

OVER CERVICALE NYSTAGMUS
EN AANVERWANTE VERSCHIJNSELEN

OVER CERVICALE NYSTAGMUS EN AANVERWANTE VERSCIJNSELEN

*(with a summary in English;
mit einer deutschen Zusammenfassung;
avec résumé français)*

ACADEMISCH PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DE GRAAD VAN DOCTOR
IN DE GENEESKUNDE AAN DE UNIVERSITEIT VAN
AMSTERDAM, OP GEZAG VAN DE RECTOR MAG-
NIFICUS MR. J. VAN DER HOEVEN, HOOGLERAAR
IN DE FACULTEIT DER RECHTSGELEERDHEID, IN
HET OPENBAAR TE VERDEDIGEN IN DE AULA DER
UNIVERSITEIT (TIJDELIJK IN DE LUTHERSE KERK,
INGANG SINGEL 411, HOEK SPUI),
OP DONDERDAG 19 OKTOBER 1967,
DES NAMIDDAGS TE 4 UUR PRECIES

door

JEAN MARIE BAPTISTE VIANNEY DE JONG
geboren te Maastricht

1967

SCHRIKS' DRUKKERIJ N.V. - ASTEN N.B.R.

PROMOTOR:
PROF. DR. A. BIEMOND

Aan mijn opvoeders en opleiders

Publicatie van dit proefschrift is mogelijk gemaakt door een subsidie van het
Groesbeek-Assenbroekfonds.

INHOUD

	blz.
HOOFDSTUK I. HISTORISCH OVERZICHT EN INLEIDING	1
1. Historisch overzicht	1
2. Inleiding	3
HOOFDSTUK II. ONDERZOEK VAN DE LITERATUUR	5
3. Klinische waarnemingen	5
4. Dierexperimenten	11
5. Anatomie van de spino-vestibulaire verbindingen	12
6. Fysiologie van de spino-vestibulaire verbindingen	15
7. Fysiologie van de spino-vestibulaire interactie	16
HOOFDSTUK III. ENKELE EXPERIMENTEN OVER CERVICALE POSITIENYSTAGMUS	19
8. Inleiding	19
9. Veroorzaakt inspuiting van procaïne in de nek door plaatselijke werking nystagmus?	21
10. Berust positienystagmus, door inspuiting van procaïne in de nek veroorzaakt, op uitschakeling van somato-sensibele vezels?	23
11. Welke nekreceptoren moeten worden uitgeschakeld opdat positie- nystagmus ontstaat?	29
12. Ontstaat er positienystagmus wanneer procaïne in de nek wordt gespoten na vernietiging van beide labyrinten?	33
HOOFDSTUK IV. BESPREKING VAN DE VERKREGEN RESULTA- TEN, CONCLUSIES UIT HET EIGEN ONDERZOEK, FORMU- LERING VAN HYPOTHESEN EN RICHTLIJNEN VOOR VERDER EXPERIMENTEEL WERK	34
13. Gebruik van de woorden positienystagmus en tonische reflexen	34
14. Plaatselijke en algemene werking van de procaïne	36

Dit proefschrift werd bewerkt in de Neurologische Universiteitskliniek (Hoofd: prof. dr. A. Biemond); het experimenteel onderzoek werd verricht in het Fysiologisch Laboratorium van de Universiteitskliniek voor Keel-, Neus- en Oorheelkunde (Hoofd: prof. dr. L. B. W. Jongkees), Wilhelmina Gasthuis, Universiteit van Amsterdam.

15. Uitschakeling van nekreceptoren aan één kant	38
16. Uitschakeling van nekreceptoren aan beide kanten	40
17. Destructie van de vertebrale vaatzenuwstrengen	41
18. Positiënystagmus door uitschakeling van cervicale somatosensibele vezels	41
19. Denervatie van de nekhuid	42
20. Doorsnijding van de nekspieren	42
21. Betekenis van de diepe nekreceptoren	43
22. Insputing van procaïne in de nek van labyrinthloze dieren	44
23. Conclusies uit het eigen onderzoek	44
24. Formulering van hypothesen	45
25. Receptoren van de tonische halsreflexen en cervicale positie- nystagmus	45
26. Verschijnselen na uitschakeling van nekreceptoren aan één kant en gevolgen van labyrintextirpatie aan dezelfde zijde	46
27. Summering van tonische hals- en labyrintreflexen	48
28. Verband tussen cervicale en meer caudaal gelegen receptoren	52
29. Beschrijving van de waargenomen feiten met behulp van de gefor- muleerde hypothesen	53
30. Verifieerbare voorspellingen	54
 HOOFDSTUK V. BETEKENIS DER BEVINDINGEN VOOR DE KLINI- SCHE NEUROLOGIE	57
31. Formeel bewijs voor het bestaan van cervicale positienystagmus	57
32. Gronden die het bestaan van Biemond's cervicale positienystagmus aannemelijk maken	58
33. Klinisch onderzoek van de nekreceptoren	59
 SAMENVATTING	62
SUMMARY	64
ZUSAMMENFASSUNG	70
RÉSUMÉ	76
GERAADPLEEGDE LITERATUUR	82
AANHANGSELS I EN II	

VOORWOORD

Het voltooien van dit proefschrift geeft mij de gelegenheid, U, Hoogleraren, Oud-Hoogleraren, Lectoren en Privaatdocenten van de Utrechtse Universiteit te danken voor het van U genoten onderwijs.

Ik eer de nagedachtenis van mijn overleden leermeester Rümke. Zeergeleerde De Jong, Hooggeleerde Sillevius Smitt en Hooggeleerde Verbiest, de wijze waarop U mij in Uw grote kennis en vooral ook in Uw liefde voor de neurologie hebt laten delen, is voor mijn ontwikkeling in hoge mate bepalend geweest.

In het bijzonder geldt mijn dank U, Hooggeleerde Biemond, voor de zorg die U in bijna vier jaren aan mijn opleiding hebt besteed. Het is een voorrecht te werken onder Uw leiding, die vooral bestaat in het geven van een voorbeeld.

De steun en de medewerking welke U, Hooggeschatte Promotor, steeds aan het experimentele werk gegeven hebt, maken van deze dissertatie Uw geesteskleinkind.

Hooggeleerde Jongkees. Bijna drie jaar geleden liet U mij toe tot het fysiologisch laboratorium van Uw kliniek. Dat U mij op gulle wijze proefdieren en apparatuur ter beschikking stelde mag niet onvermeld blijven. Het meest ben ik U echter dankbaar voor het soms nauwelijks gewettigd vertrouwen waarmee U achter dit onderzoek stond, ook wanneer de resultaten maandenlang onbevredigend waren. Uw grote experimentele, operatieve en literaire ervaring hebben op alle delen van deze dissertatie grote invloed gehad.

Hooggeleerde Kuiper. Ik dank U zeer voor de gelegenheid om mijn opleiding in Uw kliniek te voltooien, waar mijn verblijf als niet ingewijde sterk is veraangenaamd door de positieve wijze waarop U zelfs een niet steeds voldoende positief-kritische houding tegenover psychoanalytische leerstellingen aanvaardt.

Hooggeleerde Noordenbos. Ik ben U erkentelijk voor Uw leiding tijdens mijn stage in de Neurochirurgische Kliniek.

Hooggeleerde Voorhoeve. De expedities die U met Uw medewerkers als een rampenbrigade enige malen vanuit het Jan Swammerdam Instituut ondernam zijn voor mij, evenals de kritiek die U op het manuscript gaf, van grote waarde geweest.

Hooggeleerde Boeles, Ter Braak en Verhaart. Ik dank U voor Uw nuttige kritische opmerkingen.

Zeergeleerde Den Hartog Jager. U leidde mijn eerste stappen in Paviljoen II. Waar niet weinig neurologen behagen scheppen in barokke diagnostiek, prefereert U de soliditeit van het hunebed, een voorliefde waarmee met mij menig aankomend assistent gebaat is. Ik ben U vooral dankbaar voor het vele dat U mij leerde tijdens Uw experimentele werk. Uw commentaar op de methoden die in deze dissertatie gebruikt zijn en Uw kritiek op de inhoud stel ik op hoge prijs.

Zeergeleerde Philipszoon en Oosterveld. De hartelijke bereidwilligheid waarmee U voor dit onderzoek in het laboratorium altijd ruimte schiep, heb ik zeer gewaardeerd.

Zeer Ervaren Mevrouw Buiten-Kloosterman. Aan mijn assistententijd in het Provinciaal Ziekenhuis Duinenbosch bewaar ik de beste herinneringen.

Zeer Geachte Van der Laarse. De geniepigheden van apparatuur, proefdieren en onwelwillende instanties bergen voor U geen geheimen. Uw virtuoze hand heeft meermaals reddend in de gang van zaken ingegrepen. Voor het tekenen van de schemata ben ik U in het bijzonder dankbaar.

Zeer Geachte Varenhorst. Voor Uw assistentie bij de operaties en Uw goede verzorging van de proefdieren dank ik U zeer.

Zeer Geachte Veenhuizen. Ik dank U voor de hulp welke U verleende bij het galvanisch prikkelen van de nek.

O, Onvolprezen Dames Dijkstra, Gaus, Goossens en Streefkerk, U ben ik bijzonder erkentelijk voor de vele uren die U aan het typen van het manuscript en de correctie van de drukproeven besteed hebt.

Zeer Geachte Mevrouw Blommers-van der Starre. Ik dank U voor de correctie van de Duitse samenvatting.

Mme Liliane Bogaard-Frère. Je vous remercie chaleureusement de votre belle traduction du résumé français.

I thank Mr. Morris B. Mellion for his correction of the English summary and Mr. D. Goodman for his review of the legends.

Zeer Geachte Bakker en Iske. Uw werk in de donkere kamer leverde voor dit geschrift menig lichtpunt op.

Hoofdstuk I

HISTORISCH OVERZICHT EN INLEIDING

1. Historisch overzicht

Aan deze studie ligt het werk van BIEMOND¹ ten grondslag die in de jaren 1939 tot 1961 een nieuwe vorm van cervicale positiënystagmus beschreef:

Vijf patiënten met een unilaterale neuritis, respectievelijk radiculitis cervico-brachialis, hadden ernstige duizeligheidsklachten welke ontstonden na het innemen van een bepaalde stand door hoofd en romp. Allen vertoonden in deze stand een horizontale nystagmus gericht naar de zijde van het lichaam waar de plexus ontstoken was. In vier gevallen verdwenen duizeligheid en nystagmus geheel tijdens behandeling van de plexusaandoening. In het overblijvend geval² verbeterden de duizeligheid, de positiënystagmus en de neuritis gedeeltelijk. Bij een van deze patiënten werd buitendien hardhorendheid en een oude trommelvliesperforatie gevonden aan de lichaamszijde waar de plexus ontstoken was. De resultaten van het vestibulaire onderzoek waren in alle gevallen normaal. De positiënystagmus werd, met slechts één uitzondering, waargenomen nadat de patiënt was gaan liggen op de zijde van de plexusontsteking. In het uitzonderingsgeval³ werd het innemen van deze houding juist gevolgd door het verdwijnen van duizeligheid en nystagmus.

Vervolgens was BIEMOND in de gelegenheid het resultaat van cervicale achterworteldoorsnijding te bestuderen bij drie patiënten. Wegens ernstige torticollis werden in twee gevallen onder locale anesthesie door LENSHOEK en NOORDENBOS de achterwortels C2 en C3 doorgesneden. Na beide ingrepen ontstond een duidelijke positiënystagmus gericht naar de kant van

¹ BIEMOND 1939, 1940 a, 1940 b, 1961.

² 1939, Case 2, p. 371.

³ 1939, Case 3, p. 372.

de worteldoorsnijding. Bij een derde patiënt moesten de achterwortels C 3 en C 4 aan één zijde worden opgeofferd tijdens de extirpatie van multipale neurinomen. Na het einde van de narcose had de patiënt hevige duizelingen zo gauw hij van houding veranderde. Dagenlang ontstond positienystagmus na draaiing van het hoofd ten opzichte van de romp en van heel het lichaam om zijn lengteas.

Tenslotte werden door dezelfde auteur duizeligheid en positienystagmus beschreven bij een 59-jarige vrouw met een zoster van de dermatomen C 2, 3 en 4 rechts. Drie weken na het begin van haar klachten kreeg zij hevige duizelingen. In zijligging, minder ook na het draaien van het hoofd ten opzichte van de romp, toonde zij wekenlang nystagmus horizontaal naar rechts met een rotatore component. Tijdens een opname in de kliniek gedurende tien weken herstelde zij geleidelijk, waarna zij klachtenvrij ontslagen werd.

De conclusie uit deze waarnemingen luidde, dat de klinische waarde van de boven beschreven positienystagmus beperkt bleef, omdat in de meerderheid van de gevallen de gelijktijdige aanwezigheid van een laesie der vestibulaire kernen of een vertebro-basilaire circulatiestoornis niet met voldoende zekerheid konden worden uitgesloten.

De waarde van de klinische hypothese dat aan een cervicale vorm van positienystagmus bestaansrecht moest worden toegekend, werd door de resultaten van ⁴ experimenteel onderzoek bij het konijn bevestigd. Alle operaties geschieden onder aethernarcose welke op zichzelf geen positienystagmus deed ontstaan. Veertig maal werd aan een zijde de achterwortel C 2 doorgesneden. In 31 gevallen ontstond direct daarna gedurende 30 tot 45 minuten positienystagmus, zowel na draaiing van de kop om zijn naso-occipitale as bij gefixeerde romp, als na plaatsing van het dier in zijligging. Vijf konijnen waarbij de zenuwen in de nek door zeer voorzichtig prepareren zo min mogelijk beschadigd waren, toonden alle positienystagmus na achterworteldoorsnijding. Positienystagmus werd eveneens gezien na doorsnijding van de achterwortels C 2 aan beide zijden, alsmede de doorsnijding van de achterwortels C 3 en C 4 aan een kant. De destructie van C 3 of C 4 leidde steeds binnen enkele minuten tot de dood door verbloeding. Doorsnijding van C 3 werd evenals sectie van C 4 in het geheel driemaal verricht. Nystagmus ontstond niet na unilaterale doorsnij-

⁴ BIEMOND, 1939, 1940 a.

ding van C 5 bij twee dieren en van C 6 bij één konijn. Na draaiing van de kop was de nystagmus het duidelijkst wanneer het oog, gelijktijdig aan de doorsneden achterwortel, bovenkwam. In zijligging was de nystagmus het sterkst wanneer het dier op de niet geopereerde kant werd gelegd. Als regel zag men eerst een rotatore nystagmus, waarbij de bovenpool van het bovenliggend oog naar temporaal sloeg; later werd de richting horizontaal naar de nasale ooghoek en iets omlaag. Slechts bij één dier was de nystagmus van de oogbollen na doorsnijding van C 2, niet geconjugeerd.

Galvanische prikkeling van een achterwortel C 2 veroorzaakte in twee van de drie gevallen positienystagmus die zich niet onderscheidde van de oogbewegingen na achterworteldoorsnijding.

Tenslotte stelde BIEMOND een anatomisch onderzoek in naar de centrale verbindingen van de achterwortels C 2, 3, 4 en 5 bij het konijn. Hij onderzocht daartoe de secundaire degeneratie, veroorzaakt door sectie van deze wortels, in seriesneden van het halsmerg en de medulla oblongata, gekleurd volgens de Marchi-methode. Homolateraal aan de doorgesneden wortels C 2, 3 en 4 waren de Marchi-korreltjes te vervolgen tot in de afdalende vestibulaire kern.

Hij concludeerde dat het waarschijnlijk mocht worden geacht dat de positienystagmus het gevolg was van een prikkelingstoestand van de afdalende vestibulaire kern, veroorzaakt door de achterworteldoorsnijding.

2. Inleiding

Het tweede hoofdstuk bevat een onderzoek van de literatuur. Ten aanzien van de kliniek wordt de vraagstelling niet beperkt tot nystagmus bij processen in het gebied der halssegmenten, maar uitgebreid tot een onderzoek naar het voorkomen van spontane dan wel positienystagmus als gevolg van prikkeling of uitschakeling van afferente vezels die niet afkomstig zijn uit het innervatiegebied van de hersenzenuwen. Nadat een aantal gevallen verzameld is, wordt nagegaan in hoeverre formeel te bewijzen is dat nystagmus uitsluitend vanuit de laatstgenoemde afferente vezels kan worden opgewekt. Het klinisch literatuuronderzoek eindigt met de formulering van uitgangspunten voor experimenteel werk. Daarop worden de resultaten van experimenteel onderzoek naar een mogelijk verband tussen spinale efferente vezels en nystagmus gerefereerd. Tenslotte wordt de literatuur over spino-vestibulaire verbindingen besproken.

In het derde hoofdstuk wordt getracht een aantal vragen over cervicale positienystagmus op grond van enkele experimenten te beantwoorden. Deze proeven zijn beschreven in een los aanhangsel dat achter in het boek is opgenomen.

In het vierde hoofdstuk vindt een bespreking van de onderzoekresultaten plaats, die gevolgd wordt door het trekken van conclusies. Daarna wordt een viertal hypothesen geformuleerd waarmee de bevindingen overeenstemmen. Deze hypothesen kunnen worden getoetst met behulp van verder experimenteel onderzoek waarvoor richtlijnen worden opgesteld.

Tenslotte komt in het vijfde hoofdstuk ter sprake in hoeverre de resultaten van het experimenteel onderzoek van betekenis zijn voor de klinische neurologie.

Hoofdstuk II

ONDERZOEK VAN DE LITERATUUR

3. Klinische waarnemingen

Het onderzoek gaat uit van de vraagstelling of afferente impulsen die niet afkomstig zijn uit het innervatiegebied van de hersenzenuwen, nystagmus kunnen veroorzaken. Het is dikwijls moeilijk om één oorzaak vast te stellen voor het verschijnsel nystagmus dat op zo vele wijzen kan ontstaan.

Voordat dit symptoom geheel beschouwd mag worden als gevolg van ziekte van het ruggemerg en zijn periphere verbindingen, moet men gevallen van ontstekingen, deficiënties, stofwisselingsziekten en circulatiestoornissen door algemeen vaatlijden uit het materiaal verwijderen.

Letsels van de halswervelkolom kunnen zowel directe beschadiging van het zenuwstelsel als vertebro-basilaire circulatiestoornissen teweegbrengen. Daarom zijn zij, evenals gevallen waarin bovendien een schedeltrauma heeft plaatsgevonden, niet bruikbaar. Een enkelvoudige oorzaak van nystagmus blijkt in de literatuur over werveltraumata niet te kunnen worden aangegeven.

Mededelingen over nystagmus bij medullaire vaatmisvormingen ontbreken; het verschijnsel is daarentegen regelmatig beschreven bij ruimtebeperkende processen. Ook uit deze groep moet een groot aantal gevallen worden verwijderd: Carcinomen, sarcomen en een aantal maligne ziekten van het haemopoietisch weefsel die velerlei neurologische afwijkingen kunnen veroorzaken zonder het zenuwweefsel te zijn binnengedrongen⁵. Vervolgens een deel van de medullaire tumoren met nystagmus waarbij zich symptomen voordoen die alleen verklaard kunnen worden door een haard boven het medullair niveau. Maligne intramedullaire tumoren kunnen zich

⁵ BRAIN en NORRIS, 1965.

in lengterichting aanzienlijk verder uitbreiden dan men op grond van de klinische verschijnselen zou verwachten. Daarom is het noodzakelijk alleen die gevallen te accepteren waarvan de uitbreiding door obductie nauwkeurig is vastgesteld. Tenslotte zijn er redenen om neoplasma's die ter hoogte van de bovenste halsmergsegmenten gelegen zijn, niet in het onderzoek op te nemen: Allereerst is het mogelijk dat deze hoog gelocaliseerde tumoren circulatiestoornissen in het vestibulaire kerngebied veroorzaken, vervolgens heeft GROSZ (1925) tweemaal een oedeem van de weke delen in de nekstreek waargenomen. Dit oedeem zou de circulatie in het vertebro-basilaire gebied kunnen beïnvloeden. Enigszins willekeurig is de bovengrens gelegd bij de overgang van het segment C 2 en C 3.

Na toepassing van de genoemde selectiecriteria blijkt er in 12 gevallen van benigne tumores medullae nystagmus te zijn waargenomen, als regel eerste graads en horizontaal:

Door VON EISELBERG en RANZI (1913) Fall 171. Een meisje van 15 jaar, dat een extramedullair neurofibroom ter hoogte van de wervels C 5 tot C 7 heeft, toont een horizontale nystagmus (ny) bij zien naar links en rechts. Postoperatief wordt geen ny vermeld.

Door FOERSTER (1923). Een vrouw van 36 jaar met een meningioom ter hoogte van de segmenten Th 1 en 2, bij wie een niet nader beschreven ny wordt gevonden. Er is geen vermelding van ny na de operatie.

Door GROSZ (1925) Fall VI. Een vrouw van 31 jaar met een meningioom ter hoogte van de wervelboog C 7 rechts die een rotatore ny heeft bij zijwaarts zien. Postoperatief wordt geen ny beschreven.

Door HOFF en PÖTZL (1937) Beob. 2. Een jongen van 9 jaar met een neurofibroom ter hoogte van de wervels Th 8 tot L 2, die een horizontale ny bij zien naar links en rechts toont en een (Beob. 3) vrouw van 54 jaar met een systeuzie achterwortel-tumor ter hoogte van de wervel Th 6, die horizontale ny heeft bij zien naar links en rechts. 47 Dagen na de operatie is er alleen een instelny bij zien naar links.

Door KLIENEGER (1910). Een man van 26 jaar met een cyste ter hoogte van de wervel Th 6. Deze patiënt toont ny bij zien naar links.

Door OBERHILL, SMITH en BUCY (1953). Een man van 52 jaar met een zandloperneurinoom tussen de wervels C 3 en 4 rechts en rotatore ny bij zien naar links en rechts.

Door SERCL en KOVÁRÍK (1960) Geval 10. Een neurinoom ter hoogte van de wervels Th 1 en 2. Horizontale ny bij zien naar links en rechts.

Vervolgens (geval 11) een meningioom ter hoogte van wervel Th 3. Horizontale ny bij zien naar links en rechts.

Bovendien (geval 13) een neurinoom ter hoogte van de wervels C 7 en Th 1, met horizontale ny bij zien naar links en rechts.

Door SERKO (1914) Fall 5. Een vrouw van 15 jaar met een celrijk fibroom ter

hoogte van de wervels C 6 en 7. Bij zien naar links, rechts en boven ontstaat ny. Na de operatie is de ny inconstant aanwezig.

Door WIERSMA (1928) Case 1. Een man van 50 jaar met een fibroom ter hoogte van de wervels Th 7 en 8 en horizontale ny bij zien naar links en rechts. Postoperatief is er geen ny.

Een andere groep patiënten met duizeligheid en nystagmus die mogelijk berusten op uitschakeling van afferente zenuwvezels, is in 1926 beschreven door BARRÉ, DRAGANESCO en LIEOU⁶. Zij injecteerden 10 tot 30 ml van een 1% procaineoplossing aan één kant naast de cervicale wervels, in het geheel zeven maal bij vier patiënten. Deze inspuitingen werden gevolgd door:

1. Draaiduizeligheid, valneiging en voorbijwijken naar de kant van de injectie, alsmede eerstegraads horizontale nystagmus naar de gekruiste zijde.
2. Brommen of suizen van de oren.
3. Een syndroom van Horner aan de kant van de inspuiting.

De vestibulaire stoornissen ontstonden enkele minuten na de inspuiting en duurden tot ruim vijftig minuten. Door de schrijvers werden de vestibulaire en acustische verschijnselen beschouwd als onderdelen van het syndrome sympathique cervical postérieur, dat veroorzaakt zou worden door aandoeningen van de nervus vertebralis

SCHUBERT (1950) vond bij patiënten aan één kant in de hals, voorbijwijken en afwijken van het gangspoor naar de zijde van de injectie, soms stoornissen van de topneusproef, de diadochokinese en het staan op een been aan de kant van de inspuiting. Hij onderzocht de patiënten ook terwijl ze op een wip stonden die kipte om een ten opzichte van de onderzochte persoon, dorsoventraal gerichte as. Wanneer nu het been aan de kant van de procaine-injectie belast werd voordat aan die kant de wip omlaag ging, dan trad er een versterkte valneiging van de patiënt naar dezelfde zijde op. Om uit te sluiten dat de waargenomen symptomen veroorzaakt waren door druk van het vloeistofdepot op de diepe nekweefsels, spoot hij ter controle bij een aantal der onderzochten physiologische zoutoplossing in de nek. Direct na deze inspuiting namen de symptomen bij vestibulair gestoorde personen misschien even toe. Na procaine-injectie bereikten de verschijnselen hun hoogtepunt daarentegen pas na enige tijd. Vervolgens stelde hij vast dat de evenwichtsstoornissen afnamen wanneer hij na de

⁶ BARRÉ, 1926. BARRÉ, DRAGANESCO, LIEOU, 1926. LIEOU YONG CHOEN, 1928.

diepe nekweefsels te hebben verdoofd, de andere kant op gelijke wijze anestheeserde. Uit het feit dat huidanesthesie in het halsgebied geen evenwichtsstoornissen veroorzaakt, concludeerde hij dat anesthesie van het paravertebrale weefsel essentieel was. Het leek niet waarschijnlijk dat de waargenomen verschijnselen uitsluitend door blokkering van de sympathische vezels konden worden verklaard, maar moesten worden toegeschreven aan uitschakeling van de afferende boog der halsreflexen.

Tenslotte stelde hij twee klinische proeven voor om te verrichten bij patiënten die van gestoorde halsreflexen werden verdacht.

De eerste proef behelsde een onderzoek naar de gevolgen van anesthesie van de paravertebrale nekweefsels, de tweede bestond uit lopen met gesloten ogen en zijwaarts gewend hoofd. Normale personen en het merendeel van de patiënten met evenwichtsstoornissen reageren na diepe cervicale anesthesie op de wijze die hierboven beschreven is. Zijwaarts draaien van het hoofd tijdens lopen met gesloten ogen veroorzaakt bij veel gezonde personen wankelen en onwillekeurig afwijken van de looprichting naar de kant waarheen het achterhoofd wijst. Bij drie van SCHUBERT's patiënten namen de klachten en de objectieve verschijnselen niet toe wanneer beide proeven op hen werden gedaan. Hij concludeerde hieruit dat hun halsreflexen waarschijnlijk gestoord waren.

Mede op grond van het onderzoek van SCHUBERT (l.c.) moet er rekening gehouden worden met de mogelijkheid dat valneiging, voorbijwijken en nystagmus als gevolg van procaïneinspuiting van de nek, door BARRÉ en zijn medewerkers beschouwd als symptomen van het „syndrome sympathique cervical postérieur”, in feite berusten op uitschakeling van somatosensibele vezels.

GRIESZMAN (1922) heeft in een voorlopige mededeling beschreven dat er nystagmus ontstaat door warme en koude lappen op de hals te leggen.

FISCHER en WODAK (1922) hebben het onderzoek van GRIESZMAN herhaald, maar vinden uitsluitend dat er draaigevoelens ontstaan wanneer zij de temperatuur van het planum mastoideum veranderen, door er natte watjes op te leggen of het te bespuiten met chloorethyl. Vanuit de hals hebben zij geen duizeligheid of nystagmus op kunnen wekken.

De tot nu toe besproken vormen van nystagmus ontstaan niet alleen tijdens lichaamsbewegingen. De literatuur bevat verschillende mededelingen over nystagmus die uitsluitend tijdens bewegingen optreedt. Deze nystagmussoorten bestudeert men, om storende invloeden van labyrinthreflexen uit te sluiten, het best bij gefixeerd hoofd.

BÁRÁNY (1918-'19) wekte, evenals Voss (1925) bij neonati compensatoire horizontale oogbewegingen op door de romp om de nek als as te torderen. De ogen bewogen in dezelfde richting als een denkbeeldige verbindingslijn van de schoudergewrichten. De horizontale deviatie van de ogen bleef bestaan zolang de torsie van de nek voortduurde. Bij veel zuigelingen ontstond tijdens de torsiebeweging nystagmus doordat de oogboldeviatie zich schoksgewijze vertoonde. Deze verschijnselen kon hij alleen tijdens de eerste levensdagen opwekken.

GRAHE onderzocht in 1926 de invloed van kleine bewegingen van het bekken op de oogstand. Hij maakte bij zittende personen ab- en adductiebewegingen van een der bovenbenen en inspecteerde dan de oogbollen met behulp van de bril van Frenzel. Normale personen toonden onder deze omstandigheden geen oogbewegingen. Bij twee van vijf patiënten die ten gevolge van een meningitis doof en vestibulair onprikkelbaar waren, zag hij tijdens het uitvoeren van voornoemde beenbewegingen nystagmuslagen ontstaan. Hij schreef deze nystagmus toe aan kleine rotaties van het bekken.

In 1928 beschreef FRENZEL het voorkomen van nystagmuslagen tijdens torsie van de romp, in mindere mate ook van het bekken alleen, ten opzichte van het gefixeerde hoofd. Na het staken van de beweging hield de nystagmus direct op. De oogbollen konden dan in de ooghoeken blijven staan maar keerden gewoonlijk door actieve bewegingen in de middenstand terug. In een latere publicatie (1931) deelde hij mee dat deze nystagmus kon worden opgewekt bij dertien patiënten met opgeheven vestibulaire draaireacties. Bij een van FRENZEL's patiënten spoot GÜTTICH 20 ml procaïne 0,5%, aan beide zijden anterolateraal en diep in de hals, waarna het aantal nystagmuslagen der torsiebeweging van 4 à 5 afnam tot 1 à 2. Bos en PHILIPZOOM (1963) bevestigden de resultaten van FRENZEL bij normale personen en bij twee patiënten met onprikkelbare labyrinten. Zij legden de afwijkingen electronystagmografisch vast.

Samenvattend kan men zeggen dat het literatuuronderzoek drie klassen van nystagmus oplevert die kunnen berusten op aandoeningen van spinale somato-sensibele vezels:

1. Nystagmus bij aandoeningen van cervicale achterwortels.
 - a. Neuritis c.q. neuralgia cervico-brachialis.
 - b. Achterworteldoorsnijdingen.
 - c. Zoster.
 - d. Locale anesthesie met procaïne.

2. Nystagmus bij ruimtebeperkende medullaire processen.
3. Nystagmus tijdens beweging van lichaamsdelen ten opzichte van het hoofd.
 - a. Gevolgd door een geconjugeerde horizontale oogboldeviatie bij een deel der normale zuigelingen tijdens de eerste drie levensdagen.
 - b. Bij normale personen.
 - c. Bij vestibulair onprikkelbare patiënten.

Wanneer men nagaat voor welke groepen bewezen kan worden dat prikkeling en/of uitschakeling van somato-sensibele vezels de enige oorzaak van nystagmus is, blijkt dat een sluitend bewijs slechts zelden geleverd kan worden.

Bij neuritis c.q. neuralgia brachialis kan nooit worden aangetoond dat de nervus vertebralis door het ontstekingsproces is gespaard. Bestaat er bovendien cervicale spondylose, dan zijn vertebro-basilaire circulatiestoornissen dikwijls niet uit te sluiten.

Wat betreft de cervicale achterworteldoorsnijdingen kan men tegenwerpen dat bij deze operatie, wanneer zij onder locale anesthesie verricht wordt, ook de nervus vertebralis tijdelijk wordt uitgeschakeld. De literatuur over complicaties van cervicale achterworteldoorsnijdingen en sympathectomieën levert geen nieuwe gezichtspunten op ⁷. Na cervicale sympathectomieën is geen duizeligheid beschreven. BIEMOND (l.c.) heeft als enige na achterworteldoorsnijdingen gezocht naar duizeligheid en nystagmus. De overige, weinig talrijke artikelen over cervicale achterworteldoorsnijdingen ⁸ bevatten geen mededelingen over deze symptomen.

REBATTU en anderen (1933) vermelden in hun grote literatuurstudie over craniale zoster: „Mais les troubles auditifs peuvent s'observer aussi lorsque l'éruption siège au niveau de la face, de la cavité buccopharyngée ou même de la région cervicale ou thoracique”. Duizeligheid bij een cervicale zoster bewijst daarom niet het bestaan van cervicale duizeligheid.

De nystagmus bij medullaire ruimtebeperkende processen wordt vanouds, behalve aan druk op afferente banen, geweten aan liquorstuwung,

⁷ BRUENING, 1923 a en b, 1926. BRUENING en STAHL, 1924. VON GENERSICH, 1923. HERBET, 1900. JONNESCO, 1921, 1923 a en b, 1924. KUEMMELL, 1923, 1924. LERICHE en FONTAINE, 1926. REID en ECKSTEIN, 1924. REID en FRIEDLANDER, 1924. ROYLE, 1924. SMITH en MCCLURE, 1924.

⁸ DANDY, 1930. MCKENZIE, 1924.

arachnoiditis, circulatiestoornissen op afstand en intoxicatie met tumor-metabolieten ⁹.

Nystagmus tijdens torsiebewegingen van de nek zou, zij het op gewrongen wijze, te verklaren zijn door prikkeling van de nervi vertebrales met vertebro-basilaire circulatieveranderingen. Alléén van de nystagmus tijdens bekkenbewegingen zou men aldus moeten aanvaarden dat hij veroorzaakt wordt door prikkeling van somato-sensibele zenuwvezels.

Het is niet waarschijnlijk dat de oorzaak van cervicale positiennystagmus aan de hand van klinische waarnemingen ooit met zekerheid zal kunnen worden vastgesteld. De studie van de klinische literatuur zou aanleiding kunnen geven tot de volgende twee veronderstellingen: Het begrip cervicale positiennystagmus, zoals het door BIEMOND is geformuleerd, moet wellicht tot medullaire positiennystagmus worden uitgebreid.

De cervicale positiennystagmus van BIEMOND en de nystagmus welke tijdens nektorsie onstaat, worden door prikkeling en/of uitschakeling van dezelfde receptoren veroorzaakt.

4. Dierexperimenten

Sinds het werk van BIEMOND is er slechts weinig onderzoek verricht naar het verband tussen nekreceptoren en nystagmus. NETZER (1963) wekte bij twee *Macacus mulattus* apen nystagmus op door bipolaire elektrische prikkeling van de cervicale voorstreng. De eerste aap werd midden tussen de voorwortels C 2 en C 3 gestimuleerd, de tweede midden tussen C 4 en C 5. De resultaten van zijn anatomisch onderzoek worden later in dit hoofdstuk besproken.

HINOKI en TERAYAMA (1966) onderzochten de invloed van procaïne-injecties in de nekmusculatuur op de optokinetische nystagmus van kop en ogen bij caviae. Zij vonden dat infiltratie van de oppervlakkige nekspieren de nystagmus weinig beïnvloedde. Locale anesthesie van de diepe nekmusculatuur onderdrukte de nystagmus duidelijk. De schrijvers menen dat deze onderdrukking het gevolg is van uitschakeling van receptoren in de diepe nekspieren, zonder dat zij de mogelijkheid ontkennen dat gewichts- of bandreceptoren een belangrijke rol kunnen spelen.

⁹ OPPENHEIM, 1913, p. 482.

5. Anatomie van de spino-vestibulaire verbindingen

De anatomische literatuur over spino-vestibulaire verbindingen bij de mens begint met de mededeling van HORSLEY en THIELE (1901), die bij postmortaal anatomisch onderzoek van een patiënt met een lumbale dwarslaesie spino-vestibulaire vezels beschreven die met het meest dorsale deel van de tractus spino-cerebellaris dorsalis meeliepen en als *fibrae arcuatae externae* vervolgd konden worden tot in de nucleus vestibularis descendens. Zij gebruikten een osmiumzuurkleuring volgens Busch.

COLLIER en BUZZARD (1903) vermoedden dat de menselijke spino-vestibulaire vezels, gezien door HORSLEY en THIELE, van lumbo-sacraal niveau stamden, omdat zij evenveel gedegenerende vezels vonden bij cervicale als bij laag thoracale dwarslaesies. Bovendien vonden zij dat een aantal vezels vanuit de achterstrengen de afdalende vestibulaire kern bereikten. Zij beschikten over Weigert-Pal- en Marchi-preparaten.

BOWSER (1962) stelde bij de mens met behulp van de Nauta-Gygax kleuring vast, dat na cervicale en thoracale chordotomieën preterminale degeneratie ontstond in het meest dorsale deel van de laterale vestibulaire kern van Deiters en in een lateraal deel van de nucleus vestibularis descendens. Deze degeneratie bestond uitsluitend homolateraal ten opzichte van de chordotomie.

CORBIN, LHAMON en PETIT (1937) vonden bij de aap *Macacus mulattus* met de Marchi-methode na excisie van het tweede cervicale intervertebrale ganglion een klein aantal degenererende vezels die te vervolgen waren tot in een celgroep die waarschijnlijk behoorde tot het caudale deel van de nucleus vestibularis descendens, maar niet scherp begrensd was ten opzichte van rostrale celgroepen van de achterstrengkernen.

MEHLER, FEFERMAN en NAUTA (1960) vonden bij *Macacus mulattus* en *Macacus cynomolgus* na cervicale en thoracale chordotomieën met behulp van de Nauta-Gygax kleuring slechts weinig homolaterale degeneratie in de vestibulaire kernen. Zij vestigen er de aandacht op dat deze vezels in aantal afnemen naargelang men opstijgt in de phylogenetische reeks van diersoorten.

NETZER (1963) kon in Marchi-preparaten van een *Macacus mulattus*, spino-vestibulaire vezels vanuit het mediale deel van de voorstreng vervolgen tot in de homolaterale afdalende vestibulaire kern. Bij deze aap was het ruggemerg gelaedeerd midden tussen de uittreeplaatsen van de voorwortels C 2 en C 3.

In een viertal onderzoeken worden spino-vestibulaire vezels bij de kat beschreven.

CORBIN en HINSEY (1935-1936) konden in Marchi-coupees een klein aantal vezels vervolgen tot in de nucleus vestibularis descendens na excisie van het eerste, tweede of derde cervicale intervertebrale ganglion. Het aantal vezels uit C 3 was kleiner dan dat uit C 2, dit laatste weer geringer dan de hoeveelheid vezels uit C 1. Na excisie van het intervertebrale ganglion C 4 werden nooit met zekerheid directe spino-vestibulaire vezels waargenomen.

ESCOLAR (1948) gebruikte de Rasdolsky kleuring en volgde vezels vanuit de eerste drie halsmergsegmenten tot in het ventrolaterale gebied van het magnocellulaire deel der afdalende vestibulaire kern.

De Nauta-methode, waarvan JOHNSON (1954) zich bediende, toonde degeneratie aan in de spino-vestibulaire baan van COLLIER en BUZZARD (l.c.). Als enige vindt hij ook in de gekruiste kern van Deiters enkele degenererende vezels.

In 1957 hebben POMPEIANO en WALBERG een eigen onderzoek gepubliceerd en de literatuur kritisch gerefereerd. Terminale degeneratie was in preparaten, gekleurd volgens de gewijzigde Bielschowsky-methode van GLEES aantoonbaar in de laterale vestibulaire kern van Deiters. Een zeer klein aantal vezels bereikte de mediale en afdalende vestibulaire kernen. Laesies worden op verschillende niveaus van het ruggemerg aangebracht, de meest proximale ter hoogte van de segmenten C 2 en C 3. Vanuit de achterstrengen konden geen vezels tot in de vestibulaire kernen worden vervolgd. Het bestaan van een directe verbinding tussen de beide eerste halsmergsegmenten en de vestibulaire kernen wordt door de schrijvers mogelijk geacht. De waargenomen spino-vestibulaire vezels die met de tractus spino-cerebellaris dorsalis meelopen zijn niet allen collateralen van spino-cerebellaire vezels, want een deel is afkomstig uit gebieden caudaal van het einde der Clarke'se zuil, dat bij de kat in het segment L 4 ligt. Zij menen dat vroegere schrijvers, de celgroepen X en Z tot de vestibulaire kernen gerekend hebben, ofschoon deze groepen geen primaire vestibulaire vezels ontvangen. Bovendien vinden zij dat die delen der vestibulaire kernen waarin opstijgende ruggemergvezels eindigen, evenmin primaire vestibulaire vezels ontvangen.

Ook bij het konijn zijn de spino-vestibulaire vezels onderzocht. VON MONAKOW (1882, 1883) beschrijft na een bijna volledige dwarse doorsnijding van het ruggemerg aan een kant ter hoogte van C 1 in karmijn- en

erythrosinecoupes een atrofisch vezelareaal dat zich uitstrekt van de funiculus cuneatus tot in het corpus restiforme en vandaar te vervolgen is tot in het gebied dat ingenomen behoort te worden door de kern van Deiters.

VAN GEUCHTEN (1901) volgt vezels vanuit de twee eerste cervicale achterwortels tot in het kerngebied van de achtste hersenzenuw.

HASHIMOTO (1928) stelt aan de hand van Marchi- en Nisslpreparaten vast dat de opstijgende vezels naar de nucleus vestibularis descendens alleen uit het cervicale merg afkomstig zijn, terwijl de kern van Deiters ook vanuit lagere ruggemergssegmenten vezels ontvangt. De gevonden verbindingen zijn overwegend homolateraal.

YEE en CORBIN (1939) beschrijven in Marchi-coupes enkele fijne gedegeneerde vezels van de wortel C 1 naar het ventrolaterale gebied van de gelijkzijdige nucleus vestibularis descendens. Slechts in één van de vijf gevallen komen enkele soortgelijke vezels uit C 2. Excisie van het derde, vierde of vijfde cervicale intervertebrale ganglion veroorzaakt geen opstijgende degeneratie tot in de vestibulaire kernen. Het anatomisch onderzoek van BIEMOND (1940) is in hoofdstuk I gerefereerd.

De vraag of er directe spino-vestibulaire vezels bestaan, kan tot nu toe alleen bij de kat op bevredigende wijze worden beantwoord. De onderzoekingen van POMPEIANO en BRODAL (1957, 1962), WALBERG, BOWSER en BRODAL (1958) alsmede BRODAL (1963) tonen aan, dat het antwoord op deze vraag afhangt van de wijze waarop de vestibulaire kernen gedefinieerd worden. Wanneer men de vestibulaire kernen afgrenst, zoals dat sinds de eeuwwisseling op grond van cyto-architectonische studies gebruikelijk is, bestaat er een klein aantal directe spino-vestibulaire vezels. Rekent men tot de vestibulaire kernen alleen die cellen die primaire vestibulaire vezels ontvangen, dan is er geen directe spino-vestibulaire verbinding. De vezels uit de eerste twee cervicale achterwortels zijn evenwel nog onvoldoende met behulp van moderne technieken onderzocht. Zo directe spino-vestibulaire vezels al bestaan, dan heerst er in de literatuur toch volledige eenstemmigheid over hun geringe aantal.

Behalve langs multi-synaptische spino-vestibulaire vezels, waarvan het bestaan door fysiologisch onderzoek waarschijnlijk is gemaakt, kunnen spinale invloeden de vestibulaire kernen bereiken via spino-reticulair banen. BRODAL, POMPEIANO en WALBERG (1962) beschreven afferente vezels van de substantia reticularis naar het vestibulaire kerngebied.

Tenslotte heeft LORÉNTÉ DE NÒ (1924) waargenomen dat olivo-cerebel-

laire vezels uit het corpus restiforme collateralen afgeven naar de vestibulaire kernen.

6. Fysiologie van de spino-vestibulaire verbindingen

WILSON, KATO, THOMAS en PETERSON (1966) vonden dat Deiters-neuronen vanuit perifere zenuwvezels gefaciliteerd konden worden nadat de dorsale helft van het ruggemerg proximaal van het punt der prikkeling was vernietigd.

BOS en PHILIPSZON (1962) konden de tonische halsreflexen op de ogen bij het konijn slechts één keer opheffen door de achterstrengen ter hoogte van het eerste halsmergsegment door te snijden. Bij zeven andere dieren verdwenen de reacties van de ogen op nektorsie pas na volledige doorsnijding van het halsmerg.

LUNDBERG en OSCARSSON (1961) beschreven drie opstijgende vezelsystemen in het dorsale deel van de ruggemergszijstreng bij katten. Zij toonden aan dat deze systemen niet tot de dorsale spino-cerebellaire baan konden behoren, want ze waren ortodroom te prikkelen uit gebieden die caudaal van het einde der Clarke'se zuilen gelegen waren, terwijl ze antidroom niet uit het cerebellum geactiveerd konden worden. Het is onwaarschijnlijk maar niet uitgesloten, dat een of meer van deze banen spino-vestibulaire vezels zullen blijken te bevatten, zoals zijn waargenomen door HORSLEY en THIELE (l.c.). Naar reeds vermeld is vonden WILSON, KATO, THOMAS en PETERSON na perifere prikkeling aan een kant, facilitatie in de kern van Deiters aan beide kanten.

OSCARSSON (1964) stelde bij hogere vertebraten vast dat gemyeliniseerde opstijgende banen in het ventrale deel van de ventrolaterale witte stof monosynaptisch alleen uit gekruiste zenuwen, multi-synaptisch ook van ipsilateraal uit geactiveerd konden worden. Er is nog niet vastgesteld welke voor-zijstrengvezels laterale vestibulaire cellen kunnen faciliteren.

Samenvattend kan men zeggen dat spino-vestibulaire interactie langs fysiologische weg is aangetoond in het vestibulair kerngebied, minder ook in de ponto-medullaire substantia reticularis, terwijl tenslotte de convergentie naar neuronen van de motorische schors mogelijkerwijze slechts een uiting is van spino-vestibulaire integratie op subcorticaal niveau. Het is niet waarschijnlijk dat de spinale beïnvloeding van de substantia reticularis en de vestibulaire kernen uitsluitend of zelfs overwegend plaats vindt langs de weinig talrijke directe spino-vestibulaire vezels in de achterstrengen en het

dorsale deel der zijstreng. Vermoedelijk spelen vezels in het ventrolaterale deel der zijstreng een grote rol. De gebruikte fysiologische methoden verschaffen geen inlichtingen over ongemyliniseerde vezels.

7. Fysiologie van de spino-vestibulaire interactie

De fysiologische literatuur over de interactie van spinale en vestibulaire invloeden bevat bijna uitsluitend gegevens afkomstig van onderzoeken bij de kat.

WILSON e.a. (l.c.) citeren POMPEIANO en COTTI (1959), alsmede GIAQUINTO, POMPEIANO en SANTINI (1963), die vonden dat vestibulaire, proprio- en exteroceptive impulsen bij de gedecerebreerde kat met intact cerebellum convergeerden naar neuronen in de kern van Deiters en dat deze door allerlei invloeden meestal gefaciliteerd worden. Zij meenden dat de weg van het ruggemerg naar de Deitersse kern via het cerebellum liep. GIAQUINTO, POMPEIANO en SANTINI (l.c.) zagen deze facilitatie van de laterale vestibulaire kern na prikkeling van perifere groep II en III vezels, na stimulatie van groep IA vezels daarentegen niet.

DUMONT (1960) meende dat de activering van vestibulaire kernen die zij na elektrische prikkeling van de nervus radialis waarnam, een specifiek effect was dat tot stand kwam vanuit de substantia reticularis.

FREDERICKSON, SCHWARZ en KORNHUBER (1966) brachten van dorsaal uit, door het intacte cerebellum heen, stalen micro-electroden in de hersenstam en registreerden de activiteit van vestibulaire neuronen extracellulair. Bij anatomische controle bleken zij vooral cellen in het grensgebied van de mediale en de afdalende kern onderzocht te hebben. De activiteit van de vestibulaire neuronen werd door visuele en acustische prikkels niet beïnvloed. 106 van de 126 cellen die op vestibulaire galvanische stimulatie antwoordden, reageerden ook op sensibele prikkels en wel op specifieke wijze: De activiteit van 103 neuronen werd beïnvloed door gewrichtsbewegingen, de overige 3 waren gevoelig voor exteroceptieve stimuli. Druk op de musculatuur veroorzaakte geen verandering in de reacties op galvanische vestibulaire prikkeling. De antwoorden van de neuronen op gewrichtsbewegingen konden verder verdeeld worden in responsies op wervelbewegingen alléén (ca. 40% der cellen), op bewegingen van wervels en extremiteiten beide (eveneens ca. 40%) en op bewegingen der extremiteiten alleen (de overige 20%). De grote betekenis van proprioceptieve inlichtingen uit de nek wordt onderstreept door het feit dat ca. 45% van

de voor gewrichtsbewegingen gevoelige neuronen door nekbewegingen werden beïnvloed; ongeveer de helft uitsluitend door nekbewegingen. Het cerebellum werd bij één kat gedeeltelijk, bij twee totaal verwijderd, waarna spino-vestibulaire interactie onveranderd kon worden aangetoond.

WILSON, KATO, THOMAS en PETERSON (1966) onderzochten de invloed van elektrische stimulatie van achterpootzenuwen op de activiteit van neuronen in de kern van Deiters na decerebellatie. Stimulering van gemengde zenuwen of van huidtakken beneden de drempel van het „arousal effect” veroorzaakte reeds duidelijke veranderingen in de activiteit van de Deitersneuronen, die meestal gefaciliteerd en slechts zelden gehinibeerd werden. De aldus veroorzaakte veranderingen deden zich bilateraal maar overwegend aan de zijde van de stimulatis voor, met een latentietijd die erop wees dat de opstijgende banen tenminste twee synapsen bevatten.

ITO, HONGO, YASHIDA, OKADA en OBATA (1964) veroorzaakten excitatore mono-synaptische potentialen in laterale vestibulaire neuronen van de kat door prikkeling van de homolaterale helft van het halsmerg. Spino-vestibulaire interactie vindt vervolgens plaats in de ponto-medullaire substantia reticularis, zoals POTTHOFF en BURANDT (1964) bij de kat konden aantonen. Evenals andere schrijvers vonden zij echter dat in de substantia reticularis vooral exteroceptieve impulsen aankwamen.

GERNANDT en GILMAN (1959) zagen na supramaximale stimulering van een nervus vestibularis bij de kat, antwoorden in beide nervi radiales en tibiales anteriores. Een sagittale volledige doorsnijding van de hersenstam tussen de colliculi superiores en de obex beïnvloedde deze antwoorden niet. Wanneer de snede 6-8 mm naar caudaal verlengd werd, waarbij hij slechts 3-4 mm diep hoefde te zijn, verdween het gekruiste antwoord bijna geheel. Niet gepubliceerde onderzoeken van RASMUSSEN pleiten voor de juistheid van deze waarneming. Volgens deze schrijvers bestaat er een mono-synaptische verbinding tussen vezels van de nervus vestibularis en de gekruiste voorhoorn van het halsmerg.

MAGNUS (1924) kon bij een gedecerebreerde kat de tonische halsreflexen op de poten onverminderd opwekken na doorsnijding van de hersenstam ter hoogte van de calamus scriptorius. De halsreflexen op de voorpoten werden zwakker wanneer hij het ruggemerg caudaal van de oorsprong van de zenuw C 1 doorsneed; ze verdwenen pas na een ruggemergdoorsnijding ½ mm proximaal van de oorsprong van C 2. Afferente hals- en labyrinthimpulsen kunnen dus ook in het bovenste deel van het halsmerg samenkomen. Uit de summierende beschrijving die GERNANDT en GILMAN

van Rasmussen's werk geven is niet op te maken of vezels van de nervus vestibularis in het ruggemerg van de kat ook eindigen op cellen van de nucleus cervicalis lateralis. Deze kern ontvangt¹⁰ impulsen van twee soorten neuronen die niet behoren tot de tractus spino-cerebellaris dorsalis. Het meest talrijk zijn vezels die mono-synaptisch geactiveerd worden door huidafferenten uit de ipsilaterale lichaamshelft. Dit soort afferenten heeft een lage prikkel drempel voor lichte aanrakingen van de huid. De meeste neuronen van de tweede groep worden geactiveerd door huidafferenten voor grovere tastprikkelers en door spierafferenten met een hoge prikkel drempel. Het is niet uitgesloten, maar geenszins bewezen, dat de nucleus cervicalis lateralis van belang is voor de niet-adapterende halsreflexen.

DUENSING en SCHAEFER (1960) hebben de activiteit van cellen in de dorsomediale substantia reticularis van het rhombencephalon bij het vrij bewegend konijn geregistreerd. Dit deel van de substantia reticularis, door LORÉNTÉ DE NÔ (1928) vestibulaire reticularis genoemd, staat vooral in contact met de gekruiste vestibulaire kernen. Zij zagen dat de reticulaire neuronen door actieve en passieve kopbewegingen in tegengestelde zin werden beïnvloed. In hoeverre hier schors-, labyrint- en nekinvloeden bij betrokken waren konden zij niet vaststellen. Hun bevindingen bevestigden het sinds lang bekende feit dat de tonische hals- en labyrintreflexen op romp en extremiteiten tijdens fysiologische actieve en passieve kopbewegingen van elkaar gesubtraheerd worden.

Hoofdstuk III

ENKELE EXPERIMENTEN OVER CERVICALE POSITIENYSTAGMUS

8. Inleiding

In dit hoofdstuk worden enkele vragen gesteld. Iedere vraag wordt gevolgd door een beschrijving van de experimenten die daarop betrekking hebben, waarna hij voorlopig wordt beantwoord. Van de methoden worden in dit hoofdstuk alleen de technische bijzonderheden vermeld. De fysiologische overwegingen die de keuze van een werkwijze bepaald hebben, worden, in zoverre zij niet voor de hand liggen, tezamen met de resultaten van het onderzoek besproken in hoofdstuk IV. In dit laatste hoofdstuk worden ook minder voorlopige antwoorden geformuleerd op de vragen waarvan de eigen experimenten uitgaan.

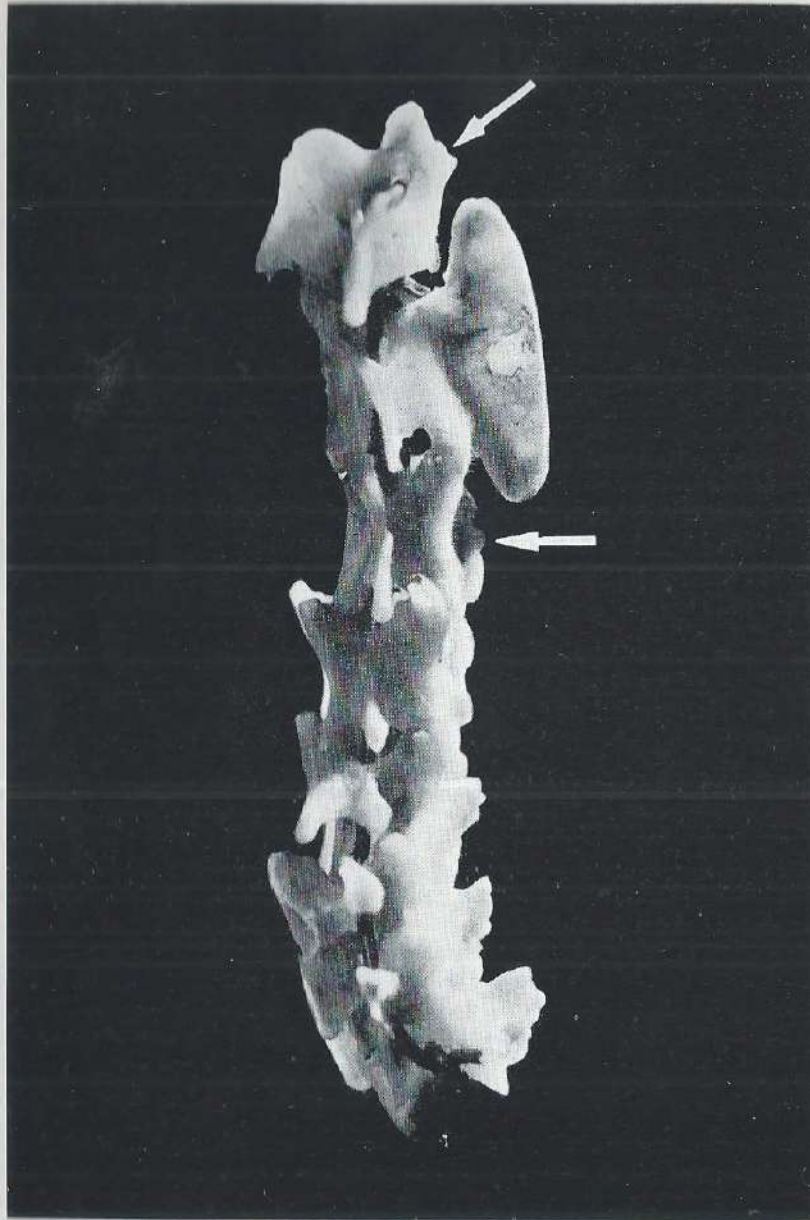
MATERIAAL EN METHODEN:

De experimenten zijn verricht op konijnen met een gewicht van 1500—4000 gram. De dieren zijn in buikligging op een plank bevestigd door hun poten te binden en hun thorax evenals de plank met een elastische zwachtel te omwikkelen. De kop is steeds met behulp van een klem zodanig gefixeerd dat de naso-occipitale as en de wervelkolom in één vlak liggen. De bitemporale as verloopt evenwijdig aan de onderlaag. Bij zijdelingse inspectie maakt de mondspleet een hoek van 30-40° met een horizontaal vlak, de normale neklordose is vrijwel verstreken zonder dat er een krachtige tractie op de nek wordt uitgeoefend. Oogbewegingen zijn vastgelegd door registratie van de corneoretinale potentiaal met behulp van een 4-kanaals AC-balansversterker van 20-2000 micro V/cm.

Deze registratiemethode heeft zoals bekend¹¹ is, belangrijke gebreken. Rotatiebewegingen van het oog om zijn optische as zijn in de curven niet te zien. Verschillende artefacten kunnen bedrieglijk sterk op nystagmus lijken. De voornaamste van deze artefacten zijn de lidslag, knippen van de membrana nictitans en plot-

¹⁰ NORRSELL en VOORHOEVE, 1962. LUNDBERG, NORRSELL en VOORHOEVE, 1963. LUNDBERG, 1964.

¹¹ JONGKEES, PHILIPSOON, 1963.



AFB. 1. Zijaanzicht van de halswervelkolom. De pijlen geven aan hoe de injectie-naald tot op de bogen C 1 en C 3 gebracht worden.

Lateral view of the cervical vertebrae. The arrows indicate how the needle is brought to the arches C 1 and C 3.

seling neusbewegingen tijdens motorische onrust. Daarom is nystagmus in dit onderzoek uitsluitend beschreven wanneer deze ook bij inspectie is waargenomen. Om vast te stellen of nystagmus bij het dier in zijligging aan beide ogen geconjugeerd optreedt wordt het onderliggende oog met behulp van een spiegelkje bekeken. Nadere bespreking van de gebruikte methoden gaat aan de beschrijving van de verschillende series experimenten vooraf.

9. Veroorzaakt inspuiting van procaine in de nek door plaatselijke werking van dit middel nystagmus?

MATERIAAL EN METHODEN:

De dieren worden in buik- en zijliggingen geobserveerd voor en na inspuiting van een procaineplossing, die voor ieder experiment vers bereid wordt door een moederoplossing van 10 of van 20% met fysiologische zoutoplossing 0,9% tot de gewenste sterkte te verdunnen. De moederoplossing wordt bewaard bij een temperatuur van 4-10° en maandelijks ververscht. De inspuiting (afb. 1, 2 en 3, pag. 20, 22 en 24) geschiedt van dorsaal uit. Over het craniale uiteinde van de grote processus spinosus van de wervel C 2 wordt de naald mediaan ingebracht tot op de boog van C 1, daarna enkele mm teruggetrokken en weer naar lateraal voortgeschoven totdat hij de boog C 1 omstreeks een halve cm buiten de mediaanlijn raakt. Op gelijke wijze kan de naald onder het caudale einde van het doornuitsteeksel C 2 langs, tot op de boog van de derde halswervel worden gestoken en vandaar lateraal-waarts naar de overgang C 2-3 gebracht worden. Ca. $\frac{1}{2}$ cm buiten de mediaanlijn spuit men de procaineplossing in, nadat is vastgesteld dat de naaldpunt niet in een vat ligt.

Een aantal inleidende experimenten leert dat positienystagmus, zij het niet altijd, reeds kan worden waargenomen na injectie van 2,5 ml procaine HCl 0,2%. Bovendien blijken grote hoeveelheden procaine (5-10 ml 2%) intragluteaal gespoten, clonische spiertrekkingen en nystagmus in zijligging te veroorzaken.

Als eerste controle wordt bij 10 konijnen 4 ml fysiologische zoutoplossing 0,9% in de nek gespoten (Zie aanhangsels I.a.1. t/m I.a.10.). Dit veroorzaakt in twee gevallen (I.a.1. en I.a.8.) gedurende de eerste minuten na de inspuiting direct na positiewisseling enkele slagen nystagmus. In de overige gevallen wordt geen nystagmus waargenomen.

Samenvatting: Injectie van fysiologische zoutoplossing in de nek veroorzaakt in de minderheid van de gevallen direct na de inspuiting een zwakke en kortdurende positienystagmus.

Vervolgens worden 10 konijnen uitgezocht (I.b.1. t/m I.b.10.) bij wie



AFB. 2. Achteraanzicht van de halswervelkolom. De pijl wijst het punt aan waar de naald de boog C1 raakt.

Posterior view of the cervical vertebrae. The arrow indicates the point where the needle touches the arch C1.

intragluteale inspuiting van 4 ml procaïne HCl 4% geen nystagmus veroorzaakt. Bij al deze dieren brengt inspuiting van 4 ml procaïne HCl 2% aan een zijde naast de eerste drie halswervels, in zijligging nystagmus te weeg. De duur hiervan varieert van ca. tien minuten tot ruim 2½ uur. De nystagmusrichting is niet constant. In één geval (I.b.6.) wordt pas na de derde procaïne-injectie in de nek, een langzame, fijne positienystagmus gezien. Bij nader onderzoek blijkt dit dier opvallend zwakke reacties van de oogstand op nektorsie te tonen. Geen van de dieren uit de serie I.b. vertoont nystagmus na intragluteale inspuiting van 4 ml 2% en 4 ml 1% procaïne.

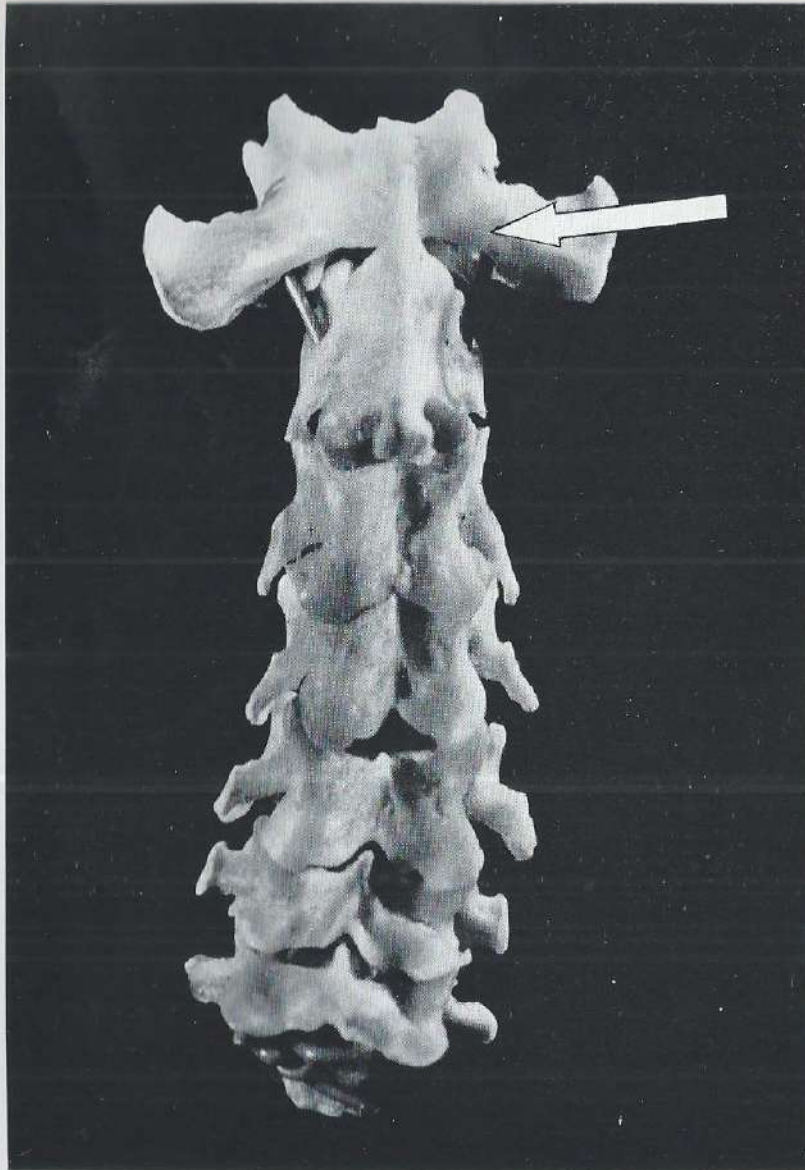
Samenvatting: Injectie van 4 ml procaïne 2% aan een zijde naast de eerste drie halswervels veroorzaakt bij alle onderzochte dieren in zijligging nystagmus van wisselende duur en slagrichting. Intragluteale inspuiting van 4 ml 4%, 4 ml 2% en 4 ml 1% HCl veroorzaakt geen nystagmus in middenstand of zijligging. De eerste vraag wordt op grond van de experimenten I.a. en I.b. voorlopig bevestigend beantwoord. Inspuiting van procaïne in de nek veroorzaakt door plaatselijke werking nystagmus.

10. Berust positienystagmus, door inspuiting van procaïne in de nek veroorzaakt, op uitschakeling van somato-sensibele vezels?

Deze vraag is aanleiding tot het verrichten van drie experimenten, II.a., II.b. en II.c. In de reeks II.a. wordt nagegaan of de nystagmus, opgewekt door inspuiting van procaïne in de nek, na unilaterale doorsnijding van de sensibele vezels der eerste vier halsmergsegmenten aan een zijde een constante richting vertoont.

MATERIAAL EN METHODEN:

Aanvankelijk wordt geprobeerd om eenzijdig de achterwortels C1 tot en met C4 door te snijden. Deze ingreep geeft, wat betreft de eerste twee wortels geen grote moeilijkheden, aangezien beide intervertebrale ganglia buiten het wervelkanaal liggen, zodat de wortels C1-2 proximaal van het ganglion volledig kunnen worden doorgesneden. Geheel anders is het met de wortels C3-4. Zoals MAGNUS en STORM VAN LEEUWEN (1914) evenals BIEMOND (1939, 1940) reeds beschreven, gaan deze achterworteldoorsnijdingen, die na laminectomie moeten geschieden, gepaard met heftige en bijna altijd dodelijke bloedingen. Bovendien blijkt bij eigen, niet beschreven waarnemingen, dat de stabiliteit van de halswervelkolom bij het konijn gering is. Dieren die na een laminectomie postoperatief zonder neurologische uitvalsverschijnselen alleen in een hok worden geplaatst, krijgen meestal binnen enkele dagen een luxatie van de wervelkolom met een partiële of complete cervicale dwarslesie.



AFB. 3. Achteraanzicht van de halswervelkolom. De pijl wijst het punt aan waar het vloeistofdepot gelegd wordt.

Posterior view of the cervical vertebrae. The point where the fluid depot is placed is indicated by the arrow.

Voor het onderzoek is het noodzakelijk dat de konijnen de ingreep lang overleven. Daarom wordt besloten alle takken van de zenuwen C 3-4 dicht bij de wervelkolom door te snijden. De ingreep wordt verricht onder locale anesthesie met procaïne HCl 1%. Na afloop van de operatie wordt het dier minstens veertien dagen met rust gelaten, in welke periode de wond geheel geneest. In deze periode moet één dier na het ontstaan van een cervicale dwarslaesie worden gedood. Beide andere dieren worden ieder 5 maal in de nek ingespoten met 4 ml procaïne HCl 2%. Eenzelfde hoeveelheid wordt ter controle intragluteaal geïnjecteerd.

Beide dieren die volledig onderzocht kunnen worden (II.a.1. en II.a.2.), tonen na doorsnijding aan een zijde van de achterwortels C 1-2 alsmede van de zenuwen C 3-4, na inspuiting van procaïne in de nek, in zijligging nystagmus. Dit experiment wordt op beide dieren vijf maal verricht. Het is van geen belang, aan welke kant de procaïne in de nek gespoten wordt. Ook ditmaal variëren de duur en de richting van de waargenomen nystagmus sterk. Inspuiting van eenzelfde hoeveelheid procaïne in de bil veroorzaakt geen nystagmus in buik- of zijligging.

Interessante verschijnselen die zich bij de dieren II.a.1., II.a.2. en II.a.3, direct na de zenuwdoorsnijding voordoen, worden in het volgende hoofdstuk besproken.

Samenvatting: Na doorsnijding aan een kant der somato-sensibele vezels van de eerste vier cervicale segmenten veroorzaakt inspuiting van procaïne in de nek, in zijligging van het dier, nystagmus die geen constante richting vertoont en een wisselende duur heeft. De nystagmus wordt ook waargenomen na inspuiting aan de kant van de zenuwdoorsnijding. Hij berust op plaatselijke werking van het anestheticum.

In Serie II.b. wordt de mogelijkheid onderzocht om door procaïne-inspuitingen nystagmus op te wekken na doorsnijding der somato-sensibele vezels van de eerste vier halsmergsegmenten aan beide kanten. Voor materiaal en methoden zie serie II.a. De verschijnselen die direct na de operatie ontstaan zullen ter sprake komen in het volgende hoofdstuk. Vóór de ingreep wordt vastgesteld dat de dieren na inspuiting van procaïne in de nek positienystagmus vertonen. Na herstel van de operatie vertonen drie dieren die volledig onderzocht worden geen nystagmus in buik- of zijligging nadat zij met procaïne in de nek gespoten zijn. Dit experiment is bij ieder dier vijfmaal verricht.

Samenvatting: Na doorsnijding der somato-sensibele vezels van de eerste vier halsmergsegmenten aan beide kanten, veroorzaakt inspuiting van procaïne in de nek geen nystagmus meer in buik- of zijligging van het dier.



AFB. 4. Dorsolateraal aanzicht van de halswervelkolom. Pijl: plaats waar de vertebrale vaatzenuwstreng wordt aangeboord.

Dorsolateral view of the cervical vertebrae. The arrow indicates the point at which drilling will reveal the vertebral neurovascular bundle.

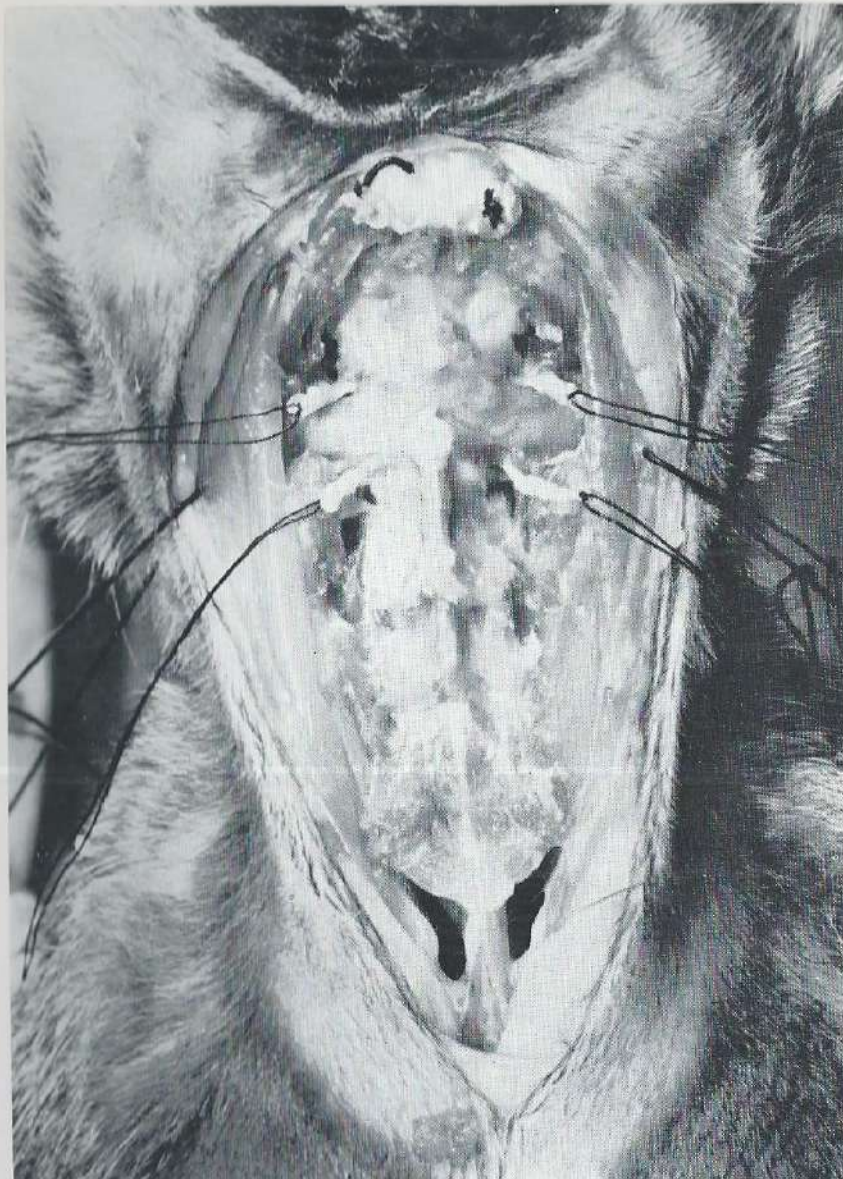
Serie II.c. is een onderzoek naar het ontstaan van nystagmus door injectie van procaine in de nek, wanneer tevoren de vertebrale vaatzenuwstrengen zijn vernietigd.

MATERIAAL EN METHODEN:

De opzet van de proef is om de nervi vertebrales uit te schakelen zo dicht bij het achterhoofdsgeat als mogelijk is. Pogingen om de vertebrale vaatzenuwstrengen tussen twee halswervels in, of tussen C1 en het occiput, na onderbinding te doorsnijden mislukken ten gevolge van hevige bloedingen. Vervolgens wordt geprobeerd om de wervelboog C1 beiderzijds af te slijpen totdat de vaatzenuwstrengen bloot liggen. Ook hierbij doen zich hevige en niet te stelpen bloedingen voor. Uiteindelijk wordt op voorstel van Collega P. P. E. O. M. Devriese, besloten de wervelboog C1 af te slijpen met een frees totdat de vertebrale vaatzenuwstrengen blauwrood doorschemeren. Daarom worden deze strengen van dorsaal aangeboord (afb. 4, pag. 26), hetgeen een hevige veneuze of ook arteriële bloeding veroorzaakt, die echter gemakkelijk en snel met beenwas tot stilstand gebracht kon worden. De vaatzenuwstrengen kunnen dan met behulp van een soldeerhoutje worden gecongeleerd. Tenslotte wordt de wervelboog beiderzijds volledig doorgeboord, waarbij door inspectie kan worden vastgesteld dat de craniale en caudale stompjes van de vaatzenuwstreng gescheiden zijn door een hiaat van minstens 3 mm. De ingreep geschiedt onder locale anesthesie met 1% procaine HCl. Aanvankelijk moeten bij het vrijleggen van de boog C1 beide zenuwen C1 worden doorgesneden. Later kan de operatie zonder grove beschadiging van deze zenuwen verricht worden. Inspuiting van procaine in de nek geschiedt na herstel van de operatie.

Volledig onderzocht worden twee dieren (II.c.2. en II.c.3.) waarbij de zenuwen C1 en C2 tijdens de operatie gespaard blijven en een konijn (II.c.1.) waarvan beide zenuwen C1 tevoren zijn doorgesneden. Alle tonen na iedere injectie van procaine in de nek nystagmus in zijligging. De drie dieren worden alle vijfmaal onderzocht. Controle-inspuitingen intragluteaal veroorzaken geen nystagmus in buik- of zijliggingen.

Samenvatting: Na destructie van beide vertebrale vaatzenuwstrengen beiderzijds ter hoogte van de wervelboog C1 veroorzaakt injectie van procaine in de nek door locale werking van het anestheticum nystagmus in zijligging. Ook de tweede vraag wordt op grond van de resultaten der series II.a., II.b. en II.c. voorlopig bevestigend beantwoord: De besproken nystagmus berust op uitschakeling van somato-sensibele vezels.



AFB. 5. Achteraanzicht van de halswervelkolom na verwijdering van de musculatuur (Zie ook diagram pag. 29).

Posterior view of the cervical vertebrae after removal of the musculature (See also diagram on p. 29).

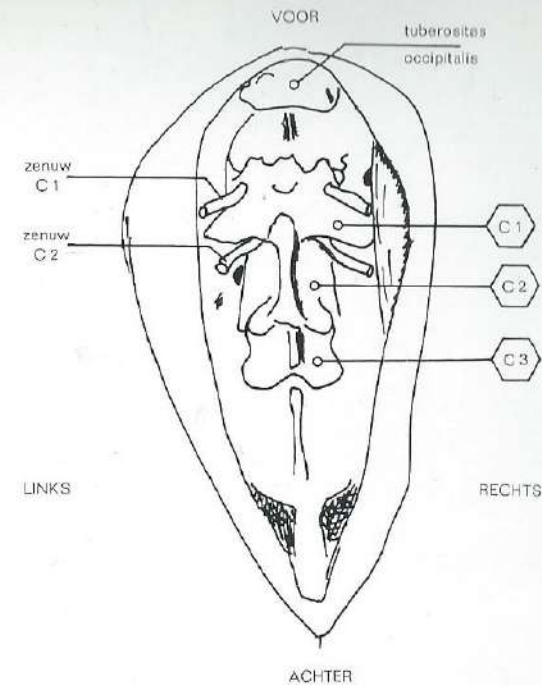


Diagram behorend bij afb. 5.

Diagram belonging to fig. 5.

(achter = caudal; links = left; rechts = right; zenuw = nerve; voor = cranial.)

11. Welke nekreceptoren moeten worden uitgeschakeld opdat positienystagmus ontstaat?

Aan de hand van drie series experimenten III.a., III.b. en III.c. wordt gepoogd een antwoord te verkrijgen.

Serie III.a. betreft het effect van uitschakeling van oppervlakkige nekreceptoren aan één kant.

MATERIAAL EN METHODEN:

De nekhuid wordt aan één zijde geïnfilteerd met procaine HCl 1% waarna het dier een uur lang geobserveerd wordt. Nadat opnieuw procaine HCl 1% subcutaan gespoten is, worden de nekhuid en de subcutis vanaf het occiput tot aan de schouder van dorsomediaan uit aan een zijde losgeprepareerd tot ventromediaan in de hals. De aldus verkregen huidlap wordt direct daarop met nylon weer vastgehecht.



AFB. 6. Vooraanzicht van de halswervelkolom na verwijdering van de musculatuur. (Zie ook pag. 31).

Anterior view of the cervical vertebrae after removal of the musculature (See also diagram on p. 31).

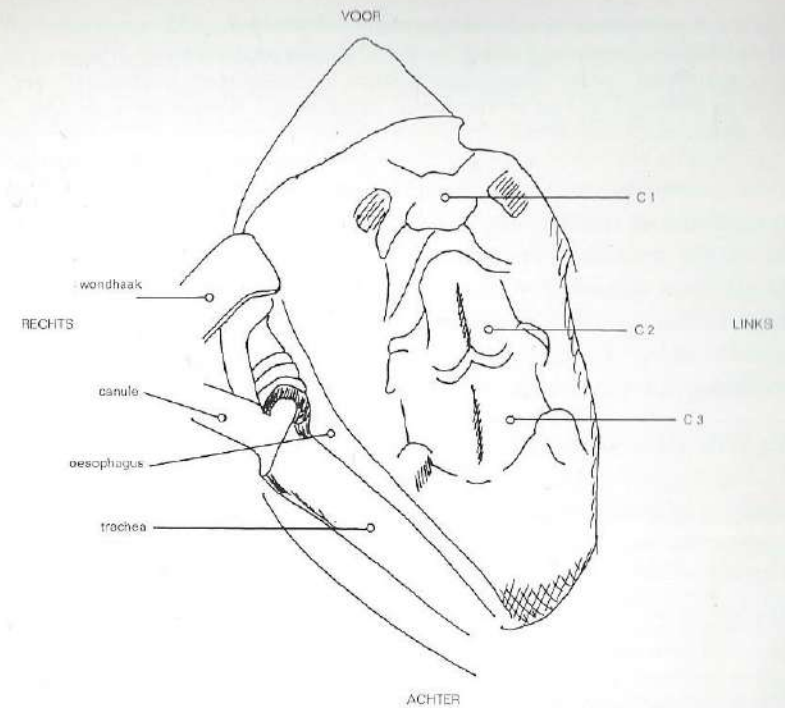


Diagram behorend bij afb. 6.

Diagram belonging to fig. 6. (Achter = caudal; links = left; rechts = right; canule = cannula; wondhaak = retractor; C1, 2, 3 = vertebrae C1, 2, 3; voor = cranial.)

Bij vijf dieren blijkt dat noch eenzijdige procaïne-infiltratie, noch ipsilaterale denervatie van nekhuid en subcutis door nystagmus in buik- of zijliggingen gevolgd worden.

Samenvatting: Uitschakeling van oppervlakkige nekreceptoren aan een kant veroorzaakt geen nystagmus in buik- of zijligging.

Serie III.b. dient om vast te stellen of operaties aan de nekspieren tot nystagmus aanleiding geven. Deze ingreep verstrekt alleen dan informatie, wanneer operatieve verwijdering van de musculatuur geen nystagmus veroorzaakt. In dat geval is namelijk bewezen dat alleen receptoren in de diepe nekligamenten en de intervertebrale gewrichten van betekenis zijn.

MATERIAAL EN METHODEN:

De ingreep geschiedt onder lichte aethernarcose. Eerst wordt vastgesteld dat het dier ook tijdens het bijkomen uit de oppervlakkige narcose geen nystagmus in buik-

of zijligging vertoont. Daarna wordt opnieuw kortdurend aether toegediend, zodat huid en platysma gespleten kunnen worden. Na deze splijting wordt nagegaan of de dieren nystagmus tonen. Vervolgens worden de nekspieren losgemaakt van het occiput en de boog C 1. Daarna wordt weer gekeken of er nystagmus is ontstaan. Dan volgt wondsluiting met nylon.

Nadat losmaken van de spieren van het occiput en de boog C 1 tweemaal gevolgd is door nystagmus in zijligging, wordt deze serie niet uitgebreid. Dit resultaat kan namelijk zowel door de ingreep aan de spieren zelf, als door verandering van de proprioceptieve informatie uit de diepe nekligamenten en de intervertebrale gewrichten verklaard worden.

Samenvatting: Losmaken van de nekspieren van het occiput en de wervelboog C 1 veroorzaakt in zijligging nystagmus.

In Serie III.c. wordt nagegaan of op doorsnijding van de achterwortels C 1-2 nystagmus volgt, wanneer tevoren de musculatuur en een zo groot mogelijk deel der ligamenten van de eerste vier halswervels operatief zijn weggenomen.

MATERIAAL EN METHODEN:

Onder aethernarcose wordt een mediane dorsale huidsnede gemaakt waarna het platysma gespleten en gedenerveerd wordt. Vervolgens worden in de loop van ca. 2,5 tot 4 uur alle nekspieren zo dicht mogelijk bij hun oorsprong en insertie doorsneden en geëxtirpeerd, zodat de kop en de romp samenhangen door middel van de wervelkolom, de carotiden, de halsvenen, de slokdarm, de luchtpijp, de huid en de subcutis. Door inspectie wordt vastgesteld dat de vier eerste cervicale zenuwen met voornoemde weke delen geen contact meer hebben (afb. 5 en 6, pag. 28 en 30). Daarop wordt ca. 2 uur lang gewacht totdat in middenstand en zijliggingen geen nystagmuslagen meer te zien zijn. Vervolgens worden de achterwortels C 1-2 aan een kant doorsneden, waarna het dier in buik- en zijliggingen gebracht wordt om nystagmus te zien en te registreren. Wanneer deze nystagmus verdwenen is, volgt doorsnijding van de resterende achterwortels C 1-2, en opnieuw wordt het dier in buik- en zijliggingen geobserveerd. Na afloop van de ingreep wordt het dier met een letale dosis nembutal gedood.

De vier konijnen III.c.1. t/m III.c.4. die deze operatie ondergaan, tonen zowel na de eerste als na de tweede unilaterale achterworteldoorsnijdingen duidelijke nystagmus in zijligging. De richting van deze nystagmus blijkt in een aantal regels te kunnen worden beschreven. Na de uitgebreide destructie van de weke delen in de nekstreek, duurt de nystagmus na achterworteldoorsnijding bij een van de dieren ruim 2½ uur. Bspreking van de nystagmusrichting vindt plaats in het volgende hoofdstuk.

Samenvatting: Na uitschakeling van de huid- en spierreceptoren aan beide kanten, veroorzaakt doorsnijding van de beide eerste cervicale achterwortelparen aan één zijde steeds positienystagmus wanneer het dier ligt op de kant waar geen achterwortels zijn doorsneden. Soms ziet men nystagmus in beide zijliggingen. Het voorlopig antwoord op de derde vraag is dat uitschakeling van afferente vezels afkomstig uit receptoren in de diepe nekligamenten en de intervertebrale gewrichten een belangrijke oorzaak van cervicale positienystagmus is. Het is niet uitgesloten dat destructie van spierreceptoren van ondergeschikte betekenis is. Eliminatie van oppervlakkige receptoren is niet van duidelijk belang.

12. Ontstaat er positienystagmus wanneer procaine in de nek wordt gespoten na vernietiging van beide labyrinten?

MATERIAAL EN METHODEN:

Labyrintectomie vindt plaats onder aethernarcose op de manier, aangegeven door DE KLEYN en VERSTEEGH. Tussen de labyrintectomieën bij een dier wordt minstens 14 dagen gewacht. Minimaal 8 weken na de tweede operatie wordt het ontbreken van vestibulaire reacties op de torsie- en de parallelschommel vastgesteld¹². Daarna wordt ieder dier vijfmaal onderzocht na inspuiting van 4 ml procaine HCl 2% aan één kant in de nek.

De resultaten verkregen bij de dieren IV.1. t/m IV.4. stemmen volledig overeen en wijzen uit dat injectie van procaine in de nek na destructie van de labyrinten niet meer gevolgd wordt door nystagmus in buik- of zijliggingen.

Samenvatting: Bij labyrintloze dieren veroorzaakt procaine-injectie in de nek geen positienystagmus. De vierde vraag wordt derhalve ontkennend beantwoord.

¹² JONGKEES, GROEN, 1946. JONGKEES, 1953. JONGKEES, PHILIPZON, 1963. OOSTERVELD, 1965. JONGKEES, 1966 a en b.

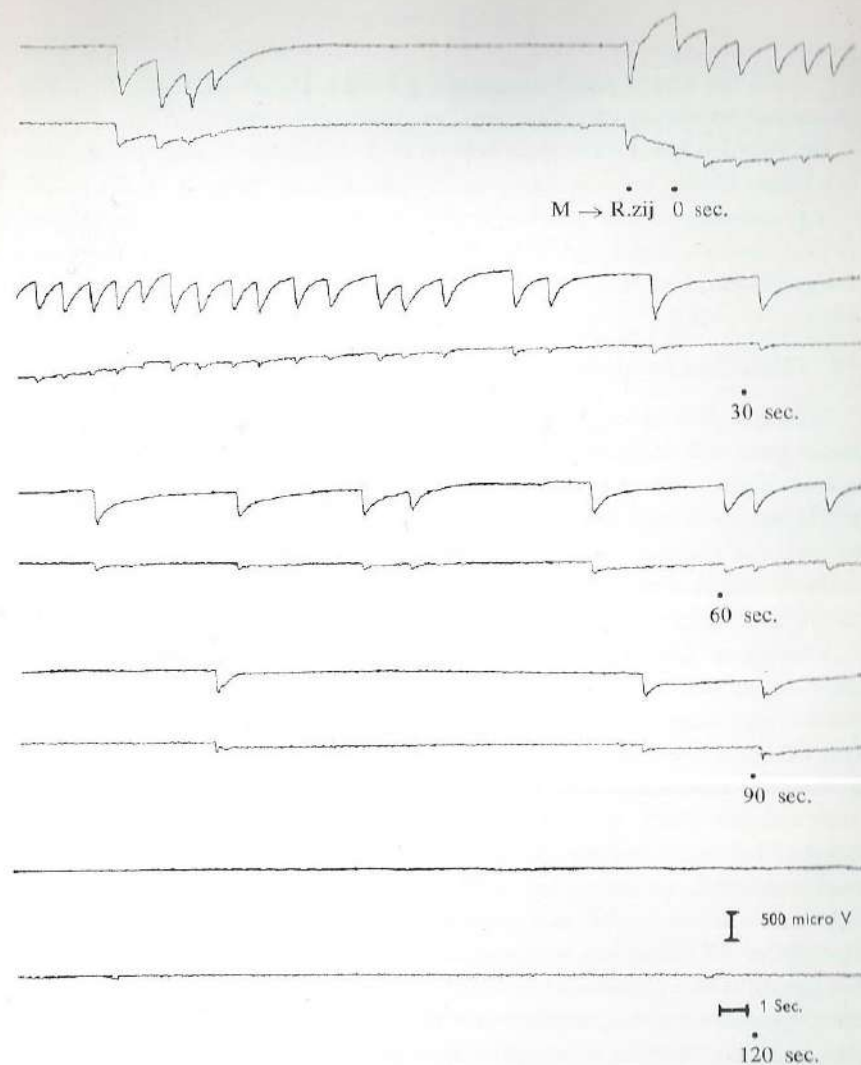
Hoofdstuk IV

BESPREKING VAN DE VERKREGEN RESULTATEN, CONCLUSIES UIT HET EIGEN ONDERZOEK, FORMULERING VAN HYPOTHESEN EN RICHTLIJNEN VOOR VERDER EXPERIMENTEEL WERK

13. Gebruik van de woorden *positienystagmus* en *tonische reflexen*

Het gebruik van het woord *positienystagmus* eist een korte toelichting: Sinds enkele jaren heeft men in de Angelsaksische literatuur de begrippen *positioning* en *postural nystagmus* ingevoerd. In het Duitse taalgebied spreekt men van *Lagerungs-* respectievelijk *Lagenystagmus*. Onder *positioning nystagmus* of *Lagerungsnystagmus* verstaat men een nystagmus die ontstaat terstond nadat de patiënt of het proefdier in een bepaalde stand in de ruimte is gebracht, dus met duidelijke bewegingsprikkels in de ruimte of tussen hoofd en romp, terwijl *postural nystagmus* of *Lagenystagmus* zonder, of na afloop van deze bewegingsprikkels ontstaat, wanneer de patiënt of het dier zich in een bepaalde stand bevinden. In het Nederlands zou men de begrippen *leggings-* en *liggingsnystagmus* kunnen gebruiken, die in een gesprek door hun grote onderlinge gelijkenis evenwel verwarring zouden veroorzaken. JONGKEES stelt daarom voor om te spreken over *plaatsings-* of *positienystagmus*.

De procaïne-injecties, beschreven in het vorige hoofdstuk, veroorzaken steeds en zonder dat de nek getordeerd wordt, *plaatsingsnystagmus*. Kort na de inspuiting duurt de nystagmus bij een klein deel van de dieren zo lang, dat de versnellingsprikkels is uitgewerkt en men wel van *positienystagmus* in de nieuwe zin van het woord moet spreken. Deze *positienystagmus* gaat na enige tijd in een *plaatsingsnystagmus* over, die geleidelijk na de positiewisselingen korter gaat duren en tenslotte helemaal verdwijnt. Omdat splitsing in *plaatsings-* en *positienystagmus* geen beter inzicht in de cervicale nystagmus geeft, wordt in de beschrijving van de experimen-



AFB. 7a. *Plaatsingsnystagmus*. De tijdrekening begint direct na de positiewisseling.

Linker oog: Bovenste kanaal = horizontale bewegingen
Onderste kanaal = verticale bewegingen

Positioning nystagmus. Timing begins immediately upon completion of positioning change.

Left eye: Upper channel = horizontal movements
Lower channel = vertical movements

(M → R. zij: change from the prone into the right lateral position).

ten alléén het woord positienystagmus gebruikt. De afbeeldingen 7a en 7b geven een voorbeeld van plaatsings- en positienystagmus.

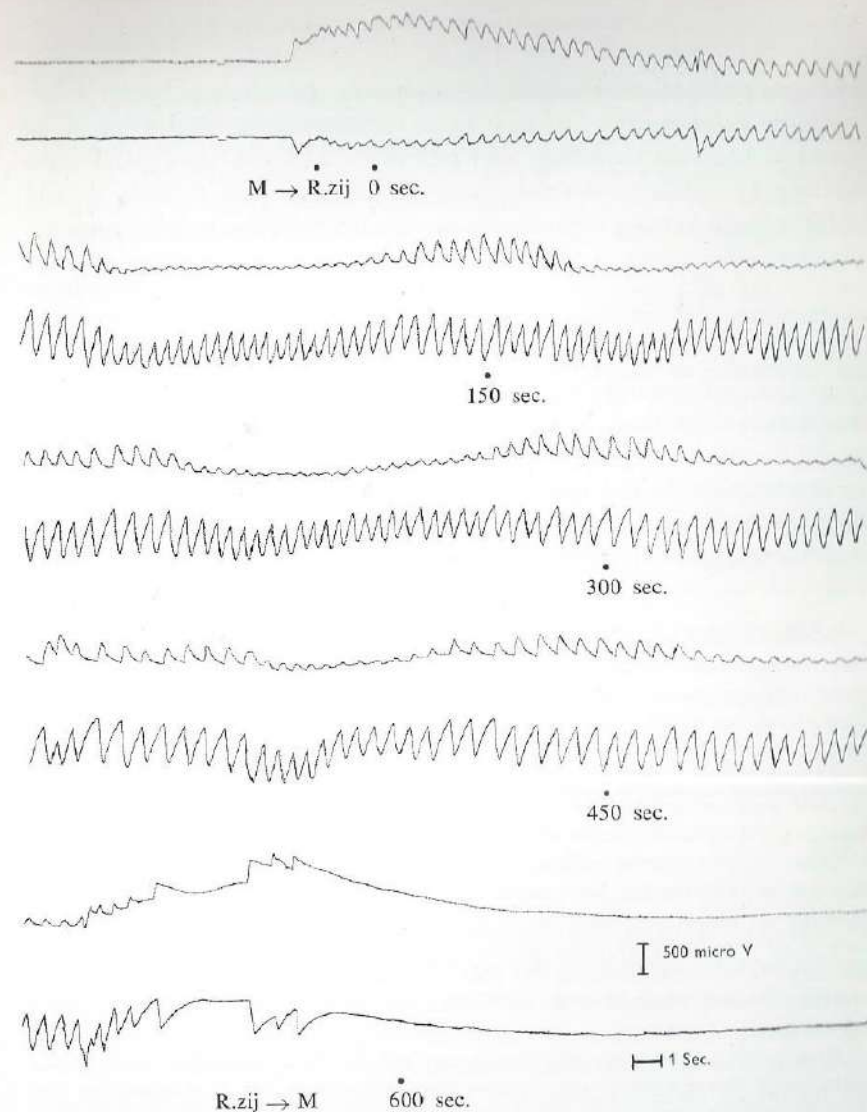
De woorden tonus en tonisch hebben in de literatuur niet steeds dezelfde betekenis. Onder tonische hals- en labyrintreflexen worden in dit proefschrift niet-adapterende houdingsreflexen verstaan, waarvan de receptoren respectievelijk gelegen zijn in het innervatiegebied van de eerste vier halsmergsegmenten en in de labyrinten.

14. Plaatselijke en algemene werking van de procaine

Men kan zich afvragen waarom er tijdens de experimenten van serie I zulke grote hoeveelheden procaine in de nek zijn gespoten. Dit is gedaan omdat injectie van kleinere doses een minder constant resultaat geeft, zodat het bij menig dier nodig is om het experiment een of meer keren te herhalen voordat er positienystagmus verschijnt. Door de intragluteale controle-inspuitingen wordt de mogelijkheid dat de nystagmus een algemeen vergiftigingsverschijnsel is voldoende uitgesloten.

Vervolgens kan men tegenwerpen, dat de nystagmus veroorzaakt is doordat een deel van de procaine intrathecaal terecht is gekomen. De gebruikte injectietechniek, waarbij nooit wordt ingespoten zonder dat men een benige weerstand heeft gevoeld en de naald daarna iets heeft teruggetrokken, maakt het mogelijk om met stelligheid te ontkennen dat het anestheticum direct intrathecaal gespoten is; indien nystagmus ontstaat doordat het verdovingsmiddel door de ruggemervliezen heendringt, kan men niet verklaren dat na het doorsnijden van de eerste vier paren cervicale zenuwen (serie IIb) geen positienystagmus meer wordt waargenomen. Hoewel er na inspuiting van procaine in de nek nystagmus ontstaat die het gevolg is van plaatselijke werking van dit anestheticum, moet toch de mogelijkheid worden opengelaten dat de duur en de richting van de nystagmus beïnvloed worden door algemene werkingen van het verdovingsmiddel.

Het is bekend (MOESCHLIN, 1964), dat vergiftiging van de mens met cocaïnerivaten duizeligheid, collaps, bewustzijnsdaling, epileptische insulten en een ademverlamming kunnen veroorzaken. Bij het konijn ziet men wanneer het dier door overdosering van procaine clonische spiertrekkingen heeft, nadat het dier in zijligging geplaatst is, geregeld positienystagmus, zoals eigen waarnemingen bij accidentele overdoseringen hebben aangetoond. Van de andere kant is bij de mens vastgesteld (GEJROT, 1963), dat intraveneuze inspuiting van kleine hoeveelheden xylocaïne een



AFB. 7b. Positienystagmus. Tijdsindicaties: zie 7a.

Linker oog: Bovenste kanaal = horizontale bewegingen
Onderste kanaal = verticale bewegingen

Postural nystagmus. Time indications: see 7a.

Left eye: Upper channel = horizontal movements
Lower channel = vertical movements

(M → R.zij = change from the prone into the right lateral position;

R.zij → M = change from the right lateral into the prone position).

nystagmus van centraal vestibulaire oorsprong onderdrukt.

Uit de experimenten van serie Ia en Ib mag daarom slechts geconcludeerd worden dat inspuiting van procaine in de nek door plaatselijke werking nystagmus veroorzaakt, waarvan de richting en de duur wellicht mede bepaald worden door intoxicatie van het proefdier met het anestheticum.

15. Uitschakeling van nekreceptoren aan één kant

In de serie IIa worden de nekreceptoren aan één kant uitgeschakeld door de eerste twee cervicale achterwortels evenals de zenuwen C 3 en C 4 door te snijden. Men zou geneigd zijn om de vernietiging van de efferente vezels te beschouwen als een onaanvaardbaar gebrek van de methode. Uit de literatuur blijkt evenwel, dat spieren waarvan de afferente innervatie acuut wordt uitgeschakeld, voorbijgaand ernstig verzwakt of geheel verlamd raken.

MAGENDIE zag in 1822 bij een hond een ernstige parese van een achterpoot ontstaan nadat deze afferent gedenerveerd was.

In 1823 nam FODÉRA waar, dat de oorschelp van een konijn onbeweeglijk neerhing nadat aan dezelfde kant de nervus trigeminus was doorgesneden. Deze waarneming werd door FILEHNE (1886) bij het gedecerebreerde konijn bevestigd.

CLAUDE BERNARD (1958a) stelde bij kikkers en honden vast, dat denervatie van de huid geen invloed had op de bewegingen van de extremiteiten, die daarentegen belangrijke motiliteitsstoornissen toonden na hun volledige de-afferentering.

MOTT en SHERRINGTON (1895), die hun apen aan BASTIAN (1895) lieten zien, vonden dat de willekeurige bewegingen in de voor- en achterpoot vrijwel volledig uitvielen na het doorsnijden van de achterwortels cervicalis 4 tot en met thoracalis 4 en ¹³ postdorsalis 2 tot en met 10. Later stelde SHERRINGTON (1900) vast, dat de ontherseningstijfheid in een poot door de-afferentering verdween en in een tevoren afferent gedenerveerde extremiteit niet door onthersening kon worden opgewekt.

MUNK (1909) observeerde zijn apen langer dan MOTT en SHERRINGTON en zag de willekeurige beweeglijkheid van de gevoelloze poten enige tijd na doorsnijding van de achterwortels gedeeltelijk terugkeren, zonder echter geheel te herstellen. Deze verbetering van de pasesen kon al daags na de afferente denervatie beginnen.

BICKEL (1897, 1903) nam waar dat de verlammingen na achterworteldorsnijingen ook bij labyrintloze honden ontstonden en bevestigde verder, evenals KORNILOFF (1897), de waarnemingen van MAGENDIE en BERNARD.

¹³ Dit is een in onbruik geraakte naam voor de caudaal van het borstmerg gelegen spinale segmenten en hun wortels.

FOL (1911) zag dat de adembewegingen van konijnen verzwakten door de-afferentering van de ademhalingspijpen.

COOMBS (1918, 1930) nam dit eveneens bij de kat waar.

RANSON (1928) zag gedurende het eerste etmaal na de-afferentering van een achterpoot bij de kat, een vrijwel complete atonie.

LASSEK (1951, 1953, 1955), LASSEK en MOYER (1953) zagen bij apen (*Macacus mulatus*) en katten een bijna volledige verlamming in extremiteiten die door achterworteldorsnijing gevoelloos waren gemaakt.

TWITCHELL (1954) beschreef bij laatstgenoemde apensoort identieke gevolgen van de-afferentering.

Tenslotte beschreven NATHAN en SEARS (1960) twee patiënten die cervicale en één die thoracale achterworteldorsnijingen ondergingen ter bestrijding van pijn. Allen toonden een zwakte van de afferent gedenerveerde spieren die later gedeeltelijk herstelde.

Direct nadat men aan de linker kant acuut de eerste twee cervicale achterwortels evenals de zenuwen C 3 en C 4 onder plaatselijke verdoving heeft uitgeschakeld, ziet men hypotonie van de linker lichaams-helft met lateropulsie en valneiging naar links, lichte wending van de kop om een dorso-ventrale as naar rechts en lichte draaiing van de kop om zijn naso-occipitale as, zodat de linker oogkas ten opzichte van de onderlaag wat hoger komt te staan dan de rechter. Door torsie van het bekken ten opzichte van de romp ligt het dier op zijn linker bil, terwijl soms rollen van het lichaam om zijn lengte-as wordt gezien. Wanneer de onderzoeker vóór het dier staat, dan rolt dit om in de richting van de wijzers van de klok. Het loopt, van boven gezien, dwangmatig in cirkels rechtsom.

Het grootste deel van deze verschijnselen verdwijnt in de loop van 30 tot 60 minuten. Het rollen duurt slechts enkele minuten. Daarna nemen tezamen de lateropulsie en het dwangmatig lopen in cirkels af. De hypotonie is na een uur niet meer goed vast te stellen. Blijvende afwijkingen zijn een zwakke wending van de nek om een dorso-ventrale as naar rechts en een zwakke draaiing van de kop om een naso-occipitale as, zodat de rechter oogkas iets lager staat dan de linker. Buiten deze iets afwijkende kopstand toont het dier tijdens de eerste dagen na de operatie, wanneer het vrij rondloopt, geen bijzonderheden. Wanneer het konijn schrikt en wegloopt ziet men het echter weken na de operatie nog naar rechts afwijken. Het zou niet juist zijn om alle waargenomen verschijnselen te wijten aan de zenuw- en worteldorsnijingen, omdat de nek voor de ingreep met procaine is geïnfilteerd.

Verder moet er met nadruk op gewezen worden, dat de literatuur over afferente denervatie van spieren bij het konijn (FODÉRA, FILEHNE, FOÀ, l.c.) alleen mededelingen bevat over acute experimenten. Hoe lang de zwakte van een spier duurt nadat hij afferent gedenerveerd is, staat dus niet vast. Wanneer de stand van de kop na unilaterale doorsnijding van nekspierzenuwen afwijkend is en blijft, dan mag men direct na de operatie zeggen, dat dezelfde afwijkende houding ook na een uitsluitend afferente denervatie zou zijn ontstaan. Men moet echter in het midden laten, na hoeveel tijd de efferente denervatie mede bepalend wordt voor de stand van de kop.

VÓÓR BIEMOND heeft alleen MACNALLY (1926) de gevolgen van unilaterale achterworteldoorsnijdingen bij het konijn bestudeerd. Hij zag na doorsnijding van twee van de eerste drie cervicale achterwortels draaiing en wending van de kop over 90 graden naar de niet geopereerde kant.

Misschien berust de zeer grote afwijking van de kopstand die door MACNALLY is waargenomen, op een verschil in benaderingswijze van de achterwortels tijdens de operatie. Een andere verklaring zou kunnen zijn, dat hij beschikte over dieren met sterke tonische hals- en zwakke tonische labyrinthreflexen. Dat er grote individuele verschillen bestaan in de krachtsverhoudingen tussen de hals- en labyrinthreflexen, is door MAGNUS en STORM VAN LEEUWEN (1914) vastgesteld.

16. Uitschakeling van nekreceptoren aan beide kanten

Het is opvallend, hoe weinig veranderingen een konijn toont na doorsnijding van zijn eerste twee halswortels aan beide kanten en de zenuwparen C3 en C4. Gedurende één à twee uur na de operatie is het dier minder beweeglijk, zit wat onvast op zijn poten, waarbij de romp kleine en langzame schommelingen van links naar rechts kan maken. Het meest opvallend zijn „neen“-schudbewegingen van de kop, die toenemen wanneer het konijn aan zijn rughuid van de onderlaag wordt opgetild. Deze schudbewegingen met een kleine amplitudo hebben geen snelle of langzame fase. Ook katten en konijnen van MAGNUS (1924) hadden na achterworteldoorsnijding opvallend weinig afwijkingen.

COHEN (1961) beschreef bij de baviaan (*Papio papio*) en de langstaartaap (*Macacus nemestrinus*), één tot twee uur durende coördinatiestoornissen na plaatselijke verdoving van het weefsel rondom de bovenste drie halswervels. Hij observeerde de dieren bovendien tot drie weken lang na

doorsnijding van de eerste drie paar cervicale achterwortels. Zij hadden na deze ingreep evenwichtsstoornissen en voorbijgrijpen, die in verloop van tijd slechts weinig teruggingen. Mededelingen over nystagmus verstrekte hij niet.

KORNHUBER (1966) vermeldt terloops, dat hij bij katten na intradurale doorsnijding van cervicale achterwortels ernstige evenwichtsstoornissen heeft zien ontstaan.

17. Destructie van de vertebrale vaatzenuwstrengen

WRETE (1941) heeft beschreven, dat vanuit de cervicale sympathische ganglia bij het konijn regelmatig post-synaptische vezels langs cervicale gemengde zenuwen naar de vertebrale vaatzenuwstreng lopen, waar ze met de nervi vertebrales die uit het onderste cervicale ganglion ontspringen, een plexus vertebralis vormen. De arteriae vertebrales worden dus niet volledig gedenerveerd door de ganglia cervicalia inferiora te extirperen. Daarom is in de serie IIc een wat omslachtige techniek gebruikt waarmee de vertebrale vaatzenuwstrengen ter hoogte van de eerste halswervel onderbroken kunnen worden.

18. Positienystagmus door uitschakeling van cervicale somato-sensibele vezels

Paragraaf 10 eindigt met de voorlopige conclusie, dat de cervicale positienystagmus die door procaïne-inspuiting wordt veroorzaakt, berust op uitschakeling van somato-sensibele vezels. Bij het trekken van deze conclusie is stilzwijgend voorbijgegaan aan het oude geschil over het vóórkomen van efferente vezels in de achterwortels¹⁴. Latere onderzoekingen¹⁵ lijken overtuigend te hebben aangetoond dat deze vezels niet bestaan. Indien men niettemin een ogenblik aanneemt dat de achterwortels parasymphatisch efferente axonen bevatten, dan is toch aan te tonen dat hun uitschakeling geen belangrijke oorzaak van cervicale positienystagmus kan zijn. Wanneer deze vezels namelijk na extirpatie van de nekmuscula-

¹⁴ KURÉ, NITTA, TSUJI, SHIRAIISHI, SUENAGA, 1928. KURÉ, SAÉGUSA, KAWAGUCHI, SHIRAIISHI, 1930. GAGEL, 1930.

¹⁵ HINSEY, 1934. LIU, CHAMBERS, 1935. DUNCAN, CROCKER, 1939. WESTBROOK, TOWER, 1940.

tuur en de banden (serie IIIc) nog een taak hebben, dan kan die alleen zijn gelegen in de parasympathische innervatie van de vertebrale vaatstreng. Uit het feit dat cervicale positienystagmus ook na destructie van deze streng kan worden opgewekt (serie IIc), mag men afleiden dat de doorsnijding van efferente achterwortelvezels, zo zij al bestaan, geen grote betekenis heeft voor het tot stand komen van positienystagmus. Uit de series IIa, IIb en IIc kan geconcludeerd worden, dat het uitschakelen van somato-sensibele vezels in de nek voor het ontstaan van positienystagmus voldoende is.

19. Denervatie van de nekhuid

De experimenten van serie IIa bewijzen dat denervatie van de nekhuid aan een kant niet voldoende is om positienystagmus te veroorzaken. Men zou geneigd zijn om de conclusie te formuleren, dat unilaterale uitschakeling van de exteroceptoren geen positienystagmus doet ontstaan. Deze formulering is echter voorbarig zolang als de betekenis van de receptoren beschreven door MOUNTCASTLE (1957), welke in paragraaf 21 nader ter sprake zullen komen, niet nauwkeurig is vastgesteld.

Daarom blijft de conclusie uit de proevenserie IIa geldig, dat unilaterale denervatie van nekhuid en -subcutis geen cervicale positienystagmus veroorzaakt.

20. Doorsnijding van de nekspieren

Dat losmaken van de spieren van het occiput en de boog C 1 gevolgd wordt door nystagmus in zijligging, stemt overeen met een aantal gegevens uit de fysiologische literatuur. CLAUDE BERNARD¹⁶ (1858b) vermeldt, dat

¹⁶ Over de liquor cerebrospinalis: (p. 496).
Magendie avait pensé d'abord, que la régularité des mouvements était liée à sa présence. Il l'avait enlevé par une solution de continuité de la membrane occipito-atloïdienne, et avait vu son ablation être suivie d'une titubation rappelant assez bien celle de l'ivresse. Magendie racontait dans ses cours que plus tard il lui arriva, faisant l'expérience sur des cochons d'Inde, d'être dérangé au moment où, après avoir coupé transversalement les muscles de la nuque, il se disposait à ponctionner la membrane occipito-atloïdienne mise à nu. Lorsque, quelque temps après, il revenait pour terminer son opération, il était bien surpris en trouvant chez l'animal cette titubation qu'il avait d'abord attribuée à la soustraction du liquide céphalo-rachidien. Il reconnut aussitôt son erreur. Plus tard, M. Longet répéta ces expé-

MAGENDIE bij caviae waggelen als in dronkenschap heeft zien ontstaan, na dwarse doorsnijding van hun nekspieren. Uitgaand van deze waarneming snijden LONGET (1845, 1860) en SCHIFF (1858-1859) de nekspieren van honden, paarden, schapen, katten, moeraszwijnen en konijnen door, waarna zij loopstoornissen zien ontstaan die veel overeenkomst tonen met de cerebellaire atactische gang. Zij vinden dat de gang zich direct herstelt wanneer de dieren een halskraag krijgen, terwijl het waggelen terugkeert zo gauw de kraag weer wordt losgemaakt.

In Aanhangsel II wordt het artikel van LONGET uit 1845, dat sinds de tweede helft van de vorige eeuw geheel vergeten is, opnieuw afgedrukt. (Wellicht ten overvloede zij hierbij aangetekend dat daarmee de verklaring die LONGET van de waargenomen feiten geeft, niet beaamd wordt).

CLAUDE BERNARD (1858a) stelt vast, dat doorsnijden van de nekspieren bij een vink tot gevolg heeft dat het dier niet meer kan vliegen, terwijl de loop- en hibbewegingen normaal blijven.

De conclusie uit de experimenten IIb blijft, dat de nystagmus die ontstaat na een ingreep aan de nekspieren, weliswaar direct gevolg van de spierdoorsnijding kan zijn, maar evengoed berusten kan op verandering van de proprioceptieve informatie uit banden en gewrichten.

21. Betekenis van de diepe nekreceptoren

Men zou op grond van de serie experimenten IIc geneigd zijn aan te nemen, dat cervicale positienystagmus in hoofdzaak het gevolg is van uitschakeling der diepe band- en gewrichtreceptoren, ware het niet dat MOUNTCASTLE (1957) bij de kat diepe receptoren beschreven heeft die behalve voor drukveranderingen in de diepe fasciënloges, dermate ge-

riences, et vit également que la section des muscles seuls de la nuque amène la titubation. Chez les oiseaux il n'y a pas de titubation produite par la section des muscles de la nuque, mais ces animaux ne peuvent plus voler. C'est ce qui semblerait résulter de l'expérience suivante. J'ai coupé les muscles de la nuque sur un pinson. Après l'opération l'animal marchait très bien sautait sans tituber, mais il ne pouvait plus voler. Lorsqu'on le mettait sur la table et qu'il arrivait au bord, il tombait à terre comme une masse inerte sans chercher à voler, on a ouvert ensuite la membrane occipito-atloïdienne et l'animal est mort aussitôt; peut-être avait-on touché le bulbe rachidien?

Vervolgens toont hij aan dat afvloeien van liquor geen wankelen veroorzaakt wanneer de nekspieren tevoren voorzichtig in de mediaanlijn gekleefd zijn.

voelig zijn voor oppervlakkige tastprikkelers, dat zij in de zin van SHERRINGTON (1906) niet uitsluitend proprioceptief kunnen worden genoemd.

McCOUGH en zijn medewerkers deden bij gedecerebreerde katten eenzelfde operatie als in groep IIIc beschreven is. Bovendien verrichtten zij een tweede reeks experimenten, waarbij zij direct distaal van het ganglion intervertebrale, fijne zenuwtakken, afkomstig uit het paravertebrale weefsel, doorsneden. Zij zagen daarna dat de tonische halsreflexen waren opgeheven, zonder dat de spiertakken waren doorgesneden. Dat deze spiertakken inderdaad normaal functioneerden werd door hen destijds niet bewezen. Ook geven hun experimenten, zoals zij zelf mededelen, geen inlichtingen over diepe paravertebrale receptoren als beschreven door MOUNTCASTLE (l.c.).

Bij het konijn gaat een operatie in de omgeving van het ganglion intervertebrale vrijwel zeker met een belangrijke kwetsing van spiertakken gepaard. In dit onderzoek zijn pogingen om de diepe nekreceptoren afzonderlijk door te snijden steeds mislukt.

Op grond van de serie IIIc mag dus uitsluitend geconcludeerd worden dat uitschakeling van diepe nekreceptoren een belangrijke oorzaak van cervicale positienystagmus is. Dat huid- en spiereceptoren een ondergeschikte rol spelen kan niet met zekerheid worden ontkend.

22. Inspuiting van procaïne in de nek van labyrinthloze dieren

De conclusie uit de resultaten van serie IV kan zonder verdere toelichting geformuleerd worden: Cervicale positienystagmus is door middel van procaïne-injecties bij labyrinthloze konijnen niet op te wekken¹⁷.

23. Conclusies uit het eigen onderzoek

1. Voor het ontstaan van positienystagmus na inspuiting van procaïne in de nek, is de uitschakeling van somato-sensibele vezels noodzakelijk en voldoende. Daarom is deze nystagmus een vorm van Biemond's cervicale positienystagmus.

2. Cervicale positienystagmus wordt tenminste voor een aanzienlijk

¹⁷ Het is interessant dat FERNÁNDEZ, LINDSAY en ALZATE (1959) de positienystagmus die zij bij katten door cerebellumletsels veroorzaakten, na voorafgaande destructie van beide labyrinten niet meer konden opwekken.

deel veroorzaakt door uitschakeling van zenuwvezels afkomstig uit receptoren in het diepe bandapparaat en de intervertebrale gewrichten.

3. Cervicale positienystagmus is, althans met behulp van procaïne-injecties, bij een labyrinthloos dier niet op te wekken.

24. Formulering van hypothesen

Over de cervicale positienystagmus is nog zo weinig met zekerheid bekend, dat zijn relatie tot andere vormen van nystagmus alleen besproken kan worden wanneer men gebruik maakt van een aantal hypothesen. Deze zijn:

1. Cervicale positienystagmus ontstaat door prikkeling of uitschakeling van de receptoren der tonische halsreflexen.

2. Acute unilaterale uitschakeling van de afferente impulsen, die van belang zijn voor de tonische halsreflexen, en extirpatie van het labyrint aan dezelfde zijde hebben gevolgen die vooral uiteenlopen in hevigheid en duur. Het enige belangrijke verschil is de stand van de kop na de operatie. Dit onderscheid wordt veroorzaakt door een parese van de nekspieren welke afferent gedenerveerd zijn.

3. De afferente informatie van de tonische hals- en labyrinthreflexen convergeert naar één of meer neuronengroepen in het rhombencephalon, waar deze informatie algebraïsch gesommeerd wordt. Zowel de impulsen uit het booggangapparaat als die uit het otolithensysteem, zijn voor het ontstaan van cervicale positienystagmus van belang. Vanuit de neuronen waarin de cervicale en vestibulaire informatie wordt opgeteld, komen cervicale en vestibulaire nystagmus op gelijke wijze tot stand.

4. De hoedanigheden van cervicale en meer caudaal in het lichaam gelegen receptoren verschillen niet. Vanuit het halsgebied treden per ruggemergssegment meer receptoren in al dan niet onmiddellijk contact met het centrale vestibulaire apparaat dan vanuit meer caudaal gelegen spinale segmenten.

In de volgende vier paragrafen wordt telkens voor één van deze hypothesen nagegaan, in hoeverre hij met de terzake belangrijke feiten strookt.

25. Receptoren van tonische halsreflexen en cervicale positienystagmus

In paragraaf 21 is reeds besproken, dat de receptoren die voor het opwekken van cervicale nystagmus geprikkeld of uitgeschakeld moeten

worden, hun informatie voor een belangrijk deel naar het centraal zenuwstelsel sturen langs de afferente vezels voor de tonische halsreflexen. Ter zelfder plaats is bovendien vastgesteld, dat de betekenis van een groep diepe receptoren die beschreven is door MOUNTCASTLE (l.c.), noch voor de tonische halsreflexen, noch voor de cervicale nystagmus is vastgesteld. Dit tekort aan kennis maakt de formulering noodzakelijk van de eerste hypothese, welke niet in strijd is met enig feit betreffende voornoemde vormen van halsreflexen en nystagmus.

26. *Verschijselen na uitschakeling van nekreceptoren aan één kant en gevolgen van labyrinthectomie aan dezelfde zijde*

De verschijnselen die een konijn vertoont na doorsnijding van nekreceptoren aan één kant zijn in paragraaf 15 (p. 39) voldoende beschreven, zodat hier volstaan kan worden met een opsomming van de symptomen die na acute uitschakeling van een labyrint ontstaan.

De eigen ervaring met labyrinthectomie aan één kant voegt slechts weinig toe aan de beschrijving van WINKLER (1907), die onderscheid maakt tussen direct post-operatieve en blijvende verschijnselen. Ogenblikkelijk na de vernieling van het linker labyrint ziet men afwijken van het linker oog naar beneden-nasaal, van het rechter oog naar boven, eveneens iets naar nasaal. Na enkele minuten neemt deze deviatie van de oogbollen langzaam iets af, waarna zij telkens weer met een snelle schok in de extreem afwijkende houding terugkeren. Het dier rolt om zijn lengte-as op dezelfde manier als boven na worteldoorsnijding links beschreven is. De nystagmus duurt meestal één à twee, maximaal acht dagen. De rolbewegingen die kunnen ontbreken, duren als regel één à twee, soms ook drie dagen lang. Wanneer deze verschijnselen spontaan niet meer vóórkomen kunnen zij nog een tijdlang worden opgewekt, bijvoorbeeld door het dier in een ongewone houding te brengen, of door het te laten schrikken.

Van de blijvende verschijnselen moet allereerst een torsie van het lichaam vermeld worden, waarbij de kop om zijn naso-occipitale as over 90 graden gedraaid wordt, zodat het intacte rechter labyrint zich boven bevindt, het gedestruëerde onder. In dezelfde zin, maar minder, is de thorax ten opzichte van het bekken getordeerd. Tenslotte bestaat er een blijvende hypotonie van de linker extremiteiten. Deze beschrijving komt overeen met die van MAGNUS (1924) en LORENTE DE NÒ (1928).

Aan dit syndroom moet nog één symptoom worden toegevoegd: wan-

neer in de postoperatieve periode geen nystagmus meer ontstaat, ook niet nadat men de kop van het dier in de normale pre-operatieve stand heeft gebracht, kan men daarna gedurende acht tot twaalf weken na de operatie positienystagmus opwekken door het dier, na correctie van de kopstand, op zijn rechter zij te leggen. Deze positienystagmus is aan het bovenliggende linker oog verticaal omhoog gericht, met zwakke horizontale en rotatore componenten die van dier tot dier wisselen. Dergelijke niet constante componenten zijn door LORENTE DE NÒ (1928) ook na unilaterale labyrinthdestructie gezien.

De positienystagmus in de late fase na extirpatie van een labyrint en na doorsnijding van cervicale somato-sensibile vezels aan één kant, zijn in de Afb. 8 II en 8 III afgebeeld. Wanneer de acute fase van een labyrinthectomie voorbij is, houdt het konijn gedurende de rest van zijn leven de kop zó, dat de verticale deviatie van de oogbollen zo gering mogelijk is, zoals bekend: 90 graden geroteerd om de naso-occipitale as, waarbij het vernielde labyrint zich onder bevindt.

Er is slechts één symptoom dat een uitzondering vormt op de regel, dat uitschakeling van nekreceptoren aan één kant dezelfde, maar minder sterke verschijnselen veroorzaakt als een ipsilaterale labyrinthectomie: de rotatie van de kop om zijn naso-occipitale as. Indien deze op dezelfde wijze als na labyrinthectomie aan de linkerkant plaatsvond, dan zou de kop zó gedraaid worden, dat de rechter oogkas iets hoger zou staan dan de linker. In feite staat de linker orbita wat hoger dan de rechter. Uit de literatuur die in paragraaf 15 (p. 38) geciteerd is, blijkt dat ook na uitsluitend afferente denervatie van de nek, voorbijgaand een ernstige zwakte tot een volledige verlamming van de linker nekspieren ontstaat, waarvan de duur nog niet in chronische experimenten is vastgesteld. Deze zwakte voorkomt dat de oogbollen en de kop, zoals dat na unilaterale labyrinthectomie gebeurt, geconjugeerd deviëren. MOLNÀR (1958) registreerde bipolair de elektrische activiteit van de nek- en pootspieren bij gedecerebreerde katten tijdens en na hoekversnellingen. Afhankelijk van de kopstand tijdens de rotatie ontstonden veranderingen in het myogram, die zowel tussen flexoren en extensoren als tussen de lichaamshelften reciprook waren. Hij bestudeerde de gevolgen van wegneming der nekspieren aan één kant en van unilaterale labyrinthectomie. Na beide operaties verdween de reciprociteit van de waargenomen myografische reacties: na labyrinthectomie voor de hele verdere duur van het experiment, na wegnemen van de nekspieren slechts een half tot één uur lang.

Deze gegevens steunen de tweede hypothese, die evenals de eerste niet met enig feit in tegenspraak verkeert.

27. Summering van tonische hals- en labyrinthreflexen

Dat tonische houdingsreflexen tot stand komen door een samenspel van de labyrinth en de proprioceptoren van romp en extremiteiten, is het eerst door SHERRINGTON (1906) ingezien. De in het kopsegment gelegen labyrinth hebben in deze samenwerking een leidende functie.

DE KLEYN (1924) stelde vast, dat de oogstand tijdens physiologische kopbewegingen van het konijn onveranderd bleef ten gevolge van de gecombineerde invloed der hals- en labyrinthreflexen. De nekreceptoren die de informatie verschaffen waar het ontstaan van cervicale positienystagmus van afhangt, zijn in het voorgaande voldoende besproken. Welk deel van de inlichtingen uit het labyrinth voor het tot stand komen van deze positienystagmus van belang is, moet daarentegen aan de hand van de literatuur nader onderzocht worden.

Het is in dit verband van betekenis dat de duur van de nystagmus na positiewisselingen sterk varieert en tot meer dan 15 minuten kan bedragen. STEINHAUSEN (1933) heeft bij de snoek door inspectie vastgesteld, dat de booggangcupula na afloop van een hoekversnelling in circa 30 seconden tot zijn ruststand terugkeert; GROEN, LOWENSTEIN en VENDRIK (1952) vinden, dat deze terugkeer bij de rog in 30 tot 100 seconden geschiedt. VAN EGMOND, GROEN, JONGKEES (1949, 1952) en GROEN (1957) hebben uit de resultaten die zij bij cupulometrie verkregen, berekend dat de menselijke cupula zich 30 à 70 seconden na het einde van een hoekversnelling weer in zijn uitgangspositie bevindt, terwijl TRINCKER (1966) bij inspectie der booggangcupulae van caviae een periode van 20 tot 50 seconden heeft gemeten. Men mag daarom veronderstellen dat de reactie van de booggangen ook bij het konijn, één à twee minuten na het einde van de hoekversnelling is afgelopen.

De betekenis van de otolithen voor niet-adapterende houdingsreflexen hebben MAGNUS en DE KLEYN (1921) onderzocht door caviae in narcose zó te centrifugeren, dat hun oorstenen van de maculae werden losgescheurd. Na dit experiment, dat steeds nauwkeurig histologisch gecontroleerd werd, zagen zij dat bij de meeste dieren de reacties op hoekversnellingen intact waren gebleven, terwijl de van het labyrinth afhankelijke

houdingsreacties waren opgeheven indien de utriculusotolithen van de maculae waren losgescheurd.

In een latere publicatie beschreven DE KLEYN en VERSTEEGH (1933), dat bij een minderheid van de dieren houdingsreflexen vanuit het labyrinth konden ontstaan, ook wanneer alle otolithen het contact met hun maculae verloren hadden. Voor dit experimenteel gegeven is nog geen bevredigende verklaring gevonden.

DUENSING, SCHAEFFER (1959) en DUENSING (1961) hebben bij het konijn bewezen dat impulsen uit de cristae van de booggangen en de maculae van utriculus en sacculus convergeren naar dezelfde cellen in de vestibulaire kernen. Wanneer een konijn vanuit de buikligging om zijn lengte-as in linker zijligging wordt geplaatst, ontstaat er in beide verticale booggangen links een ampullo-fugale, rechts een ampullo-petale endolymf-stroom. Men mag op grond van de literatuur (p. 48) aannemen, dat de hoekversnelling waarmee het kantelen van het dier gepaard gaat, de signalen uit de booggangen zeker niet langer dan drie minuten beïnvloedt.

Het eigen onderzoek heeft aangetoond (serie IV), dat cervicale positienystagmus na vernieling van beide labyrinth door inspuiting van procaïne in de nek, niet meer kan worden opgewekt. Wanneer men meent dat alléén de booggangen voor deze vorm van nystagmus van betekenis zijn, dan houdt zulks in dat nystagmus na een positieverandering niet meer dan drie minuten duren kan, tenzij hij in iedere houding van het dier aanwezig is. De waargenomen nystagmus ziet men echter niet in buikligging, terwijl hij na kanteling van het konijn op zijn zij geregeld veel langer dan drie minuten duurt; men moet daarom wel aannemen dat informatie uit de otolithenmaculae voor cervicale positienystagmus onmisbaar is.

Evenals ander soorten van positienystagmus heeft de cervicale vorm de eigenschap dat de slagen direct na de positiewisseling hun grootste frequentie bereiken. Dikwijls ziet men dat de amplitudo van de nystagmus-slagen groter worden wanneer hun frequentie gaat dalen. Weer later nemen zowel de amplitudo als de frequentie af totdat de nystagmus verdwijnt. Dat nystagmus niet alléén door hoekversnelling maar ook door lineaire acceleraties kan worden veroorzaakt, heeft BÁRÁNY (1921) reeds vermoed en is door JONGKEES en PHILIPSZON (1962) bewezen. Ten aanzien van de informatie uit de labyrinth is de meest redelijke verklaring van de waargenomen feiten, dat cervicale positienystagmus direct na een houdingsverandering bepaald wordt door impulsen uit de booggangen en

het otolithenapparaat, later vooral door inlichtingen uit de otolithenmaculae. Op grond van de literatuur die in paragraaf 7 gerefereerd is, staat het vast dat spinale en vestibulaire informatie samenkomt in een aantal celgroepen van de medulla oblongata. Dat deze afferente impulsen algebraïsch gesommeerd worden is aannemelijk, omdat voor andere functies van het vestibulaire stelsel bewezen is dat informatie op zulk een streng kwantitatieve wijze wordt opgeteld.

VON HOLST en medewerkers (1950) hebben vastgesteld, dat de labyrinten elkaars werking ondersteunen en elkaar niet, zoals voordien veelal werd aangenomen, tegenwerken. Dat informatie in het vestibulaire stelsel algebraïsch wordt opgeteld, is op fraaie en nauwkeurige wijze bij de kat bewezen door COHEN, SUZUKI en BENDER (1965), die de linker en rechter booggangzenuwen afzonderlijk en tezamen elektrisch geprikkeld hebben. YULES, KREBS en GAULT (1966a) onderzochten de nystagmus die bij de kat na afloop van een reeks elektrische prikkels van één laterale vestibulaire kern ontstond. Deze na-nystagmus bleek bij matig sterke prikkeling gericht te zijn naar de zijde aan welke de stimulatie was geschied. In een later onderzoek (1966b) vonden zij dat gelijktijdige prikkeling van de linker en rechter Deitserse kern een na-nystagmus veroorzaakte, waarvan de richting en het aantal slagen nauwkeurig overeenstemde met de algebraïsche som van de nystagmus die ontstonden na stimulatie van de linker en rechter kern afzonderlijk.

De hypothese dat proprioceptieve gegevens uit nek en labyrinten in bepaalde centra van de hersenstam worden opgeteld, van waaruit cervicale en vestibulaire nystagmus op gelijke wijze tot stand komen, kan zeer wel geplaatst worden binnen het kader van een model dat ontworpen is door VON HOLST en MITTELSTAEDT (1950). Hierin wordt de stand van de ogen bepaald door een meervoudig vertakt regelnetwerk, waardoor de informatie uit hogere hersenstamcentra, labyrinten en proprioceptoren wordt verrekend.

De waarde van dit model wordt gesteund door de uitkomsten van Mittelstaedt's kwantitatieve studie over het samenspel van de kop- en nekreceptoren bij de libel *Anax imperator* Leach.

JONGKEES (1953, 1954), VAN DEINSE, JONGKEES en KLIJN (1954) vinden bij honden een olfacto-motorische kopnystagmus, waardoor het beginsel van een vertakt regelnetwerk op fraaie wijze wordt gedemonstreerd. Onafhankelijk van VON HOLST en MITTELSTAEDT formuleert JONGKEES het principe dat "a nystagmus develops because the individual tries to keep

hold of the surroundings until further following becomes impossible. Then the original position is reestablished, the following occurs in the vestibular optic or olfactory sphere".

TRINCKER (1961), TRINCKER, SIEBER en BARTUAL (1961) hebben de reactie van de menselijke oogbollen op verschillende sinusvormige prikkels bestudeerd. De proefpersonen werden tijdens dit onderzoek op een draaistoel geroteerd, hun labyrinten werden galvanisch geprikkeld en hun nek getordeerd; tenslotte kregen zij nog optokinetische prikkels. De oogbewegingen die na al deze stimuli ontstonden kwamen op verrassende wijze overeen. TRINCKER concludeerde dat de inlichtingen uit verschillende receptoren waarschijnlijk door één programmeersysteem in oogbewegingen werden omgezet. Indien dit laatste het geval is, impliceert het dat cervicale positienystagmus op te wekken blijft na wegneming van belangrijke delen van het centrale zenuwstelsel.

Door HÖGYES (1881) is onderzocht, welk gedeelte van het zenuwstelsel onmisbaar is voor de vestibulaire compensatore oogbewegingen en nystagmus. Bij het konijn bleven compensatore oogbewegingen en nystagmus mogelijk na doorsnijding van de nervi optici, extirpatie van de hersenhemisferen, ablatie van de basale ganglia en het voorste deel van de colliculi anteriores. Cerebellaire letsels waren alleen van invloed wanneer zij reikten tot in de omgeving van de acusticuskernen.

Tenslotte stelde hij vast, dat ook na doorsnijding van het verlengde merg, direct distaal van de acusticuskernen, compensatore oogbewegingen en nystagmus konden worden opgewekt. Onmisbaar voor deze bewegingen bleken te zijn de labyrinten, de nervi acustici, delen van het weefsel onder de bodem van de vierde ventrikel en rondom de aqueductus Sylvii, evenals het zenuwstelsel gelegen tussen de colliculi anteriores en de acusticuskernen.

DE KLEYN (1922) breidde deze onderzoeken uit. Hij bevestigde de resultaten van HÖGYES en stelde bovendien vast dat vestibulaire nystagmus op te wekken bleef na volledige extirpatie van het cerebellum, beide oculomotorius- en trochleariskernen alsmede doorsnijding van beide nervi trigemini en alle oogspierzenuwen met uitzondering van één nervus abducens. MAGNUS (1916) vond bij thalamus- en mesencephalonkonijnen intacte compensatore oogstanden. Ook de halsreflexen op de ogen waren volgens DE KLEYN, geciteerd door MAGNUS (1924), bij mesencephalonkonijnen aanwezig. DE KLEYN en MAGNUS (1920) vonden dat de tonsche hals- en labyrintreflexen op de ogen, na extirpatie van het cerebellum, bij konijn en

kat volledig behouden bleven. Na decorticatie toonden de katten van FERNÁNDEZ (1964) bij vestibulair onderzoek vrijwel alléén kwantitatieve veranderingen.

DUSSER DE BARENNE (1920), BROUWER (1920) en RADEMAKER (1931) vonden eveneens intacte labyrintreflexen bij honden en katten na cerebellectomie.

Deze bevindingen stemmen overeen met gegevens uit de oude literatuur.

LOEWENBERG (1873) vernielde delen van de labyrinten bij duiven, die daarna schudbewegingen van de kop toonden en in cirkels rondliepen. Na voorafgaande ablatie der hemisferen of van de hersisferen en een groot deel van het cerebellum, ontstonden dezelfde afwijkingen wanneer de labyrinten beschadigd werden.

SPAMER (1880) kon voor en na cerebellectomie bij duiven galvanische nystagmus opwekken.

WILSON en PIKE (1913) vonden na wegneming van het cerebellum bij de hond normale reacties op calorisch onderzoek der labyrinten.

Uit de literatuur blijkt daarom, dat de tonische halsreflexen op de oogbollen blijven bestaan zolang de tonische labyrintreflexen niet zijn opgeheven door ingrepen aan het centraal zenuwstelsel.

Het bewijs dat cervicale positienystagmus kan ontstaan, zolang de tonische halsreflexen op de ogen intact zijn, is niet geleverd.

28. Verband tussen cervicale en meer caudaal gelegen receptoren

De fysiologische onderzoeken van FREDERICKSON, SCHWARZ en KORNUBER (1964, 1966) tonen aan, dat ongeveer 45% van de vestibulaire neuronen die op houdingsveranderingen van romp en extremiteiten reageren, beïnvloed wordt door passieve bewegingen van de nek.

Men zou dit kunnen verklaren door te veronderstellen, dat de receptoren in het nekgebied bijzondere hoedanigheden bezitten. Als een zwak argument voor deze opvatting kan gelden, dat er uitsluitend vanuit de eerste drie cervicale achterwortels een klein aantal vezels via de achterstrengen tot in de vestibulaire kernen vervolgd is, zoals in paragraaf 5 al werd besproken. Hier staan enkele argumenten tegenover die ervoor pleiten dat het verschil tussen de cervicale en de meer caudaal in het lichaam gelegen receptoren vooral van kwantitatieve aard is. In de eerste plaats vermelden FREDERICKSON, SCHWARZ en KORNUBER (1966) geen andere dan kwantitatieve kenmerken waarin de vestibulaire reactie

op passieve nekbewegingen verschilt van het antwoord op andere houdingsveranderingen. Vervolgens is in paragraaf 6 op fysiologische gronden het vermoeden geuit, dat de verbinding van de cervicale achterwortels met de vestibulaire kernen via de achterstreng, waarschijnlijk van ondergeschikt belang is.

Tenslotte bevat een aantal histologische werken¹⁸ geen mededelingen over kenmerkende morfologische eigenschappen der nekreceptoren.

29. Beschrijving van de waargenomen feiten met behulp van de geformuleerde hypothesen

Een beschrijving van de waargenomen feiten met behulp van de hierboven geformuleerde hypothesen is als volgt mogelijk: Cervicale achterworteldoorsnijding aan een kant veroorzaakt een harmonisch vestibulair syndroom dat bestaat uit voorbijgaande en misschien ook blijvende afwijkingen.

Voorbijgaand ziet men aan de geopereerde lichaamshelft een hypotonie van de romp- en pootspieren, die soms enkele minuten lang rolbewegingen van het lichaam om zijn lengteas veroorzaakt, waarbij het dier eerst op de geopereerde kant valt.

Daarna bestaan er, een half uur tot een uur lang, afwijken van het lopen en valneiging naar de geopereerde zijde. Tegelijk met deze verschijnselen ontstaat er een positienystagmus, vooral of uitsluitend wanneer, na correctie van de kopstand, het dier op zijn niet geopereerde zijde is gelegd. In deze zijligging wordt de geconjugeerde deviatie van de oogbollen, welke door de worteldoorsnijding is veroorzaakt, ondersteund door de labyrintreflexen op de ogen (Afb. 8 III).

Deze nystagmus is geheel analoog aan de positienystagmus die men tot ca. 12 weken na unilaterale labyrintectomie kan zien, wanneer het konijn na correctie van de kopstand, op zijn niet geopereerde zijde wordt gelegd.

De enige maandenlang blijvende afwijking is een licht abnormale stand van de kop, aanvankelijk vooral bepaald door afferente denervatie van de nekspieren.

¹⁸ BLOOM, FAWCETT, 1962. BOEKE, DE GROOT, HERINGA, 1938. BUCHER, 1956. HAM, 1965. LEESEN, LEESEN, 1966. STÖHR, 1928.

Om een dorsoventrale as is de nek licht naar de niet geopereerde kant gewend; de kop is om een naso-occipitale as licht gedraaid, zodat aan de geopereerde zijde de oogkas ten opzichte van de onderlaag iets hoger staat. Deze stand wordt later na de operatie waarschijnlijk in toenemende mate door efferente denervatie van de nekspieren bepaald. De gevolgen van unilaterale doorsnijding van halswortels worden gecompenseerd door dezelfde mechanismen als na extirpatie van een labrynt in werking treden (SPIEGEL en DÉMÉTRIADES, 1925).

30. Verifieerbare voorspellingen¹⁹

De hypothese dat de verschijnselen van unilaterale achterworteldoor-snijding alléén wat betreft de post-operatieve stand van de kop en de duur van de symptomen verschillen van de gevolgen van labyrintectomie aan dezelfde kant, kan nader bevestigd worden door aan beide ingrepen een decerebratie vooraf te doen gaan, zodat men ze kan vergelijken zonder gestoord te worden door de invloed van narcotica.

De hypothese dat cervicale en vestibulaire nystagmus vanuit enkele rhombencephale kerngroepen op gelijke wijze ontstaan, wordt weerlegd wanneer men geen cervicale nystagmus meer kan opwekken na decor-ticatie, na decerebratie mits de oogspieren en hun kernen intact zijn, evenals na decerebellatie.

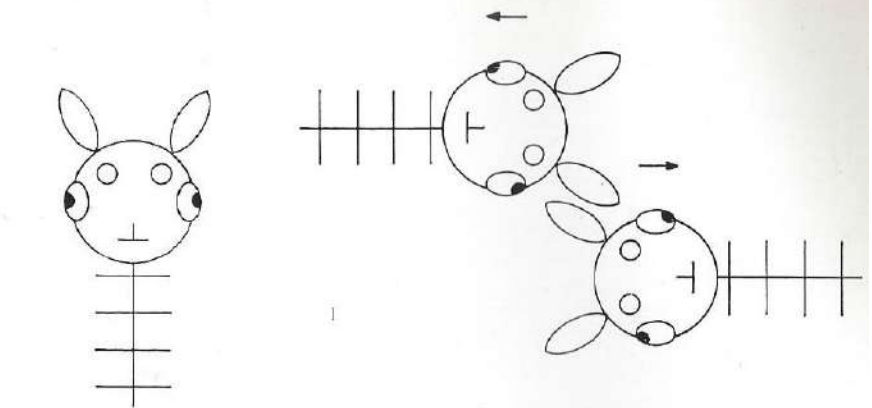
Cervicale positiennystagmus kan men in late postoperatieve fasen op-wekken na een unilaterale labyrintectomie, na combineren van deze ingreep met doorsnijding van de eerste vier halswortels aan dezelfde lichaamshelft, evenals na destructie van een labrynt en doorsnijding van de eerste vier halswortels van de gekruiste lichaamshelft.

Unilaterale uitschakeling van een groot aantal proprio-ceptieve affe-rente vezels, afkomstig uit caudaal van het halsmerg gelegen segmenten, veroorzaakt positiennystagmus.

¹⁹ Eigenlijk negatief confirmeerbare voorspellingen.

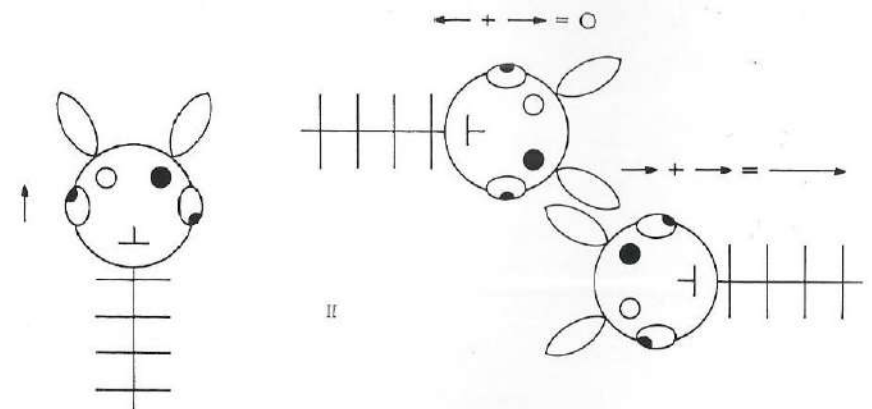
AFB. 8I. Oogstanden van het normale konijn in buik- en zijliggingen. De ogen zijn aan de pupillen te herkennen. De cirkeltjes binnen de omtrek van de kop gelegen, stellen de labyrinten voor.

The positions of the eyes of a normal rabbit in the prone and the lateral positions. The eyes can be recognized by their pupils. The circles within the outline of the head represent the labyrinths.



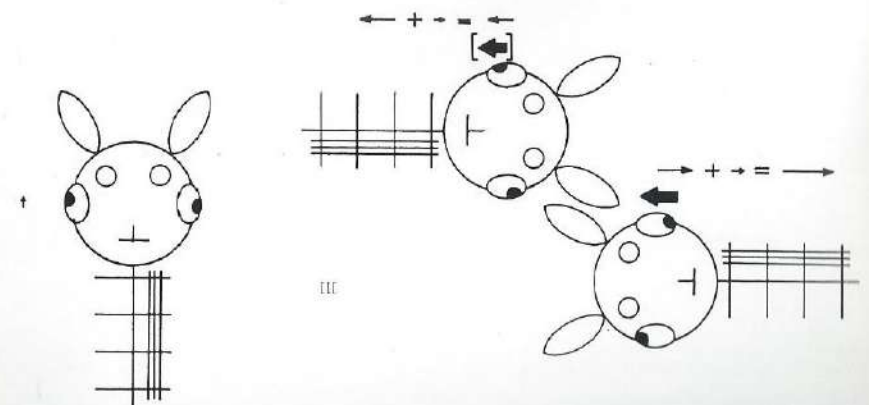
AFB. 8II. Oogstanden van een unilateraal labyrintloos konijn. Het vernielde labyrint is zwart gemaakt. Verder zie schema I.

The positions of the eyes of a rabbit in the chronic stage after unilateral labyrinthectomy. The destroyed labyrinth is indicated in black. See also scheme I.



AFB. 8III. Oogstanden en nystagmus direct na unilaterale doorsnijding van C1 t/m 4. De doorgesneden zenuwen zijn aangegeven met drie horizontale lijnen. Dunne pijlen: compensatoire oogstanden. Dikke pijlen: nystagmus. Verder zie schema I.

Ocular positions and nystagmus immediately after unilateral cutting of C1 to 4. The transected nerves are crossed by three horizontal lines. The thin arrows indicate compensatory ocular positions. The thick arrows indicate the direction of nystagmus. See also scheme I.



Hoofdstuk V

BETEKENIS VAN DE BEVINDINGEN VOOR DE KLINISCHE NEUROLOGIE

31. *Formeel bewijs voor het bestaan van cervicale positienystagmus*

In paragraaf 3 zijn uit de klinische literatuur enkele gevallen verzameld, welke nystagmus vertoonden die het gevolg zou kunnen zijn van pathologische veranderingen in afferente zenuwvezels. Wanneer iemand denkt dat de oorzaak van de nystagmus in een van deze waarnemingen met zekerheid is vastgesteld, zou men zijn mening als volgt kunnen weerleggen:

Nystagmus bij neuritis of radiculitis cervico-brachialis kan, behalve door ontsteking van de wortels of de plexus, bovendien ontstaan doordat tegelijkertijd de nervus of plexus vertebralis ontstoken zijn.

Nystagmus bij benigne tumores medullae kan berusten op uitschakeling van afferente banen, sympatische arachnoiditis, liquorstuwing, circulatiestoornissen op afstand en intoxicatie met tumormetaboliëten.

Nystagmus na inspuiting van procaïne in de nek kan veroorzaakt worden door verdoving van somato-sensibele zenuwvezels of van de nervus en plexus vertebralis.

Nystagmus tijdens torsiebewegingen van de nek kan berusten op prikkeling van nekreceptoren en op vertebro-basilaire circulatieveranderingen.

Nystagmus bij cervicale zoster kan, behalve op ontsteking van cervicale neuronen, veroorzaakt worden door ontsteking van het vestibulaire apparaat op afstand.

Nystagmus na cervicale achterworteldoorsnijding kan gevolg zijn van plaatselijke verdoving van somato-sensibele vezels, maar ook veroorzaakt worden door blokkering van de vertebrale zenuw en plexus, of van plotseling afvloeien van veel liquor (SCHMIDT, 1942).

Geen enkele klinische waarneming levert daarom een stringent bewijs

voor het bestaan van een cervicale positienystagmus die uitsluitend gevolg is van een aandoening van de nekreceptoren.

Men kan zich één situatie voorstellen waarin dit bewijs geleverd kan worden: Indien een patiënt een doorsnijding van de eerste drie à vier cervicale achterwortelparen moet ondergaan, kan men voor en na deze ingreep proberen om, door procaine aan een kant in de nek te spuiten, de betekenis van nervus en plexus vertebralis voor het ontstaan van nystagmus vast te stellen. Het is niet te verwachten dat een indicatie tot het verrichten van deze operatie regelmatig voorkomt.

De clinicus wordt vaak gedwongen zijn handelen te baseren op redelijke vermoedens, wanneer daar mogelijkheden tot effectieve behandeling van klachten uit kunnen voortvloeien. Het heeft daarom nut, te onderzoeken of er redelijke gronden zijn om aan te nemen, dat de bovengenoemde vorm van cervicale positienystagmus bestaat.

32. Gronden die het bestaan van Biemond's cervicale positienystagmus aannemelijk maken

Wanneer men de oorspronkelijke beschrijvingen van het „syndrome sympathique cervical postérieur” bestudeert, valt het op dat de patiënten die aan dit syndroom lijden geen van allen nystagmus vertonen. Dit laatste symptoom wordt niet dan wanneer het na procaine-inspuitingen in de nek is waargenomen, aan het syndroom toegevoegd. Een experimenteel bewijs dat uitschakeling van de nervus en plexus vertebralis nystagmus doet ontstaan, is nooit geleverd. Men mag nu op grond van de serie experimenten CII stellen, dat het ten minste zo redelijk is om het symptoom nystagmus te rekenen tot de gevolgen van verdoving der nekreceptoren, als tot het „syndrome sympathique cervical postérieur”.

Indien men wil ontkennen dat de compensatore oogbewegingen en de nystagmus, welke tijdens torsie van de nek ontstaan, veroorzaakt worden door prikkeling van cervicale receptoren, dan wordt het moeilijk om voor beide verschijnselen één verklaring te geven wanneer ze door torsiebewegingen van het bekken worden opgewekt, zoals onder normale en pathologische omstandigheden is waargenomen.

Vervolgens zijn er enkele feiten, die doen vermoeden dat de organisatie van het vestibulaire apparaat en de proprioceptoren bij de mens en andere zoogdieren in hoge mate overeenkomt, waarbij de verschillen vooral van kwantitatieve aard zijn. VON HOLST en zijn medewerkers (1950) wijzen

op de grote gelijkenis van de verschijnselen na destructie van één labyrint bij alle gewervelde dieren.

SZENTÁGOTHAÏ (1943, 1952) toont aan, dat het onderscheid hetwelk er tussen de vestibulaire reacties van dieren met frontaal en aan de zijkant van de kop geplaatste ogen is, geheel verklaard kan worden door verschillen in de organisatie van het optomotorisch apparaat.

DE KLEYN en SCHENK (1931) bewijzen bij een menselijk monstrum, dat voor het ontstaan van nystagmus dezelfde delen van het centraal zenuwstelsel onmisbaar zijn als bij het konijn (zie paragraaf 27). Dit wordt bevestigd door een waarneming van CATEL en KRAUSPE (1930).

De waarnemingen van TRINCKER (1961), TRINCKER, SIEBER en BARTUAL (1961), al besproken in paragraaf 27, wijzen er op dat ook de organisatie van de nekreceptoren geen unieke kenmerken heeft.

33. Klinisch onderzoek van de nekreceptoren

Tenslotte moet men zich afvragen of het mogelijk is de nekreceptoren aan een klinisch onderzoek te onderwerpen.

Men zou de reacties van patiënten op procaine-inspuitingen kunnen nagaan. Het lijkt niet eenvoudig en is wellicht onmogelijk om langs deze weg kwantitatieve gegevens te verkrijgen. Waarschijnlijk kan men een ongevaarlijke semi-kwantitatieve en goedkope methode ontwikkelen uit de bestudering van reacties, die ontstaan wanneer de temperatuur van de nekreceptoren veranderd wordt, of wanneer men ze electrisch prikkelt. GRIESZMANN (l.c.) ziet langzame oogbewegingen en nystagmus nadat hij de huidtemperatuur direct distaal van het mastoïd in de hals veranderd heeft met behulp van natte lapjes.

Hij meent dat het labyrint ook gevoelig is voor temperatuursverandering in de omgeving van het oor en dat de oogbewegingen en nystagmus die hij opwekt, evenals de reacties op calorische prikkeling van de labyrinten, in overeenstemming met de theorie van KOBRAK (1918), door vasomotorische veranderingen worden veroorzaakt.

Met evenveel recht kan men zeggen dat deze nystagmus wordt opgewekt door verandering van de temperatuur der nekreceptoren. Een aantal inleidende experimenten wijst er op, dat het zin heeft om in deze richting verder te zoeken.

Bij Dr. P. P. E. O. M. Devriese en de schrijver werd vier maal de volgende proef gedaan: Nadat het mastoïd met een hand bedekt was, werd de nek aan een

kant met chloorethyl bespoten, vooral ter plaatse van de denkbeeldige lijn die de punt van het mastoïd met het tuberculum caroticum verbindt.

De afkoeling van de huid ging voort totdat deze plotseling wit verkleurde, waarna het spuiten werd gestaakt. Enkele minuten na het einde van de bespuiting werden beide proefpersonen licht in het hoofd en onvast ter been. Zij voelden zich naar de kant van de bespuiting getrokken. Naar deze zelfde zijde bestond er valneiging, voorbijwijken en een positieve marche en étoile. De objectieve verschijnselen verdwenen binnen 5 à 15 minuten, de subjectieve gewaarwordingen duurden langer en waren pas na ongeveer een half uur weg.

De waarde van deze methode staat of valt bij het langs experimentele weg te leveren bewijs, dat de temperatuur van de labyrinten volstrekt niet verandert tijdens afkoeling van de nek. Misschien mag men nog meer verwachten van galvanische prikkeling der nekreceptoren.

Ook deze proeven werden op Dr. P. P. E. O. M. Devriese en de schrijver verricht.

Aan enkele inleidende experimenten kon geen waarde worden toegekend, omdat bij galvanische prikkeling van de nek, ontoelaatbaar grote lekstromen naar de mastoïden werden gemeten.

Het bleek mogelijk te zijn om deze lekstromen weg te vangen door de nek circulair te aarden met behulp van de methode van BUCHTHAL (1966), waarbij de huid als extra afscherming eerst gedroogd en daarna met een laag siliconenvet bedekt werd. Prikkeling geschiedde met continue galvanische stroom, geleverd door een stroombron met een inwendige weerstand van 1,5 MOhm. De huid-electroden waren 10 x 6 mm groot en werden ter hoogte van de wervel C5 opzij in de nek aangebracht ter plaatse van de denkbeeldige verbindingslijn tussen de processus mastoïdei en de tubercula carotica.

De lekstroom werd gemeten tussen twee concentrische naaldelectroden volgens ADRIAN en BRONK, die tot op het benig uiteinde der uitwendige gehoorgang werden gebracht, juist onder de arcus zygomaticus, achter het temporo-mandibulaire gewricht en vóór de tragus van het oor. Wanneer nu de onderzochten in zittende houding met zijwaarts gestrekte armen door een stroom van 3-4 mA geprikkeld werden, voelden zij zich naar de kant van de anode opzij en iets naar achter getrokken, waarbij zij licht in het hoofd werden.

Objectief ontstonden er afwijkingen die door FISCHER en WODAK (1924) als vestibulaire reflexen op het lichaam beschreven zijn: De onderzochten weken af in de richting waarheen zij zich getrokken voelden, zodat de arm aan de kant van de anode naar beneden en iets naar achter, aan de zijde van de kathode naar boven en iets naar voor devieerde. De grootste spanning die tijdens de proeven tussen de binnenelectroden van de concentrische naaldelectroden gemeten werd, bedroeg 100 mV. Deze spanning werd gemeten over een impedantie van ca. 0,5 MOhm zodat de stroom tussen beide binnenelectroden niet meer dan ca. 0,2 micro A groot was.

Hoewel deze resultaten doen verwachten dat de waargenomen verschijnselen veroorzaakt zijn door prikkeling van de nekweefsels, zullen ook hier dierexperimenten onmisbaar zijn om een tweetal vragen op te lossen, te weten: Sluit het ontbreken van grote lekstromen tussen de mastoïden elektrische prikkeling van de labyrinten geheel uit? Zo ja, op welke wijze veroorzaakt prikkeling van de nek de waargenomen verschijnselen?

De overwegingen uit dit laatste hoofdstuk kan men aldus samenvatten, dat er, wat de mens betreft, geen stringent bewijs geleverd is voor het bestaan van nystagmus door pathologische veranderingen van afferente zenuwvezels, welke niet afkomstig zijn uit het innervatiegebied der hersenzenuwen; dat deze vormen van nystagmus ook bij de mens bestaan, mag men niettemin op redelijke gronden vermoeden.

Tenslotte zijn er twee methoden aangegeven waaruit men in de toekomst wellicht een betrouwbaar, ongevaarlijk en goedkoop klinisch onderzoek der nekreceptoren kan ontwikkelen.

SAMENVATTING

In hoofdstuk I wordt het werk van BIEMOND besproken dat aan dit geschrift ten grondslag ligt. Daarop volgt een korte inleiding.

Hoofdstuk II bestaat uit een literatuuronderzoek. Vanuit de vraagstelling of fysiologische dan wel pathologische verandering van de spinale afferente informatie nystagmus kan veroorzaken, worden drie klassen afgezonderd die deze vraag misschien bevestigen:

1. Nystagmus bij aandoeningen van cervicale achterwortels.
 - a. Neuritis c.q. neuralgia cervico-brachialis.
 - b. Achterworteldoorsnijdingen.
 - c. Zoster.
 - d. Locale anesthesie met procaine.
2. Nystagmus bij ruimtebeperkende processen.
3. Nystagmus tijdens beweging van lichaamsdelen ten opzichte van het hoofd.
 - a. Gevolgd door een geconjugeerde horizontale oogboldeviatie bij een deel der normale zuigelingen tijdens de eerste drie levensdagen.
 - b. Bij normale personen.
 - c. Bij vestibulair onprikkelijke patiënten.

Op grond van het klinisch literatuuronderzoek wordt het vermoeden geuit, dat het begrip cervicale positienystagmus wellicht tot medullaire positienystagmus moet worden uitgebreid, en dat Biemond's cervicale positienystagmus ontstaat door verandering van de inlichtingen uit dezelfde receptoren die nystagmus veroorzaken tijdens nektorsie.

Vervolgens worden het dierexperimenteel werk over het verband tussen nekreceptoren en nystagmus, de anatomische en fysiologische onderzoekingen over spino-vestibulaire verbindingen gerefereerd, waarna de plaatsen besproken worden waar spino-vestibulaire interactie kan ontstaan.

Hoofdstuk III bevat een verslag van enkele eigen experimenten, waarvan de protocollen in Aanhangsel I bijeen zijn gebracht.

Eerst wordt vastgesteld dat de positienystagmus, die ontstaat door

inspuiting van procaine in de nek, berust op plaatselijke werking van dit anestheticum.

Daarna wordt aangetoond dat uitschakeling van somato-sensibele vezels voor het ontstaan van cervicale positienystagmus noodzakelijk en voldoende is.

In de volgende serie proeven wordt bewezen dat cervicale positienystagmus tenminste voor een belangrijk deel wordt veroorzaakt door uitschakeling van zenuwvezels, afkomstig uit receptoren in het diepe band-apparaat en de intervertebrale gewrichten.

Uit de vierde reeks experimenten blijkt dat cervicale nystagmus met behulp van procaine-injecties bij een labrintloos dier niet kan worden opgewekt.

In Hoofdstuk IV worden de verkregen resultaten besproken, waarna de conclusies uit het eigen onderzoek in een meer definitieve vorm geformuleerd worden.

Nadat vervolgens een viertal hypothesen is opgesteld, worden uit deze hypothesen verifieerbare voorspellingen gedaan welke als richtlijnen voor verder onderzoek kunnen worden gebruikt.

Hoofdstuk V behandelt de betekenis van de bevindingen voor de klinische neurologie.

Nadat eerst is aangetoond dat het bestaan van cervicale positienystagmus door geen enkele klinische waarneming formeel is bewezen, worden vervolgens gronden aangevoerd welke het redelijk vermoeden wettigen dat cervicale positienystagmus ook bij de mens voorkomt.

Tenslotte worden twee technieken beschreven waarmee een klinisch onderzoek van de nekreceptoren wellicht mogelijk zal blijken te zijn.

Aanhangsel II bevat een herdruk van het werk van LONGET (1845), dat sinds de tweede helft van de negentiende eeuw vergeten is.

SUMMARY

Chapter I contains a summary of BIEMOND's (1939, 1940a, 1940b, 1961) work, which forms the point of departure for this study and a short introduction to the thesis itself.

Chapter II is a review of the clinical literature, including a search for cases in which nystagmus may have been caused by physiological or pathological alterations of the spinal afferent information. The cases examined may be divided into three major groups and several subcategories:

1. Nystagmus in disorders of the posterior cervical roots.
 - a. Neuritis of radiculitis cervico-brachialis (BIEMOND, l.c.).
 - b. Posterior cervical root section (BIEMOND, l.c.).
 - c. Cervical zona (BIEMOND, l.c.).
 - d. Local anaesthesia of cervical tissues (BARRÉ, 1926. BARRÉ, DRAGANESCO, LIEOU, 1926. LIEOU YONG CHOEN, 1928. SCHUBERT, 1950).
2. Nystagmus in tumours of the spinal cord.
 Malignant tumours that may have remote effects on the nervous system (BRAIN, NORRIS, 1965) have been removed from the material. Somewhat arbitrarily, tumours situated higher than the third spinal cervical segment have been excluded, as they may possibly cause circulatory disturbances in the vestibular nuclear complex and an oedema in the soft parts of the neck (GROSZ, 1925). Finally, all cases of intramedullary tumours have been discarded in which no complete microscopical examination has been performed. The 12 remaining cases have been described by VON EISELSBERG and RANZI (1913), FOERSTER (1923), GROSZ (1925), HOFF and PÖTZL (1937), KLIENEBERGER (1910), OBERHILL, SMITH and BUCY (1953), SERCL and KOVÁRIK (1960), SERKO (1914) and WIERSMA (1928).
3. Nystagmus during movements of parts of the body with respect to the head.

- a. Followed by a conjugated deviation of the eye-balls, in newborn children (BÁRÁNY, 1918-1919. VOSS, 1925).
- b. In normal persons (GRAHE, 1926. FRENZEL, 1928. BOS and PHILIPZON, 1963).
- c. In patients with destroyed labyrinthine functions (FRENZEL, 1931).

Subsequently, the literature on experimental cervical nystagmus, on the anatomy and physiology of the spino-vestibular connections and on spino-vestibular interaction is reviewed.

In Chapter III some experiments performed on rabbits are described. In the first series, nystagmus was produced by the injection of procaine into the neck of a, laterally recumbent rabbit. The technique is illustrated in Fig. 1-3¹. The nystagmus produced lasts up to 3 hours.

Control injections of procaine into the glutaeal musculature and of physiological saline into the deep neck tissue do not produce nystagmus.

The second series of experiments was performed to determine which nerve fibres must be blocked to obtain position nystagmus (P.N.). (See figg. 7a, 7b).

Unilateral section of the first two cervical dorsal roots and of the 3rd and 4th cervical nerves (unilateral section of C 1-4) was performed under bilateral local anaesthesia with procaine. Immediately after surgery, the animal presented hypotonia of the operated half of its body and lateropulsion toward and inconsistent rolling and falling onto the same side. The head was turned slightly to be opposite side and was rotated around the naso-occipital axis. The orbit on the side of the operation stood a bit higher, with respect to the floor, than the one on the other side.

Rolling movements lasted up to five minutes. After one half to one hour only the abnormal position of the head remained, probably because of a paresis of the denervated neck muscles. After the wounds had healed, injection of procaine into the neck again elicited P.N.

Bilateral section of C 1-4 caused surprisingly few signs: for one to two hours after surgery the animal was unwilling to move, swayed on its feet from left to right and showed "no"-nodding head movements, without fast or slow phase, which increased when the rabbit was lifted by the skin of its back. After the wound had healed, procaine injections into the neck caused no further nystagmus.

¹ Fig. 1: p. 20; fig. 2: p. 22; fig. 3: p. 24.

² Fig. 7a: p. 35; fig. 7b: p. 37.

In other rabbits, the vertebral neuro-vascular bundles were interrupted by drilling holes on both sides in the first cervical processus transversi (Fig. 4)³. After controlling bleeding with bone-wax, the bundles were thermocoagulated. Finally they were destroyed by further drilling. After complete healing, procaine injections into the neck caused P.N.

The third series of experiments was an attempt to identify the receptors whose elimination causes P.N. Neither unilateral anaesthesia, nor denervation of the skin and subcutis in the neck produced P.N. Surgery on the neck muscles did elicit P.N., which may have been caused, however, by alteration of the information from the paravertebral ligaments and the intervertebral joints. Unilateral section of C1-2 produced P.N. when the entire anterior and posterior neck musculature had been removed previously (Fig. 5 and 6)⁴, using the technique of McCOUGH, DEERING and LING (1950). The main direction of the P.N. was vertically upward in the eye that was uppermost when the rabbit was placed on its side.

The last series of experiments showed that after destruction of both labyrinths, procaine injections into the neck no longer caused nystagmus.

In Chapter IV the experimental results are discussed. The role of some deep receptors that are also very sensitive for pressure on the skin and have been studied by MOUNTCASTLE (1957), has not been clarified in this investigation, because it is impossible to destroy them selectively.

The conclusions from the experiments are:

1. Injection of procaine into the neck produces P.N. by local activity of this anaesthetic.
2. Interruption of afferent somatic neck fibres is necessary and sufficient for the production of P.N.
3. The elimination of information from the deep neck ligaments and the intervertebral joints is very important in the genesis of this kind of nystagmus.
A minor contribution from muscle afferents cannot be excluded with certainty.
4. Cervical P.N. cannot be elicited by injection of procaine in the neck after bilateral labyrinthectomy.

³ Fig. 4: p. 26.

⁴ Fig. 5: p. 28; diagram: p. 29; fig. 6: p. 30; diagram: p. 31.

As there are only few facts available on cervical P.N., 4 hypotheses are introduced:

1. Cervical P.N. depends on physiological or pathological changes in the information of the same receptors that produce the afferent impulses for the tonic neck reflexes.
2. Acute unilateral resection of neck nerves and ipsilateral labyrinthectomy produce the same effect, with the single exception of the resultant head posture. Labyrinthectomy, however, produces more marked and enduring effects (See fig. 8, p. 55).
3. The afferent information for tonic labyrinthine and neck reflexes converges on a number of neurones in the medulla oblongata. From these neurones, in which information for both kinds of reflexes is summed, cervical and labyrinthine nystagmus arise in the same way.
4. There are no qualitative differences between cervical and more caudally situated proprioceptors.

After discussion of the hypotheses a few predictions are formulated, all of which will remain open to negative confirmation.

1. After decerebration, the qualitative effects of unilateral labyrinthectomy and ipsilateral resection of cervical nerves will be seen to differ only with respect to the position of the head.
2. Cervical P.N. can arise after decortication, decerebration and decerebellation, as long as the optomotor system of the brain-stem has been spared.
3. Cervical P.N. can be elicited after the destruction of one labyrinth and the first four contralateral cervical nerves.

In Chapter V the application of the results to clinical neurology is discussed. It is emphasized that no clinical observation has proven that cervical P.N. in human patients is caused by disorders of neck afferents.

In cases of neuritis or radiculitis and after administration of local neck anaesthesia the vertebral nerves and plexuses may be inflamed or blocked as well. Nystagmus in spinal tumours may be caused by pressure on afferent fibres, arachnoiditis, increased CSF pressure, circulatory disturbances at a distance or intoxication with metabolites. Nystagmus during neck-torsion movements may be caused by alterations in the vertebro-basilar circulation.

In cervical posterior root sections the neck is anaesthetized, and the

loss of great quantities of CSF may cause vestibular disturbances (SCHMIDT, 1942).

As cervical or thoracic zona may be accompanied by cochlear signs, nystagmus in cervical zona is not a proof of cervical nystagmus (REBATTU et al., 1933).

The problem could be solved in one clinical situation which will, however, probably never occur: The effect of procaine injections is studied before and after bilateral section of the upper three cervical dorsal roots.

Although solid proofs have not been produced, it is reasonable to assume that in human subjects as well, nystagmus can be caused by physiological or pathological alterations of spinal afferent information:

Experimental fact does not support the theory that anaesthesia of neck tissues causes nystagmus by blocking of the vertebral nerve or plexus (BARRÉ, DRAGANESCO, LIEOU, 1926). Thus it is at least as plausible that this nystagmus is caused by anaesthesia of neck afferents as by blocking of the vertebral nerve or plexus. Denying that compensatory movements and nystagmus during neck-torsion depend on stimulation of cervical receptors does not explain how the same signs arise during small rotatory movements of the pelvis (GRAHE, 1926), without calling on two separate explanations. VON HOLST et al. (1950) point out that unilateral labyrinthectomy causes similar signs in all vertebrates. SZENTÁGOTHAÏ (1943, 1952) shows that all differences between vestibular reactions of animals with frontally and laterally placed eyes, can be explained sufficiently by differences in the organization of the oculomotor nuclei and the external ocular musculature. Studies of human monstra (CATEL, KRAUSPE, 1930; DE KLEYN, SCHENK, 1931) show that in man, just as in the rabbit, nystagmus can occur in the absence of cerebral and cerebellar hemispheres as well as of the third and fourth cranial nerve nuclei.

TRINCKER (1961), TRINCKER, SIEBER and BARTUAL (1961) study eye movements after the administration of four different kinds of sinusoidal stimuli, including neck torsion movements. Their results indicate that eye movements most probably are programmed by one oculomotor system which, in turn, is fed from several sensory input channels.

Finally, two techniques are mentioned preliminarily which probably can be developed into useful methods for the clinical examination of neck receptors.

Unilateral cooling with ethylene chloride on one side of the neck

produces dizziness, upper abdominal discomfort, lateropulsion to the same side and involuntary deviation to the same side while trying to walk ahead; the result is a positive "marche en étoile". These signs persist for five to fifteen minutes, the subjective symptoms disappearing within half an hour. Although care has been taken to avoid cooling of the mastoid bone, it remains to be proven that the labyrinthine temperature is not lowered at all.

More promising results are obtained by sending a continuous galvanic current of 3 to 4 milli A transversely through the neck at the level of the vertebra C5. If special care is given to shield the head from currents by applying a circular ground electrode, using BUCHTHAL's (1966) precautions, the currents measured between the outer ends of the bony auditory meati do not exceed 0.2 micro A.

While the subject is sitting on a stool, this stimulation of the neck produces deviation of the laterally extended arms and the trunk sideways and somewhat backwards to the anode. The arms deviate slightly more than the trunk. The arm on the side of the anode rotates upward raising the fingertips approximately ten centimeters. The opposite arm rotates downward an equivalent distance. The subject becomes dizzy and feels that he is drawn in the direction of the deviation observed.

Further animal experiments are needed to exclude every possibility of labyrinthine stimulation and to determine how the effects of neck galvanisation do arise.

Appendix I contains summaries of the experimental protocols.

Appendix II is a reprint of an important article by LONGET (1845) who performed most of these experiments with the aid of Schiff (LONGET, 1860). This paper has been forgotten since the second half of last century.

ZUSAMMENFASSUNG

Das I. Kapitel enthält eine Zusammenfassung der Arbeiten BIEMONDS (1939, 1940a, 1940b, 1961) welche die Grundlage für das vorliegende Schriftstück bilden und eine kurze Einleitung zu dieser These.

Im II. Kapitel wird die klinische Literatur erörtert. Zweck dieses Studiums ist, die Fälle zu sammeln in welchen Nystagmus möglicherweise die Folge physiologischer oder pathologischer Aenderungen der spinalen afferenten Information ist. Diese Fälle kann man in drei Haupt- und verschiedenen Nebengruppen unterbringen:

1. Nystagmus bei Erkrankungen zervikaler Hinterwurzeln.
 - a. Neuritis oder Radiculitis cervico-brachialis (BIEMOND, l.c.).
 - b. Zervikale Hinterwurzel durchschneidungen (BIEMOND, l.c.).
 - c. Zervikaler Zoster (BIEMOND, l.c.).
 - d. Lokalanästhesie der Nackengewebe (BARRÉ, 1926. BARRÉ, DRAGANESCO, LIEOU, 1926. LIEOU YONG CHOEN, 1928. SCHUBERT, 1950).
2. Nystagmus bei spinalen Tumoren.
 Da maligne Geschwülste eine Fernwirkung auf das Zentralnervensystem haben können (BRAIN, NORRIS, 1965), werden diese aus dem Material entfernt. Etwas willkürlich sind auch Tumoren, die höher als am dritten zervikalen spinalen Segment angreifen, ausgeschlossen. Diese könnten Zirkulationsstörungen im vestibulären Kerngebiet, somit ein Oedem der Weichteile des Nackens (GROSZ, 1925), verursachen. Zum Schluss werden maligne intramedulläre Tumoren nur aufgenommen wenn ihre Ausdehnung mit Hilfe einer vollständigen mikroskopischen Untersuchung bestimmt ist. Die übrigen 12 Fälle sind von VON EISELSBERG und RANZI (1913), FOERSTER (1923), GROSZ (1925), HOFF und PÖTZL (1937), KLIENEGER (1910), OBERHILL, SMITH und BUCY (1953), SERCL und KOVÁRIK (1960), SERKO (1914) und WIERSMA (1928) beschrieben worden.
3. Nystagmus während Bewegungen von Körperteilen in Bezug auf den Kopf.

- a. Gefolgt von einer konjugierten Abweichung der Augenäpfel bei Neugeborenen (BÁRÁNY, 1918–1919. VOSS, 1925).
- b. Bei normalen Personen (GRAHE, 1926. FRENZEL, 1928. BOS und PHILIPSZON, 1963).
- c. Bei Patienten ohne labyrinthären Funktionen (FRENZEL, 1931).

Im folgenden wird das Schrifttum hinsichtlich des experimentellen zervikalen Nystagmus, der Anatomie und Physiologie der spino-vestibulären Bahnen und der spino-vestibulären Interaktion referiert.

Das III. Kapitel enthält die Beschreibung einiger eigenen Experimente auf Kaninchen. In der ersten Versuchsreihe wird Nystagmus in Seitenlagen provoziert durch die Injektion von Prokain in den Nacken. Die Technik der Einspritzung wird in den Figuren 1–3¹ gezeigt. Des Nystagmus dauert bis drei Stunden lang.

Kontrolleinjektionen von Prokain in die Glutealmuskulatur und von physiologischer Salzlösung in den Nacken bewirken keinen Nystagmus.

In der zweiten Reihe wird den Versuch gemacht, zu bestimmen, welche Nervenfasern blockiert werden sollen um Positionsnystagmus (P.N.) hervorzurufen (Siehe Abb. 7a und 7b)².

Einseitige Durchschneidung der ersten zwei zervikalen Hinterwurzeln sowie der dritten und vierten Zervikalnerven (einseitige Durchschneidung C 1–4) wird vorgenommen unter Lokalanästhesie beider Nackenhälften mit Prokain. Sofort nach der Durchschneidung der linken Nerven sieht man Hypotonie der linken Körperhälfte, Lateropulsion und inkonstant auch Rollbewegungen des ganzen Körpers nach links entstehen. Der Kopf ist ein wenig nach rechts gewandt. Hinsichtlich des Bodens steht die linke Augenhöhle ein bisschen höher als die rechte; infolge einer Drehung des Kopfes um die Naso-okzipitalachse.

Die Rollbewegungen dauern nicht mehr als fünf Minuten. Nach einer halben bis einer Stunde bleibt nur die abnormale Kopfstellung. Diese wird einer Schwäche der denervierten Nackenmuskeln zugeschrieben. Nach der Wundheilung verursachen Prokaininjektionen wieder P.N. in Seitenlagen.

Doppelseitige Durchschneidung von C 1–4 verursacht auffallend wenig Symptome: Während der ersten zwei postoperativen Stunden bewegt das Tier sich nur wenig. Es schwankt von links nach rechts auf den Pfoten und zeigt ein "Nein-Schütteln" des Kopfes. Diese Bewegungen haben

¹ Abb. 1: Seite 20; Abb. 2: Seite 22; Abb. 3: Seite 24.

² Abb. 7a: Seite 35; Abb. 7b: Seite 37.

keine schnellen und langsamen Phasen. Das "Nein-Schütteln" nimmt zu, wenn man das Kaninchen vom Boden aufhebt. Nach der Wundheilung kann man mit Hilfe von Prokaininjektionen in den Nacken keinen P.N. mehr hervorrufen.

Bei anderen Tieren unterbricht man die beiden vertebralen neurovaskulären Bündel, indem man Löcher in die *Prozessus transversi* des ersten Halswirbels bohrt³. Nach Hämostase mit Wachs, werden die Bündel thermokoaguliert und durch erneuerte Bohrung unterbrochen. Nach der Wundheilung sieht man, wie zuvor, P.N. nach Prokaininjektion in den Nacken.

In der dritten Serie wird der Versuch gemacht, die Rezeptoren, deren Destruktion P.N. verursacht, zu identifizieren. Weder einseitige Anästhesie noch Denervation der Haut und Subcutis des Nackens verursachen P.N. Wenn man an den Nackenmuskeln operiert entsteht Nystagmus, der aber auch von Änderungen der Information aus den paravertebralen Ligamenten und den intervertebralen Gelenken bedingt sein kann. Einseitige Durchschneidung von C 1–2 verursacht auch noch P.N. wenn man zuvor die ganze vordere und hintere Nackenmuskulatur abpräpariert hat⁴, nach der Technik von MC COUGH, DEERING und LING (1950). Die Hauptrichtung des P.N. ist bei Seitenlage des Tieres am obenliegenden Auge vertikal aufwärts.

Die letzte Versuchsreihe zeigt, dass man nach doppelseitiger Labyrinthektomie mit Hilfe von Prokaininjektionen keinen zervikalen P.N. mehr hervorrufen kann.

Im IV. Kapitel werden die experimentellen Ergebnisse besprochen. Von den Nackenrezeptoren kann man mit den angewandten Methoden eine bestimmte Gruppe nicht studieren. Diese ist von MOUNTCASTLE (1957) beschrieben worden. Die Rezeptoren sind im tiefen paravertebralen Gewebe gelegen. Sie sind sowohl für Tiefenreizen wie auch für Druck auf die Haut sehr empfindlich.

Die Folgerungen der Experimente sind:

1. Zervikaler P.N. ist abhängig von Reizung oder Ausschaltung derselben Rezeptoren, welche die afferente Information für die tonischen Halsreflexe hergeben.
2. Akute einseitige Durchschneidung einiger Nackennerven und ipsilaterale

³ Abb. 4: Seite 26.

⁴ Abb. 5: Seite 28; Diagramm: Seite 29; Abb. 6: Seite 30; Diagramm: Seite 31.

Labyrinthektomie verursachen dieselben Symptome, mit Ausnahme der Kopfhaltung, welche nach Nervendurchschneidung von der Denervation der Nackenmuskeln bestimmt wird. Nach der Labyrinthektomie dauern die Folgen länger und sind sie mehr ausgeprägt (Siehe Abb. 8: Seite 55).

3. Die afferente Information für die tonischen Hals- und Labyrinthreflexe konvergiert auf eine Anzahl Neuronen im verlängerten Halsmark, wo die Information für beide Reflexarten summiert wird. Von diesen Neuronen aus, gehen vestibulärer und zervikaler Nystagmus in der selben Weise hervor.
4. Es gibt keine qualitativen Unterschiede zwischen zervikalen und mehr kaudal im Körper gelegenen Propriozeptoren.

Nach Erörterung der Hypothesen werden einige Voraussagen getan, welche für negative Konfirmation zugänglich sind:

1. Nach Ausschaltung aller anästhetischen Einflüsse durch Dezerebration, werden einseitige Labyrinthektomie und ipsilaterale Durchschneidung C 1–4 qualitativ, nur was die Kopfstellung betrifft, verschieden sein.
2. Zervikaler P.N. kann entstehen nach Dekortikation, Enthirnung und Dezerebration, so lange man das optomotorische System des Hirnstammes nicht geschädigt hat.
3. Zervikaler P.N. kann hervorgerufen werden nach Destruktion eines Labyrinthes und der ersten vier kontralateralen Halsnerven.
4. Auch wenn man akut eine grosse Anzahl Propriozeptoren aus mehr kaudal gelegenen Rückenmarksegmenten ausschaltet, entsteht P.N.

Im V. Kapitel wird der Nutzen der Befunde für die klinische Neurologie erörtert. Es wird benachdruckt, dass keine klinische Observation streng erwiesen hat, dass zervikaler P.N. durch pathologische Änderungen der Nackenrezeptoren verursacht wird.

In Fällen von Neuritis oder Radiculitis und nach Lokalanästhesie des Nackens, können auch die vertebralen Nerven oder die Plexus entzündet bzw. blockiert sein. Nystagmus in Fällen von Rückenmarkstumor kann die Folge von Druck auf afferenten Bahnen, Arachnoiditis, erhöhtem Liquordruck, Zirkulationsstörungen und Intoxikation mit Tumormetaboliten sein.

Nystagmus nach Hinterwurzel durchschneidung kann durch die Anästhesie des Nackens und den Abfluss grösserer Liquormengen (SCHMIDT, 1942) verursacht werden.

Da man cochleäre Störungen beim zervikalen und thorakalen Zoster

beschrieben hat (REBATTU et al., 1933) stellt Nystagmus beim zervikalen Zoster keinen Beweis für zervikalen Nystagmus dar.

Man kann das Problem in einer einzigen klinischen Situation aufhellen. Die Gelegenheit wird sich aber wahrscheinlich selten oder nie darbieten: Man könnte die Folgen der zervikalen Prokaininjektion studieren bevor und nach Durchschneidung der ersten drei zervikalen Hinterwurzelpaare.

Obwohl ein formeller Nachweis nicht geliefert worden ist, gibt es vernünftige Gründe anzunehmen, dass auch beim Menschen Nystagmus die Folge physiologischer oder pathologischer Änderungen der afferenten spinalen Information sein kann: TRINCKER (1961), TRINCKER, SIEBER und BARTUAL (1961) untersuchten die Augenbewegungen als Reaktion auf sinusoidale Reize, worunter Nackentorsionsbewegungen. Ihre Ergebnisse geben an, dass die Augenbewegungen wahrscheinlich durch ein einziges System mit verschiedenen Eingängen für die Afferenz programmiert werden.

Zum Schluss werden zwei Techniken angedeutet, woraus man wahrscheinlich nützliche klinische Methoden zur Untersuchung der Nackenrezeptoren entwickeln kann.

Einseitige Nackenkühlung mit Chloräthyl verursacht Schwindel, ein leeres Gefühl im Epigastrium, Lateropulsion und unwillkürliche Abweichung des Ganges nach der gekühlten Seite. Diese Symptome dauern fünf bis fünfzehn Minuten; die subjektiven Beschwerden verschwinden innerhalb einer halben Stunde. Obwohl man Vorsichtsmassregel getroffen hat, Kühlung des Mastoids zu verhüten, soll man jedoch noch beweisen, dass die Temperatur des Labyrinthes ganz konstant bleibt.

Vielversprechende Resultate werden erhalten, wenn man auf der Höhe des fünften Zervikalwirbels einen galvanischen Strom von 3 bis 4 mA quer durch den Nacken schickt. Wenn man den Nacken auf der Weise BUCHTHALS (1966) erdet, wird zwischen den äusseren Enden der knöchernen Gehörgänge ein Strom von nicht mehr als 0,2 microA gemessen.

Wenn die Versuchsperson, sitzend auf einer Schemel, untersucht wird, verursacht diese Nackenstimulation vestibuläre Körperreflexe wie von FISCHER und WODAK (1924) beschrieben: Der Untersuchte fühlt sich schwindlich, nach der Anode und ein wenig rückwärts gezogen. Der Rumpf und die seitwärts gestreckten Arme weichen zur Anode ab, indem der Arm auf der Seite der Anode ein wenig tiefer steht. Durch eine leichte Torsion des Rumpfes geht der Arm auf der Seite der Anode etwas rückwärts, der andere ein wenig nach vorn.

Weitere tierexperimentelle Untersuchungen sind erforderlich um alle Möglichkeiten galvanischer Labyrinthreizung auszuschliessen und um festzustellen, wie diese Reizeffekte zustande kommen.

Anhang I enthält Zusammenfassungen der Experimentierprotokolle.

Anhang II ist ein Neudruck des wichtigen Artikels LONGETS (1845), der in Zusammenarbeit mit SCHIFF experimentierte (LONGET, 1860). Dieser Artikel ist seit der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts in Vergessenheit geraten.

RÉSUMÉ

Le chapitre premier consiste en un résumé du travail de BIEMOND suivi d'une introduction à la thèse.

Le chapitre deux est un compte-rendu de la littérature. Des travaux cliniques sont extraits les cas où le nystagmus peut être causé par des altérations physiologiques ou pathologiques de l'information venant des fibres afférentes spinales. Ces cas peuvent être répartis en trois groupes qui comprennent chacun de différentes subdivisions:

1. Nystagmus dans les affections des racines ou du plexus cervico-brachiaux.
 - a. Des inflammations (BIEMOND l.c.).
 - b. Le zona (BIEMOND l.c.).
 - c. La section de racines postérieures (BIEMOND).
 - d. L'anesthésie des parties molles de la nuque (BARRÉ).
2. Nystagmus dans les cas de tumeurs de la moelle épinière.
 Les cas de tumeurs malignes qui causent des signes à distance dans le système nerveux central (BRAIN, NORRIS, 1965) ne sont pas pris en considération.
 Seules sont retenues les tumeurs primairement intramédullaires, dont l'extension a été confirmée par un examen histologique complet. Les tumeurs situées plus haut que le troisième segment cervical sont exclus plus ou moins arbitrairement, puisqu'elles peuvent causer des troubles de la circulation dans l'appareil nucléaire cervical et que GROSZ (1925) a vu qu'elles peuvent occasionner un oedème des parties molles de la nuque. Les autres 12 cas ont été décrits par VON EISELSBERG et RANZI (1913), FOERSTER (1923), GROSZ (1925), HOFF et PÖTZL (1937), KLIENEGER (1910), OBERHILL, SMITH et BUCY (1953), SERCL et KOVÁRIK (1960), SERKO (1914) et WIERSMA (1928).
3. Nystagmus au cours de mouvements de parties du corps par rapport à la tête maintenue dans une position fixe.

- a. Nystagmus suivi d'une position compensatoire du bulbe oculaire chez les nouveaux nés (BÁRÁNY, 1918-1919, VOSS, 1925).
- b. Les mouvements de torsion de la nuque chez les sujets normaux (GRAHE, 1926. FRENZEL, 1928. BOS et PHILIPSOON, 1963).
- c. Les mouvements de torsion de la nuque chez des sujets sans fonctions labyrinthaires, (FRENZEL, 1931).

Ensuite vient un relevé de la littérature concernant le nystagmus cervical expérimental, l'anatomie et la physiologie des connexions spino-vestibulaires et l'interaction spino-vestibulaire.

Le chapitre III décrit quelques expériences personnelles sur le lapin.

Dans la première série le nystagmus est provoqué dans les deux positions latérales par des injections de procaine dans la nuque. La technique d'injection est indiquée dans les figures 1 à 3¹. Le nystagmus peut durer jusqu'à trois heures. Des injections de contrôle de procaine dans la musculature glutéale et de solution de sel physiologique dans la nuque ne produisent pas de nystagmus.

La deuxième série d'expériences est faite en vue de déterminer quelles fibres nerveuses doivent être bloquées pour obtenir le nystagmus de position (N.P.)². La section unilatérale des deux premières racines cervicales postérieures et des troisième et quatrième nerfs cervicaux (section unilatérale de C 1-4) est effectuée sous anesthésie locale avec la procaine des deux côtés de la nuque. Immédiatement après l'opération du côté gauche, l'animal présente de l'hypotonie du côté gauche, de la latéropulsion et, dans certains cas, des roulements vers le côté gauche.

La tête est légèrement tournée vers la droite. Par rapport au sol, l'orbite gauche se trouve un peu plus haut que celle de droite par suite d'une rotation de la tête autour de son axe naso-occipital.

Les mouvements de roulement durent jusqu'à cinq minutes. Après une demie heure à une heure seule subsiste la position anormale de la tête.

On pense que ceci est causé par une parésie des muscles dénervés de la nuque. Après guérison de la blessure, des injections de procaine dans la nuque provoquent de nouveau le N.P.

La section bilatérale de C 1-4 cause assez peu de signes: Pendant 1 à 2 heures après l'opération, l'animal refuse de remuer, chancelle de gauche à droite et exécute des mouvements de "dénégation" sans phase

¹ Fig. 1: p. 20; fig. 2: p. 22; fig. 3: p. 24.

² Fig. 7a: p. 35; fig. 7b: p. 37.

rapide ou lente. Les mouvements de la tête augmentent quand le lapin est soulevé par la peau du dos.

Après guérison de la blessure les injections de procaine dans la nuque ne provoquent plus de N.P.

Chez d'autres lapins les faisceaux neuro-vasculaires vertébraux sont interrompus en forant des ouvertures dans les deux côtés de la première arche vertébrale cervicale (fig. 4)³. Après l'hémostase par la cire, les faisceaux sont thermo-coagulés. Ils sont détruits par forage plus étendu. Après guérison complète, les injections de procaine causent de nouveau N.P.

La troisième série d'expériences tente d'identifier les récepteurs dont l'élimination cause N.P. Ni l'anesthésie unilatérale, ni la dénervation de la peau dans la nuque ne produisent N.P. L'opération des muscles du cou provoque N.P. qui cependant peut être causé par l'altération de l'information provenant des ligaments paravertébraux et des articulations intervertébrales. Quand la musculature antérieure et postérieure entière de la nuque a été préalablement enlevée (fig. 5 et 6)⁴ selon la technique de McCOUGH, DEERING et LING (1950), la section unilatérale de C 1-2 produit N.P. en position latérale. La direction principale du nystagmus est verticalement vers le haut dans l'oeil qui est tourné vers l'observateur.

La dernière série d'expériences montre qu'après la destruction des deux labyrinthes, l'injection de procaine dans la nuque ne cause plus de nystagmus.

Dans le chapitre IV, les résultats expérimentaux sont discutés. Quant aux fibres afférentes de la nuque, le rôle de quelques récepteurs profonds, qui sont aussi très sensibles à la pression sur la peau et ont été étudiés par MOUNTCASTLE (1957) n'a pas été vérifié dans ces recherches, comme il est impossible de les détruire sélectivement.

Les conclusions des expériences sont:

1. L'injection de la procaine dans la nuque produit N.P. par activité locale de cet anesthésique.
2. L'interruption de fibres somato-sensibles cervicales est nécessaire et suffisante pour la production de N.P.
3. L'élimination de l'information provenant des ligaments profonds de la nuque et des articulations intervertébrales est très importante dans la

³ Fig. 4: p. 26.

⁴ Fig. 5: p. 28; diagramme p. 29; fig. 6: p. 30; diagramme: p. 31.

genèse de cette sorte de nystagmus. Une contribution peu importante des afférents des muscles ne peut pas être exclue avec certitude.

4. Le N.P. cervical ne peut pas être provoqué par l'injection de procaine dans la nuque après la labyrinthectomie bilatérale.

Comme peu de faits sont connus sur le N.P. cervical, quatre hypothèses sont présentées:

1. Le N.P. cervical dépend de changements physiologiques ou pathologiques dans l'information des mêmes récepteurs qui produisent les impulsions afférentes pour les réflexes toniques de la nuque.
2. La résection acute et unilatérale de nerfs cervicaux et la labyrinthectomie ipsilatérale, - exception faite pour la position de la tête -, ont les mêmes effets, qui sont plus forts et de plus longue durée après labyrinthectomie.
3. L'information afférente pour les réflexes toniques labyrinthaires et cervicaux convergent vers un certain nombre de neurones dans la moelle allongée. A partir de ces neurones où s'ajoute l'information des deux sortes de réflexes, le nystagmus cervical et labyrinthaire se produit de la même façon.
4. Il n'y a pas de différences qualitatives entre les propriocepteurs cervicaux ou ceux qui sont situés plus bas.

Après discussion des hypothèses, quelques prédictions sont formulées qui sont toutes sujettes à confirmation négative:

1. Après décérébration, les effets qualitatifs de la destruction d'un labyrinthe et la résection de nerfs cervicaux ipsilatéraux ne se montreront différents qu'en ce qui concerne la position de la tête (voir fig. 8: p. 55).
2. Le N.P. cervical peut se produire après décortication, décérébration et décérébellation, aussi longtemps que le système oculomoteur du tronc cérébral a été épargné.
3. Le N.P. cervical peut être provoqué après la destruction d'un labyrinthe et des quatre premiers nerfs cervicaux contralatéraux.

Le chapitre V discute des résultats pour la neurologie clinique. Il est souligné qu'aucune observation clinique n'a prouvé que le N.P. chez les patients humains soit causé par des désordres de fibres afférentes cervicales. Dans les cas de névrite ou radiculite et après anesthésie locale de la nuque, les nerfs et plexus vertébraux peuvent également être enflammés ou bloqués. Le nystagmus dans les tumeurs spinales peut être causé par

pression sur les fibres afférentes, arachnoïdite, augmentation de pression du liquide cérébro-spinal, dérangements circulatoires à distance et intoxications avec des métabolites de la tumeur.

Le nystagmus pendant les mouvements de torsion de la nuque peut être causé par des altérations dans la circulation vertébro-basilaire. Après section de racines postérieures cervicales, la nuque est anesthésiée et la perte de grandes quantités de liquide cérébro-spinal peut causer des dérangements vestibulaires (SCHMIDT, 1942). Comme le zona cervical ou dorsal peut être accompagné de signes cochléaires, le nystagmus dans le zona cervical n'est pas une preuve de nystagmus cervical (REBATTU et al., 1933).

Le problème pourrait être résolu dans une seule situation clinique qui, toutefois, ne se présentera probablement jamais: l'effet d'injections de procaine peut être étudié avant et après la section bilatérale des trois racines supérieures cervicales dorsales.

Bien qu'aucune preuve concluante n'ait été présentée, il est raisonnable de présumer que, chez les humains aussi, le nystagmus peut être provoqué par des altérations physiologiques ou pathologiques de l'information spinale afférente.

La théorie, suivant laquelle l'anesthésie des tissus de la nuque causerait le nystagmus en bloquant le nerf ou le plexus vertébraux (BARRÉ, DRAGANESCO, LIEOU, 1926), n'est pas confirmée par des faits expérimentaux. Il est donc au moins aussi plausible que ce nystagmus soit causé par anesthésie des afférents de la nuque. En niant que les mouvements compensatoires des yeux et le nystagmus pendant la torsion de la nuque soient dus à la stimulation des récepteurs cervicaux, on aura des difficultés à expliquer comment les mêmes signes soient produits (GRAHE, 1926) par de légers mouvements du bassin. VON HOLST et al. (1950) montrent que la labyrintectomie unilatérale produit des signes similaires chez tous les vertébrés. SZENTÁGOTHAÏ (1943), 1952) montre que toutes les différences entre les réactions vestibulaires des animaux dont les yeux sont placés frontalement ou latéralement, peuvent suffisamment être expliquées par des différences dans l'organisation des noyaux oculomoteurs et la musculature oculaire externe. Des études de malformations humaines (CATEL, KRAUSPE, 1930; DE KLEYN, SCHENK, 1931) montrent que, chez l'homme comme chez le lapin, le nystagmus peut se produire en l'absence des hémisphères cérébraux et cérébelleux aussi bien que des noyaux des troisièmes et quatrièmes nerfs crâniens.

TRINCKER (1961), TRINKER, SIEBER et BARTUAL (1961) étudient les mouvements oculaires après l'administration de quatre différentes espèces de stimuli sinusoïdaux. Un de ceux-ci consiste en mouvements de torsion de la nuque. Leurs résultats indiquent que les mouvements oculaires sont très probablement déterminés par un seul système oculomoteur, nourri par plusieurs canaux sensoriels.

Enfin, mention préliminaire est faite de deux techniques qui peuvent probablement être développées en méthodes utiles pour l'examen clinique des récepteurs cervicaux.

Le refroidissement unilatéral par le chlorure d'éthylène, par exemple sur le côté gauche de la nuque, produit le vertige, un malaise épigastrique et latéropulsion vers la gauche, avec déviation de la marche vers la gauche, de sorte que le signe de la marche en étoile peut être obtenu. Ces signes persistent pendant cinq à quinze minutes tandis que les symptômes subjectifs disparaissent en l'espace d'une demie-heure. Bien que beaucoup de soin ait été pris pour éviter le refroidissement du mastoïde, il reste à démontrer que la température labyrinthaire ne soit pas du tout abaissée.

Des résultats plus prometteurs sont obtenus en envoyant un courant galvanique continu de trois à quatre mA transversalement au travers du cou au niveau de la vertèbre C 5.

Si un soin spécial est consacré à protéger la tête des courants, par l'application d'une électrode reliée à la terre en employant les précautions de BUCHTHAL (1966), les courants mesurés entre les extrémités extérieures des canaux auriculaires osseux n'excèdent pas 0,2 micro A.

Quand le sujet est assis sur un tabouret, cette stimulation de la nuque produit une déviation du tronc et des bras étendus latéralement de côté et quelque peu en arrière vers l'anode. Les bras dévient un peu plus que le tronc. Le sujet a le vertige et se sent attiré dans la direction de la déviation observée.

d'Autres expériences animales sont nécessaires pour exclure toute possibilité de stimulation labyrinthaire et pour déterminer comment les effets de la galvanisation de la nuque se produisent.

L'Appendice I contient des résumés des notes relatives aux expériences.

L'Appendice II est une réimpression de l'important article de LONGET (1845) qui fit la plupart de ses expériences en collaborant avec Schiff (LONGET, 1860). Cet article a été oublié depuis la deuxième moitié du siècle dernier.

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

Algemene Overzichtsartikelen

- BISCHOF, N., Stellungen-, Spannungs- und Lagewahrnehmung, In Handbuch der Psychologie I. Göttingen, Hogrefe, 1966, p. 409.
- BUDDENBROCK, W. von, Vergleichende physiologie II: Nervenphysiologie. Basel, Birkhäuser, 1953.
- ELDRED, E., Posture and locomotion, In Handbook of Physiology Sect. 1. Neurophysiology II, ed. by Field, J., Magoun, H. W., and Hall, V. E. Washington, American Physiological Society, 1960, p. 1067.
- GERNANDT, B. E., Vestibular mechanisms, In Handbook of Physiology Sect. 1. Neuro-Physiology I, ed. by Field, J., Magoun, H. W., and Hall, V. E. Washington, American Physiological Society, 1959, p. 535.
- JONGKEES, L. B. W., Ueber die Untersuchungen des Gleichgewichtsorgans, In Fortschritte der Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde I. Basel, Karger, 1953, p. 1.
- KORNIUBER, H. H. Physiologie und Klinik des zentralvestibulären Systems (Blick- und Stützmotorik), In Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde, hrsg. von Berendes, J., Link, R., Zöllner, F. Bd. III/Teil 3. Stuttgart, Thieme, 1966, p. 2150.
- MAGNUS, R., Körperstellung. Berlin, Springer, 1924.
- ROBERTS, T. M. D. Neurophysiology of postural mechanisms. London, Butterworths, 1967.
- ROSE, J. E., MOUNTCASTLE, V. B., Touch and kinesthesia, In Handbook of Physiology Sect. 1. Neurophysiology I, ed. by Field, J., Magoun, H. W., and Hall, V. E. Washington, American Physiological Society, 1959, p. 387.
- STENVERS, H. W., Haltungs- und Stützreflexe. Stützreaktion, In Handbuch der Neurologie, Bd. V., Hrsg. von Bumke, O., und Förster, O. Berlin, Springer, 1936, p. 523.
- TRINCKER, D., Physiologie des Gleichgewichtsorgans, In Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde, hrsg. von Berendes, J., Link, R., Zöllner, F. Bd. III/Teil 1. Stuttgart, Thieme, 1965, p. 311.
- In de nu volgende lijst zijn de algemene overzichtsartikelen, om nodeloos zoeken te voorkomen, een tweede maal opgenomen.
- BÁRÁNY, R., Ueber einige Augen- und Halsmuskelreflexe bei Neugeborenen. Acta oto-laryng. (Stockh.), 1, 97, 1918-19.
- BARRÉ, J.-A., Sur un syndrome sympathique cervical postérieur et sa cause fréquente: l'arthrite cervicale. Rev. neurol., 1, 1246, 1926.
- BARRÉ, J.-A., DRAGANESCO, LIEOU, Troubles vestibulaires unilatéraux consécutifs à des injections dans la région cervicale. C. R. XXXme Congrès des Médecins aliénistes et neurologistes de France et des pays de langue française. Paris, Masson, 1926, p. 329.
- BASTIAN, H. C., Note on the relations of sensory impressions and sensory centres to voluntary movements. Proc. Roy. Soc. Lond., 58, 89, 1895.
- BERNARD, C., Leçons sur la physiologie et la pathologie du système nerveux I. Quatorzième leçon. Paris, Baillière, 1858, p. 246.
- BERNARD, C., Leçons sur la physiologie et la pathologie du système nerveux I. Vingt-sixième leçon. Paris, Baillière, 1858, p. 495.
- BICKEL, A., Untersuchungen über den Mechanismus der nervösen Bewegungsregulation. Stuttgart, Enke, 1903.
- BICKEL, A., (Nachwort EWALD, J. R.), Ueber den Einfluss der sensiblen Nerven und der Labyrinth auf die Bewegungen der Thiere. Pflügers Arch. ges. Physiol., 67, 299, 1897.
- BIEMOND, A., On a new form of experimental position-nystagmus in the rabbit and its clinical value. Proc. kon. ned. Akad. Wet., 42, 370, 1939.
- BIEMOND, A., Further observations about the cervical form of position-nystagmus and its anatomical base. Proc. kon. ned. Akad. Wet., 43, 3, 1940a.
- BIEMOND, A., Een nieuwe vorm van experimenteelen positienystagmus bij het konijn en zijn beteekenis voor de klinische neurologie. Ned. T. Geneesk. 84, 1998, 1940b.
- BIEMOND, A., Nystagmus de position d'origine cervicale. Psychiat. Neurol. Neurochir. (Amst.), 149, 64, 1961.
- BISCHOF, N., Stellungen-, Spannungs- und Lagewahrnehmung, In HANDBUCH der Psychologie I, Göttingen, Hogrefe, 1966, p. 409.
- BLOOM, W., FAWCETT, D. W., A textbook of histology. Philadelphia, Saunders, 1962.
- BOEKE, J., DE GROODT, A., HERINGA, G. C., Leerboek der algemene en bijzondere weefselleer. Utrecht, Oosthoek, 1938.
- BOS, J. H., PHILIPSZOON, A. J., Some forms of nystagmus provoked by stimuli other than accelerations. Pract. oto-rhino-laryng. (Basel), 25, 108, 1963.
- BOWSHER, D., The topographical projection of fibres from the anterolateral quadrant of the spinal cord to the subdiencephalic brain stem in man. Psychiat. et Neurol. (Basel), 143, 75, 1962.
- BRAIN, W. R., NORRIS, F. R., The remote effects of cancer on the nervous system, New York, 1965.
- BRODAL, A., Anatomical considerations on the vestibular nuclei, with special reference to their relation to the spinal cord and the cerebellum. Acta oto-laryng. (Stockh.), Suppl. 192, 24, 1963.
- BRODAL, A., POMPEIANO, O., The vestibular nuclei in the cat. J. Anat. (Lond.), 91, 438, 1957.
- BRODAL, A., POMPEIANO, O., WALBERG, F., The vestibular nuclei and their connections, anatomy and functional correlations. Edinburgh etc., Oliver and Boyd, 1962.

- BRODAL, A., WALBERG, F., BLACKSTADT, T., Termination of spinal afferents to inferior olive in cat. *J. Neurophysiol.*, 13, 431, 1950.
- BROUWER, B., Examen anatomique du système nerveux central des deux chats décrits par J. G. Dusser de Barenne. *Arch. néerl. Physiol.*, 4, 124, 1920.
- BRÜNING, F., Die operative Behandlung der Angina Pectoris durch Exstirpation des Hals-, Brust-Sympathicus und Bemerkungen über die operative Behandlung der abnormen Blutdrucksteigerung. *Klin. Wschr.*, 2, 777, 1923a.
- BRÜNING, F., Weitere Erfahrungen über den Sympathicus. *Klin. Wschr.*, 2, 1872, 1923b.
- BRÜNING, F., Die Behandlung angiospastischer Zustände, insbesondere der Angina Pectoris durch Operationen am vegetativen Nervensystem. *Arch. klin. Chir.*, 126, 163, 484, 1926.
- BRÜNING, F., STAHL, O., Die Chirurgie des vegetativen Nervensystems. Berlin, Springer, 1924.
- BUCHER, O., Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen. 2. Aufl. Bern, etc., Huber, 1956.
- BUCHTHAL, F., ROSENFALK, A., Evoked action potentials and conduction velocity in human sensory nerves. *Brain Research* 3, 7, 1966.
- BUDDENBROCK, W. VON, Vergleichende Physiologie II, Nervenphysiologie. Basel, Birkhäuser, 1953).
- CATEL, W., KRAUSPE, C. A., Ueber die nervöse Leistung und den anatomischen Bau einer menschlichen Hirnmissbildung (Meroanenzephalie mit Meroakranie). *Jb. Kinderheilk. phys. Erz.* 129., der dritten Folge 79. Band 1, 1930.
- COHEN, B., GOTO, K., SHAUZERS, S., WEISS, A. H., Eye movements induced by electric stimulation of the cerebellum in the alert cat. *Exp. Neurol.*, 13, 145, 1965.
- COHEN, B., SUZUKI, J., BENDER, M., Nystagmus induced by electrical stimulation of ampullary nerves. *Acta oto-laryng. (Stockh.)* 60, 422, 1965.
- COHEN, L. A., Role of eye and neck proprioceptive mechanisms in body orientation and motor coordination. *J. Neurophysiol.*, 24, 1, 1961.
- COLLIER, J., BUZZARD, J. F., The degeneration resulting from lesions of posterior nerve roots and from transverse lesions of the spinal cord in man. *Brain*, 26, 559, 1903.
- COOMBS, H. C., The relation of the dorsal roots of the spinal nerves and the mesencephalon to the control of the respiratory movements. *Amer. J. Physiol.*, 46, 458, 1918.
- COOMBS, H. C., PIKE, F. H., The nervous control of respiration in kittens. *Amer. J. Physiol.*, 95, 681, 1930.
- CORBIN, K. B., HINSEY, J. C., Intramedullary course of the dorsal root fibres of each of the first four cervical nerves. *J. comp. Neurol.*, 63, 119, 1935-'36.
- CORBIN, K. B., LHAMON, W. T., PETIT, D. W., Peripheral and central connections of the upper cervical dorsal root ganglia in the rhesus monkey. *J. comp. Neurol.*, 66, 405, 1937.

- DANDY, W. E., An operation for the treatment of spasmodic torticollis. *Arch. Surg.*, 20, 1021, 1930.
- DEINSE, J. B. VAN, JONGKEES, L. B. W., KLIJN, J., Olfactory nystagmus of the head. *Acta oto-laryng. (Stockh.)*, 44, 233, 1954.
- DOW, R. S., The effect of unilateral and bilateral labyrinthectomy in monkey, baboon and chimpanzee. *Amer. J. Physiol.*, 121, 392, 1938.
- DÜNSING, F., Die Erregungskonstellationen im Rautenhirn des Kaninchens bei den Labyrinthstellreflexen (Magnus). *Naturwissenschaften*, 48, 681, 1961.
- DÜNSING, F., Neuronentätigkeit der Vestibulariskerne und der Formatio reticularis. In *Proceedings of the XXII International Congress of Physiological Sciences, Leiden 1962, Part II, Optic and vestibular factors in motor coordination*. Amsterdam etc., Excerpta Medica Foundation, 1962, Vol. I., p. 492.
- DÜNSING, F., SCHÄFER, K. P., Die Neuronenaktivität in der Formatio reticularis des Rhombencephalons beim vestibulären Nystagmus. *Arch. Psychiat. Nervenkr.*, 196, 265, 1957.
- DÜNSING, F., SCHÄFER, K. P., Ueber die Konvergenz verschiedener labyrinthärer Afferenzen auf einzelne Neurone des Vestibulariskerngebietes. *Arch. Psychiat. Nervenkr.*, 199, 345, 1959.
- DUMONT, S., Effets extralabyrinthiques sur l'activité des cellules des noyaux vestibulaires. *J. Physiol. (Paris)*, 52, 87, 1960.
- DUNCAN, D., CROCKER, E. S., Aberrant ganglion cells as a source of intact fibers in severed dorsal roots. *J. Neurophysiol.*, 2, 3, 1939.
- DUSSER DE BARENNE, J. G., Recherches expérimentales sur les fonctions du système nerveux central, faites en particulier sur deux chats dont le néopallium avait été enlevé. *Arch. néerl. Physiol.* 4, 31, 1920.
- EISELSBERG, A. VON, RANZI, E., Ueber die chirurgische Behandlung der Hirn- und Rückenmarktumoren. *Arch. klin. Chir.*, 102, 309, 1913.
- ELDRED, E., Posture and locomotion, In *Handbook of Physiology Sect. 1, Neurophysiology II*, ed. by Field, J. Magoun, H. W., and Hall, V. E. Washington, American Physiological Society, 1960, p. 1067.
- ESCOLAR, J., The afferent connections of the 1st, 2nd and 3rd cervical nerves in the cat. *J. comp. Neurol.*, 89, 79, 1948.
- FERNÁNDEZ, C., Experimental studies on vestibular mechanisms II. Vestibular disorders in decorticated cats. *Acta oto-laryng. (Stockh.)*, 58, 331, 1964.
- FERNÁNDEZ, C., LINSLEY, J. R., Positional nystagmus in man and animals. *J. nerv. ment. Dis.*, 130, 488, 1960.
- FERNÁNDEZ, C., LINSLEY, J. R., ALZATE, R., Postural nystagmus due to cerebellar lesions in the cat. *Acta oto-laryng. (Stockh.)*, 50, 287, 1959.
- FILEHNE, W., Trigemini und Gesichtsausdruck. *Arch. Anat. Physiol., Physiol. Abt.*, 432, 1886.
- FISCHER, M. H., WOBAK, E., Experimentelle Untersuchungen über Vestibularisreaktionen. *Z. Hals-, Nas- u. Ohrenheilk.*, 3, 198, 1922.

- FISCHER, M. H., WODAK, E., Beiträge zur Physiologie des menschlichen Vestibularapparates, I. Mitteilung. Die „vestibulären Körperreflex“ und die „Fallreaktion“. Pflügers Arch. ges. Physiol., 202, 523, 1924.
- FISCHER, M. H., WODAK, E., Beiträge zur Physiologie des menschlichen Vestibularapparates, II. Mitteilung. Die Grundlagen und graphischen Registriermethoden der vestibulären Körperreflexe. Pflügers Arch. ges. Physiol., 202, 553, 1924.
- FLOURENS, P., Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux; 2me éd. Paris, Baillière, 1842.
- FOL, C., Nuove ricerche sull'apnea e sull'automatismo del centro respiratorio. Arch. Fisiol., 9, 453, 1911.
- FODÉRA, M., Recherches expérimentales sur le système nerveux. J. Physiol. exp. path., 3, 191, 1823.
- FÖRSTER, O., Psychiatrisch-Neurologische Vereinigung, Breslau. Sitzung vom 26. Oktober 1923. Klinische Demonstrationen. Klin. Wschr., 3, 170, 1924.
- FREDERICKSON, J. M., SCHWARZ, D., KORNHUBER, H. H., Konvergenz und Interaktion vestibulärer und proprioceptiv-somatosensibler Afferenzen an Neuronen der Vestibulariskerne der Katze. Pflügers Arch. ges. Physiol., 281, 33, 1964.
- FREDERICKSON, J. M., SCHWARZ, D., KORNHUBER, H. H., Convergence and interaction of vestibular and deep somatic afferents upon neurons in the vestibular nuclei of the cat. Acta oto-laryng. (Stockh.), 61, 168, 1966.
- FRENZEL, H., Rucknystagmus als Halsreflex und Schlagfeldverlagerung des labyrinthären Drehnystagmus durch Halsreflexe. Z. Hals-, Nas.- u. Ohrenheilk., 21, 177, 1928.
- FRENZEL, H., Halsreflectorisches Augenrücken von vestibulärer Schlagform, ein typisches Vorkommnis bei vollständig oder nahezu vollständig Labyrinthlosen (Drehunerregbaren). Passow-Schaefer Beitr. Anat. etc., Ohr. 28, 305, 1931.
- GAGEL, O., Zur Frage der Existenz efferenter Fasern in den hinteren Wurzeln des Menschen. Z. ges. Neurol. Psychiat., 126, 405, 1930.
- GAMPER, E., Bau und Leistungen eines menschlichen Mittelhirnwesens (Arhinensephalie und Encephalocoele). Zugleich ein Beitrag zur Teratologie und Faser-systematik. Z. ges. Neurol. Psychiat., 102, 154, 1926 en 104, 49, 1926.
- GEHUCHTEN, A. VAN, Recherches sur la terminaison des sensibles périphériques IV. La racine postérieure des deux premiers nerfs cervicaux. Névraxe, 2, 229, 1901.
- GEIROT, T., The influence of Xylocaine on induced and spontaneous nystagmus. Pract. oto-rhino-laryng. (Basel), 25, 361, 1963.
- GENERSICH, A. VON, Die Exstirpation des Hals-sympathicus bei Asthma Bronchiale. Klin. Wschr., 3, 2011, 1923.
- GERNANDT, B. E., Response of mammalian vestibular neurons to horizontal rotation and caloric stimulation. J. Neurophysiol., 12, 173, 1949.
- GERNANDT, B. E., Vestibular mechanisms, In Handbook of Physiology Sect. 1, Neurophysiology I, ed. by Field, J., Magoun, H. W., and Hall, V. E. Washington, American Physiological Society, 1959, p. 535.
- GERNANDT, B. E., Vestibular connections in the brain stem, In the oculomotor system, ed. by B. Bender. New York, Harper and Row, 1964, p. 224.

- GERNANDT, B. E., GILMAN, S., Descending vestibular activity and its modulation by proprioceptive, cerebellar, and reticular influences. Exp. Neurol., 1, 274, 1959.
- GERNANDT, B. E., THULIN, C., Vestibular connections of the brain stem. Amer. J. Physiol., 171, 121, 1952.
- GRAHE, K., Beckenreflexe auf die Augen beim Menschen und ihre Bedeutung für die Drehschwachreizprüfung des Vestibularapparates. Z. Hals-, Nas.- u. Ohrenheilk., 13, 612, 1926.
- GRIESSMANN, B., Zur kalorischen Erregung des Ohrlabyrinths. Münch. med. Wschr., 68, 1648, 1921.
- GRIESSMANN, B., Zur kalorischen Erregung des Ohrlabyrinths. Int. Zbl. Ohrenheilk., 19, 336, 1922.
- GROSZ, K., Abhandlungen aus dem Gesamtgebiet der Medizin. Klinische und Liquor-diagnostik der Rückenmarkstumoren. Wien, Springer, 1925.
- GÜTTICH, A., Ueber den Antagonismus der Hals- und Bogengangsreflexe bei der Bewegung des menschlichen Auges. Arch. Ohr-, Nas.-, u. Kehlk.-Heilk., 147, 1, 1939.
- HAM, A. W., Histology. 5th Ed. London, Pitman, 1965.
- HASHIMOTO, T., Experimentelle Untersuchungen über die spinale Bahn des N. vestibularis, mit besonderer Berücksichtigung auf dem Gebiete des Deiters descendens et ascendens Winklers. Folia anat. jap., 6, 537, 1928.
- HERBET, H., Le sympathique cervical. Etude anatomique et chirurgicale. Paris, Carré et Naud, 1900.
- HINOKI, M., TERAYAMA, K., Physiological role of neck muscles in the occurrence of optic eye nystagmus. Acta oto-laryng. (Stockh.), 62, 157, 1966.
- HINSEY, J. C., Are there efferent fibers in the dorsal roots? J. comp. Neurol., 59, 117, 1934.
- HÖGYES, A., Uebersetzt von Sugár, M., Ueber den Nervenmechanismus der assoziierten Augenbewegungen. Mschr. Ohrenheilk., 46, 681, 809, 1027, 1912.
- HOFF, H., PÖTZL, O., Ueber Nystagmus bei Tumoren in der Höhe des Dorsalmarks. Med. Klin., 33, 598, 1937.
- HOLST, E. VON, Die Tätigkeit des Statolithenapparates im Wirbeltierlabyrinth. Naturwissenschaften, 37, 265, 1950.
- HOLST, E. VON, KAISER, H., SCHOEN, L., ROEBIG, G., GÖLDNER, G., Die Arbeitsweise des Statolithenapparates bei Fischen. Z. vergl. Physiol., 32, 60, 1950.
- HOLST, E. VON, MITTELSTAEDT, H., Das Reafferenzprinzip. (Wechselwirkungen zwischen Zentralnervensystem und Peripherie). Naturwissenschaften, 37, 464, 1950.
- HORSLEY, V., THIELE, F. H., A study of the degeneration observed in the central nervous system in a case of fracture dislocation of the spine. Brain, 24, 519, 1901.
- ITO, M., HONGO, T., YOSHIDA, M., OKADA, Y., OBATA, K., Antidromic and trans-synaptic activation of deiters' neurones induced from the spinal cord. Jap. J. Physiol., 14, 638, 1964.

- JOHNSON, F. H., Experimental study of spino-reticular connections in the cat. *Anat. Rec.*, 118, 316, 1964.
- JONGKEES, L. B. W., Ueber die Untersuchungen des Gleichgewichtsorgans. In *Fortschritte der Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde I*. Basel, Karger, 1953, p. 1.
- JONGKEES, L. B. W., Olfactory nystagmus. *Acta oto-laryng.* (Stockh.), 44, 556, 1954.
- JONGKEES, L. B. W., How to examine the otoliths. *Ann. Otol.* (St. Louis), 75, 764, 1966.
- JONGKEES, L. B. W., Oorstenen en evenwicht. Verslag Kon. ned. Akad. Wet. afd. Natuurk., 75, 143, 1966.
- JONGKEES, L. B. W., GROEN, J. J., The nature of the vestibular stimulus. *J. Laryng.*, 61, 529, 1946.
- JONGKEES, L. B. W., PHILIPSZON, A. J., Electronystagmography. *Acta oto-laryng.* (Stockh.), Suppl. 189, 111, 1963.
- JONNESCO, T., Le traitement chirurgical de l'angine de poitrine. *Bull. Acad. Méd.* (Paris), 85-86, 67, 1921.
- JONNESCO, T., La résection du sympathique dans l'angine de poitrine. *Presse méd.*, 31, 517, 1923a.
- JONNESCO, T., Le sympathique cervico-thoracique. Paris, Masson, 1923b.
- JONNESCO, T., Traitement chirurgical de l'angine de poitrine. *Presse méd.*, 32, 138, 1924.
- KLEYN, A. DE, Zur Analyse der Folgezustände einseitiger Labyrinthexstirpation beim Frosch. *Pflügers Arch. ges. Physiol.*, 159, 218, 1914.
- KLEYN, A. DE, Actions réflexes du labyrinthe et du cou sur les muscles de l'oeil. *Arch. néerl. Physiol.* 2, 644, 1917-18.
- KLEYN, A. DE, Tonische Labyrinth- und Halsreflexe auf die Augen. *Pflügers Arch. ges. Physiol.*, 186, 82, 1921.
- KLEYN, A. DE, Ueber vestibuläre Augenreflexe IV. Experimentelle Untersuchungen über die schnelle Phase des vestibulären Nystagmus beim Kaninchen. *Albrecht v. Graefes Arch. Ophthalm.*, 107, 480, 1922.
- KLEYN, A. DE, MAGNUS, R., Ueber die Unabhängigkeit der Labyrinthreflexe vom Kleinhirn und über die Lage der Zentren für die Labyrinthreflexe im Hirnstamm. *Pflügers Arch. ges. Physiol.*, 178, 124, 1920.
- KLEYN, A. DE, SCHENK, V., Ueber den Reflexbogen des vestibulären Augennystagmus beim Menschen. *Acta oto-laryng.* (Stockh.), 15, 439, 1931.
- KLEYN, A. DE, VERSTEEGH, C., Labyrinthreflexen nach Abschleuderung der Otolithenmembranen bei Meerschweinchen. *Proc. kon. ned. Akad. Wet.*, 34, 831, 1931.
- KLEYN, A. DE, VERSTEEGH, C., Labyrinthreflexen nach Abschleuderung der Otolithenmembranen bei Meerschweinchen. *Pflügers Arch. ges. Physiol.*, 232, 454, 1932.
- KLIENEGER, O. L., Ein eigentümlicher Liquorbefund bei Rückenmarkstumoren. *Möschl. Psychiat. Neurol.*, 28, 346, 1910.
- KOBRACK, F., Beiträge zur experimentellen Nystagmus. *Passow u. Schaefer's Beiträge*, 10, 214, 1918.
- KOELLA, W., Die Beeinflussbarkeit des postrotatorischen Augennystagmus durch propriozeptive Halsreflexe beim Kaninchen. *Helv. Physiol. pharmacol. Acta*, 5, 430, 1947.

- KOELLA, W., Gleichgewichtsorgan und Augenmuskelsystem im Lichte der Koordinationslehre. *Vjschr. Naturforschenden Ges. Zürich*, 95, Beiheft 1, 1950.
- KORNHUBER, H. H., Physiologie und Klinik des zentralvestibulären Systems (Blick- und Stützmotorik). In *Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde*, hrsg. von Berendse, J., Link, R., Zöllner, F., Bd. III/Teil 3. Stuttgart, Thieme, 1966, p. 2150.
- KORNHUBER, H. H., ASCHOFF, J. C., Somatisch-vestibuläre Integration an Neuronen des motorischen Cortex. *Naturwissenschaften*, 51, 62, 1964.
- KORNILOFF, A. VON, Ueber die Veränderungen der motorischen Funktionen bei Störungen der Sensibilität. *Dtsch. Z. Nervenheilk.*, 12, 199, 1898.
- KÜMMELL, H., Beobachtungen und Erfahrungen an 52 Sympathektomien. *Zbl. Chir.*, 50, 1434, 1923.
- KÜMMELL, H., Zur Chirurgie des Sympathicus mit besonderer Berücksichtigung ihrer anatomischen Grundlagen. *Bruns' Beitr. klin. Chir.*, 132, 249, 1924.
- KURÉ, K., NITTA, Y., TSUJI, M., SHIRAIISHI, K., SUENAGA, B., Die histologische Darstellung der parasympathischen Fasern in den hinteren Rückenmarkstumoren der Lumbalsegmente. *Pflügers Arch. ges. Physiol.*, 218, 573, 1928.
- KURÉ, K., SAÉGUSA, G. I., KAWAGUCHI, K., SHIRAIISHI, K., On the parasympathetic (spinal parasympathetic) fibres in the dorsal roots and their cells of origin in the spinal cord. *Quart. J. exp. Physiol.*, 20, 51, 1930.
- LASSEK, A. M., Potency of isolated brachial dorsal roots in controlling muscular physiology. *Neurology* (Minneapolis), 3, 53, 1951.
- LASSEK, A. M., Inactivation of voluntary motor function following rhizotomy. *J. Neuropath. exp. Neurol.*, 12, 84, 1953.
- LASSEK, A. M., Effect of combined afferent lesions on motor function. *Neurology* (Minneapolis), 5, 269, 1955.
- LASSEK, A. M., MOYER, E. K., An ontogenetic study of motor deficits following dorsal brachial rhizotomy. *J. Neurophysiol.*, 16, 246, 1953.
- LEESON, C. R., LEESON, TH. S., *Histology*. Philadelphia, Saunders, 1966.
- LERICHE, R., FONTAINE, R., De quelques phénomènes observés après la section des derniers rameaux communicants cervicaux. *Rev. neurol.* 1, 1237, 1926.
- LIEOU YONG-CHOEN, Syndrome sympathique cervical postérieur et arthrite chronique de la colonne vertébrale cervicale, étude clinique et radiologique. Thèse, Strasbourg, 1928.
- LIU, C. N., CHAMBERS, W. W., Intraspinal sprouting elicited from intact spinal sensory neurons by adjacent posterior root section. *Amer. J. Physiol.* 183, 640, 1955.
- LOEWENBERG, Ueber die nach Durchschneidung der Bogengänge des Ohrlabyrinthes auftretenden Bewegungsstörungen. *Arch.-, Aug.-, Ohrenheilk.*, 3, 1, 1873.
- LONGET, F. A., Mémoires sur les troubles qui surviennent dans l'équilibration, la station et la locomotion des animaux après la section des parties molles de la nuque. *Gaz. méd. Paris*, 13, 565, 1845.
- LONGET, F. A., *Traité de physiologie*, II; 2me éd. Paris, Masson, 1860, p. 335.
- LORENTE DE NÓ, R., Labyrinthreflexe auf die Augenmuskeln nach einseitiger Labyrinthexstirpation. Berlin etc., Urban & Schwarzenberg, 1928.

- LOWENSTEIN, O., ROBERTS, T. D. M., Oscillographic analyses of the gravity and vibration responses from the labyrinth of the thornback ray (*Raja clavata*). *Nature* (Lond.), 162, 852, 1948.
- LUNDBERG, A., Ascending spinal hindlimb pathways in the cat. *Progress in Brain Research*, 12, 135, 1964.
- LUNDBERG, A., NORRSELL, U., VOORHOEVE, P., Pyramidal effects on ascending spinal pathways. *Acta physiol. scand.*, 59, 462, 1963.
- LUNDBERG, A., OSCARSON, O., Three ascending pathways in the dorsal part of the lateral funiculus. *Acta physiol. scand.*, 51, 1, 1961.
- MCCOUGH, G. P., DEERING, I. D., LING, T. H., Location of receptors for tonic neck reflexes. *J. Neurophysiol.*, 14, 191, 1950.
- MCKENZIE, K. G., Intrameningeal division of the spinal accessory and roots of the upper cervical nerves for the treatment of spasmodic torticollis. *Surg. Gynec. Obstet.*, 39, 5, 1924.
- MACNALLY, W. J., Welche cervicalen Wurzeln beteiligen sich an dem Zustandekommen der Kopfdrehung nach einseitiger Labyrinthexstirpation? *Pflügers Arch. ges. Physiol.*, 213, 673, 1926.
- MACNALLY, A. S., HORSLEY, V., On the cervical spino-bulbar and spino-cerebellar tracts and on the question of topographical representation in the cerebellum. *Brain*, 32, 237, 1909.
- MAGENDIE, F., Expériences sur les fonctions des racines des nerfs rachidiens. *J. Physiol. exp.*, 2, 276, 1822.
- MAGNUS, R., Welche Teile des Zentralnervensystems müssen für das Zustandekommen der tonischen Hals- und Labyrinthreflexe auf die Körpermuskulatur vorhanden sein? *Pflügers Arch. ges. Physiol.*, 159, 224, 1914.
- MAGNUS, R., Beiträge zum Problem der Körperstellung. *Pflügers Arch. ges. Physiol.*, 163, 405, 1916.
- MAGNUS, R., Körperstellung. Berlin, Springer, 1924.
- MAGNUS, R., STORM VAN LEEUWEN, W., Die akuten und die dauernden Folgen des Ausfalles der tonischen Hals- und Labyrinthreflexe. *Pflügers Arch. ges. Physiol.*, 159, 157, 1914.
- MEHLER, W. R., FEFERMAN, M. E., NAUTA, W. J. H., Ascending axon degeneration following anterolateral chordotomy. An experimental study in the monkey. *Brain*, 83, 718, 1960.
- MICKLE, W. A., ADES, H. W., A composite sensory projection area in the cerebral cortex of the cat. *Amer. J. Physiol.*, 170, 682, 1952.
- MITTELSTAEDT, H., Physiologie des Gleichgewichtssinnes bei fliegenden Libellen. *Z. vergl. Physiol.*, 32, 422, 1950.
- MITTELSTAEDT, H., Die Regelungstheorie als methodisches Werkzeug der Verhaltensanalyse. *Naturwissenschaften*, 48, 246, 1961.
- MOESCHLIN, S., Klinik und Therapie der Vergiftungen, 4. Aufl. Stuttgart, Thieme, 1964.
- MOLNÁR, L., Elektrische Tätigkeit der Extremitäten und Halsmuskulatur bei Labyrinthreizung. *Arch. Psychiat. Nervenkr.*, 197, 635, 1958.

- MONAKOW, C. VON, Zur Kenntniss des „äusseren Acusticuskerns“ und des Corpus restiforme. *Neurol. Zbl.*, 1, 418, 1882.
- MONAKOW, C. VON, Experimenteller Beitrag zur Kenntniss des Corpus restiforme, des „äusseren Acusticuskerns“ und deren Beziehungen zum Rückenmark. *Arch. Psychiat. Nervenkr.*, 14, 1, 1883.
- MOIT, F. W., SHERRINGTON, C. S., Experiments upon the influence of sensory nerves upon movement and nutrition of the limbs. *Proc. Roy. Soc. Lond.*, 57, 481, 1895.
- MOUNTCASTLE, V. B., Modality and topographic properties of single neurons of cat's somatic sensory cortex. *J. Neurophysiol.*, 20, 408, 1957.
- MUNK, H., Ueber die Funktion von Hirn und Rückenmark, XIII. Ueber die Folgen des Sensibilitätsverlustes der Extremität für deren Motilität. Berlin, Hirschwald, 1909, p. 247.
- NATHAN, P. W., SEARS, T. A., Effects of posterior root section on the activity of some muscles in man. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.*, 23, 10, 1960.
- NETZER, H. R., Ocular nystagmus following cervical cord stimulation. *Univ. Mich. med. Bull.*, 29, 309, 1963.
- NORRSELL, U., VOORHOEVE, P., Tactile pathways from the hindlimb to the cerebral cortex in cat. *Acta physiol. scand.*, 54, 9, 1962.
- OBERHILL, H. R., SMITH, R. A., BUCY, P. C., Neoplasms of central nervous system simulating degenerative disease of spinal cord. *J. Amer. med. Ass.*, 151, 612, 1953.
- OOSTERVELD, W. J., The torsion swing. *Pract. oto-rhino-laryng.* (Basel), 27, 309, 1965.
- OPPENHEIM, R., Lehrbuch der Nervenkrankheiten, Bd. I; 6. Aufl. Berlin, Karger, 1913.
- OSCARSSON, O., Differential course and organization of uncrossed and crossed long ascending spinal tracts. In *Progress in brain research*, Vol. 12, ed. by Eccles, J. C., and Schädé, J. P. Amsterdam, Elsevier, 1964, p. 165.
- PHILIPSZON, A. J., Compensatory eye movements and nystagmus provoked by stimulation of the vestibular organ and the cervical nerve roots. *Pract. oto-rhino-laryng.*, 24, 193, 1962.
- PHILIPSZON, A. J., Compensatoire oogbewegingen en nystagmus, opgewekt door prikkeling van het evenwichtsorgaan en de cervicale zenuwwortels. *Ned. T. Geneesk.*, 106, 497, 1962.
- PHILIPSZON, A. J., BIEMOND, A., BOS, J. H., Cervicale nystagmus. *Ned. T. Geneesk.*, 107, 524, 1962.
- PHILIPSZON, A. J., BOS, A. J., Neck torsion nystagmus. *Pract. oto-rhino-laryng.* (Basel), 25, 339, 1963.
- POMPEIANO, O., BRODAL, A., The origin of vestibulospinal fibres in the cat. An experimental study, with comments on the descending medial longitudinal fascicle. *Arch. ital. Biol.*, 95, 166, 1957.

- POMPEIANO, O., BRODAL, A., Spino-vestibular fibers in the cat an experimental study. *J. comp. Neurol.*, 108, 353, 1957.
- POTTHOFF, P. C., BURANDT, H. R., Neuronale Antworten auf vestibuläre Reize im Tectum und ponto-mesencephalen Tegmentum der Katze und ihre Konvergenz mit optischen, akustischen und somatosensiblen Afferenzen. *Pflügers Arch. ges. Physiol.*, 281, 72, 1964.
- RADEMAKER, G. G. J., *Das Stehen*. Berlin, Springer, 1931.
- RANSON, S. W., The role of the dorsal roots in muscle tonus. *Arch. Neurol. Psychiat. (Chic.)*, 19, 201, 1928.
- RANSON, S. W., DAVENPORT, H. K., DOLES, E. A., Intramedullary course of the dorsal root fibers of the first three cervical nerves. *J. comp. Neurol.*, 54, 1, 1932.
- REBATTU, J., MOUNIER-KUHN, P., DECHAUME, J., BONNET, P., COLRAT, A., Les zones céphaliques. *Rev. Oto-neuro-ophtal.*, 11, 333, 1933.
- REID, M. R., ECKSTEIN, G., Sensory disturbances following sympathectomy for angina pectoris. *J. Amer. med. Ass.*, 83, 114, 1924.
- REID, M. R., FRIEDLANDER, A., Sympathectomy for Angina pectoris. *J. Amer. med. Ass.*, 83, 113, 1924.
- ROBERTS, T. D. M., *Neurophysiology of postural mechanisms*. London, Butterworths, 1967.
- ROSE, J. E., MOUNTCASTLE, V. B., Touch and kinesthesia, In *Handbook of Physiology Sect. 1. Neurophysiology I*, ed. by Field, J. Magoun, H. W., and Hall, V. E. Washington, American Physiological Society, 1959, p. 307.
- ROSSI, G. F., BRODAL, A., Terminal distribution of spinoreticular fibers in the cat. *Arch. Neurol. Psychiat. (Chic.)*, 78, 439, 1957.
- ROYLE, N. D., The treatment of spastic paralysis by sympathetic ramisection. *Surg. Gynec. Obstet.*, 39, 701, 1924.
- SCHENK, V. W. D., *Een hemicephaal*. Proefschrift, Utrecht, 1931.
- SCHIEF, J. M., *Lehrbuch der Physiologie des Menschen, I. Muskel- und Nervenphysiologie*. Schauenburg, Lahr, 1858-'59, p. 110.
- SCHMIDT, W., Ueber den Einfluss der Liquorentnahme auf das Ergebnis der Vestibularisprüfung. *Msehr. Ohrenheilk.*, 76, 299, 1942.
- SCHUBERT, K., Schwindel und Sympathicus. *Arch. Ohr-, Nas- u. Kehl-Heilk.*, 156, 489, 1949-'50.
- SERCL, M., KOVÁRÍK, J., A contribution to the question of distant signs in tumors of the spinal cord with special regard to nystagmus. *Zbl. Chir.*, 20, 347, 1960.
- SERKO, A., Einiges zur Diagnostik der Rückenmarksgeschwülste. *Z. ges. Neurol. Psychiat.*, 21, 262, 1914.
- SHERRINGTON, C. S., *Textbook of Physiology, Vol. II. The spinal cord*. Edinburgh etc., Pentland, 1900, p. 783.
- SHERRINGTON, C. S., *The integrative action of the nervous system*, 2nd ed. New Haven, Yale University Press, 1961.
- SIMONS, A., Kopfstellung und Muskeltonus. *Klinische Beobachtungen. Z. ges. Neurol. Psychiat.*, 80, 499, 1923.

- SMITH, F. J., McCLORE, R. D., Cervical sympathectomy for the relief of pain. *Surg. Gynec. Obstet.*, 39, 210, 1924.
- SPAMER, C., Experimenteller und kritischer Beitrag zur Physiologie der halbkreisförmigen Kanäle. *Pflügers Arch. ges. Physiol.*, 21, 479, 1880.
- SPIEGEL, E. A., DÉMETRIADES, TH., D., Die zentrale Kompensation des Labyrinthverlustes. *Pflügers Arch. ges. Physiol.*, 210, 215, 1925.
- STENVERS, H. W., Ueber die klinische Bedeutung der kompensatorischen Augenbewegungen bei Kopfdrehung. *Z. ges. Neurol. Psychiat.*, 92, 484, 1924.
- STENVERS, H. W., Haltungs- und Stützreflexe. Stützreaktion. In *Handbuch der Neurologie*, Bd. V, Hrsg. von Bumke, O., und Förster, O. Berlin etc., Springer, 1936, p. 523.
- STENVERS, H. W., Tonic neck reflexes on the eye muscles in man. *Proc. kon. ned. Akad. Wet.*, 44, 385, 1941.
- SZENTÁGOTHAÏ, J., Die zentrale Innervation der Augenbewegung. *Arch. Psychiat. Nervenkr.*, 116, 721, 1943.
- SZENTÁGOTHAÏ, J., Die Rolle der einzelnen Labyrinthrezeptoren bei der Orientation von Augen und Kopf im Raume. Budapest, Akadémiai Kiadó, 1952.
- TRINCKER, D., Analysis of the physical and neurophysiological principles, underlying vestibular stimulation. *Confin. neurol. (Basel)*, 21, 372, 1961.
- TRINCKER, D., SIEBER, J., BARTUAL, J., Schwingungsanalyse der vestibulär, optokinetisch und durch elektrische Reizung ausgelösten Augenbewegungen beim Menschen. *Kybernetik*, 1, 21, 1961.
- TRINCKER, D., Physiologie des Gleichgewichtsorgans. In *Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde*, hrsg. von Berendes, J., Link, R., Zöllner, F. Band III/Teil 1. Stuttgart, Thieme, 1965, p. 311.
- TWITCHELL, T. E., Sensory factors in purposive movement. *J. Neurophysiol.*, 17, 239, 1954.
- VERSTEEGH, C., Ergebnisse partieller Labyrinthexstirpation bei Kaninchen. *Acta oto-laryng. (Stockh.)*, 11, 393, 1927.
- VOSS, O., Geburtstrauma und Gehörorgan. *Int. Zbl. Ohrenheilk.*, 24, 16, 1925.
- WALBERG, F., BOWSHER, D., BRODAL, A., The termination of primary vestibular fibres in the vestibular nuclei in the cat. *J. comp. Neurol.*, 110, 391, 1958.
- WESTBROOK, W. H. L., TOWER, S. S., An analysis of the problem of emergent fibers in posterior spinal roots, dealing with the rate of growth of extraneous fibers into the roots after ganglionectomy. *J. comp. Neurol.*, 72, 383, 1940.
- WIERSMA, D., Clinical and anatomical experiences in two cases of spinal cord tumour. *Acta psychiat. (Kbh.)*, 3, 63, 1928.
- WILSON, V. J., KATO, M., THOMAS, R. C., Excitation of lateral vestibular neurones. *Nature (Lond.)*, 206, 96, 1965.
- WILSON, J. G., PIKE, F. H., The effects of stimulation and extirpation of the labyrinth of the ear and their relation to the motor system. *Philosophic. Trans. roy. Soc.*, 203, 127, 1913.

- WILSON, V. J., THOMAS, R. C., PETERSON, B. W., Excitation of lateral vestibular neurons by peripheral afferent fibers. *J. Neurophysiol.*, 29, 508, 1966.
- WINKLER, C., The central course of the nervus octavus and its influence on motility. In *Opera Omnia IV*. Haarlem, Bohn, 1918, p. 360.
- WODAK, E., Physio-pathologische Probleme des menschlichen Vestibular-apparates. In *Fortschritte der Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde I*. Basel, Karger, 1933, p. 166.
- WRETE, M., Beiträge zur Kenntnis der Anatomie des Halssympathicus beim Kaninchen. *Z. mikr.-anat. Forsch.*, 49, 317, 1941.
- YEE, J., CORBIN, K. B., The intramedullary course of the upper five, cervical, dorsal root fibres in the rabbit. *J. comp. Neurol.*, 70, 297, 1939.
- YULES, R. B., GAULT, F. P., The relationship of nystagmus to lateral vestibular nucleus stimulation. *Exp. Neurol.*, 15, 475, 1966.
- YULES, R. B., KREBS, C. Q., GAULT, F. P., Physiology of the lateral vestibular nucleus. *Exp. Neurol.*, 16, 172, 1966.

Dit proefschrift werd gezet uit de Times New Roman en gedrukt op de persen van Schriks' Drukkerij N.V. te Asten (N.-Br.)

De cliché's werden vervaardigd door De Reproductie Compagnie N.V. te Rotterdam.

Aanhangsel I

PROTOCOLLEN VAN DE EXPERIMENTEN

Gebruikte afkortingen:

C	= cervicale wervel
E	= eenheid
i.g.	= intragluteaal
l.	= links, linker
min.	= minuut
ny	= nystagmus
geen ny	= geen nystagmus in buik- of zijliggingen
proc.	= procaine HCl
r.	= rechts, rechter
u.	= uur
zijl.	= zijligging

Cursief gedrukte woorden geven aan de hoofdrichting van de snelle nystagmus fase.

Algemene opmerkingen:

1. Nystagmus wordt naar zijn snelle fase benoemd, in zijligging naar de richting van de snelle slag aan het bovenliggend oog.
2. Wanneer op een procaine-injectie geen nystagmus volgt, wordt het dier steeds minstens twee uur lang geobserveerd. (Uitzondering: II.b.3.3.).
3. Procaine-injecties die ter controle dienen zijn steeds in gelijke hoeveelheden over de lichaamshelften verdeeld.
4. Tussen twee experimenten op een dier liggen minstens 12 uur.
5. Tijdsnoteringen zijn berekend vanaf het tijdstip van het einde der ingreep die in het experiment beschreven wordt.

SERIE I

I.a. Injectie van 4 ml physiologisch zout van dorsaal naast C1-2-3. Observatie gedurende 2 uur.

I.a.1. Konijn 682

Gedurende de eerste 2 min. na inspuiting l. ziet men 3-5 slagen ny direct na plaatsing in zijl. Daarna geen ny.

I.a.2. Konijn 684

Na inspuiting l. geen ny.

I.a.3. Konijn 685

Na inspuiting l. geen ny.

I.a.4. Konijn 688

Na inspuiting l. geen ny.

I.a.5. Konijn 690

Na inspuiting l. geen ny.

I.a.6. Konijn 691

Na inspuiting r. geen ny.

I.a.7. Konijn 692

Na inspuiting r. geen ny.

I.a.8. Konijn 695

Na inspuiting r. gedurende de eerste 3 min. 2-6 slagen ny direct na plaatsing in zijl.

I.a.9. Konijn 697

Na inspuiting r. geen ny.

I.a.10. Konijn 699

Na inspuiting r. geen ny.

I.b. Injectie van 4 ml proc. 2% van dorsaal naast C1-2-3.

I.b.1. Konijn 9

Geen ny na inspuiting van 4 ml proc. 4% intragluteaal. Inspuiting van 4 ml proc. 2% r. naast C1-2-3 veroorzaakt direct na de injectie gedurende 1,5 u. in l. zijl. ny, de eerste 10 min. naar *voor* boven, daarna naar *boven* voor. Geen ny na i.g. injectie van 4 ml 2% en 4 ml 1% proc.

I.b.2. Konijn 32

Geen ny na i.g. inspuiting van 4 ml proc. 4%. 6 Min. na inspuiting van 4 ml proc. 2% r. naast C1-2-3 ontstaat in l. zijl. ny naar *beneden* achter, in r. zijl. heeft de ny fijnere slagen naar *achter* boven. 30 Min. na de inspuiting is de ny in r. zijl. verdwenen. In l. zijl. is hij dan naar boven gericht. 90 Min. na de injectie is de ny, die dus bijna 1,5 u. duurde, verdwenen. Injectie van 4 ml 2% en 4 ml 1% proc. i.g. veroorzaakte geen ny.

I.b.3. Konijn 33

Geen ny na injectie van 4 ml 4% proc. i.g. 5 Min. na inspuiting van 4 ml proc. 2% r. naast C1-2-3 ziet men alleen in l. zijl. ny omlaag. Na 20 min. is de ny in l. zijl. vrijwel verdwenen en gaat in r. zijl. de ny naar *beneden*. Na 30 min. ziet men uitsluitend in r. zijl. ny omlaag, die na 60 min. verdwenen is en dus bijna een uur duurde. Geen ny na i.g. injectie van 4 ml 2% en 4 ml 1% proc.

I.b.4. Konijn 34

Geen ny na inspuiting van 4 ml 4% proc. i.g. 3 Min. na injectie van 4 ml proc. 2% l. naast C1-2-3 ny in l. zijl. met fijne slagen omlaag, in r. zijl. met grovere slagen omlaag. Na 80 min. is de ny verdwenen. Hij duurde dus ruim $1\frac{1}{4}$ u. Na inspuiting van 4 ml 2% en 4 ml 1% proc. i.g. ontstaat geen ny.

I.b.5. Konijn 35

Geen ny na inspuiting van 4 ml proc. 4% i.g. 3 Min. na injectie van 4 ml proc. 2% l. naast C1-2-3 vooral in r. zijl. ny naar *boven* achter, minder in l. zijl. naar *achter*. Na 25 min. alleen in r. zijl. nog enkele slagen ny. De ny is na 35 min. verdwenen en duurde dus ruim $\frac{1}{2}$ u. Geen ny na i.g. injectie van 4 ml 2% en 4 ml 1% proc.

I.b.6. Konijn 36

Geen ny na injectie van 4 ml proc. 4% i.g. Tweemaal wordt inspuiting van 4 ml proc. 2% in de nek niet door ny gevolgd. De derde keer ziet men na inspuiting r. naast C 1-2-3 een langzame ny met fijne slagen, in l. zijl. omhoog, in r. zijl. omlaag. In l. zijl. komen de slagen frequenter. De ny ontstaat na 5 min. en duurt bijna $\frac{1}{2}$ u. Geen ny na inspuiting van 4 ml 2% en 4 ml 1% proc. i.g.

I.b.7. Konijn 37

Na i.g. injectie van 4 ml proc. 4% geen ny. 2 Min. na inspuiting van 4 ml 2% proc. l. naast C1-2-3 ny, in l. zijl. naar *beneden* achter, in r. zijl. naar *boven* achter. Na 2 u. slaat de ny in l. zijl. naar *boven* achter, in r. zijl. naar *achter* boven. Na 3 u. is de ny in l. zijl. verdwenen. Geen ny meer na $3\frac{1}{2}$ u. De ny duurde dus $3\frac{1}{2}$ u. Na inspuiting van 4 ml 2% en 4 ml 1% proc. i.g. geen ny.

I.b.8. Konijn 38

Na i.g. injectie van 4 ml proc. 4% geen ny. 5 Min. na inspuiting van 4 ml 2% proc. l. naast C1-2-3, gedurende 15 min. in r. zijl. ny, langzaam en met grove slagen. Geen ny na injectie van 4 ml 2% en 4 ml 1% proc. i.g.

I.b.9. Konijn 44

Geen ny na i.g. injectie van 4 ml 4% proc. 13 Min. na inspuiting van 4 ml 2% proc. r. naast C1-2-3 ontstaat er ny, in l. zijl. naar *beneden*, in r. zijl. slechts enkele slagen naar *boven*. Na 2 u. is de ny verdwenen. De ny duurde dus $1\frac{3}{4}$ u. Geen ny na i.g. injectie van 4 ml 2% en 4 ml 1% proc.

I.b.10. Konijn 46

Geen ny na i.g. injectie van 4 ml 4% proc. 11 Min. na inspuiting van 4 ml proc. 2% r. naast C1-2-3 ziet men ny, in r. zijl. naar *beneden* voor. Na 60 min. ziet men ook in l. zijl. ny naar *beneden* voor. Na 110 min. ziet men alléén in r. zijl. ny naar *voor* *beneden*. Na 160 min. is de ny verdwenen, hij duurde dus ca $2\frac{1}{2}$ u. Geen ny na i.g. injectie van 4 ml 2% en 4 ml 1% proc.

SERIE II

Opwekken van positienystagmus door inspuiting van procaïne in de nek. Uitschakeling van somato-sensibele vezels en van de vertebrale vaat-zenuwstreng.

II.a. Procaïne inspuiting in de nek na doorsnijding van de achterwortels C1 en C2, alsmede de zenuwen C3 en C4 aan een zijde (verder doorsnijding C1-2-3-4 genoemd), onder locale anesthesie.

II.a.1. Konijn 169

II.a.1.1. Injectie van 2 ml. proc. 2% i.g. veroorzaakt geen ny.

II.a.1.2. Injectie van 2 ml proc. 2% l. naast C1-2 veroorzaakt vooral in r. zijl. ny gericht naar *boven*.

II.a.1.3. Infiltratie van de nek met proc. 1%. Na afloop van de doorsnijding C1-2-3-4 wordt het dier op de grond gezet. Het buitelt enkele malen om zijn lengteas, bij inspectie van voren in de richting van de wijzers van de klok. Er bestaat een sterke lateropulsie naar l. Om de as van de wervelkolom is de romp zó getordeerd, dat het konijn op de buitenzijde van de l. gluteaalstreek en het l. bovenbeen ligt. Van boven gezien is de kop om een verticale as in de nek naar r. gewend, om een naso-occipitale as zó gedraaid dat de l. oogkas iets naar *boven* komt. Het dier loopt in cirkels r. om. Op een gladde ondergrond glijdt de r. voorpoot naar voren uit. De l. extremiteten zijn hypotoon. Het rollen om de lengteas van het lichaam duurt enkele min., het dwangmatig in cirkels lopen en de lateropulsie blijven bijna 1 u. bestaan. Na ca 2 u. zijn de torsie van het bekken en het uitglijden van de r. voorpoot verdwenen. Totdat het dier, 45 dagen na de ingreep aan de l. zijde, geopereerd wordt aan de r. wortels, is de kop licht naar r. gewend. Om zijn naso-occipitale as blijft hij zo gedraaid dat de l. oogkas iets hoger staat. Wanneer het dier in zijn hok schrikt, loopt het steeds in cirkels rechtsonder.

II.a.1.4. Na 17 dagen is de nekwond fraai genezen. Inspuiting van 4 ml proc. 2% r. naast C1-2 wordt na 5 min. gevolgd door ny, in l. zijl. met grovere slagen *boven* voor. Duur ca $\frac{1}{2}$ uur.

II.a.1.5. Na 40 dagen wordt 3 ml. proc. 2% l. naast C1-2 gespoten. 8 Min. na de inspuiting ziet men ruim een kwartier in r. zijl. een ny met fijne slagen, gericht naar *boven* achter.

II.a.1.6. Na 41 dagen: inspuiting van 3 ml proc. 2% r. naast C1-2 veroorzaakt na 3 min. ny, in l. zijl. naar *voor* *beneden*, in r. zijl. naar *achter* *boven*. De ny in l. zijl. duurt bijna $\frac{1}{2}$ u. In r. zijl. houdt de ny $\frac{3}{4}$ u. aan.

II.a.1.7. Na 42 dagen: injectie van 3 ml proc. 2% l. naast C1-2. Deze inspuiting wordt na 10 min. gevolgd door zwakke positieny naar *beneden* voor in l. zijl., snellere ny met grovere slagen naar *boven* achter in r. zijl. De ny is na ca $1\frac{1}{4}$ u. verdwenen.

II.a.1.8. Na 43 dagen: inspuiting van 3 ml proc. 2% i.g. wordt niet door ny gevolgd.

II.a.1.9. Na 44 dagen: injectie van 3 ml proc. 2% r. naast C1-2. Na 5 min. treedt duidelijke positiëny op, naar *boven* voor in l. zijl., in r. zijl. naar *beneden* en een spoor naar voor. Duur van de ny 1 u.

II.a.2. Konijn 190

II.a.2.1. Injectie van 2 ml proc. 2% l. naast C1-2 veroorzaakt zwakke ny, in l. zijl. omhoog, in r. zijl. omlaag, gedurende ruim $\frac{1}{2}$ u.

II.a.2.2. Infiltratie van de nek met proc. 1%. Na afloop van de doorsnijding van C1-2-3-4 r. wordt het dier op de grond gezet. Het rolt eenmaal om zijn lengteas, bij inspectie van voren tegen de richting der wijzers van de klok in. Er bestaat een sterke lateropulsie naar r. Om de as van de wervels is de romp zo getordeerd dat het konijn op de buitenzijde van de r. gluteaalstreek en het r. bovenbeen ligt. Van boven gezien is de kop om een verticale as in de nek naar l. gewend, om een naso-occipitale as dusdanig gedraaid dat de r. oogkas iets naar boven komt. Het dier loopt in cirkels linksom. Op een gladde onderlaag glijdt de l. voorpoot naar voren uit. De r. extremiteten zijn licht hypotoon. De lateropulsie verdwijnt, evenals de torsie van romp en bekken in de loop van ca $\frac{1}{2}$ u. Tijdens de eerste dag na de operatie draait het dier spontaan steeds linksom, hoewel het goed rechtsom kan lopen. De wending en de draaiing van de kop blijven in lichte mate aanwezig totdat het dier 44 dagen na de eerste operatie aan halsworteldoorsnijding l. wordt onderworpen.

II.a.2.3. Na 15 dagen veroorzaakt inspuiting van 4 ml proc. 2% i.g. geen ny.

II.a.2.4. Na 17 dagen is de nek wond fraai genezen. Inspuiting van 2 ml proc. 4% l. naast C1-2 wordt na 10 min. gevolgd door ny, in l. zijl. naar *boven* voor, met een horair rotatore component, in r. zijl. naar *beneden* met een antihorair rotatore component. De ny duurt bijna 1 u.

II.a.2.5. Na 40 dagen wordt 3 ml proc. 2% l. naast C1-2 gespoten. 2 Min. na deze injectie ziet men in l. zijl. ny naar *beneden* achter, in r. zijl. naar voor en boven. De ny duurt ruim $\frac{1}{2}$ u.

II.a.2.6. Na 41 dagen: inspuiting van 3 ml proc. 2% r. naast C1-2 veroorzaakt na 6 min ny, in l. zijl. naar *boven* achter, in r. zijl. met fijne slagen omlaag. Na 30 min. slaat de ny in l. zijl. naar *achter* iets omhoog, in r. zijl. langzaam en met fijne slagen naar voor. De ny is na ruim $1\frac{1}{4}$ u. verdwenen.

II.a.2.7. Na 42 dagen: injectie van 3 ml proc. 2% l. naast C1-2. Deze inspuiting wordt na 2 min. gevolgd door ny in r. zijl. naar *boven* voor, in l. zijl. met fijne slagen naar boven. De ny duurt ruim $1\frac{3}{4}$ u.

II.a.2.8. Na 44 dagen: inspuiting van 3 ml proc. 2% r. naast C1-2 wordt na 2 min. gevolgd door ny, in l. zijl. naar *voor* en iets omhoog met een antihorair rotatore component, in r. zijl. met fijne slagen omlaag. De ny duurt bijna $\frac{1}{2}$ u.

II.a.3. Konijn 990

Nadat de r. nekhelft met proc. 1% geïnfilteerd is, ontstaat in r. zijl. ny. Vervolgens wordt ook de l. nekhelft geanestheiseerd. Na afloop van de doorsnijding der eerste vier halswortels r. wordt het dier op de grond gezet waar het roerloos blijft zitten. Rollen om de lengteas van het lichaam wordt niet waargenomen, wel bestaat er een lateropulsie naar r. Van boven gezien is de kop om een verticale as naar l. gewend, om een naso-occipitale as dusdanig gedraaid dat de r. oogkas iets naar boven komt. Bekken en achterpoten zijn om de as van de wervelkolom zo getordeerd dat het dier op de buitenzijde van de l. gluteale streek en het l. bovenbeen ligt. Na 14 dagen wordt het dier 's ochtends in het hok aangetroffen met verschijnselen van een cervicale dwarslaesie. Het wordt door het geven van een letale dosis nembutal gedood.

II.b. Doorsnijding van de achterwortels C1-2, de zenuwen C3-4 aan beide zijden (verder doorsnijding C1-2-3-4 beiderzijds genoemd) onder locaalanesthesie met procaine. Na postoperatief herstel, procaine-injecties aan een kant in de nek.

II.b.1. Konijn 171

II.b.1.1. Na injectie van 3 ml proc. 1% r. naast C1-2 in l. zijl. ny omhoog.

II.b.1.2. Na infiltratie van de nek met proc. 1% doorsnijding C1-2-3-4

beiderzijds. Wondsluiting met nylon. Penicilline 250.000 E i.m. Na de ingreep blijft het dier stil zitten, de kop is licht voorovergebogen en maakt in een horizontaal vlak schudbewegingen („neen-knikken”) van kleine amplitudo, zonder langzame en snelle fase. De schudbewegingen nemen toe wanneer het dier aan zijn rughuid van de onderlaag wordt opgetild. In de lucht maken de voorpoten aanvalsgewijs snelle loopbewegingen. Een uur na de operatie zijn de schudbewegingen nauwelijks meer te zien, de volgende ochtend zijn zij verdwenen.

II.b.1.3. Na 14 dagen geen ny na inspuiting 2 ml proc. 4% l. naast C1-2. Nekwond fraai genezen.

II.b.1.4. Na 15 dagen geen ny na injectie van 2 ml proc. 4% r. naast C1-2.

II.b.1.5. Na 16 dagen geen ny na inspuiting van 4 ml proc. 2% l. naast C1-2.

II.b.1.6. Na 18 dagen geen ny na injectie van 4 ml proc. 2% r. naast C1-2.

II.b.1.7. Na 19 dagen geen ny na inspuiting van 4 ml proc. 2% l. naast C1-2.

II.b.2. Konijn 988

II.b.2.1. Voor de operatie toont het dier na inspuiting van 3 ml proc. 1% r. naast C1-2 ny in l. zijl. naar *boven* voor, in r. zijl. naar *beneden* achter.

II.b.2.2. Infiltratie van de nek met proc. 1%. Doorsnijding van C1-2-3-4 beiderzijds. Wondsluiting met nylonhechtingen. Penicilline 250.000 E i.m. Het dier wil na de ingreep niet lopen, zit onvast op zijn poten en vertoont zwakke schommelingen van de romp van l. naar r. De kop is licht gebogen en maakt in een horizontaal vlak zonder langzame of snelle fase: „neen-knikbewegingen”. De cervicale lordose is wat toegenomen. Het „neen-schudden” wordt sterker wanneer het dier aan zijn rughuid van de grond getild wordt. Na 2 u. is er aan het konijn, buiten wellicht wat ver naar lateraal uitsteken van de oren, niets bijzonders op te merken.

II.b.2.3. Na 14 dagen is de operatiewond goed genezen. Inspuiting van 2 ml 4% proc. r. naast C1-2 veroorzaakt geen ny.

II.b.2.4. Na 15 dagen: inspuiting van 2 ml 4% proc. l. naast C1-2 veroorzaakt geen ny.

II.b.2.5. Na 16 dagen: injectie van 4 ml 2% proc. r. naast C1-2 veroorzaakt geen ny.

II.b.2.6. Na 17 dagen: inspuiting van 4 ml 2% proc. l. naast C1-2 veroorzaakt geen ny.

II.b.2.7. Na 18 dagen: injectie van 4 ml proc. 2% r. naast C1-2 veroorzaakt geen ny.

II.b.3. Konijn 197

II.b.3.1. Na inspuiting van 2 ml 2% proc. r. naast C1-2 ny in r. zijl. Direct daarop infiltratie van de nek met proc. 1%.

II.b.3.2. Doorsnijding van C1-2-3-4 beiderzijds. Na afloop van de ingreep toont het dier „neen-schudden” van de kop in een horizontaal vlak, zonder langzame of snelle fase. Het schudden neemt toe wanneer het dier ter hoogte van de achterpoten aan zijn rughuid wordt opgetild. De voorpoten maken, wanneer het contact met de ondergrond verbroken is, aanvalsgewijs snelle loopbewegingen. Na ca 1½ u. toont het dier geen bijzonderheden, tijdens zitten en lopen.

II.b.3.3. Na 11 dagen: inspuiting van 3 ml proc. 2% r. naast C1-2 veroorzaakt geen ny. (Ruim 1 u. geobserveerd).

II.b.3.4. Na 13 dagen: inspuiting van 4 ml proc. 2% l. naast C1-2 veroorzaakt geen ny.

II.b.3.5. Na 14 dagen: injectie van 4 ml proc. 2% r. naast C1-2 veroorzaakt geen ny.

II.b.3.6. Na 15 dagen: inspuiting van 4 ml proc. 2% l. naast C1-2 veroorzaakt geen ny.

II.b.3.7. Na 17 dagen: injectie van 4 ml proc. 2% r. naast C1-2 veroorzaakt geen ny.

II.b.4. Konijn 190 (zie ook IIa.2.)

II.b.4.1. Infiltratie van de nek met proc. 1%. Nu doorsnijding van C1-2-3-4 l. Wondsluiting met nylon. Penicilline 500.000 E i.m. Direct postoperatief is de kop, van boven gezien, rond een dorso-ventrale as in de nek licht naar r. gewend. Om een naso-occipitale

as is hij nu zo geroteerd dat de l. oogkas iets hoger staat dan de r. Ook hier treedt „neen-schudden” op. Het gangspoor wijkt, niet constant, enigszins naar r. af. Binnen 1 u. na de operatie zijn er tijdens het zitten en lopen geen afwijkingen meer te zien.

II.b.4.2. Na 6 dagen: injectie van 2 ml proc. 4% r. naast C1-2 veroorzaakt geen ny.

II.b.4.3. Na 7 dagen: inspuiting van 2 ml proc. 4½ l. naast C1-2 veroorzaakt geen ny.

II.b.5. Konijn 169 (zie ook II.a.1.)

II.b.5.1. Infiltratie van de nek met proc. 1%. Doorsnijding van C1-2-3-4 r. Wondsluiting met nylon hechtingen. Penicilline 250.000 E i.m. Postoperatief toont het dier ruim ½ u. „neen-schudden” van de kop, die bij inspectie van boven in de nek iets naar l. is gewend en om een naso-occipitale as licht geroteerd is, zodat de r. oogkas iets hoger staat dan de l. Het dier verzet zich tegen pogingen om het te laten lopen, zodat een afwijking van het gangspoor niet kan worden aangetoond.

II.b.5.2. Na 6 dagen veroorzaakt inspuiting van 2 ml proc. 4% l. naast C1-2 geen ny.

II.b.5.3. Na 7 dagen veroorzaakt injectie van 2 ml proc. 4% r. naast C1-2 geen ny.

II.c. Injectie van procaine in de nek na destructie van beide vertebrale vaatzenuwstrengen.

II.c.1. Konijn 115

II.c.1.1. Injectie van 2 ml proc. 2% r. naast C1-2 veroorzaakt ny in beide zijl.

II.c.1.2. Infiltratie van de nek met proc. 0,5%. Na vrij prepareren van de wervelboog C1 worden beide achterwortels C1 doorgesneden, evenals de zenuwtakken C1. Beiderzijds treden na aanboren van de vertebrale vaatzenuwstreng arteriële bloedingen op die met beenwas gestelpt worden. Coagulatie van beide strengen. De boog C1 wordt vervolgens volledig doorgeboord. Inspectie toont aan dat de vaatzenuwstrengen geheel onderbroken zijn. Wondsluiting met nylon. Penicilline 500.000 E i.m.

II.c.1.3. 54 Dagen na de operatie geen ny. Inspuiting van 4 ml proc. 2% l. naast C1-2 veroorzaakt na drie min. ny in l. zijl. naar *boven* achter, in r. zijl. met grove slagen naar *beneden* voor. De ny duurt ruim 1¾ u.

II.c.1.4. 55 Dagen na operatie veroorzaakt injectie van 4 ml proc. 2% r. naast C1-2 na 8 min. ny, in l. zijl. naar *boven*, horair rotatoor, in r. zijl. naar *beneden* horair rotatoor. De ny in r. zijl. duurt ruim 1¼ u., in l. zijl. duurt hij bijna 1¾ u.

II.c.1.5. Na 56 dagen inspuiting van 4 ml proc. 2% l. naast C1-2. Deze injectie veroorzaakt na 15 min. ny in r. zijl. met fijne slagen naar *beneden* antihorair rotatoor. De ny duurt ruim ¼ u.

II.c.1.6. Na 57 dagen veroorzaakt inspuiting van 4 ml 2% proc. i.g. geen ny.

II.c.1.7. Na 58 dagen ziet men 1 min. na injectie van 4 ml proc. 2% r. naast C1-2 ny, in l. zijl. gericht naar *boven* voor, antihorair rotatoor, in r. zijl. naar *achter*, horair rotatoor. De ny duurt bijna 2¼ u.

II.c.1.8. Na 60 dagen veroorzaakt inspuiting van 4 ml 2% proc. l. naast C1-2 na 3 min. ny. In l. zijl. naar *beneden* voor, in r. zijl. met grovere slagen naar *achter* boven. De ny duurt bijna ¾ u.

II.c.2. Konijn 127

II.c.2.1. Inspuiting van 2 ml 2% proc. r. naast C1-2 veroorzaakt ny.

II.c.2.2. Na infiltratie van de nek met 0,5% proc. gelukt het om zonder grove beschadiging van zenuwtakken de boog C1 vrij te prepareren en beide vertebrale vaatzenuwstrengen aan te boren waarbij hevige veneuze bloedingen ontstaan, die met beenwas gestelpt worden. Deze vaatzenuwstrengen worden gecoaguleerd en volledig doorgeboord. Na inspectie van de stompen der strengen wordt de wond met nylon gesloten. Penicilline 250.000 E i.m.

II.c.2.3. Na 5 dagen inspuiting van 5 ml 2% proc. l. naast C1-2. Direct daarna treedt alleen in r. zijl. gedurende ruim ¼ u. ny op naar boven.

II.c.2.4. Na 15 dagen wordt 2 ml 2% proc. l. naast C1-2 geïnjecteerd. Na 8 min. ny in r. zijl. omhoog; in l. zijl. ziet men na 25 min. ny naar *boven* achter. Na ruim 2½ u. is de ny in l. zijl. vrijwel verdwenen. In r. zijl. duurt de ny bijna 4 u.

- II.c.2.5. Na 55 dagen inspuiting van 4 ml 2% proc. r. naast C1-2. 4 Min. later ny in l. zijl. naar *voor* boven, in r. zijl. naar beneden. De ny is in l. zijl. grover van slag en sneller. De ny in r. zijl. is na bijna $1\frac{1}{4}$ u. verdwenen. De ny in l. zijl. duurt ongeveer $1\frac{1}{2}$ u.
- II.c.2.6. Na 56 dagen: injectie van 4 ml 2% proc. l. naast C1-2. 9 Min. na de inspuiting ny in l. zijl. fijnslagig naar boven, in r. zijl. grover naar *achter* beneden. De ny is bijna $\frac{1}{2}$ u. verdwenen.
- II.c.2.7. Na 57 dagen: 4 ml 2% proc. r. naast C1-2 geïnjecteerd. Na 2 min. in l. zijl. ny naar *boven*, horair rotatoor. Ny met fijnere slagen in r. zijl. omlaag. Na ruim $\frac{3}{4}$ u. ny in r. zijl. verdwenen. In l. zijl. duurt de ny ruim $1\frac{1}{4}$ u.
- II.c.2.8. Na 58 dagen: inspuiting van 4 ml proc. 2% i.g. veroorzaakt geen ny.
- II.c.3. Konijn 181
- II.c.3.1. Inspuiting van proc. 2 ml 2% l. naast C1-2 veroorzaakt in zijl. ny.
- II.c.3.2. Infiltratie van de nek met proc. 1%. Vrijleggen van de boog C1 zonder grote zenuwlaesies. Na aanboren van de vaatzenuwstreng r. hevige veneuze, l. sterke arteriële bloeding. Stelping met beenwas, gevolgd door coagulatie. Boog C1 van beide kanten doorgeboord. De strengen blijken volledig vernield te zijn. Wondsluiting met nylon. Penicilline 1.000.000 E i.m.
- II.c.3.3. Na 24 dagen wordt inspuiting van 2 ml proc. 2% l. naast C1-2 3 min. later gevolgd door ny, in r. zijl. naar *boven* voor, in l. zijl. naar voor. De ny in l. zijl. is na ruim $1\frac{1}{4}$ u. verdwenen, de ny in r. zijl. na $1\frac{3}{4}$ u.
- II.c.3.4. Na 25 dagen veroorzaakt 4 ml proc. 2% i.g. geen ny.
- II.c.3.5. Na 26 dagen: injectie van 4 ml proc. 2% r. naast C1-2. 2 Min. later ny in l. zijl. naar *voor*, horair rotatoor. In r. zijl. ziet men ny naar *beneden* achter, antihorair rotatoor. Na bijna 2 u. verdwijnt het eerst de ny in l. zijl., na ruim $2\frac{1}{4}$ u. de ny in r. zijl.
- II.c.3.6. Na 27 dagen: inspuiting van 4 ml proc. 2% l. naast C1-2. 12 Min. later uitsluitend in r. zijl. Gedurende ruim $\frac{1}{4}$ u. ny naar *beneden* voor.

- II.c.3.7. 28 Dagen na operatie veroorzaakt 4 ml proc. 2% r. naast C1-2 na 2 min. ny. In l. zijl. ny naar *voor* beneden, horair rotatoor. In r. zijl. ny naar *boven* achter, antihorair rotatoor. De ny verandert na 20 min. van richting: in l. zijl. slaat hij omlaag, in r. zijl. naar *achter*, antihorair rotatoor. De ny verdwijnt na ruim $1\frac{1}{4}$ u.
- II.c.3.8. Na 30 dagen: injectie van 4 ml proc. 2% l. naast C1-2. Na 7 min. ny, in r. zijl. naar boven met een sterke horair rotatore component, in l. zijl. antihorair rotatoor. De ny duurt bijna $\frac{3}{4}$ u.

SERIE III

- III.a. Infiltratieanesthesie van de nekhuid met procaïne gevolgd door halfzijdig losprepareren en weer vasthechten van nekhuid en -subcutis, alles aan één zijde.
- III.a.1. Konijn 11
Geen ny na anesthesie van de nekhuid l. met proc. 1%. Eveneens geen ny na losprepareren en weer vasthechten van nekhuid en -subcutis l.
- III.a.2. Konijn 13
Geen ny na anesthesie van de nekhuid r. met 1% proc. Evenmin ny na losprepareren en vasthechten van de nekhuid en -subcutis aan de r. zijde.
- III.a.3. Konijn 16
Geen ny na anesthesie van de l. nekhuid met 1% proc. Na losprepareren en vasthechten van l. nekhuid en -subcutis geen ny.
- III.a.4. Konijn 17
Geen ny na plaatselijke verdoving met proc. 1% van de nekhuid r. Geen ny na denervatie van de nekhuid en -subcutis aan de r. kant, die daarna weer vastgehecht worden.
- III.a.5. Konijn 18
Geen ny na locale anesthesie van de l. nekhuid met 1% proc. Ook na losprepareren, gevolgd door hechten van de nekhuid en -subcutis l. geen ny.
- III.b. Klieven van de huid en het platysma onder oppervlakkige aether-narcose. Vervolgens losmaken van de musculatuur van het occiput en de wervelboog C1.

III.b.1. Konijn 172

Oppervlakkige aethernarcose veroorzaakt, ook tijdens en na staken van de anesthesie, geen ny. Geen ny na klieven en denerveren van nekhuide en platysma. Na losprepareren van de musculatuur van het occiput en de wervelboog C1 ontstaat duidelijke ny, in l. zijl. naar *boven*, horair rotatoor, in r. zijl. naar *voor*, antihorair rotatoor.

III.b.2. Konijn 179

Geen ny tijdens oppervlakkige aethernarcose, evenmin na staken van deze narcose. Geen ny na klieven en denerveren van huid en platysma dorsaal in de nek. Duidelijke ny na losmaken van de musculatuur van het occiput en de boog C1. In l. zijl. horair rotatoor, in r. zijl. antihorair rotatore ny met een sterke component *omlaag*.

III.c. Doorsnijding van de eerste twee cervicale achterwortels na excisie van de nekmusculatuur.

III.c.1. Konijn 128

Voor de operatie geen ny. Onder aethernarcose worden in de loop van ca $4\frac{1}{2}$ u. de spieren van de bovenste 4 halswervels weggenomen. Vervolgens wordt 2 u. gewacht. In deze tijd verdwijnt de ny die veroorzaakt is door de operatie. De aethernarcose is na deze tijd eveneens verdwenen. Na doorsnijding van de achterwortels C1-2 l. ziet men 3 min. later ny in l. zijl. *omlaag*. Deze ny duurt ruim $2\frac{1}{4}$ u. 5 Min. na de doorsnijding ziet men in r. zijl. ny naar *boven* en iets naar *voor*, die eveneens ruim $2\frac{1}{4}$ u. duurt. Nadat de ny geheel verdwenen is worden ook r. de eerste twee cervicale achterwortels doorgesneden. 4 Min. na deze doorsnijding ontstaat uitsluitend in l. zijl. gedurende 11 min. ny naar *boven*.

III.c.2. Konijn 126

Voor de ingreep geen ny. Aethernarcose. Het wegnemen van de nekmusculatuur rondom de eerste vier halswervels vergt ruim 4 u. Ook nu wordt er 2 u. gewacht totdat de narcose en ny zijn verdwenen. Doorsnijding van de beide eerste cervicale achterwortels l. veroorzaakt na 8 min. uitsluitend in r. zijl. ny, aanvankelijk zuiver omhoog, later omhoog en iets naar achter. Duur van de ny ruim $\frac{1}{4}$ u. Vervolgens doorsnijding van de achterwortels C1-2 r. 1 Min.

na deze doorsnijding ziet men in l. zijl. ny naar *boven* gedurende 9 min.

III.c.3. Konijn 111

Voor de operatie geen ny. Onder aethernarcose wordt de musculatuur rondom de eerste vier halswervels in ruim $3\frac{1}{2}$ u. verwijderd. De postoperatieve ny is na ruim 1 u. verdwenen. Doorsnijding van de achterwortels C1-2 r. wordt na 2 min. gevolgd door ny, in l. zijl. naar *boven* gericht. Duur ruim $\frac{1}{2}$ u. Geen ny in r. zijl. Daarna worden de achterwortels C1-2 l. doorgesneden, na 7 min. gevolgd door een $\frac{1}{4}$ u. durende ny in r. zijl., gericht naar *boven* en iets naar *achter*.

III.c.4. Konijn 106

Voor de ingreep geen ny. Verwijdering van de spieren rondom de eerste vier halswervels in de loop van ruim $2\frac{1}{2}$ u. onder aethernarcose. Ca $1\frac{1}{2}$ u. na de excisie van de spieren geen ny. Daarop volgt doorsnijding van de achterwortels C1-2. 2 Min. later ziet men ca $\frac{3}{4}$ u. lang in r. zijl. ny omhoog en iets naar *achter*. Geen ny in l. zijl. De achterwortels C1-2 r. worden vervolgens doorgesneden. 5 Min. hierna ziet men gedurende ruim $\frac{1}{4}$ u. ny omhoog in l. zijl. Geen ny in r. zijl.

SERIE IV

Procaïne-injectie in de nek van labyrintloze dieren.

IV.1. Konijn 944

IV.1.1 t/m 5. Inspuiten van 4 ml proc. 2% naast C1-2, driemaal l. en tweemaal r. veroorzaakt geen ny.

IV.2. Konijn 946

IV.2.1. t/m 5. Injectie van 4 ml proc. 2% naast C1-2, driemaal r. en tweemaal l. veroorzaakt geen ny.

IV.3. Konijn 954

IV.3.1 t/m 5. Inspuiting van 4 ml proc. 2% naast C1-2, driemaal l. en tweemaal r. veroorzaakt geen ny.

IV.4. Konijn 970

IV.4.1. t/m 5. Injectie van 4 ml proc. 2% naast C1-2, driemaal r. en tweemaal l., veroorzaakt geen ny.

Aanhangsel II

Gazette Médicale de Paris Deuxième Serie. 13, 565-567, 1845.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE

SUR LES TROUBLES QUI SURVIENNENT DANS L'ÉQUILIBRATION, LA STATION ET LA LOCOMOTION DES ANIMAUX, APRÈS LA SECTION DES PARTIES MOLLES DE LA NUQUE (mémoire lu à l'Académie de médecine); par M. LONGET, professeur d'anatomie et de physiologie, membre de l'Académie royale de médecine, etc.

Les physiologistes admettent, depuis un certain nombre d'années, que la soustraction du liquide cérébro-spinal occasionne un trouble notable des facultés locomotrices. Ayant évacué ce liquide, entre l'occipital et l'atlas, après avoir divisé les parties qui recouvrent l'espace occipito-atloïdien postérieur, j'ai vu, en effet, les animaux abandonnés à eux-mêmes chanceler comme s'ils étaient ivres, leur corps se balancer de tous côtés comme s'il était successivement sollicité par des forces antagonistes. Mais chez les mêmes animaux (cheval, mouton, chien, chat, cabiai, lapin, etc.) m'étant borné à inciser les parties molles de la nuque, *sans donner issue au liquide cérébro-spinal*, j'ai observé, avec quelque surprise, les mêmes phénomènes jusqu'à présent attribués à sa soustraction.

Dès lors il devenait nécessaire de faire écouler le liquide cérébro-spinal, sans léser les parties musculaires et ligamenteuses de la région postérieure du col; j'enlevai donc une seule lame vertébrale vers le milieu du dos; et si, à la suite de cette opération préalable, de la faiblesse survint (à cause de la plaie musculaire) dans le train postérieur, elle ne fut en rien augmentée par l'écoulement du liquide, et d'ailleurs les animaux (chiens)

ne présentèrent aucunement la titubation si singulière que j'avais remarquée dans l'autre série d'expériences, après la simple division des parties molles de la nuque.

Mais on pouvait objecter qu'en procédant ainsi, j'avais donné issue à une quantité de liquide moins considérable qu'en perforant les membranes au lieu ordinaire d'élection, à la hauteur du quatrième ventricule, entre l'occipital et l'atlas; d'où l'absence de troubles dans la locomotion. Il fallait donc avoir recours à une contre-épreuve plus décisive.

Or, en variant les expériences, je n'ai pas tardé à reconnaître un fait important, savoir: la possibilité d'évacuer le liquide au niveau du lieu d'élection, et en même temps d'isoler, pour l'observateur, les effets qui pourraient résulter de cette évacuation de ceux qui surviennent aussitôt après la section des parties recouvrant le ligament occipito-atloïdien postérieur. Ainsi, j'ai vu (chez les chiens, les chats, les lapins, etc.) la titubation, l'incertitude dans la démarche, que j'avais produites en me bornant à diviser ses parties, disparaître complètement en trente-six ou quarante-huit heures; et dès lors, le ligament occipito-atloïdien postérieur étant demeuré à découvert, la locomotion étant redevenue tout à fait normale, les conditions étaient on ne peut plus favorables à la fois pour extraire le liquide cérébro-spinal et pour observer l'influence immédiate, si elle était réelle, de son extraction sur l'exercice régulier des organes locomoteurs. Malgré le soin que j'ai pris, au moment de la perforation des membranes, de faire crier les animaux, de gêner leur respiration, ou même, après avoir ouvert les membranes spinales, d'enlever une partie de la voûte crânienne (lapins) pour rendre l'écoulement du liquide plus facile et plus complet¹, dans aucun cas la démarche des animaux n'a présenté la moindre modification. Par conséquent, d'une part, on peut donner issue au fluide cérébro-spinal, sans déterminer aucun trouble dans les mouvements; d'autre part, celui qui éclate d'une manière si brusque et si marquée, après qu'on a seulement divisé les muscles sous-occipitaux postérieurs (avec le ligament sus-épineux, quand il existe), ne dure qu'un espace de temps assez court.

A propos de ce dernier résultat, qu'il me soit permis de faire observer qu'ici, pour expliquer la restitution prompte et intégrale des mouvements, il est bien impossible, comme l'ont toujours fait les expérimentateurs qui

¹ Ce dernier procédé est dû à M. Foville.

avaient d'abord évacué le liquide, d'invoquer sa reproduction rapide, puisque son évacuation n'avait point eu lieu d'abord.

Ainsi, évidemment dans nos expériences, le rétablissement des fonctions locomotrices ne saurait pas plus dépendre de la reproduction du liquide cérébro-spinal, que leur perturbation n'a pu dépendre de son écoulement; et jusqu'alors, par conséquent, la cause de l'apparition de ces phénomènes, aussi bien que la cause de leur disparition rapide, a été entièrement méconnue.

Mais, avant de chercher à les expliquer, il importe de décrire les phénomènes dus à la section des parties molles de la nuque. Comme ils varient un peu selon l'espèce animale, avant d'exposer le tableau comparé de leurs variations, j'indiquerai les effets obtenus sur une espèce donnée, chez le chien, par exemple.

La tête s'infléchit fortement au-devant de la colonne cervicale; l'animal perd aussitôt l'équilibre, faiblit sur ses quatre membres, spécialement sur les postérieurs, demeure d'abord à plat sur le ventre, et après être resté un moment comme indécis, tout à coup s'élance, fait trois ou quatre bonds en avant avec une grande précipitation, puis retombe à plat en écartant ses pattes antérieures, qu'il meut d'une manière brusque et incohérente. Mais bientôt il parvient à se soulever imparfaitement, chancelle sur ses membres écartés, et, s'il marche, s'avance d'un pas mal assuré et bizarre qui lui donna tout à fait l'apparence de l'ivresse. Vient-on à l'effrayer, il fait effort pour fuir, s'embarrasse dans ses mouvements, tombe et roule sur lui-même.

Mêmes effets chez le cabiai et le lapin; seulement le train de derrière m'a paru moins affaibli que chez le chien, et le mouvement de recul s'est offert plusieurs fois à mon observation.

Le chat, doué d'une extrême vivacité, d'une adresse et d'une précision si remarquables dans ses mouvements, offre surtout le spectacle le plus frappant par l'impétueux désordre de sa locomotion rappelant toutes les allures de l'ivresse la plus fougueuse; ses chutes sont fréquentes et parfois il roule sur l'axe de sa longueur.

Sur cinq moutons mis en expérience, trois ont présenté une tendance manifeste au recul. Le désordre et l'incohérence dans les mouvements ont été moindres que chez le chien, le chat, le lapin et le cabiai. Toutefois, le train de derrière s'est montré assez affaibli, et la démarche assez incertaine pour permettre la chute de l'animal.

Chez le cheval, la section isolée des muscles sous-occipitaux posté-

rieurs n'a été suivie d'aucun effet appréciable. Mais, après celle de ces muscles et du *ligament sus-épineux*, la démarche est devenue irrégulière, embarrassée, indécise; l'animal marchait affaissé sur le train postérieur, comme s'il eût été chargé d'un lourd fardeau; il étendait et relevait d'une façon bizarre et maladroite ses jambes de devant, comme l'eût fait un cheval atteint d'une cécité récente. Néanmoins, l'allure est toujours demeurée plus ferme, plus assurée que chez les autres animaux; car je n'ai vu survenir la chute chez aucun des trois chevaux qui m'ont servi à exécuter ces expériences.

Tous les effets précédents ne sont bien prononcés, chez ces diverses espèces animales, qu'à la condition que les deux petits muscles droits postérieurs soient entièrement divisés. En cherchant à expliquer ce résultat, on trouve qu'à cause du lieu d'insertion, de la direction de leurs fibres, et de leurs adhérences intimes avec le ligament occipito-atloïdien postérieur, ces deux muscles non seulement empêchent un écartement exagéré de l'occipital et de l'atlas, lors de la flexion de la tête, mais encore soulèvent le ligament occipito-atloïdien et le maintiennent suffisamment éloigné des parties nerveuses sous-jacentes. Aussi, à cause même de l'action spéciale des deux muscles, petits droits postérieurs, les effets qui surviennent après leur section n'ont-ils pas lieu quand on se borne à fléchir fortement la tête des animaux à l'aide de liens appropriés².

Je dois ajouter que, sur le chien, le chat et le lapin, ayant fait plusieurs fois la section des muscles cervicaux postérieurs *d'un seul côté*, au niveau de l'espace occipito-atloïdien, je n'ai donné lieu à aucun des phénomènes précédents.

Du reste, j'ai pu, au moment même où je venais de les produire, faire disparaître ces phénomènes à volonté et presque instantanément, c'est-à-dire restituer aux animaux leur équilibre et la faculté de marcher, en soutenant leur tête et la retenant dans l'attitude normale avec la main ou à l'aide d'un collier de carton suffisamment large.

Cette dernière observation me conduisit à effectuer la division des parties molles de la nuque sur des animaux d'abord munis d'un semblable appareil convenablement découpé; les effets furent nuls: tandis que aussitôt après l'enlèvement de l'appareil, ils se manifestèrent avec toute leur singularité.

² On trouvera plus loin d'autres raisons qui expliquent également ces différences.

J'ai dit, plus haut, qu'ils étaient de courte durée chez les animaux abandonnés à eux-mêmes; mais cette durée varie selon leur intensité, et par conséquent selon l'animal. Chez le cheval, la locomotion redevient régulière après six ou huit heures; après dix ou douze chez le mouton et, chez le chien, le chat, le cabiai, le lapin, la restitution intégrale de la fonction n'a lieu qu'au bout de trente-six à quarante-huit heures.

Si le retour de la fonction est d'autant plus rapide que son trouble a été moindre, il est facile de démontrer que l'intensité de celui-ci sera d'autant plus grande qu'après l'expérience, la flexion de la tête, sur la colonne cervicale, sera devenue accidentellement plus considérable relativement au degré de flexion normale. Chez le cheval, l'angle sous lequel se rencontrent les axes longitudinaux de la tête et du col est un angle droit chez le chien, le chat, le lapin, le cabiai, ces deux axes sont à peu près sur le prolongement l'un de l'autre, et forment, par conséquent, un angle extrêmement obtus; tandis que, chez le mouton, leur position relative est intermédiaire aux deux précédentes, c'est-à-dire que l'angle formé est plus ouvert que chez le cheval et moins obtus que chez le chien.

Il en résulte évidemment qu'après la division des parties musculaires ou ligamenteuses indiquées, la tête du chien, du chat, du lapin et du cabiai devra s'infléchir plus que celle du mouton, et celle du mouton plus que celle du cheval, pour faire un angle de même ouverture avec l'axe longitudinal du col. Or, c'est précisément l'ordre dans lequel nos expériences nous avaient amené à classer ces animaux, au point de vue de l'intensité du trouble fonctionnel.

Ces faits se représenteront bientôt à l'appui de la théorie physiologique que nous avons cru devoir adopter.

Il m'importait de savoir si des expériences semblables à celles que j'avais exécutées sur des mammifères, produiraient, sur les oiseaux, des effets analogues: celles que j'ai faites sur plusieurs gallinacés, sur divers passereaux et palmipèdes n'ont donné que des résultats négatifs; la tête ne s'est point fléchie sur le cou d'une manière appréciable, si ce n'est légèrement, chez les palmipèdes à bec long et volumineux, comme le canard, dont néanmoins la station et la progression ne m'ont pas paru sensiblement modifiées.

A ce propos, on peut se rappeler que, chez la plupart des oiseaux, l'axe longitudinal du col est perpendiculaire à celui de la tête, comme chez les mammifères dont la locomotion, après l'expérience, a offert le moins d'irrégularité; que, de plus, le trou occipital n'est pas, en général,

situé à l'extrémité postérieure du crâne, mais vers sa base, au point que, dans la bécasse, par exemple, ce trou est au moins autant que dans l'homme à la face inférieure de la tête; que les os du crâne des oiseaux sont fort légers à cause de nombreuses cellules qui se remplissent d'air provenant, soit de l'organe auditif, soit des cavités nasales; qu'enfin les apophyses para-mastoïdes sont ordinairement très volumineuses et fort saillantes en arrière, comme les fosses cérébelleuses de l'occipital. Or, ces conditions, bien différentes, pour la plupart, de celles qui se rencontrent chez les mammifères, tendent à faire que la tête soit à peu près maintenue sur l'épine par son propre poids, au degré de flexion normale. D'où les résultats négatifs que nous avons obtenus: peut-être devrait-on aussi tenir compte du mode particulier d'articulation de la tête avec le corps de la première vertèbre cervicale.

Un fait que je ne saurais passer sous silence, parce qu'il a vivement excité ma surprise, c'est que, chez plusieurs chiens et lapins conservés après l'expérience, la mort ait pu résulter de la simple division des parties musculaires de la nuque, dès le troisième ou le quatrième jour. A l'autopsie, je ne rencontrai pourtant pas de signes qui permissent de croire que l'inflammation extérieure se fût propagée spécialement au bulbe, à travers le ligament occipito-atloïdien postérieur et les membranes de la moelle; mais je trouvai, pour toute lésion, une congestion cérébrale des plus intenses, qu'il me parut rationnel d'attribuer à la gêne circulatoire et respiratoire qui avait dû résulter de la flexion angulaire, longtemps continuée, de la tête, et, sans doute en particulier, de la compression de l'artère basilaire et du bulbe contre le base du crâne. Cette remarque m'engagea à tenter sur moi une expérience dans laquelle, pendant près d'une heure, je demeurai le menton appliqué au sternum: indépendamment de la fatigue musculaire, des battements incommodes survinrent dans les artères temporales, la face s'injecta, des étourdissements, des bruissements d'oreilles se manifestèrent; et ma respiration devenant de plus en plus difficile, je fus contraint d'interrompre cette expérience, de laquelle je ne conservai qu'une céphalalgie qui se dissipa graduellement.

Maintenant, il reste à donner une courte explication des autres phénomènes déjà décrits. Les physiologistes ont pu reconnaître leur extrême analogie avec ceux que M. Flourens a le premier signalés, après les lésions directes du cervelet.

La flexion angulaire de la tête sur l'atlas, qui, chez certains animaux que nous avons désignés, résulte de la section complète des parties mus-

culaires de la nuque, nous semble devoir occasionner à la fois un tiraillement et une compression de l'axe cérébro-spinal, portant plus spécialement sur les parties qui avoisinent l'articulation occipito-atloïdienne. Ces parties sont le bulbe et la protubérance annulaire *auxquels se lient tous les pédoncules du cervelet*. Or, ces moyens de transmission n'apportant plus qu'imparfaitement aux muscles l'influence coordonnatrice de cet organe, on comprendra qu'il puisse en résulter les mêmes effets que s'il était lésé lui-même directement. D'ailleurs, je n'ai pas négligé de répéter souvent des expériences comparatives sur deux animaux de la même espèce: chez l'un, je lésais isolément, mais superficiellement, le cervelet; chez l'autre, je ne pratiquais que la section des muscles cervicaux postérieurs, et j'ai toujours trouvé une frappante analogie dans les phénomènes.

Objectetra-t-on que, dans nos expériences, ces phénomènes ont été passagers? Mais tous les expérimentateurs savent avec quelle promptitude les centres nerveux, chez les animaux, s'habituent à une compression et à un tiraillement modérés, avec quelle facilité ils réacquièrent intégralement leur fonction.

Ayant enlevé la voûte crânienne à des lapins, j'ai successivement superposé de petites lames métalliques sur l'encéphale lui-même, jusqu'à ce que je visse les animaux chanceler et près de fléchir sur leurs membres; aussitôt je m'arrêtais, et, au bout d'une heure, déjà la station était redevenue plus ferme et mieux assurée.

Sur la même espèce animale, il m'est fréquemment arrivé de pratiquer la section intra-crânienne du trijumeau, et de léser en même temps le sinus caverneux; au bout de quelques minutes, les animaux tombaient sur le côté opposé à la lésion; puis je les abandonnais, et le lendemain ils étaient debout sans la moindre trace de paralysie. A l'autopsie, faite après quelques jours, on rencontrait un caillot sanguin qui avait comprimé et déformé l'hémisphère cérébral correspondant.

Ajoutons que, dans ses expériences si variées, M. Flourens a vu souvent et que nous avons vu nous-même, après des lésions circonscrites du cervelet, les fonctions de cet organe se rétablir d'une manière très rapide et complète.

Je ne m'arrêterai point à l'examen d'autres théories qui s'offrent également à l'esprit pour expliquer les résultats énoncés dans ce mémoire, et je crois devoir ici m'en tenir à celle qui, jusqu'à présent, m'a paru la plus rationnelle.

Toutefois, je ferai observer qu'un simple déplacement du centre de gravité, par suite de la flexion de la tête, due à la section de ses muscles extenseurs, ne saurait rendre compte des désordres si bizarres qui surviennent dans la locomotion des animaux; car, comme nous l'avons expérimenté, on ne donne pas lieu à ces mêmes désordres, en fixant la tête au devant du sternum, à l'aide de liens convenables, quoique la flexion puisse alors être portée plus loin que chez l'animal abandonné à lui-même, après la section des muscles cervicaux postérieurs. De plus, ne sait-on pas que, quelques minutes après l'amputation d'un de ses membres, le chien, en changeant son centre de gravité, retrouve l'équilibre? J'ai vu tout récemment un de ces animaux auquel j'avais lié l'aorte abdominale, et chez qui les membres abdominaux étaient complètement paralysés, reprendre instantanément son équilibre, à l'aide d'une attitude singulière dans la quelle son train postérieur était entièrement détaché du sol, et qui lui permettait de se soutenir et de marcher avec vitesse et régularité sur ses deux pattes de devant. J'ai déplacé le centre de gravité de bien d'autres manières, sans avoir jamais pu reproduire des phénomènes analogues à ceux qui font l'objet de ce travail.

Maintenant, il reste à savoir pourquoi on ne les produit point, quand on se borne à fléchir fortement la tête des animaux à l'aide de liens appropriés.

Dans ce cas, le mouvement se fait par un déplacement de toutes les vertèbres de la colonne cervicale, et, quoique les rapports des vertèbres entre elles soient très peu changés, il en résulte une courbe qui permet un abaissement considérable de la tête, sans lésion possible des masses nerveuses: au contraire, dans le cas où la flexion n'a lieu qu'après la section des parties molles de la nuque, la tête s'infléchit directement sur l'atlas, les autres vertèbres cervicales ne participent point à ce mouvement, et, quoique la flexion ne paraisse pas plus considérable que dans le cas précédent, elle s'est opérée au moyen d'un déplacement angulaire entre l'atlas et le contour du trou occipital, d'où résulte un angle qui fait saillie en dedans et vient comprimer des parties de l'axe cérébro-spinal que nous avons déjà spécifiées.³

³ On a vu que la section des deux petits muscles droits postérieurs était indispensable pour permettre ce déplacement et tous les accidents qui en résultent.

CONCLUSIONS

1° La soustraction du liquide cérébro-spinal n'a aucune influence sur l'exercice régulier des organes locomoteurs: au contraire, la simple section des parties molles de la nuque entraîne la perte immédiate de toute faculté de station et de locomotion régulières.

2° C'est à la division préalable de ces parties qu'on doit rapporter le trouble locomoteur attribué jusqu'à présent, à la soustraction du liquide cérébro-spinal faite au niveau de l'espace occipito-atloïdien.

3° Ce trouble, si notable chez certains mammifères, est nul chez les oiseaux dont l'axe longitudinal du col est perpendiculaire à celui de la tête et le trou occipital situé à la base du crâne.

4° Chez les mammifères, l'incertitude dans la station et dans la marche, après qu'on a divisé les muscles cervicaux postérieurs, est d'autant plus prononcée et disparaît d'autant moins vite que les deux axes précédents forment, à l'état normal, un angle plus obtus.

5° Elle offre, d'ailleurs, la plus grande analogie avec celle qui résulte des lésions directes du cervelet, et paraît avoir pour cause la compression et le tiraillement, au niveau et au-dessus de l'atlas, des portions de l'axe cérébro-spinal auxquelles sont liés les pédoncules cérébelleux.

6° C'est par l'habitude que ces portions encéphaliques prennent si rapidement d'être comprimées et tiraillées, et non par la reproduction du liquide céphalo-rachidien, qu'on doit expliquer la restitution prompte et entière des facultés locomotrices.

7° Même après le rétablissement de ces facultés, la section des parties molles de la nuque, chez certains animaux, peut déterminer la mort en occasionnant une congestion cérébrale des plus intenses due à la gêne de la circulation encéphalique et de la respiration, qui résulte de la flexion angulaire de la tête sur l'atlas.