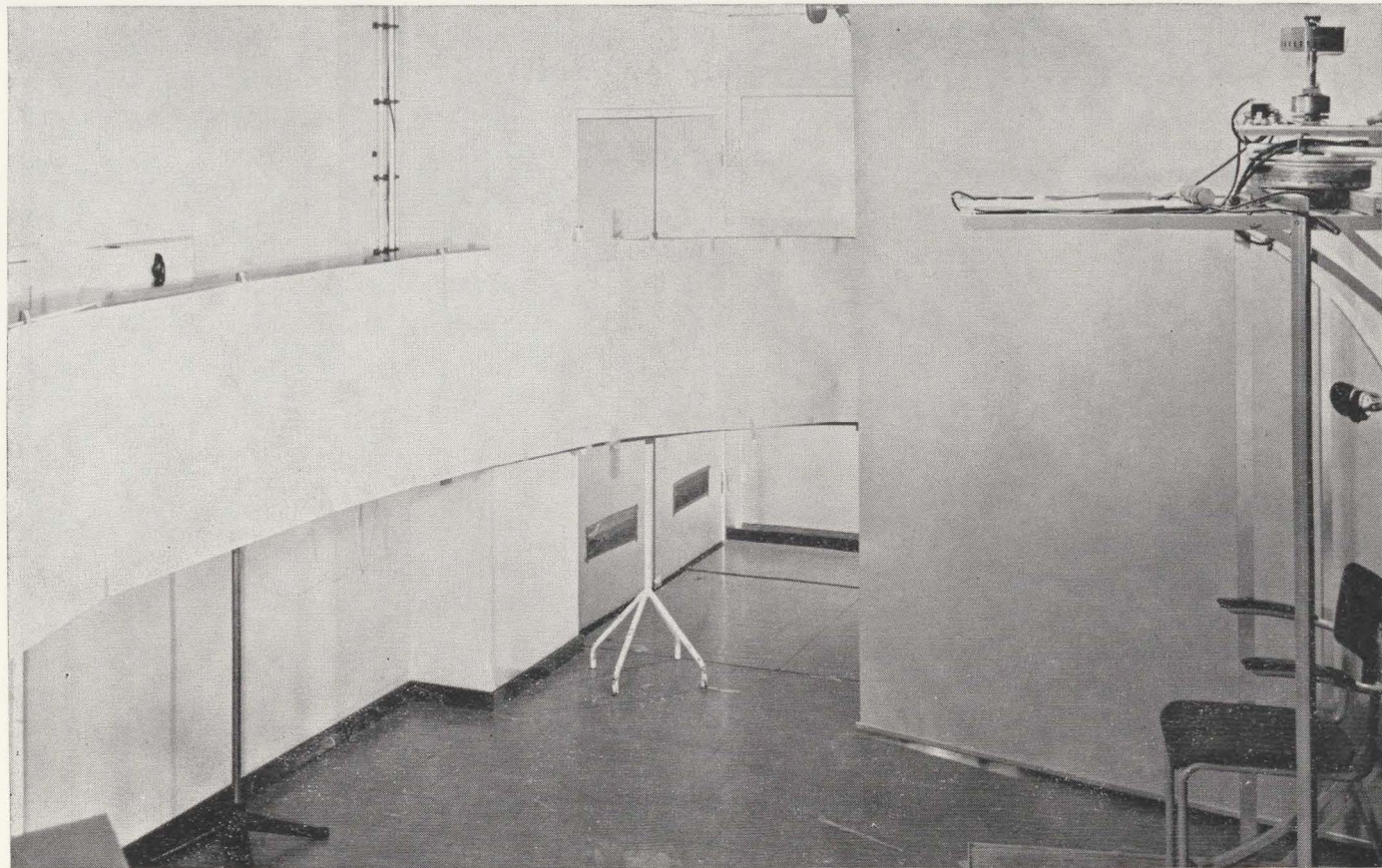
Some influence of the pattern centre on the nystagmus centre is possible.

In this configuration the pattern centre has a place in the cybernetics of the equilibrium system.



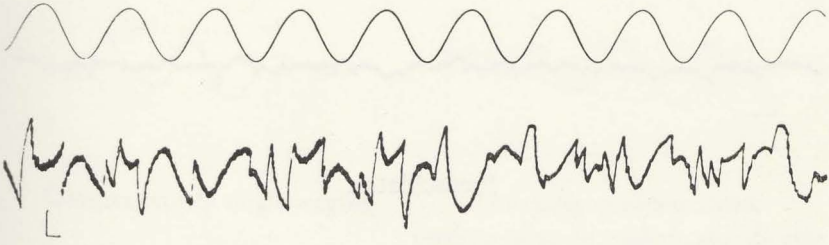
plaat 2. Aandrijfmechanisme van de torsieschommel



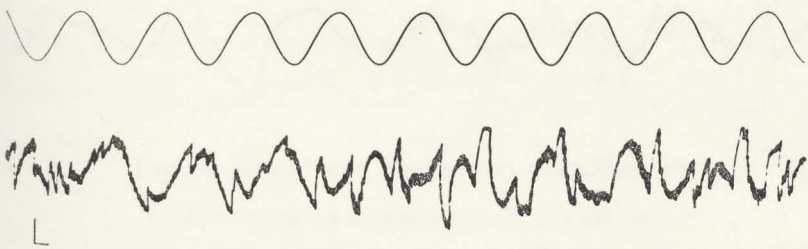


plaat 3. Inrichting voor optokinetische nystagmus





Peroscillatoire groep I modificaties



Peroscillatoire groep I modificaties met in de aanvang groep IV

plaat 4. Oculogrammen bij een periode van 3 sec

In deze en de volgende specimen is de schommel amplitude steeds  $15^\circ$  en stelt de verticale in het toegevoegde diagram  $10^\circ$  oogdeviatie en de horizontale 1 sec registratieduur voor.



Preoscillatoir

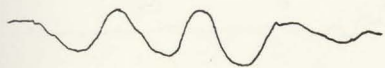


Peroscillatoir; overwegend modificaties groep I



Postoscillatoir

plaat 5. Oculogrammen bij een periode van 4 sec

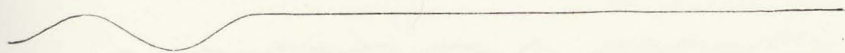


L

L

Compensatoire oogbeweging

Overgang compensatoire  
oogbeweging in andere modificatie  
van groep II



L

↑

Oogbeweging na stoppen van de stimulatie



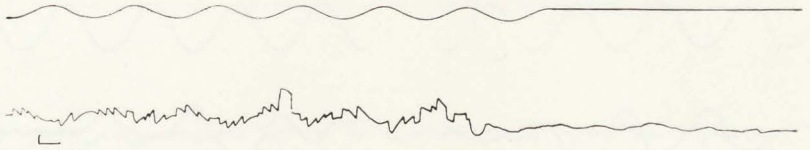
↑

L

Vervolg van de bovenstaande registratie

plaat 6. Oculogrammen bij een periode van 8 sec

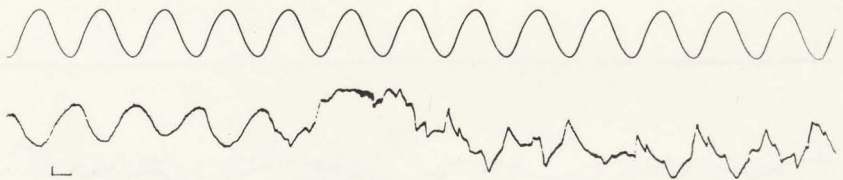




Groep I modificaties bij een periode van 4 sec  
aan het einde van de stimulatie



Afwisselend voorkomen van modificaties van groep I en II  
bij een periode van 4 sec



Overgang contraphase (groep II) in groep I modificaties  
bij een periode van 3 sec

plaat 7



Periode 3 sec

Periode 4 sec

Modificaties van groep II

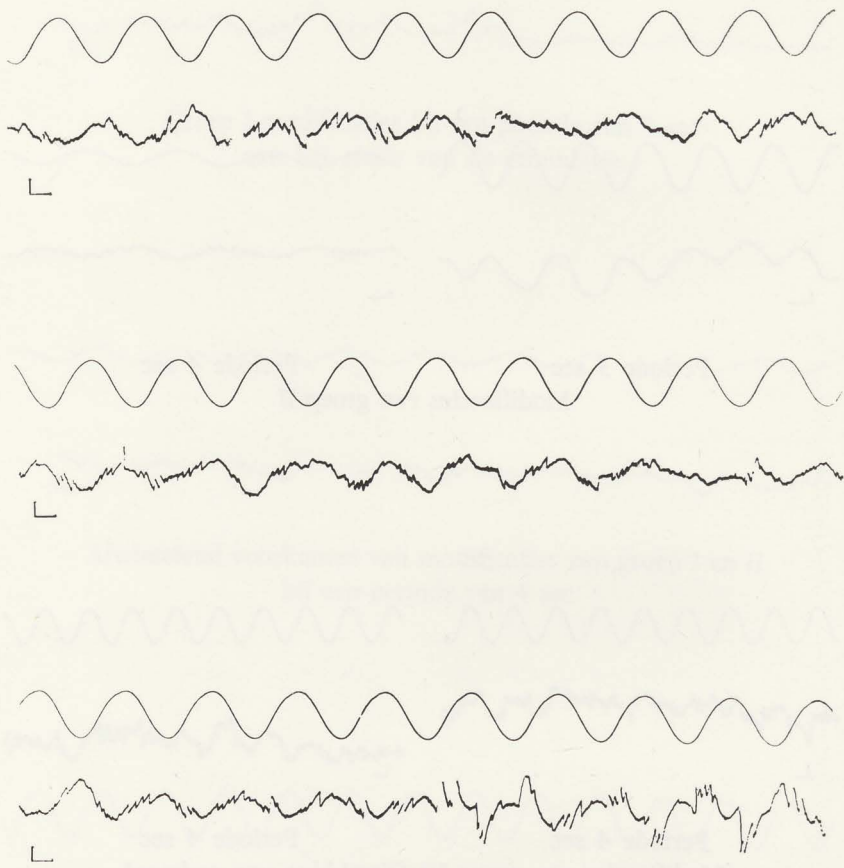


Periode 4 sec

Periode 4 sec

Modificaties van groep III (Temidden van anderen)

plaat 8



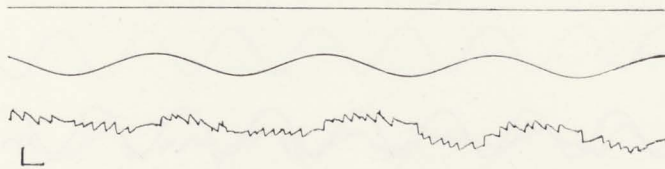
Modificaties van groep IV bij een periode van 4 sec  
(in onderste afbeelding overgaand in groep I)

plaat 9

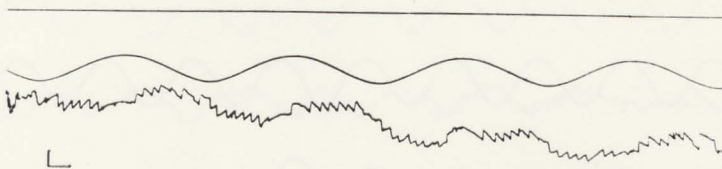




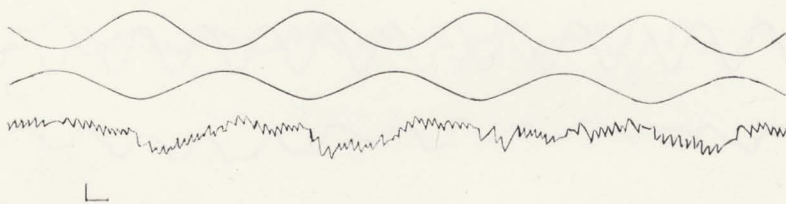
plaat 10. Modificaties van groep V



Optokinetische prikkeling, periode 8 sec



Optokinetische prikkeling, periode 8 sec



Optokinetische en vestibulaire prikkeling in tegenfase, periode 8 sec

plaat 11

De amplitude van de optokinetische prikkel bedroeg  $15^\circ$

## LITERATUUR

- Abels, H. (1906).  
Über Nachempfindungen im Gebiete des kinaesthetischen und statischen Sinnes. *Z.f. Psychol. und Physiol. d. Sinnesorg.* 43: 268-289; 374-422.
- Alexander, S. J. (1945) e.a.  
I. The effects of variation of time intervals between accelerations upon sickness rates. *J. of Psychol.* 19: 49-62.  
II. A second approach to the problem of the effects of variation of time intervals between accelerations upon sickness rates. *J. of Psychol.* 19: 63-68.  
III. The effects of various accelerations upon sickness rates. *J. Psychol.* 20: 3-8.
- Aronson, L. (1933).  
Conduction of labyrinthine impulses to the cortex. *J. Nerv. Ment. Dis.* 78: 250-259.
- Bekesy, G. van (1955).  
Subjective cupulometry. *Archives of Otolar.* 61: 16-28.
- Bender, M. B. and Weinstein, E. A. (1944).  
Effects of stimulation and lesion of the median longitudinal fasciculus in the monkey. *Arch. Neurol. Psychiat., Chicago.* 52: 106-113.
- Bender, M. B. and Shanzer, S. (1964).  
Oculomotor pathways defined by electric stimulation and lesions in the brainstem of monkey. *The Oculomotor System*, Hoeber, New York. 4: 81-140.
- Braak, J. W. G. ter (1936).  
Untersuchungen für optokinetischen Nystagmus. *Extrait des Archives Néerlandaises de Physiologie de l'homme et des animaux.* 21: 309-376.
- Braak, J. W. G. ter (1953).  
On the mechanism of the otoliths. *Folia Psychiatrica, Neurologica et Neurochirurgica Neerlandica.* 56: nr. 4, 3-11.
- Braak, J. W. G. ter (1957).  
„Ambivalent” optokinetic stimulation. *Fol. Psychiat. Neurolog. et Neurochir. Neerl.* 60: 131-135.
- Breuer, J. (1874).  
Ueber die Funktion der Bogengänge des Ohrlabyrinthes. *Med. Jahrbuch.* 72: 1-53.
- Brodal, A., Pompeiano, O. (1957).  
The origin of ascending fibres of the medial longitudinal fasciculus from the vestibular nuclei. An experimental study in the cat. *Acta Morph. Neerl.-Scand.* 1: 306-328.



- Brodal, A. (1960).  
Fiber connections of the vestibular nuclei. Neural mechanism of the auditory and vestibular systems. Springfield (II). 224.
- Brodal, A., Pompeiano, O. and Walberg, F. (1962).  
The vestibular nuclei and their connections, anatomy and functional correlations. Edingburgh. M. ills. 8°.
- Brodal, A. (1964).  
Anatomical organisation and fiber connections of the vestibular nuclei. Neurological aspects of auditory and vestibular disorders. Uitg. C. C. Thomas. 7: 107-149.
- Brodal, A. (1964).  
Anatomical observations on the vestibular nuclei, with special reference to their relations to the spinal cord and the cerebellum. Acta Oto-Laryng. Stockholm. 192: 24-51.
- Brown, J. H. (1966).  
Interacting vestibular stimuli and nystagmic habituation. Acta Oto-Laryng. 62: 341-350.
- Busch, H. F. M. (1961).  
An anatomical analysis of the white matter in the brain stem of the cat. (Thesis).
- Buys, E. (1909).  
Présentation du nystagmographie. Bull. Soc. Sc. Med. et Nat. 67: 158-168.
- Buys, E. (1910-1911).  
Ueber die Nystagmographie beim Menschen. Intern. Zentralb. f. Ohrenheilk. 9: 57-65.
- Cajal, S. R. (1908).  
Terminacion periférica del nervio acústico de las aves. Trav. Lab. Rech. Biol. Univ. Madr. 5: 161-176.
- Cajal, S. R. (1909).  
Histologie du système nerveux de l'homme et des vertébrés. Maloine, Paris.
- Calseyde, P. van de, Ampe, W., Depondt, M. (1968).  
Het hedendaagse oto-vestibulair onderzoek in de kliniek. Folia St. Jan. Deel 2, nr. 1: 47-67.
- Clemens, A., Festen, H. (1970).  
Interpretations of variations in nystagmogram in consequence of central influences during oscillation on a torsion swing. Acta Oto-Laryng. Belg. (in press).
- Clemens, A., Festen, H. and Groen, J. J. (1970).  
Interpretation of vestibular measurements. (in press).

- Conraux, C. and Greiner, G. F. (1968).  
Electronystagmographic examination in pendular stimulation.  
Testing and Clinical Interpretation. 15: 215-226.
- Crampton, G. H. (1962).  
Directional imbalance of vestibular nystagmus in cat following  
repeated unidirectional angular acceleration. Acta Otolar.  
55: 41-48; Effects of visual experience on vestibular nystagmus  
habituation in the cat. Acta Otolar. 55: 516-526.
- Crampton, G. H. (1964).  
Habituation of ocular nystagmus of vestibular origin. The Oculo-  
motor System. 16: 332-346.
- Déjerine,  
geciteerd uit Syndromes Vestibulaires et Nystagmographie,  
P. Albouker, P. Pialoux e.a. (1963).
- Dodge, R. et Cline, T. S. (1901).  
The angle velocity of eye movements. Psychol. Rev. 8: 145-157.
- Dohlman, G., Hendriksson, N. G., et Andren, G. (1956).  
A method for direct registration of the speed of the eye movements  
in nystagmic reaction. Acta Oto-Laryng. 46: 323-333.
- Dubois Reymond, E. (1849).  
Untersuchungen über tierische Elektrizität. Untersuchungen.  
Berlin, 2: 236.
- Egmond, A. A. J. van (1949).  
The clinical significance of cupulometry. Fourth International Con-  
gress of Otolaryng. London.
- Egmond, A. A. J. van, Groen, J. J. and Jongkees, L. B. W. (1952).  
The function of the vestibular organ.  
Practica Oto-Rhino-Laryngol. 14: 5-109.
- Engström, H. und Rexed, B. (1940).  
Ueber die Kabliberverhältnisse der Nervenfasern im N. stato-acusti-  
cus des Menschen. Z. Mikr.-Anat. Forsch. 47: 488-455.
- Engström, H. (1958).  
On the double innervation of the sensory epithelia of the inner ear.  
Acta Otolaryng. 49: 109-118.
- Engström, H. and Wersäll, J. (1958).  
The ultrastructural organization of the organ of Corti and of the  
vestibular sensory epithelia. Exp. Cell. Res., Suppl. 5: 460-492.
- Fearing, F. S. (1940-1941).  
The retention of the effects of repeated elicitation of the post-  
rotational nystagmus in pigeons.  
I. The retention of the effects of „massed” stimulation.  
J. Comp. Psychol. 30: 31-40.  
II. The retention of the effects of „distributed” stimulation.  
J. Comp. Psychol. 31: 47-56.

- Festen, H. and Clemens, A. (1970).  
Pattern Centre. *Adv. Oto-Rhino-Laryng.* 17: 100-106.
- Gernandt, B. E. and Thulin, C. A. (1952).  
Vestibular connection of the brainsystem. *Ann. J. Physiol.* 171: 121-127.
- Goetmakers, R. (1968).  
Adaptatie van het evenwichtsorgaan. (Thesis).
- Greiner, G. F., Conraux, C. et Picard, P. (1961).  
La stimulation vestibulaire retatoire de forme pendulaire et ses applications cliniques. *Conf. Neurol.* 21: 438-446.
- Greiner, G. F., Conraux, C. et Picard, P. (1963).  
Principes physiques, expérimentaux et cliniques des stimulations pendulaires dans l'examen vestibulaire. *Acta Oto-Laryng.* 56: 338-351.
- Greiner, G. F., Conraux, C., Collard, M. et Garcia Soto, N. (1968).  
Étude de la secousse lente et des mouvements toniques par nystagmographie à courant continu. *Ann. Oto-Laryng.* 85: 293-302.
- Groen, J. J. and Jongkees, L. B. W. (1949).  
The measurement of the temperature at the eardrum during the caloric test of the labyrinth. *J. Physiol.* 108: 33-36.
- Groen, J. J. (1956).  
The semicircular canal system of the organs of equilibrium. *Physics in med. biol.*
- Groen, J. J. (1957).  
Adaptation. *Pract. Oto-Laryng.* 19: 524-530.
- Groen, J. J. (1957).  
Cupulometry. *Laryngoscope.* 67: 894-905.
- Groen, J. J. (1960).  
Problems of the semicircular canal from a mechanico-physiological point of view. *Acta Oto-Laryng., Stockh.* 163: 59-66.
- Groen, J. J. (1961).  
Vestibular stimulation and its effects from the point of view of theoretical physics. *Confin. Neurol.* 21: 380-389.
- Groen, J. J. (1961-1962).  
*Bewegingsziekten. Natuurkundige Voordrachten.*  
Nieuwe Reeks, nr. 40.
- Groen, J. J. (1962).  
Inhibitory mechanism of the vestibular system in man, in comparison with hearing. *J. Acoust. Soc. Amer.* 34: 1497-1503.



- Groen, J. J. (1963).  
Postnatal changes in vestibular reactions. *Acta Otolar.*  
56: 390-396.
- Groen, J. J. (1965).  
L'examen vestibulaire et la cupulométrie. *Acta Oto-Rhino-Laryng. Belgica.* 19: 2-3.
- Groen, J. J. (1966).  
Central regulation of the vestibular system. *Acta Otolar.*  
59: 211-216.
- Guedry, F. E. and Graybiel, A. (1962).  
Compensatory nystagmus, conditioned during adaptation to living  
in a rotating room. *J. Appl. Physiol.* 17: 398-404.
- Guedry, F. E. (1965).  
Psychophysiological studies of vestibular function. Contributions  
to sensory physiology. vol. I. Acad. Press. Inc. New York.
- Hennebert, P. (1965).  
L'épreuve rotatoire alternante. *Acta Oto-Rhino-Laryngol. Belgica.* 19: 427-454.
- Holmgreen, F. (1880).  
Ueber die Retinaströme. *Unters. a. d. Physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg.* 3: 278-326.
- Holst, E. von und Mittelstädt, H. (1950).  
Das Reafferenzprinzip. *Naturwissenschaften.* 37: 464-476.
- Hood, J. D. and Pfaltz, C. R. (1954).  
Observations upon the effects of repeated stimulation upon rota-  
tional and caloric nystagmus. *J. Physiol.* 124: 130-144.
- Hood, J. D. (1967).  
Symposium Vestibular Mechanismus.
- Hood, J. D. (1967).  
Recent advances in the electronystagmographic investigation of  
vestibular and other disorders of ocular movement. 252-264.
- Hozawa, Jiro (niet ged.).  
Study on rotation test. The Department of Oto-Rhino-Laryng.  
Tohoku University School of Med. Japan.
- James, H. (1896).  
Minor seasickness, its cause and relief. *New York, Med. J.*  
3: 552-556.
- Judd, C. H., Mcallister, C. N. et Steele, W. M. (1905).  
General introduction to a series of studies of eye movements by  
means of kinetoscopic photograph. *Psychol. Monogr.* 7: 1-16.

- Jung, R. and Kornhuber, H. H. (1964).  
Results of electronystagmography in man: The value of optokinetic, vestibular, and spontaneous nystagmus for neurologic diagnosis and research. *The Oculomotor System*. 19: 428-482.
- Klijn, J. A. J. and Ek, J. (1960).  
Some critical remarks on the constants in the mechanical model of the vestibular organ. *Prac. Oto-Rhino-Laryng.* 22: 422-425.
- Kornhuber, H. (1966).  
Physiologie und Klinik des zentralvestibulären Systems. Berendes, J. e.a. *Hals-Nasen-Ohrenheilkunde. Band III*, 3, 2150-2351.
- Kornmüller, A. E. (1937).  
Die bioelektrischen Erscheinungen der Hirnrindfelder. Leipzig.
- Lachmann, J., Bergmann, F., Monnier, M. (1958).  
Central nystagmus elicited by stimulation of the meso-diencephalon in the rabbit. *Amer. J. Physiol.* 193: 328-334.
- Lansberg, M. P. (1954).  
Some considerations and investigations in the field of labyrinthine functioning.  
I Threshold and other sensations measured on the parallel swing.  
II. On the limit of physiologic tolerance of the semicircular canals.  
III. Characteristics of the caloric nystagmogram.  
IV. Influences of vestibular stimulation upon electroencephalogram, electrocardiogram and respiration.  
*Aeromed. Acta* 3: 209-246.
- Lansberg, M. P. (1956).  
Possible errors in electronystagmography. *Pract. O. R. L., Basel*. 5: 294-296.
- Lansberg, M. P. (1956-1957).  
Sources of error in electronystagmography. *Aeromed. Acta, Soesterberg*. 5: 251-260.
- Leidler, R. (1926).  
Beteiligung der Cochlea und des Labyrinths bei den Neurosen. *Brunner*. III: 355-438.
- Lidvall, H. F. (1961).  
Specific and non-specific traits of habituation in nystagmus responses to caloric stimuli. *Acta Otolar.* 4: 315-325.
- Lorente de Nó, R. (1926).  
Étude sur l'anatomie et la physiologie du labyrinthe de l'oreille et du VIIIe nerf. Deuxième partie. Quelques données au sujet de l'anatomie des organes sensoriels du labyrinthe. *Trav. Lab. Rech. Biol. Univ. Madr.* 24: 53-153.

- Lorente de Nó, R. (1931).  
Ausgewählte Kapitel aus der vergleichenden Physiologie des Labyrinthes. Ergebnisse der Physiologie, Bergmann, München.  
32: 75-242.
- Maanen, J. C. D. van (1965).  
Chronische zeeziekte. (Thesis).
- Meyers, I. L. (1929).  
Electronystagmography: a graphic study of the action currents in nystagmus. Arch. Neurol. Psychiatr. 21: 901-918.
- Monnier, M. (1967).  
Central mechanisms of vestibular and optokinetic nystagmus. Myotatic, Kinesthetic and Vestibular Mechanisms. 205-218.
- Montandon, A. et Monnier, M. (1953).  
Technique d'enregistrement électrique du nystagmus vestibulaire giratoire chez l'homme. Revue Laryngol. 74: 413-423.
- Mowrer, O. H. (1934).  
Geciteerd in: H. Kornhuber. Physiologie und Klinik des zentral-vestibulären Systems. Berendes, J. e.a. Band III, 3.
- Mowrer, O. H., Ruch, T. C. et Miller, N. G. (1935).  
The corneo-retinal potential difference as the basis of the galvanometric method of recording eye movements. Psychol. Bull.  
32: 566-567.
- Nieuwenhuysen, J. H. (1958).  
Experimental investigations on seasickness. (Thesis).
- Nyberg-Hanssen, R. and Mascitti, Th. A. (1964).  
Site and mode of termination of vestibulospinal fibers in the cat. An experimental study with silver methods. J. Comp. Neurol.  
122: 369-387.
- Ohm, J. (1914).  
Zur graphischen Registrierung des Augenzitterns des Bergleute und der Lidbewegungen. Ztschr. Augenheilk. 32: 4-8.
- Ohm, J. (1916-1917).  
Eine Registriervorrichtung für wagerechte Augen und Lidbewegungen. Ztschr. Augenheilk. 36: 198-202.
- Ohm, J. (1923).  
Das undurchsichtige Augenhaftglas als Hilfsmittel bei der Untersuchung von Augenbewegungen. Klin. Mbl. f. Augenheilk.  
71: 156-158.
- Ohm, J. (1928).  
Die Hebelnystagmographie. Ihre Gesichte, Fehler, Leistungen und Vervollkommung. Graef. Archf. Opht. 120: 235-252.
- Ohm, J. (1953).  
Objektive Prüfung der Sehleistungen mit Hilfe der optokinetischen Augenbewegungen. Enke Verlag, Stuttgart.



- Petroff, A. E. (1955).  
An experimental investigation of the origin of efferent fiber projections to the vestibular neuro-epithelium. *Anat. Rec.* 121: 352-353.
- Pfaltz, C. R. and Piffko, P. (1968).  
Retention of vestibular habituation. *Vestibular Function on Earth and in Space.* 15: 251-265.
- Poljak, S. (1927).  
Ueber die Nevenendigungen in den vestibulären Sinnesendstellen bei den Säugetieren. *Z. Anat. Entw. Gesch.* 84: 131-144.
- Poljak, S. (1927).  
Ueber die doppelte Innervation des Macula saculi und über das cochleovestibuläre Bündel bei den Säugetiere. *Z. Anat. Entw. Gesch.* 84: 145-152.
- Pritchard, R. M. (1964).  
Physiological nystagmus and vision. *The Oculomotor System.* 15: 321-331.
- Rademaker, G. G. J. and Braak, J. W. G. ter (1948).  
On the central mechanism of some optic reactions. *Brain.* 71: 48-76.
- Rasmussen, G. L. and Gasek, R. (1958).  
Concerning the question of an efferent fiber component of the vestibular nerve of the cat. *Anat. Rec.* 130: 361-362.
- Sala, O. (1966).  
Vestibular efferent system. *Acta Oto-Laryng.* 59: 229-337.
- Schott, E. (1922).  
Ueber die Registrierung des Nystagmus und anderer Augenbewegungen vermittels des Saitengalvanometers. *Deutsch. Arch. f. Klin. Med.* 140: 79-90.
- Sie Pek Giok (1956).  
Localization of fibre systems within the white matter of the medulla oblongata and the cervical cord in man. (Thesis).
- Spiegel, E. A. (1932).  
Rindenerregung (Auslösung epileptiformer Anfälle) durch Labyrinthreizung. Versuch einer Lokalisation der corticalen Labyrinthzentren. *Z. ges. Neurol. Psychiat.* 138: 178-196.
- Spiegel, E. A. (1932).  
Cortical centers of the labyrinth. *J. Nerv. Ment. Dis.* 75: 504-512.
- Staal, A. (1961).  
Subcortical projections on the spinal grey matter of the cat. (Thesis).

- Szenthagothai, J. (1950).  
The elementary vestibulo-ocular reflex arc. *J. Neurophysiol.* 13: 395-407.
- Szenthagothai, J. (1964).  
Pathways and synaptic articulation patterns connecting vestibular receptor and oculomotor nuclei. *Oculomotor System.* 8: 205-223.
- Torok, N., Guilmin, V. et Barnothy, J. M. (1951).  
Photoelectric nystagmography. *Ann. Oto-Rhino-Laryng.* 60: 917-925.
- Torok, N. (1953).  
The technique of the electrical recording of vestibular nystagmus during rotation in man. *Rev. Laryngol.* 74: 413-423.
- Torok, N. (1955).  
Qualitative evaluation of vestibular nystagmus. A study of nystagmus recording. *C. R. 5e Congr. Internat. O. R. L.*
- Torok, N. (1960).  
Recording vestibular lateropulsion. *Conf. Neurol.* 20, 3: 266-274.
- Trincker, D., Sieber, J. and Bartual, J. (1961).  
Schwingungsanalyse der vestibulär, optokinetisch und durch elektrische Reizung ausgelösten Augenbewegungen beim Menschen. *Kybernetik.* 1: 21-28.
- Trincker, D. (1965).  
Physiologie des Gleichgewichtsorgans. *J. Berendes e.a. Hals-Nasen-Ohrenheilkunde III/I:* 311-361.
- Tsuiki, Yutaka, Katagiri, Shuichi, Hozawa, Jiro, Kakuta, Miyuki, Usami, Masami and Sato, Kazuko (1963).  
Quantitative observation of vestibular reactions in the revolving room. *Acta Oto-Laryng. Suppl.* 179: 96-102.
- Wendt, G. R. (1964).  
Man and Motion. In: Hill, D. B. E. F. Adolph, C. G. Wilber (Ed): *Handbook of Psychology, Sect. 4: Adaptation to environment.* Amer. Physiol. Society. Washington, D. C.
- Wersäll, J. (1956).  
Studies on the structure and innervation of the sensory epithelium of the cristae ampullares in the guinea pig. *Acta Otolar. Suppl.* 126: 1-85.
- Wit, G. de (1958).  
Zeeziekte, een vorm van het „overprikkelingssyndroom”. *Ned. T. v. Gen.* 102: 2227-2232.
- Young, L. R. (1969).  
Biocybernetics of the vestibular system. *Biocybernetics of the Central Nervous System.* L. D. Proctor. 79-125.





## LEVENSLLOOP

De promovendus werd op 20 augustus 1933 te Heerlen geboren. Hij doorliep de afdeling H.B.S.b van het St. Odulphuslyceum te Tilburg, waar op 10 juli 1950 het eindexamen werd behaald. Hetzelfde jaar volgde de inschrijving aan de Rijksuniversiteit te Utrecht, alwaar de academische studie op 4 juli 1957 werd afgesloten met het doctoraal-examen. Het artsdiploma werd behaald op 6 november 1959. Hierna werd de militaire dienstplicht vervuld als arts-instructeur aan de School Geneeskundige dienst te Amersfoort. De specialisatie tot K.N.O.-arts vond plaats in het Academisch Ziekenhuis te Utrecht van 1 juni 1961 tot 1 juni 1965, op welke datum de promovendus in het specialistenregister werd ingeschreven. Sinds september 1965 is promovendus als specialist verbonden aan het St. Elisabeth ziekenhuis te Tilburg.

LEVERHOOD

The proceedings were on the 13th day of August 1891 in the Court of  
Commons before the Lord Chancellor. The petition of the  
Leavers was presented and read and the petitioners were sworn  
and then the petition was read by the Lord Chancellor and he  
said that he was satisfied that the petitioners were entitled to  
the relief sought by them and that they were entitled to  
have the petition granted and he ordered that the petition should  
be granted and he gave judgment accordingly.

## STELLINGEN

H. FESTEN

23 november 1971



## I.

Ondanks de moderne decongestiva en antibiotica, blijft de paracentese de meest te verkiezen weg tot snelle genezing van de acute purulente otitis media.

## II.

Het spontane verloop van de paralyse van Bell wordt niet beïnvloed door een zogenaamde vroege decompressie van de nervus facialis.

(Lancet 1971, nr. 7715, blz. 57-60)

## III.

Waar de facialis-decompressie bij de Bell'se paralyse momenteel in discussie is, moet het niet inspecteren van de canalis Falopiï en zonnodig decomprimeren van de zenuw bij een traumatische acute totale perifere facialisverlamming nog steeds als een kunstfout worden aangemerkt.

## IV.

Bij de operatieve behandeling van de ziekte van Hirschsprung behoort het verzwakken van de sphincter internus mede tot de essentie van de operatie.

(Journal of Pediatric Surgery.  
1966, vol. 1, nr. 6: 526)

## V.

De lecithine-sphingomyeline concentratieverhouding van het vruchtwater is een betrouwbare maat voor het bepalen van de rijpheid van de longen van het foetus.

(Am. J. Ob. and Gyn. 1971,  
109: 440)

## VI.

Het herhaaldelijk opgeworpen voorstel om hyperventilatie bij hersenletsels toe te passen ter voorkoming van hersenoedeem, dient verworpen te worden.

(Lancet 1966, 1113; Scand. J. Clin. Invest. 22, suppl. 102, 1968)

## VII.

De toenemende vraag van de patiënt naar algehele narcose, ook voor die kleine chirurgische en diagnostische ingrepen, die goed lokaal te verdoven zijn, moet als een teken van degeneratie van het mensdom worden opgevat.

## VIII.

Gezien de duidelijk waarneembare, doch moeilijk meetbare, betere verstaanbaarheid met twee goed functionerende oren ten opzichte van één, moet bij het aanpassen van hoortoestellen gestreefd worden naar herstel van stereo-acoustisch horen. (Kuyper, P., 1969, Thesis)  
Het is wenselijk, dat de stelsels van ziektekostenvoorziening (ziekenfondsen en ziektekostenverzekeraars) hun verstrekkingenpakket hieraan conformeren.

(N.T.v.G. 1970, nr. 28, blz. 1194)

## IX.

Voor de financiering van de gezondheidszorg met behulp van collectief opgebrachte gelden, moet (behalve voor de technische hygiëne) de voorkeur worden gegeven aan het gebruik van het stelsel van de sociale verzekering boven de algemene middelen.

(Med. Contact. 19 maart 1971,  
nr. 11, blz. 299)

## X.

Het samensmelten van kleinere ziekenhuizen tot grotere centra met volledige therapeutische mogelijkheden is, afgezien van problemen van het management, alleen uitvoerbaar bij aanstellen van specialisten in dienstverband met het ziekenhuis.

## XI.

Bij de parforce-jacht verdient het uit oogpunt van veiligheid aanbeveling, bij het springen de zit te propageren zoals die gezien wordt op oude Engelse jachtprenten.













