

## PDF hosted at the Radboud Repository of the Radboud University Nijmegen

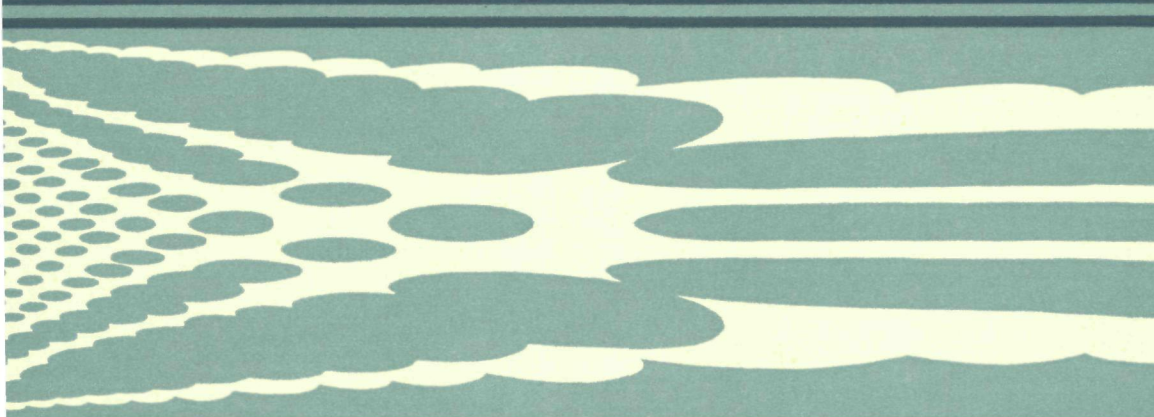
The following full text is a publisher's version.

For additional information about this publication click this link.

<http://hdl.handle.net/2066/147574>

Please be advised that this information was generated on 2018-07-07 and may be subject to change.

echo~encefalografie  
bij normale pasgeborenen  
en zuigelingen (A~scan)



j. b. krijgsman



**EENDIMENSIONALE ECHO-ENCEFALOGRAFIE  
BIJ NORMALE PASGEBORENEN EN ZUIGELINGEN**

PROMOTOR PROF. DR. E. D. A. M. SCHRETLEN

COPROMOTOR PROF. DR. G. P. M. HORSTEN

EENDIMENSIONALE  
ECHO-ENCEFALOGRAFIE  
BIJ NORMALE PASGEBORENEN  
EN ZUIGELINGEN

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DE GRAAD VAN DOCTOR IN DE  
GENEESKUNDE AAN DE KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
TE NIJMEGEN, OP GEZAG VAN DE RECTOR MAGNIFICUS  
DR. G. BRENNINKMEYER, HOOGLERAAR IN DE  
FACULTEIT DER SOCIALE WETENSCHAPPEN, VOLGENS  
BESLUIT VAN DE SENAAT IN HET OPENBAAR TE VERDE-  
DIGEN OP VRIJDAG 18 DECEMBER 1970 TE 16.00 UUR

DOOR

JOHANNA BARBARA KRIJGSMAN

geboren te Amsterdam

1970

DRUKKERIJ SCHIPPERS - NIJMEGEN

*Ter nagedachtenis aan  
mijn ouders.*

Dit onderzoek werd verricht in de Kinderkliniek (Hoofd Prof. Dr. E. D. A. M. Schretlen) en op de kraamafdeling (Hoofd Prof. Dr. J. L. Mastboom) van de Katholieke Universiteit te Nijmegen.



# INHOUD

|   | blz. |
|---|------|
| INLEIDING EN DOELSTELLING . . . . .   | 1    |
| HOOFDSTUK 1. HET PRINCIPE VAN DE ECHOGRAFIE IN DE<br>HERSENDIAGNOSTIEK . . . . .                                | 3    |
| Principe . . . . .  | 3    |
| Reflectie . . . . .   | 3    |
| Absorptie . . . . .   | 4    |
| Het oplossend vermogen . . . . .  | 4    |
| Dynamiek . . . . .  | 6    |
| Apparatuur . . . . .  | 6    |
| HOOFDSTUK 2. LITERATUUROVERZICHT VAN DE TOEPAS-<br>SINGSMOGELIJKHEDEN VOOR DE ECHO-<br>ENCEFALOGRAFIE . . . . . | 9    |
| Doorstralingsmethode . . . . .  | 9    |
| Reflectiemethode A-scan . . . . .   | 10   |
| B-scan . . . . .  | 10   |
| Echopulsaties . . . . .   | 12   |
| HOOFDSTUK 3. HET BIOLOGISCH EFFECT VAN ULTRASONE<br>GOLVEN OP LEVEND WEEFSEL . . . . .                          | 13   |
| Warmte effect . . . . .   | 13   |
| Mechanisch effect . . . . .   | 15   |
| HOOFDSTUK 4. ANATOMIE . . . . .   | 17   |
| De mediane structuren . . . . .   | 18   |
| De laterale structuren . . . . .  | 20   |
| HOOFDSTUK 5. OORSPRONG VAN DE ECHO'S . . . . .  | 23   |
| Het initiaalcomplex (I) . . . . .   | 24   |
| De eind-echo (E) . . . . .  | 24   |
| De mediane reflecties . . . . .   | 24   |
| De laterale reflecties . . . . .  | 30   |
| HOOFDSTUK 6. ECHO-ENCEFALOGRAFISCHE METINGEN . . . . .  | 33   |
| Het theoretische midden . . . . .   | 33   |
| De midden-echo . . . . .  | 34   |
| De derde ventrikel . . . . .  | 37   |
| De laterale ventrikels . . . . .  | 40   |

|  |      |
|--|------|
|  | blz. |
| HOOFDSTUK 7. EIGEN ONDERZOEK . . . . .                       | 45   |
| A. Indeling van de onderzochte kinderen in groepen . . . . . | 45   |
| B. Apparatuur en methodiek . . . . .                         | 45   |
| Opsporen van de echo's . . . . .                             | 52   |
| C. Statistische resultaten . . . . .                         | 53   |
| De midden-echo . . . . .                                     | 53   |
| De derde ventrikel-echo . . . . .                            | 56   |
| Anatomisch onderzoek . . . . .                               | 60   |
| Het echo-encefalografisch na-onderzoek . . . . .             | 61   |
| De index voor de derde ventrikel . . . . .                   | 62   |
| De laterale ventrikel-echo . . . . .                         | 62   |
| De bepaling van de onnauwkeurigheidsgrens . . . . .          | 62   |
| De rechts/links verschillen . . . . .                        | 64   |
| De gemiddelde indices . . . . .                              | 70   |
| Het resultaat van een onderzoek op de 1e en 4e levensdag     | 73   |
| De absolute waarde van de afstand tussen de V-echo's         |      |
| „T” en de diameter van de schedel „D” . . . . .              | 74   |
| Een vergelijkend onderzoek naar de ventrikelafstand in       |      |
| sectiemateriaal . . . . .                                    | 78   |
| De invloed van het geslacht op de ventrikelindex, T/D        | 80   |
| Conclusie . . . . .  | 80   |
| SAMENVATTEND OVERZICHT . . . . .                             | 83   |
| SUMMARY . . . . .  | 87   |
| LITERATUUROVERZICHT . . . . .                                | 91   |
| LIJST MET VERKLARINGEN DER AFKORTINGEN IN TEKST EN           |      |
| TABELLEN   |      |



## INLEIDING EN DOELSTELLING

Ondanks de sombere voorspelling van de Atomic Energy Commission in 1955, dat ultrasone geluidsgolven nooit aangewend zouden kunnen worden voor de ontdekking van intracranieële laesies, zijn de eerste resultaten juist op dit terrein van dien aard geweest, dat het klinisch onderzoek met ultrasone geluidsgolven zeer snel een grote vlucht heeft genomen. Waarschijnlijk was dit succes te danken aan het feit, dat de hersendiagnostiek behoefte had aan een ongevaarlijke en snel uit te voeren methode. Reeds binnen 1 jaar werd de uitspraak van deze Commissie gelogenstraft. In 1955 verscheen n.l. een publikatie van Leksell, waarin hij een methode met intermitterende ultrasone geluidsgolven beschreef, waarbij teruggekaatste reflecties — echo's — kunnen worden opgevangen.

Hiermede gelukte het hem bij intacte schedel een eventuele verplaatsing van de middenstructuur aan te tonen. Hoewel de techniek nog verbeterd moest worden, paste hij deze methode reeds als een routine onderzoek toe bij kinderen met schedeltraumata. Bij volwassenen evenwel gelukte het hem nog niet betrouwbare echobeelden te verkrijgen.

Sinds deze mededeling deed de „echo-encefalografie” — een term door Leksell ingevoerd — haar intrede bij de hersendiagnostiek.

Voor hem was reeds in 1947 en 1952 door Dussik c.s. de toepassing van ultrasone golven als continue doorstraling beschreven; in 1951 kon French c.s. met intermitterende impulsen echo's aantonen van tumoren in sectiemateriaal. Na verbetering van de techniek werd de identificatie van de daarmee verkregen echobeelden noodzakelijk. Baanbrekend werk hierin verrichtten behalve Gordon (1958), Leksell (1958) ook de Vlieger c.s. (1959) en Jefferson c.s. (1959). In Japan werd o.a. door Tanaka in 1966 hierover gepubliceerd. Men meende daar zelfs tot de fijnere diagnostiek van intracranieële tumoren (1967) te kunnen komen.

Niettegenstaande het feit, dat men het over de anatomische structuur als oorsprong van de midden-echo nog niet eens was, kon men desondanks de waarde van deze bepaling voor de ontdekking van eenzijdig gelokaliseerde ruimte innemende processen niet ontkennen. De methode bleek

eenvoudig en vooral snel te zijn, hetgeen bij extracerebrale haematomen na traumata, direct ingrijpen mogelijk maakte. Bovendien is deze methode van onderzoek voor de patiënt niet gevaarlijk of lastig. Ook herhalingen om een verloop te volgen, b.v. na een operatie, brachten geen enkel bezwaar met zich mee. De betrouwbaarheid van de bepaling van de midden-echo bleek, naarmate men meer ervaring kreeg, bijzonder groot. In verschillende publikaties kon deze de 90% ruimschoots overschrijden na vergelijking met een verkalkt corpus pineale, arteriografie of andere contrastvulling. De eerste berichten hierover verschenen van de hand van de Vlieger c.s. (1959), Jefferson (1959), Lithander (1960), Jeppsson (1960), Ford c.s. (1963), Brückner c.s. (1963), Brinker c.s. (1965), Nichols c.s. (1968), Mason (1969), e.a.

In 1959 publiceerden de Vlieger en Ridder over de mogelijkheid de derde ventrikel te meten, evenals de wanden van de laterale ventrikels. Baanbrekend werk wat betreft de ventrikels werd verricht door Lithander (1961), Sjögren (1965), Ford c.s. (1963), Schiefer c.s. (1966), West (1967), Umbach c.s. (1965), e.a. Zij allen zien in de echo-encefalografie een methode om de mate van ventriculaire dilatatie te bepalen en zij bevestigden deze dilatatie door vergelijking van de resultaten met die van de pneumografie.

De term „echo-ventriculografie” werd door Sjögren ingevoerd in 1965. Vooral de paediatric heeft, sinds de mogelijkheid bestaat de hydrocephalus internus met een ventriculo-atriale shunt operatie te behandelen, behoefte aan meer kennis van de afmetingen der normale ventrikels. Juist de groep van de pasgeborenen en de jonge zuigelingen leent zich uitstekend voor dit onderzoek, doordat de schedelwand nog dun en weinig kalkrijk is, waardoor een geringere absorptie van ultrasone energie. Niet alleen voor de diagnostiek heeft de methode haar nut, doch meer nog voor het volgen van een verloop zoals b.v. de ventrikelveranderingen voor en na het inbrengen van een drain.

Voor wij echter met behulp van deze methode besluiten mogen tot het aanwezig zijn van pathologie zal enige kennis van het normale beeld bij pasgeborenen en zuigelingen noodzakelijk zijn, waarbij men naar een correlatie met de anatomie zal moeten zoeken. Dit is dan ook het doel van dit proefschrift. Hebben wij eenmaal een goed beeld, een „standaard”-beeld, verkregen, dan zal het mogelijk zijn de hydrocephalus van de macrocephalus met normale ventrikels te onderscheiden.

## HET PRINCIPE VAN DE ECHOGRAFIE IN DE HERSENDIAGNOSTIEK

Het principe van de echografie wordt behandeld voor zover het van belang is voor het onderwerp. Voor uitgebreidere gegevens wordt verwezen naar de boekwerken:

F. Alt (Ed.): *Advances in bio-engineering and instrumentation* (1966).

Filipczynski (Ed.) c.s.: *Ultrasonic methods of testing materials* (1966).

Gordon (Ed.): *Ultrasound as a diagnostic and surgical tool* (1964).

Schiefer (Ed.) c.s.: *Klinische Echo-Encephalographie* (1967).

### PRINCIPE

De ultrasone geluidsgolven, die in de echografie worden gebruikt, liggen boven de gehoorrens, die ongeveer bij 20.000 Hz ligt.

Geluidsgolven hebben de eigenschap zich in een medium met constante snelheid voort te planten. Van deze eigenschap wordt in de echografie gebruik gemaakt om lengte- of anders gezegd afstandsmetingen tot tijdmetingen te herleiden. De tijdmetingen kunnen electronisch, met betrekkelijk eenvoudige hulpmiddelen op tal van manieren worden verricht, hetgeen deze methode zeer aantrekkelijk maakt. Bij deze methode laat men een transducer een kortdurend signaal uitzenden, dat na reflectie weer bij de transducer terugkeert. De afstand ( $d$ ) tussen de transducer en het oppervlak kan dan uit de voortplantingssnelheid ( $c$ ) en het tijdsinterval ( $t$ ) tussen het moment van uitzenden en het moment van ontvangst bepaald worden met de formule:

$$d = c t/2$$

### REFLECTIE

Reflectie van geluidsgolven op het grensvlak van twee media treedt op, wanneer het product van de voortplantingssnelheid  $c$  en de dichtheid  $\rho$  voor de beide media verschillend is.

De fractie ( $\alpha_r$ ), die gereflecteerd wordt, wordt weergegeven door de formule:

$$\alpha_r = \frac{I_r}{I_i} = \left( \frac{\rho_1 c_1 - \rho_2 c_2}{\rho_1 c_1 + \rho_2 c_2} \right)^2$$

waarin  $I_r$  de intensiteit voorstelt, die gereflecteerd wordt en  $I_i$  de intensiteit van de invallende straling is. Deze formule geldt alleen voor loodrecht invallende straling en een ideaal vlak grensvlak tussen de media 1 en 2. Hieruit volgt, dat door het grensvlak tussen twee media met een klein verschil in specifieke impedantie ( $\rho c$ ), b.v. liquor en hersenweefsel, slechts een klein gedeelte van de invallende straling wordt gereflecteerd en een groot deel wordt doorgelaten. Het resultaat hiervan is de ontvangst van een zwakke echo, (ca. 1/1000 van de invallende intensiteit), terwijl dieper gelegen structuren met een gunstiger reflectiecoëfficiënt sterkere echo's kunnen geven, ook al is de afstand groter.

#### ABSORPTIE

Doordat de akoestische trillingen in wisselwerking treden met het medium, waarin zij zich voortplanten, zal aan deze trillingen energie worden onttrokken. De geabsorbeerde energie wordt voornamelijk in warmte omgezet. Hierin schuilt een gevaar voor beschadiging van de onderliggende weefsels, hetgeen in een afzonderlijk hoofdstuk zal worden besproken.

Vanzelfsprekend is de geabsorbeerde energie voor de vorming van echo's verloren. De totale absorptie is, behalve van de lengte van de afgelegde weg, ook afhankelijk van de frekwentie van de ultrasonische golf. Voor liquor en hersenweefsel neemt de absorptie evenredig met de frekwentie toe, terwijl voor bot met het kwadraat van de frekwentie gerekend moet worden.

#### HET OPLOSSEND VERMOGEN

De nauwkeurigheid waarmee de kleinste details met de echografie kunnen worden onderscheiden, worden door het oplossend vermogen bepaald.

Het oplossend vermogen in de richting van de voortplanting van de akoestische trillingen wordt beperkt door de tijdsduur van de akoestische impuls. Twee dicht achter elkaar gelegen grensvlakken kunnen niet afzonderlijk worden waargenomen als de duur van het akoestisch signaal gelijk is aan, of groter is dan de tijd, die correspondeert met de afstand tussen de twee grensvlakken. De echo van het tweede grensvlak valt dan

in de echo van het eerste en wordt niet afzonderlijk gedetecteerd. De vorm van de akoestische impuls speelt hierbij uiteraard een essentiële rol. Loodrecht op de richting van voortplanting van de geluidsgolven wordt het oplossend vermogen beperkt door de diameter van de bundel, die door de transducer wordt afgegeven. Wanneer de diameter ( $D_t$ ) van de transducer enige malen de golflengte ( $\lambda$ ) van de geluidsgolf is, zal een evenwijdige stralenbundel of transducer verlaten om op een afstand

$$n = \frac{D_t^2}{4\lambda} = \frac{D_t^2 f}{4c} \quad (\text{daar } \lambda = \frac{c}{f})$$

over te gaan in een divergerende bundel (fig. 1).

De hoek, waaronder de stralen divergeren wordt gevonden met de formule:

$$\sin \vartheta = \frac{\lambda}{D_t}$$

Uit deze formules volgt, dat de diameter van de stralenbundel tot op grote afstand van de transducer constant ( $n$  groot,  $\vartheta$  klein) blijft, wanneer de diameter van de transducer groot en de golflengte van de ultrasone trilling klein genomen wordt. De praktijk echter stelt aan beide grenzen.

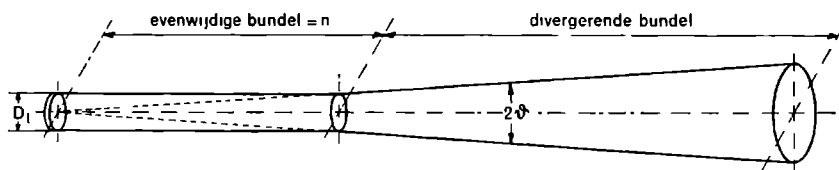


FIG. 1. STRALINGSDIAGRAM VOOR ULTRASONE GOLVEN, WAARBIJ DE DIAMETER VAN DE BUNDEL ( $D_t$ ) ENIGE MALEN GROTER IS DAN DE GOLFLENTE.

Met een grote transducer wordt een groot oppervlak afgetast, waarbij echo's van verschillende structuren tegelijk worden verkregen, wat de analyse van het echogram bemoeilijkt. Dit beperkt dus het oplossend vermogen. Bovendien is bij een grote diameter van de transducer geen goed contact mogelijk met de bolle schedel. Ook de frequentie ( $f$ ) kan niet



willekeurig worden opgevoerd, omdat de absorptie door de schedel bij een hogere frekwentie met het kwadraat toeneemt (zie § absorptie).

Hierdoor zal immers te weinig energie overblijven om waarneembare echo's terug te krijgen.

## DYNAMIEK

Zoals in hoofdstuk 3 zal worden besproken is, om beschadiging van het hersenweefsel te voorkomen, de maximale intensiteit van de akoestische impuls begrensd. Van de andere kant moet de intensiteit van de echo minstens boven ruis en achtergrond uitkomen. Het is immers niet mogelijk de versterking ongelimiteerd op te voeren zonder dat de eigen ruis van de versterker hetingangssignaal overtreft. Voor de verhouding van de laagst interpreteerbare intensiteit van de echo tot de intensiteit van de zendimpuls wordt algemeen een bedrag van 120 db aangenomen. Echo's van sterker reflecterende structuren, gelegen bij de te onderzoeken structuur, die slechts een zwakke echo veroorzaakt, beïnvloeden deze verhouding aanmerkelijk ongunstiger. Zo kan het voorkomen, dat de zwakke echo alleen als een vormverandering van de sterkere echo tot uiting komt.

## APPARATUUR

Een ultrasonische transducer wordt gevormd door een gesinterd kristallijn materiaal, waarvan het bekendste bariumtitaanaat ( $\text{BaTiO}_3$ ) is. Dit materiaal heeft piezo-electrische eigenschappen, waarvan de eigen frekwentie in het ultrasonische gebied ligt.

Door middel van een stoot-generator wordt deze transducent elektrisch aangestoten, waardoor deze een gedempte trilling gaat uitvoeren, waarvan de frekwentie bepaald wordt door de eigen resonantie van de transducent. Door de demping langs elektrische weg te verhogen kan de tijdduur van zo'n trilling, impuls genaamd, worden aangepast aan de eisen, die door het oplossend vermogen worden gesteld. Van belang is op te merken, dat een slechte koppeling van de transducent aan het hoofd deze demping verlaagt, omdat aan het trillende „kristal” weinig energie wordt onttrokken, hierdoor wordt de duur van de akoestische impuls verlengd. Dit zal, zoals reeds beschreven, het oplossend vermogen verlagen. Het spreekt vanzelf, dat door een slechte koppeling niet alleen minder energie wordt ingestraald,

maar dat er bovendien multiple, niet interpreteerbare echo's ontstaan. Teneinde een zo goed mogelijke akoestische koppeling tussen transducer en hoofd te verkrijgen, wordt gebruik gemaakt van een koppelmedium.

Tegelijk met het opwekken van de akoestische impuls, waarvan de tijdduur enige microseconden bedraagt, wordt de tijdbasis van een oscillograaf gestart. Wordt door de akoestische impuls een reflecterende structuur — zoals omschreven (§ reflectie) — getroffen, dan wordt een gedeelte gereflecteerd en teruggezonden in de richting van de transducer, die inmiddels de functie van ontvanger vervult. De gereflecteerde, ontvangen en daardoor vertraagde, impuls wordt versterkt en door een diode gedetecteerd. Bij dit laatste wordt deze impuls van de hoogfrequentie trilling ontdaan en blijft een spanningspatroon over, dat het omhullende van de akoestische impuls weergeeft. Deze piekvormige spanning wordt op de versterker voor verticale afbuiging aangesloten. Deze piek zal het horizontaal lopende lichtspoor, dat inmiddels door de zendimpuls gestart is, vertikaal afbuigen. De afstand tussen de plaats waar de tijdbasis is gestart en de afbuiging, die ten gevolge van de echo plaats vindt, is een maat voor de tijd, welke verloopt tussen zendimpuls en echo. Meestal wordt de start van de tijdbasis gemarkeerd door de zendimpuls, die ten gevolge van overspreken, eveneens, zij het in verzwakte mate, tot de versterker doordringt.

Daar dit gehele proces van zenden, terugkaatsen en ontvangen plaatsvindt in een fractie van één milliseconde, kan het proces zoveel malen herhaald worden, dat het intermitterende beeld in een continu beeld overgaat. De sterkte van de echo wordt in deze methode weergegeven door het amplitudo van de afgebogen lijn (A-scan). Hiermee wordt alléén de afstand weergegeven van het terugkaatsende vlak tot de transducer.

Dit is dus een ééndimensionaal beeld. Een oscilloscoop biedt echter nog een geheel andere mogelijkheid voor presentatie van het echogram. In plaats van de spanningspiek, die van de echo is afgeleid, op de verticale ingang van de oscilloscoop aan te sluiten, kan met dit signaal ook de helderheid van het horizontale lichtspoor worden gemoduleerd (Z-modulatie).

De plaats van de echo wordt gemarkeerd door een oplichtend punt, waarvan de helderheid evenredig is met de intensiteit van de echo. Al deze punten samen bouwen het lijnvormig beeld op de oscillograaf op. De bij deze presentatie vrijgekomen verticale versterker wordt gebruikt voor het weergeven van de plaats van de transducer op de schedel. De transducer wordt daarbij bewogen langs een mechanische geleider,

waarvan de verplaatsing op de oscillograaf zichtbaar wordt gemaakt door verticale verplaatsing van het horizontale spoor.

Deze methode, brilliance of B-scan genaamd, geeft een echografische tweedimensionale doorsnede van het hoofd in een vlak, dat bepaald wordt door de mechanische geleider en de stralenbundel, die uit de transducer treedt. In hoofdstuk 2 komen wij hierop nader terug.

LITERATUUROVERZICHT VAN DE  
TOEPASSINGSMOGELIJKHEDEN  
VOOR DE ECHO-ENCEFALOGRAFIE

## DOORSTRALINGSMETHODE

Ofschoon door na-oorlogse omstandigheden en financiële moeilijkheden sterk gehinderd, beproefde de Oostenrijker Dussik c.s. in 1947 de doorstralingsmethode met continue ultrasone golven naar analogie van röntgenstralen. Dussik verkreeg door systematisch aftasten van de schedel een beeld, dat enigszins aan de vorm van de ventrikels deed denken. Volgens hem was het verschil in absorptie tussen hersenweefsel en ventrikels zo groot, dat hierdoor dit beeld moest zijn ontstaan. De liquor zou een geringere absorptie van ultrasone golven geven dan het hersenweefsel. Dit met voorbijzien van de absorptie door de schedelwanden. Hij noemde deze doorstralingsmethode de hyperfonografie. Na zijn mededeling in 1952 verschenen geen verdere publikaties.

In Amerika hield Ballantine c.s. (1950, 1954) zich eveneens bezig met deze doorstralingsmethode en verbeterde de techniek. Maar ook hem gelukte het niet om duidelijke beelden te verkrijgen.

De kritiek op deze mededelingen kwam al snel uit de Duitse plaats Erlangen, waar Güttner c.s. in 1952 tot de bevinding kwam dat de resultaten van de doorstralingsmethode niet juist konden zijn, daar de afzwakking van de ultrasone stralen door de schedelwand die van hersenweefsel en liquor sterk moest domineren, waardoor het ventrikelbeeld gemaskeerd moest zijn. Hij bewees dit door het beeld, dat hij verkreeg van een lege schedel, te vergelijken met de beelden die door Dussik waren gemaakt. De overeenkomst was treffend. In een later artikel in 1954 bekritiseerde Ballantine c.s., naar aanleiding van het artikel van Güttner, zijn eigen werk en staakte de experimenten. Hiermee bleek de doorstralingstechniek achterhaald.

## A-scan.

Ongeveer terzelfder tijd werd gewerkt aan de reflectiemethode. Hierbij werden onderbroken ultrasonische golven gebruikt, waardoor de echo's konden worden opgevangen en geregistreerd.

Door zijn grote absorptie bleek de schedel bijna onoverkomelijke moeilijkheden op te leveren. French c.s. (1951) trachtte daarom tijdens schedeloperaties echo's op te vangen van tumoren om deze zo te localiseren. Wat hierover gepubliceerd is, is echter zeer summier en beschrijft hoofdzakelijk het principe, en het feit dat deze methode voor de patiënt zonder gevaar is, hetgeen de experimenten duidelijk aantoonde.

Hoewel het duidelijk zal zijn, dat deze methode praktisch van weinig nut is, wordt deze, voor zover ons bekend, toegepast door Walker c.s. (1966), Dyck c.s. (1967) en Müller c.s. (1968).

Eerst na de publicatie van Leksell in 1955 kwam de echo-encefalografie tot ontwikkeling. Doch ook deze ééndimensionale methode, die „A-scan” wordt genoemd, heeft haar bezwaren. Niet zozeer voor de bepaling van de midden-echo, als wel voor de aanduiding van de echobeelden van de ventrikelwanden, tumoren, cystes, haematomen en andere media. De moeilijkheid ligt bij het identificeren van deze beelden. Er ontstond daarom behoefte aan een uitgebreider beeld, een soort tomografie. Met deze „coups” zou men een beter beeld kunnen verkrijgen van vorm en plaats der terugkaatsende structuren.

## B-scan.

Reeds bij de abdominale en orbitale ultrasonografie was de tweedimensionale of „B-scan” methode bekend. De taster dient daarbij in een bepaald vlak bewogen te worden. Dit nu is de storende factor, daar een goed contact met de onregelmatig gevormde, harde schedel, waarop zich haren bevinden met daartussen lucht, niet eenvoudig is. Lucht immers weerkaatst het grootste deel van onze ultrasonische energie. Een andere moeilijkheid wordt nog gevormd door het feit, dat de ventrikels ten opzichte van de schedel een zeer gecompliceerde vorm hebben.

In 1963 publiceerde de Vlieger c.s. zijn eerste resultaten met de B-scan. Aanvankelijk gebruikte hij de onderwater-scan methode, waarbij de taster niet in direct contact komt met de schedel. Het hoofd is, zover als maar enigszins mogelijk, omgeven door water. De taster kan dan langs ver-

schillende banen worden bewogen. De resultaten echter waren teleurstellend, daar het hoofd niet diep genoeg omgeven kon worden door water en er lucht tussen de haren achter bleef. Verder is deze methode voor zeer jonge en comateuze patiënten niet aan te bevelen. De Vlieger ging daarom over tot de contactmethode. De taster kan hierbij op verschillende manieren worden bewogen en al naar gelang de wijze waarop men te werk wil gaan, is de volgende indeling volgens genoemde onderzoeker mogelijk:

#### 1. DE LINEAIRE SCANNING

Dit is de eenvoudigste techniek. De taster wordt bij deze methode langs een rechte lijn over de schedel bewogen. De richting van de straal blijft in één vlak en verandert niet. Een voordeel hiervan is, dat de taster een goed contact heeft en dat behoudt tijdens het schuiven langs de schedel. Als bezwaar tegen deze methode geldt dat men alleen van die ventrikelwanden, welke parallel lopen aan het mediale vlak, een echobeeld ontvangt.

#### 2. DE SECTORSCANNING

Bij deze methode blijft de taster op één plaats, doch wordt heen en weer gekanteld om haar as in één vlak. Ook hier geldt weer hetzelfde bezwaar als bij de lineaire scanning, dat alléén de vlakken, die loodrecht worden getroffen een echobeeld geven. In dit geval zijn het dus de vlakken, die in een cirkel liggen met de taster als middelpunt.

#### 3. CIRCULAIRE SCANNING

Hierbij wordt de taster langs een cirkel bewogen en wel zodanig, dat de as van de straal steeds naar het middelpunt van de cirkel is gericht.

#### 4. COMPOUND SCANNING

Een combinatie van sector- en circulaire scanning wordt compound scanning genoemd. Deze methode geeft de beste resultaten. Wel heeft deze techniek haar problemen ten aanzien van het in stand houden van een goed contact tussen taster en schedel.

Het is duidelijk, dat bij de B-scan de echobeelden niet als verticale reflecties op de oscilloscoop kunnen worden afgebeeld, doch als min of meer lichtsterke punten. Het scherm van de oscilloscoop stelt de dwarsdoorsnede voor, waarop het lichtpuntje dan synchroon en in dezelfde richting moet lopen als de geluidsstraal door het hoofd. Het beeld dat verkregen wordt is in principe te vergelijken met het radarbeeld bij lucht- en scheepvaart (zie ook hoofdstuk 1).

De Vlieger c.s. ontwikkelde de compound scanning met als contactstof een mengsel van polyethyleen glycol 1500 en polyethyleen glycol 400,

dat in een dikke laag op de schedel aangebracht wordt. Hiermee werd een vrij goed resultaat bereikt (1968, 1969), voornamelijk bij dunne schedels. Op deze manier kunnen verschillende doorsneden worden gemaakt, dwarse zowel als horizontale. De methode is echter omslachtig en tijdrovend. Daarbij is er behalve een uitgebreide electronische apparatuur, ook mechanische apparatuur nodig om de taster al bewegende toch in hetzelfde vlak te houden.

Ook anderen hebben zich met de B-scan bezig gehouden, zoals Greatorex c.s. (1964), die over de compound methode mededeling deed. In 1964 gebruikte Grossman de lineaire scan-methode. Hij vond dat tumoren de echo-beelden van de schedelwand, die aan de andere kant van de tumor ligt, konden doen verdwijnen en noemde dit fenomeen een „absorptie defect” Met andere woorden: door de grote absorptie van de ultrasone stralen in de tumor worden de stralen zodanig afgezwakt, dat het onmogelijk wordt nog echo's op te vangen van de tegenoverliggende schedelwand.

Het jaar daarop — in 1965 — beschreef Adapon c.s. de B-scan als de „Ultrasonic Tomography”. Hij vergeleek de A- en de B-scan bij honderd neurologische patiënten en later — in 1966 — nog eens bij zestig. Ook hij gebruikte de lineaire scan methode, evenals Galicich c.s. in Boston (1965).

Over het algemeen beperkte men zich in de betreffende publikaties tot casuïstiek en het beschrijven van de methodiek.

In dit verband moeten nog genoemd worden Makow c.s. (1966), Brinker c.s. (1966) en Lombroso c.s. (1968).

De beste resultaten zijn ondanks de bewegingsonrust toch nog geboekt met de compound-scanning bij zuigelingen (de Vlieger), zoals White in zijn voordracht op het Internationale Symposium te Erlangen in 1967 opmerkte. Evenals Grossmann was White niet tevreden over de tot dusver verkregen resultaten bij volwassenen. Optimistischer gestemd waren tijdens dit symposium de Japanner Tanaka c.s., de Amerikanen Dreese c.s. en Lombroso c.s. en de Canadees Makow. Doch ook deze onderzoekers erkenden de onvolkomenheid van hun methodiek.

## ECHOPULSATIES

Tenslotte moet de bestudering van de echopulsaties bij intracranieële drukverhoging en tumoren vermeld worden (de Vlieger c.s. 1959, 1965, 1969; Jeppsson 1964; Planiol c.s. 1967; Freund c.s. 1965, 1966, 1967). De resultaten hiervan hebben echter voor de kliniek nog weinig waarde, zodat hicrop niet verder zal worden ingegaan.

## HET BIOLOGISCH EFFECT VAN ULTRASONE GOLVEN OP LEVEND WEEFSEL

Zoals in hoofdstuk 1 reeds aangestipt is, planten ultrasone golven zich als mechanische longitudinale trillingen voort, hetgeen inhoudt, dat zij energie transporteren en afdragen. Deze eigenschappen houden de mogelijkheid van weefselbeschadiging in.

### WARMTE EFFECT

Aanvankelijk was de inwerking van een continue bestraling onderwerp van studie, daar deze stralen in de fysio-therapie werden gebruikt vanwege hun warmte-producerende werking bij de behandeling van reumatische spieraandoeningen. Bij overdosering kon weefselbeschadiging optreden. Met speciaal daarvoor geconstrueerde instrumenten kunnen zelfs blijvende laesies worden aangebracht, zoals dit gebeurt met de bevroingsmethode.

Vele onderzoekers zien de warmte-ontwikkeling als de voornaamste oorzaak van weefselbeschadiging.

In 1944 beschreven Lynn en Putnam hun bevindingen met een continue en convergerende straal van hoge intensiteit op hersenweefsel van honden, katten en apen; dit met het oog op de mogelijkheid om een dergelijke straal te gebruiken voor gerichte transcraniële focale hersenbeschadiging. Al naar gelang de wens van de operateur konden dan, door de tijdduur van de bestraling te variëren (5-15 min.), gedeeltelijk of geheel reversibele en ook irreversibele laesies toegebracht worden. Behalve dat in alle gevallen een ernstige beschadiging van de huid en de eronder liggende weke-delen optrad, ontstonden bij verdere bestraling oedeem, celdegeneratie en holtevorming in de diepere lagen. Dit bleef echter wel beperkt tot het conusvormige gebied van de stralenbundel.

Hüter (1949) zocht een objectieve methode om de uiterste grenswaarde voor bestraling met ultrasone golven vast te stellen. Hij bestraalde de duimbal met een frekwentie van 0,8 MHz en een intensiteit aan de huid van 1-6 W/cm<sup>2</sup>, waarbij de periostpijn als maat werd genomen. Zo



ontdekte hij dat de tijdduur van de bestraling van grote invloed was. Bewoog hij n.l. de straler over de duimbal, dan werd de kans op pijn minder naarmate de straler sneller werd verplaatst. Deze warmteontwikkeling werd in 1949 door Lehmann bestudeerd. Na onderkoeling van een te bestralen lichaamsdeel constateerde hij weinig invloed hiervan op het weefsel. Wanneer echter de temperatuur van het betreffende lichaamsdeel steeg tot waarden variërend van 28°C tot 36°C, dan nam met het stijgen van de temperatuur de weefselbeschadiging toe. Men ging zoeken naar de maximaal toelaatbare hoeveelheid energie. Ballantine c.s. stelde in 1950 vast, dat bestraling met een intensiteit van 3 W/cm<sup>2</sup> en een frekwentie van 2,4 MHz, gedurende 11,5 min. geen hersenbeschadiging ten gevolge had. In ditzelfde onderzoek bleek bij twee personen bij bestraling met een gemiddelde intensiteit van 2 W/cm<sup>2</sup> (met piekwaarden van 5 W/cm<sup>2</sup>) gedurende 9 seconden een matige schedelpijn te ontstaan. EEG-veranderingen werden daarbij echter niet opgemerkt. Een intensiteit van 1 W/cm<sup>2</sup> werd door Ballantine tenslotte als totaal ongevaarlijk beschouwd.

Bij kinderen bleek, na fysiotherapeutische toepassing van continu bestraling, dat een dosering van 2,75 W/cm<sup>2</sup> door het optreden van pijn op weerstand stuitte (Adam 1949). Nooit werden grocistoornissen geconstateerd. Dit moet echter als een grof criterium worden beschouwd.

In dit verband deden Barth en Bülow (1949) proeven op de lange pijpbeenderen van jonge honden. Na bestraling met 2,5 W/cm<sup>2</sup> en 0,8 MHz, gedurende 3 en 15 min. of 10 x 2 en 10 x 3 min. werden noch röntgenologisch, noch patholoog-anatomisch afwijkingen gevonden. Een zwelling der weke delen trad eerst na 15 min. continue bestraling op. Bij gebruik van 3,25 W/cm<sup>2</sup> gedurende 5 min. was de grens echter overschreden en ontstonden botbeschadigingen. De botveranderingen, die radiologisch aantoonbaar waren, manifesteerden zich na 1 tot 2 weken. Als eerste symptoom zag men een periost-oplichting, daarna een stilstand in de groei van de epiphysen en tenslotte een verdwijnen van de compacta en spongiosa structuur, wat tot een fractuur kon leiden.

In de echografie wordt, in tegenstelling tot de voorgaande proeven, gebruik gemaakt van een intermitterende bestraling.

De mate van reductie ten opzichte van de piekintensiteit  $I_p$ , gedurende een impuls met duur  $\Delta t$  en herhalingsfrekwentie  $f$ , kan, zoals French c.s. (1951) dit deed, als volgt berekend worden:

De tijd gedurende welke de piekintensiteit wordt aangeboden is  $f\Delta t$ . Per seconde bedraagt de gemiddelde intensiteit  $I_g$ , dus

$$I_g = I_p f \Delta t$$

Uitgaande van de gegevens zoals die voor de echo-encefalograaf volgens Krautkrämer worden verstrekt ( $I_{p_{max}} = 4 \text{ W/cm}^2$ ,  $\Delta t = 5 \cdot 10^{-6} \text{ sec.}$  en  $f_{max} = 250 \text{ Hz}$ ), komt men tot het resultaat

$$I_{g_{max}} = 5 \times 10^{-3} \text{ W/cm}^2$$

Deze waarde ligt ver beneden de  $1 \text{ W/cm}^2$ , die door Ballantine voor continue bestraling als toelaatbaar wordt beschouwd.

Bovendien is het naar analogie met de zintuigelijke waarneming waarschijnlijk, dat kortdurende impulsen een lagere schadelijke inwerking hebben dan de piekintensiteit van  $4 \text{ W/cm}^2$  zou doen vermoeden. De insteltijd voor het schadelijke mechanisme is namelijk langer dan de duur van de impuls. Dit vermoeden wordt bevestigd door een publikatie van Warwick c.s. (1970), die zelfs met piekintensiteiten van  $490 \text{ W/cm}^2$ , gericht op muizenembryo's in utero, geen nadelige gevolgen zag.

Jeppsson (1961) berekende dat door bestraling gedurende 3 min. slechts een temperatuursverhoging teweeg gebracht werd van max.  $0,1^\circ\text{C}$  op een weefseldiepte van 1 cm, terwijl hij daarbij aannam, dat alle energie omgezet werd in warmte. Volgen wij de berekening verder zoals Sjögren dat in 1967 gedaan heeft, dan is de maximale tijd voor een onderzoek, voordat de temperatuur boven de  $40^\circ\text{C}$  en daarmee  $3^\circ$  boven lichaamstemperatuur stijgt, 90 min. Geen enkel routine onderzoek duurt echter zo lang. Evenmin zal de taster bij een normaal onderzoek steeds op dezelfde plaats gehouden worden. Bovendien zal door absorptie in de schedelwand de energie, die in het cerebrum binnendringt, sterk verminderd zijn, zeker bij volwassenen. Bij zeer jonge kinderen, vooral bij de pasgeborenen met hun dunne, kalkarme schedels, zal de absorptie een minder grote rol spelen. Bij hen gebruiken wij daarom meestal de helft van de maximale zendintensiteit, die op zichzelf al binnen de veiligheidsmarge ligt.

#### MECHANISCH EFFECT

Behalve een warmte effect zou men ook een mechanisch effect op de weefsels kunnen vermoeden (Jacobs 1966). Proeven op bacteriën en kleine dieren leidden tot de ontwikkeling van de „sonic oscillator” bedoeld om cellen e.d. te fragmenteren.

Daar volgens Peters (1949) de laesies, veroorzaakt door ultrasone golven, veel overeenkomst vertoonden met die van het hersenweefsel na een trauma capitis, vermoedde hij eerder een mechanische oorzaak. Het wisselen van druk- en trekkrachten zou de vorming van caviteiten kunnen verklaren.

Sjögren heeft in 1967 zowel het mechanische als het moleculaire effect berekend. Uit deze berekening blijkt dat op een reflecterend vlak bij totale reflectie door een piekintensiteit van  $2,5 \text{ W/cm}^2$  en met een geluidssnelheid van  $1500 \text{ m/sec}$ . een stralingsdruk ongeveer gelijk aan  $3 \text{ mm H}_2\text{O}$  wordt uitgeoefend. Ook de kinetische energie van een molecuul, die in een ultrasoon veld vibreert, blijkt te kunnen worden verwaarloosd, vergeleken bij de kinetische energie van moleculen ten gevolge van warmtebewegingen bij lichaamstemperatuur.

## ANATOMIE

De anatomie van de intracraniele structuren wordt behandeld voor zover zij van belang is voor dit onderzoek. De verschillende onderdelen hiervan zijn gerangschikt naar de waarde die zij respectievelijk hebben voor het onderzoek met de echografie (fig. 2 en 3).

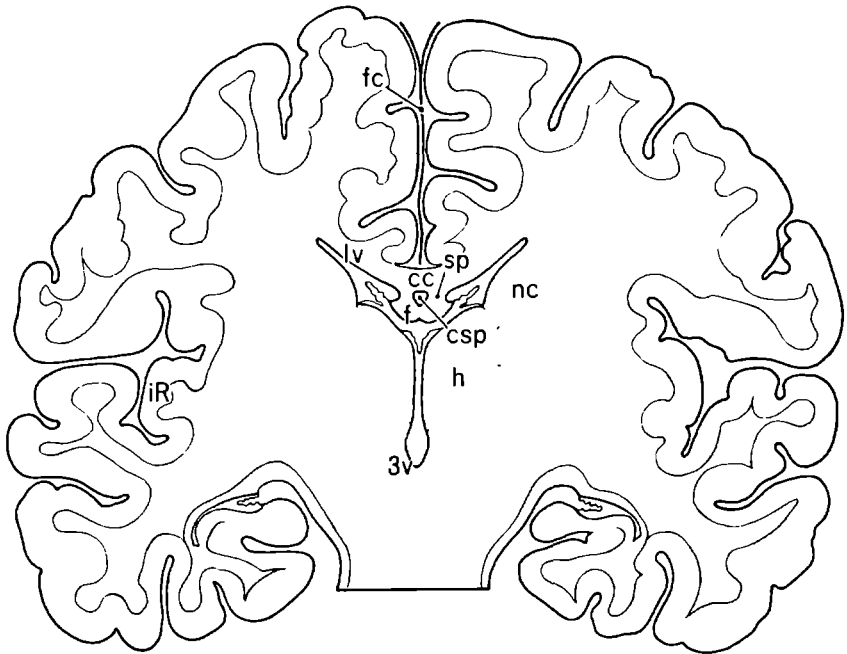


FIG. 2. FRONTALE DOORSNEDE VAN HET CEREBRUM VAN EEN PASGEBORENE.

|       |                         |     |                      |
|-------|-------------------------|-----|----------------------|
| c s p | — CAVUM SEPTI PELLUCIDI | i R | — INSULA REILI       |
| c c   | — CORPUS CALLOSUM       | l v | — LATERALE VENTRIKEL |
| f c   | — FALX CEREBRI          | n c | — NUCLEUS CAUDATUS   |
| f     | — FORNIX                | 3 v | — DERDE VENTRIKEL    |
| h     | — HYPOTHALAMUS          |     |                      |

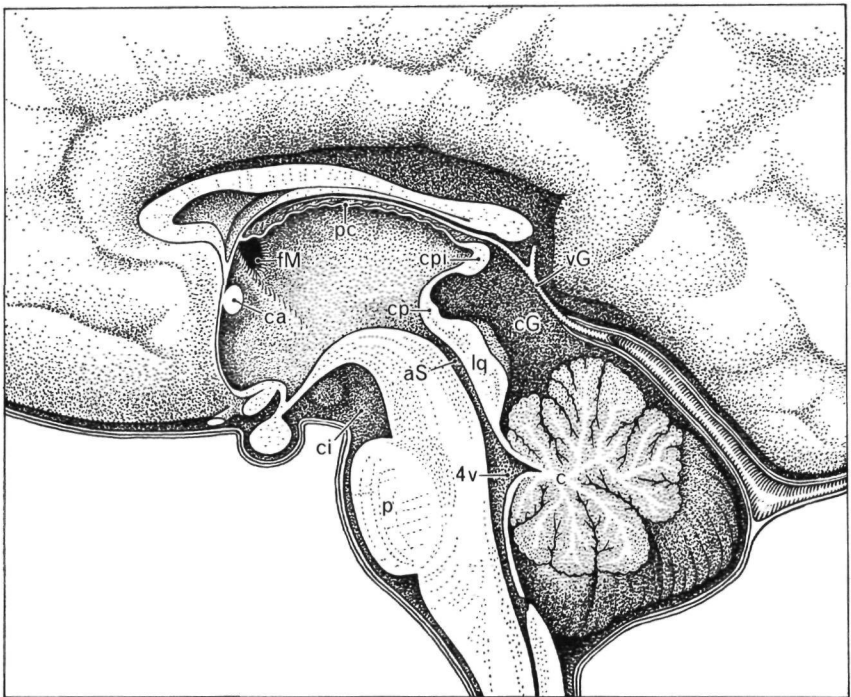


FIG. 3. SAGITTALE DOORSNEDE.

|      |                              |     |                       |
|------|------------------------------|-----|-----------------------|
| a S  | — AQUAEDUCTUS SYLVII         | f M | — FORAMEN MONROI      |
| c    | — CEREBELLUM                 | l q | — LAMINA QUADRIGEMINA |
| c G  | — CISTERNA GALENI            | p   | — PONS                |
| c i  | — CISTERNA INTERPEDUNCULARIS | p c | — PLEXUS CHORIOIDEUS  |
| c a  | — COMMISSURA ANTERIOR        | 4 v | — VIERDE VENTRIKEL    |
| c p  | — COMMISSURA POSTERIC        | v G | — VENA GALENI         |
| c pi | — CORPUS PINEALE             |     |                       |

#### DE MEDIANE STRUCTUREN

De middenstructuren in de schedel worden van rostraal naar caudaal gaande gevormd door:

##### 1. De falx cerebri.

Dit is een halvemaanvormige voortzetting van de dura mater en ligt tussen de beide hemisferen in de fissura cerebri longitudinalis. De falx, evenals de fissura, vormt een groot deel van het mediane vlak. De ondergrens hiervan wordt gevormd door het corpus callosum, een commissura, die het mediane vlak kruist.

## 2. Het septum pellucidum (septum lucidum).

Het septum pellucidum is een wand, die de beide laterale ventrikels scheidt; het wordt dorsaal begrensd door het corpus callosum en ventraal door de fornix. Het septum bestaat uit twee verticale laminae, waartussen een ruimte kan voorkomen, die het cavum septi pellucidi en meer dorsaal, het cavum vergae wordt genoemd. Is het laatste cavum praktisch verdwenen bij de pasgeborene, het cavum septi pellucidi daarentegen komt nog zeer frekwent voor, evenals een breed septum pellucidum (Schwidde 1952, Larroche c.s. 1961 en Shaw c.s. 1969).

## 3. De derde ventrikel.

De derde ventrikel is een smalle, verticale spleet, waarvan het dak gevormd wordt door de fornices, die de onderrand van het septum pellucidum vormen. De laterale wanden worden voornamelijk door de mediale oppervlakten van de twee thalami gevormd. De bodem en de onderste laterale wanden worden begrensd door de hypothalamus en het subthalamische gebied. De voorzijde wordt gevormd door de commissura anterior, de achterzijde door het corpus pineale en de commissura posterior. De derde ventrikel is via drie openingen verbonden met de andere ventrikels. Twee foramina van Monro vormen de verbinding met de laterale ventrikels, beide uitgaande van het voorste en bovenste deel van de derde ventrikel. Zo vormt de aqueductus Sylvii de verbinding vanuit het caudale deel naar de vierde ventrikel. Vanuit de beide laterale ventrikels komt via de foramina Monroi, de plexus chorioidei, die als twee parallelle plooiën aan het dak van de derde ventrikel hangt.

## 4. Het corpus pineale.

Ongeveer ter grootte van een erwt ligt dit achter de derde ventrikel in de nis van de lamina quadrigemina.

## 5. De cisternae.

- a. De cisterna venae magnae cerebri (Galenii) ligt achter het corpus pineale en wordt caudaal begrensd door de lamina quadrigemina en het cerebellum. In de mediaanlijn van deze cisterna ligt de vena cerebri magna (Galenii).
- b. De cisterna interpeduncularis ligt tussen de hypothalamus en de pons. Deze cisternae zijn bij zuigelingen ruimer dan bij kinderen op latere leeftijd (Carlsson en Lodin 1969).

1. De laterale ventrikel.

Dit is een gepaarde holte, symmetrisch gelegen in elke cerebrale hemisfeer, als een hoefijzer staande met de opening naar voren. De verschillende onderdelen van deze ventrikel variëren in vorm en grootte:

- a. de cornu anterius of voorhoorn is het deel vóór de foraminae van Monro.
- b. De cella media of pars centralis is het belangrijkste deel voor de echo-encefalografie, zoals blijkt uit de tomografieën van de Vlieger. Deze cella is een lang, smal deel, dat zich uitstrekt vanaf de foraminae van Monro tot een punt tegenover het splenium van het corpus callosum. De laterale wanden worden gevormd door de thalamus en door de nucleus caudatus.

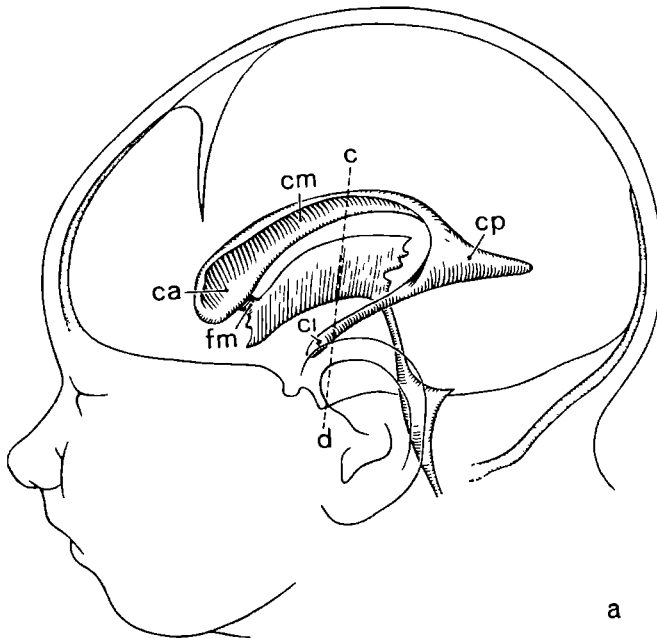
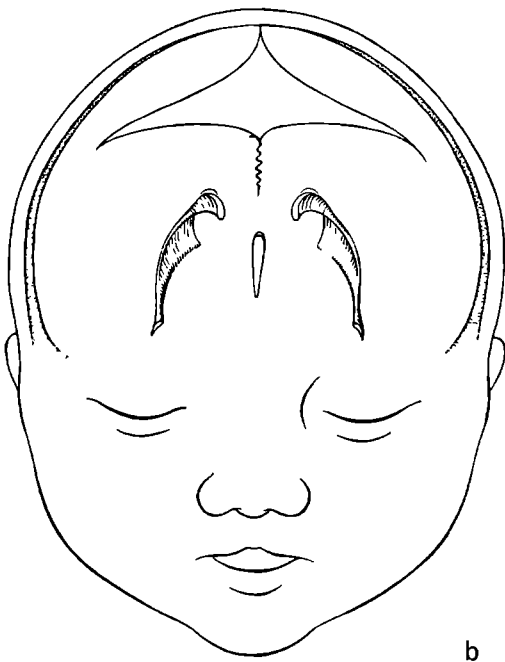
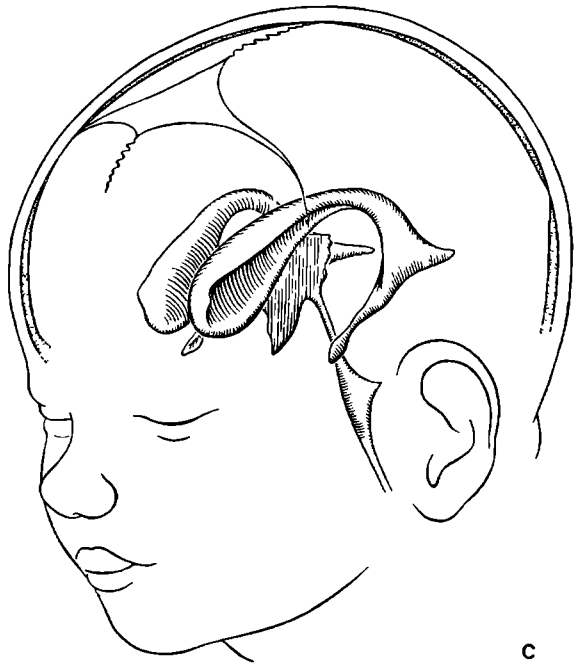


FIG. 4. HET VENTRIKELSYSTEFM TEN OPZICHTE VAN DE UITWENDIGE STRUCTUREN.

- |   |                       |
|---|-----------------------|
| 4a. c a — CORNU ANTERIUS                              | c m — CELLA MEDIA     |
| c i — CORNU INFERIUS                                  | c p — CORNU POSTERIUS |
| c-d — LIJN, DIE DE PLAATS WITRGEFFT VAN DOORSNEDE 4b. |                       |



b



c



- c. De cornu posterius strekt zich uit tot in de occipitaalkwab.
- d. De cornu inferius of temporaal hoorn breidt zich uit tot in de temporaalkwab.
- e. Het trigonum collaterale is het gebied waar de cella media, de cornu posterius en de temporale hoorn samenkomen.

2. De Insula Reili is dat deel van de hemisfeer, dat in de diepte van de fissura lateralis is gelegen en bedekt wordt door delen van de frontaal-, de parietaal- en de temporaalkwab. Bij het jonge kind is deze overlapping nog niet volledig en de ruimte tussen de insula en de temporaalkwab is groter dan op latere leeftijd. Over deze insula heen lopen enige vertakkingen van de arteria cerebri media.

Over de verhoudingen van de beschreven inwendige structuren ten opzichte van de uitwendige, is bij de pasgeborenen weinig bekend. Om enigszins geöriënteerd te raken, werd bij een overleden pasgeborene een lucht-ventriculogram gemaakt, via de vierde ventrikel. Daar alleen met overdruk kon worden gewerkt, moeten wij aannemen, dat op de röntgenfoto de ventrikels wijder zijn afgebeeld dan normaal het geval zal zijn. Met de aldus verkregen foto's en de ons bekende schaarse literatuur (Gerlach 1967) werd een model geconstrueerd zoals fig. 4 dit laat zien.

## OORSPRONG VAN DE ECHO'S

In theorie is de beste plaats voor de taster daar, waar de geluidsbundel de verschillende intracranieële structuren loodrecht zal treffen (vergelijk hoofdstuk 1). In de praktijk blijkt deze ideale opstelling het dichtst te worden benaderd in de temporaalstreck.

De onderscheiden echo-signalen, die op de oscilloscoop zichtbaar worden (fig. 5) zullen achtereenvolgens worden besproken.

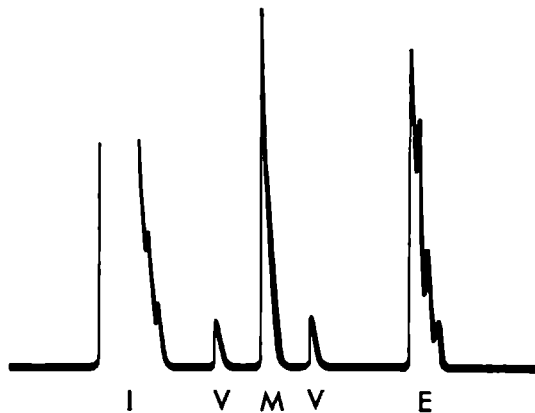


FIG. 5. EEN NORMAAL ECHO-ENCEFALOGRAM VAN DE LATERALE VENTRIKELS.

|                      |                 |
|----------------------|-----------------|
| I — INITIAAL-COMPLEX | M — MIDDEN-ECHO |
| V — VENTRIKEL-ECHO   | E — EIND-ECHO   |

De eerste reflectie, het initiaalcomplex (I) genoemd, en de laatste reflectie, de eind-echo (E), zijn altijd aanwezig. Ongeveer in het midden van dit traject kan men de midden-echo (M) aantreffen. Als de taster goed geplaatst is, kunnen aan beide zijden van deze M-echo reflecties worden waargenomen, waarvan de herkomst aan de ventrikels wordt toegeschreven: de z.g. ventrikel-echo's (V).

Wij bespreken nu achtereenvolgens de echo-beelden van het normale echo-encefalogram.

## HET INITIAALCOMPLEX (I)

Het initiaalcomplex bestaat niet alleen uit echobeelden, die afkomstig zijn van de proximale schedelwand met vliezen, doch bestaat vooral uit de zendimpuls, vervormd en verbreed door multipiele reflecties van de onder de taster liggende huid, spierweefsel, schedelwand en hersenvliezen. Bij aanwezigheid van een haematoom, direct binnen of buiten de schedelwand, wordt dit I-complex breder. Juist bij het onderzoek van de pasgeborene dient hierop gelet te worden, daar de kans op een caput succedaneum of een cefaalhaematoom in deze groep groot is. De deformaties van het I-complex, die frekwenter voorkomen en die zelfs wel tot over de middel-lijn kunnen reiken, kunnen veroorzaakt worden door een slecht akoestisch contact tussen de taster en de huid (hoofdstuk 1).

## DE EIND-ECHO (E-echo)

De eind-echo is een zuivere weerkaatsing van de distale schedelwand en wel van de binnenwand. Het beginpunt van de eind-echo ligt ook inderdaad binnen de met de bekkenpasser gemeten diameter.

Voorts is het amplitudo hoog en het eindpunt van de genoemde echo ligt verder dan de tabula externa. De nauwkeurige localisatie kan men vinden door de huid heen en weer te bewegen (de Vlieger 1964). Men ziet dan binnen de eind-echo een echo, die meebeweegt.

Bij vergelijking van de meting van rechts met die van links moeten beide echobeelden equidistant zijn, dus na elektronisch omklappen op de oscilloscoop onder elkaar liggen. Is dit niet het geval, dan kunnen zich de volgende mogelijkheden hebben voorgedaan:

- a. de plaats van de taster op het hoofd is rechts niet gelijk aan de plaats van de taster links.
- b. de stand van de tasters is verschillend, waardoor niet onder dezelfde hoek wordt gemeten.
- c. de schedelwand is rechts en links niet gelijk van dikte, mogelijk door een haematoom binnen of buiten de schedelwand.
- d. de schedel is asymmetrisch.

## DE MEDIANE REFLECTIES

De midden-echo (M-echo).

De midden-echo heeft enkele karakteristieke kenmerken, welke hem van de andere echobeelden onderscheidt. Wanneer vanuit de parietotemporale

streek gemeten wordt is het gewoonlijk het echobeeld met het hoogste amplitudo. Deze reflectie ligt bij normale individuen op gelijke afstand van het 0-punt, zowel van rechts als van links gemeten. Hieruit moet men concluderen, dat deze reflectie zijn oorsprong dankt aan een middenstructuur.

De structuren, die als oorsprong voor de M-echo in aanmerking komen, worden achtereenvolgens besproken in een volgorde, die ingegeven is door de mate van belangstelling, die de wetenschap in de loop der jaren voor deze anatomische structuren aan de dag heeft gelegd.

Deze zijn:

- a. het corpus pineale.
- b. de fissura longitudinalis.
- c. het septum pellucidum.
- d. de falx cerebri.
- e. de derde ventrikel.

Zeer veel publikaties zijn aan de betreffende mediane structuren gewijd; proeven op kadavers, alsook röntgenologisch onderzoek moesten de verschillende theoriën bewijzen.

#### ad. a. HET CORPUS PINEALE

De eerste en grootste voorstander van het corpus pineale als oorzaak van de M-echo was Leksell (1958). Hij achtte het zeer waarschijnlijk, dat het hier een rond orgaantje betrof, omdat hij, van welke richting hij de geluidsbundel ook instelde, steeds een echo ontving. Daar kwam bij, dat de reflectie verdween na het verwijderen van het corpus pineale. Het is inderdaad zo, dat een plat vlak, vanuit verschillende richtingen bestraald, niet altijd een echo op de oscilloscoop te zien zal geven. Deze echo n.l. is afhankelijk van de hoek van inval van de geluidsbundel. Reeds hellingen van meer dan  $10^\circ$  doen het echo-amplitudo verdwijnen (Gordon 1959, Kazner c.s. 1965, Pia c.s. 1968, Sjögren 1967).

Tegen deze theorie van Leksell pleit op de eerste plaats, dat een bol oppervlak slechts een klein deel van de invallende energie terugkaatst, te weten, dat deel, dat loodrecht door de straler wordt getroffen (Lithander 1961). Het tweede argument hiertegen is, dat bij kinderen het corpus pineale niet verkalkt is en desondanks toch een M-echo wordt verkregen. Leksell ontkende de mogelijkheid dan ook niet, dat andere structuren dan het corpus pineale bij kinderen een rol zouden kunnen spelen.

Een tweede grote voorstander van het corpus pineale als oorsprong

van de M-echo was Jeppsson (1960), die met verse hersenen in een watertank alle velden via een coördinatensysteem aftastte, ook hersenen van kinderen van 0-6 jaar. Bij deze categorie leek het waarschijnlijker dat de M-echo van de derde ventrikel en het septum pellucidum kwam dan van het corpus pineale. Ook de falx cerebri kon duidelijke echobeelden te zien geven; dit kwam evenwel ook voor bij hersenen van volwassenen. Reeds was het Jeppsson opgevallen, dat er twee soorten M-echo's zijn, n.l. een brede, dikwijls gespleten echo en een slanke piek van hoger amplitudo. Hierbij dient opgemerkt te worden, dat deze proeven genomen werden vanuit een plat vlak, dat evenwijdig was aan het sagittale vlak der hersenen. Het is natuurlijk duidelijk, dat het aftasten van ronde vormen, zoals Leksell deed, vanuit een dergelijke situatie niet mogelijk was. Ter Braak c.s. (1961) heeft soortgelijke proeven gedaan als Leksell en verkreeg, evenals hij, steeds een M-echo, echter ook indien het corpus pineale verwijderd was.

De vele, zeer uiteenlopende, meningen in de Europese literatuur, over de vraag welke mediane structuur nu aangewezen moest worden als oorsprong van de M-echo, waren er mede oorzaak van, dat er in Amerika sterk getwijfeld werd aan de betrouwbaarheid van de „ultrasonografie”. Daarom onderzocht Brylski c.s. (1965) de M-echo nogmaals, in de hoop definitief uitsluitsel te kunnen geven. Brylski gebruikte een geluidsgolf met een frekwentie van 2,25 MHz, waarbij het „kristal” een doorsnede had van 1,9 cm. De taster werd steeds op een vast punt geplaatst, n.l. 1,5-2 cm boven en even achter de aanhechting van het uitwendige oor. De andere kant van de schedel markeerde hij met een boogvormige mal. Kleine veranderingen in de opstelling van de taster deden de midden-echo verdwijnen, zodat hij vermoedde, dat alleen een specifiek anatomische structuur als oorsprong van deze midden-echo beschouwd moest worden. Met behulp van metalen markeringen op de plaats van de taster zowel rechts als links van het hoofd, werden luchtstudies gemaakt. Uit deze studies bleek dat de bron van de M-echo juist in dat gebied lag, waar het corpus pineale zich bevindt. Lapayowker c.s. (1965) volgde dezelfde methode met een zelfde frekwentie van 2,25 MHz en een tasterdoorsnede van 1,9 cm. De localisatie, een weinig achter en boven het oor, werd door hem niet nauwkeurig in centimeters uitgedrukt. Hij meende uit de genomen proeven te kunnen concluderen, dat het achterste deel van de derde ventrikel en het bovenste deel van het aquaduct Sylvii de oorsprong van de M-echo moesten zijn. Het feit, dat de M-echo vooral bij verwijding van het ventrikelsysteem gespleten is, versterkte deze mening. Het stra-

lingsvlak van de taster heeft een tamelijk groot oppervlak (78,5 mm<sup>2</sup>), dat zeker meer structuren raakt dan alleen het corpus pineale. De proeven van Schiefer c.s. bevestigden dit. De midden-echo, verkregen bij in fysiologisch zout gedompelde hersenen, was hoog van amplitudo. Nam men het corpus pineale weg, dan bleef een midden-echo over; doch deze was van een geringere amplitudo en bovendien M-vormig. Schiefer c.s. was van mening dat deze M-echo wel van het achterste deel van de derde ventrikel afkomstig kon zijn. Dat een verkalkt corpus pineale een goede bron voor de midden-echo bij volwassenen kan zijn, is alleszins te begrijpen, temeer daar de verkalking zich als vlakjes in dit lichaam bevindt en de van het corpus pineale teruggekaatste energie ruim voldoende is om via een dikke schedel nog een hoog amplitudo te geven op de oscilloscoop.

Indien de taster zo is opgesteld, dat de beste M-echo wordt verkregen, blijkt de positie van de taster samen te vallen met die plaats van de schedel, waar die bij volwassenen het dunst is. Bij kinderen echter is dit dunne schedelgebied groter en zijn, zoals reeds gezegd, de terugkaatsingsmogelijkheden eveneens groter door de geringere dikte van de schedel.

#### ad. b. DE FISSURA LONGITUDINALIS

De Vlieger c.s. (1959) en Ter Braak c.s. (1961) kwamen tot de conclusie, dat de fissura longitudinalis de oorsprong van de M-echo moest zijn en wel op grond van het feit, dat bij een meer frontaal plaatsen van de taster toch een M-echo kon worden verkregen; dit ondanks de hoek, die de taster dan maakte met het middenvlak. De grens tussen liquor en hersensubstantie wordt hier gevormd door vlakjes, die niet altijd in het sagittaalvlak liggen, zodat bestralingen uit verschillende richtingen een redelijke kans maken een vlakje loodrecht te treffen. Bovendien zou de dubbele piek van de M-echo in overeenstemming kunnen zijn met de afstand tussen de hemisfeerwanden die de fissura begrenzen.

Een derde argument voor deze theorie was de waarneming, dat beide picken van de M-echo konden pulseren en wel met 180° faseverschil. Deze pulsaties verdwenen wanneer men druk uitoefende op de venae jugulares. Het faseverschil werd verklaard door het min of meer uitzetten der hersenhelften, synchroon met de pols, waardoor de fissura in meer of mindere mate verruimd werd. De eerste wand werd ten opzichte van de taster meer of minder bol in tegenstelling tot de tweede wand, die dan 180° in fase verschilde ten opzichte van de taster. Deze theorie is eveneens en beter nog van toepassing op de wanden van de derde ventrikel. Indien de reflex van de falx cerebri zou komen, zou deze bij

een zekere instraalhoek snel moeten verdwijnen. Deze theorie wordt gesteund door proeven op sectiemateriaal, waarbij de midden-echo werd geregistreerd van het hele hoofd, na verwijderen van de huid, de schedel en tenslotte de falx cerebri. Een stalen plaatje, dat midden tussen de beide hemisferen geplaatst werd, leverde een echo op, die precies midden tussen de twee M-echo's gelegen was. Ter Braak c.s. nam hierbij aan, dat het impedantieverschil tussen liquor en hersensubstantie zo groot is, dat een echo met voldoende energie teruggekaatst kan worden door de aan de fissura grenzende hersenwanden. De metingen, die men verrichtte op het grensvlak, gevormd tussen gelatine en water, die respectievelijk dezelfde impedantie hebben als hersenen en liquor, bevestigden deze mening.

### c. HET SEPTUM PELLUCIDUM

Een der eerste beoefenaars van de echo-encefalografie, de Engelsman Gordon (1958), was van mening, dat de M-echo afkomstig was van het septum pellicidum, dit met het oog op de anatomische ligging. Volgens Gordon zou de mediane structuur, die als bron voor de M-echo in aanmerking zou kunnen komen, absoluut een plat vlak zijn, daar reeds bij 5° kantelen van de hersenen in een waterbad het echobeeld tot op de helft gereduceerd werd. Een sferisch object, zoals het corpus pineale er een is, kwam volgens zijn theorie niet in aanmerking. Ook Lithander (1961), Taylor c.s. (1961) en Schiefer c.s. (1967) beschouwen het septum pellucidum als een der bronnen van de M-echo. Het fladderen van de M-echo bij kinderen met een hydrocephalus zou volgens Ford (1963) eveneens een argument voor de theorie kunnen zijn, dat het septum pellucidum als de oorsprong van de M-echo gezien kan worden.

### ad. d. DE FALX CEREBRI

De falx cerebri zou volgens Jeppsson (1961) de oorsprong zijn van de smalle, hoge en steile M-echo. Evenals bij de fissura longitudinalis zou alleen het onderste deel hiervoor verantwoordelijk zijn. Het overige deel is immers niet bereikbaar voor loodrechte stralen. Naarmate namelijk de taster hoger wordt geplaatst, wordt door de ronding van de schedel de hoek van inval groter. Ook is de schedelwand daar dikker.

Lithander (1961) zocht systematisch, via een coördinatenstelsel, de schedels af van zeven normale pasgeborenen. Door de geringe schedeldikte en de geringe energie-absorptie die daar het gevolg van is, meende zij

een uitgebreider vlak te kunnen bestuderen. Deze veronderstelling bleek inderdaad juist te zijn. Het corpus pineale kan daarom onmogelijk de enige bron voor de M-echo zijn. Al naar gelang de opstelling van de taster veranderd werd, bleken de derde ventrikel, het septum pellucidum, de falx cerebri, de fissura longitudinalis en de aquaeductus Sylvii ook verantwoordelijk te kunnen zijn voor de M-echo (zie ook Brückner c.s. 1963). Een en ander werd door Lithander bevestigd door proeven op hersenen van twee pasgeborenen, die aan een asphyxie overleden waren.

#### ad. e. DE DERDE VENTRIKEL

Reeds in 1959 werd door de Vlieger c.s. de derde ventrikel als oorzaak voor de M-echo genoemd. Naar aanleiding hiervan werd de mogelijkheid geopperd deze te meten en vervolgens te vergelijken met een pneumoencefalogram. Ook Gordon (1959) was ervan overtuigd dat de derde ventrikel als oorsprong van de driedelige M-echo moest worden beschouwd; het drietoppige beeld wordt volgens hun theorie verkregen door de wanden van de derde ventrikel en het septum pellucidum.



FIG. 6. EEN NORMAAL ECHO-ENCEFALOGRAM VAN DE DERDE VENTRIKEL.

I — INITIAAL-COMPLEX      E — EIND-ECHO  
3V — DERDE VENTRIKEL-ECHO

Zoals reeds beschreven bewees Jeppsson in 1960 en 1961 dat behalve het onderste deel van de falx ook de achterste helft van de derde ventrikel de bron moest zijn van de M-echo. Lithander (1961), Lapayowker c.s. (1965), Schiefer c.s. (1965), Tanaka (1966), Sjögren (1967) en vele anderen beschouwden de dubbelpiek als een vorm van de M-echo, veroorzaakt door de wanden van de derde ventrikel. Fig. 6. Naarmate de



derde ventrikel groter is wordt deze dubbelpiek duidelijker en kan de splijting zover gaan, dat de pieken volledig gescheiden zijn. (Lithander 1961, Ford c.s. 1963, 1966, Brückner c.s. 1963, Lapayowker c.s. 1965, 1966 en vele anderen). Vergelijkingen van de afstanden tussen de pieken met de afmetingen van de derde ventrikel, verkregen door luchtvullingen, bevestigden dit (Kazner c.s. 1966). Bewijzen de resultaten van deze vergelijkingen reeds de juistheid van de bewering, ook de twee observaties van Ford (1963) en Schiefer c.s. (1967) steunen deze redenering. De eerste schrijver onderzocht de echo voor en tijdens de lumbale pneumoencefalografie van 25 patiënten met de ziekte van Parkinson. Zodra de lucht in de derde ventrikel kwam, veranderde de M-echo drastisch. Het amplitudo werd veel groter, terwijl de eind-echo door de totale terugkaatsing op het luchtvlak vrijwel geheel verdween. De vorm was echter niet meer te beoordelen door de verbreding ten gevolge van de multipiele reflecties. Dit effect kon reeds met een hoeveelheid van 4 ml lucht waargenomen worden, mits deze waarneming plaats vond voor het moment dat er lucht in de laterale ventrikel kwam.

## DE LATERALE REFLECTIES

### DE VENTRIKEL-ECHO

De mogelijkheid, het ventriculaire systeem te meten met behulp van de echo-techniek werd reeds door Leksell in zijn oorspronkelijk artikel gecopperd. Ook Kikuchi c.s. (1957) en de Vlieger c.s. (1959) plaatsten een opmerking, die in deze richting wees. Twee jaar later beschreef de Rotterdamse groep onderzoekers een methode om de herkomst van enkele laterale reflecties te bepalen: patiënten, die een pneumo-encefalografisch onderzoek moesten ondergaan, werden tevens onderworpen aan een echo-encefalografisch onderzoek. Daar de taster zichtbaar was op het röntgenschermbild kon deze op het oog gericht worden, zodat men er zeker van was dat een ventrikel, gevuld met lucht, getroffen werd. De daardoor verkregen echo, die door het grensvlak hersenweefsel/lucht hoog van amplitudo was, bleef zichtbaar, ook nadat door kantelen van het hoofd de lucht vervangen werd door liquor. Het amplitudo werd dan wel lager en de midden-echo, die aanvankelijk niet waar te nemen was, werd zichtbaar. De afstanden op het röntgenbeeld van de ventrikelwanden tot het midden, of van de wanden tot de taster, konden nu vergeleken worden met die van het echobeeld. Tevoren bewees Lithander (1961) de herkomst van de reflecties met behulp van naalden in post mortem materiaal. Zij

vergeleek de echobeelden met de luchtstudies. In de door haar bestudeerde leeftijdsgroep van kinderen van 1-13 jaar vond zij op deze wijze, dat de ventrikels een goede bron voor reflecties kunnen zijn.

#### DE ECHO VAN DE INSULA REILI

De echo, afkomstig van de Insula Reili, wordt door Lithander (1961), Ter Braak c.s. (1961), Dreese c.s. (1964) en Grossman (1966) vermeld. Zeker bij jonge kinderen moet deze echo als een belangrijke bron voor laterale reflecties worden beschouwd, daar de temporaalkwab dan nog niet voldoende ontwikkeld is en er dus nog een relatief grote liquorroimte aanwezig is. De arteria cerebri media, die hier aangetroffen wordt, doet deze reflectie dikwijls pulseren. Daarbij is dit echobeeld meer lateraal geplaatst dan de V-echo's (Lapayowker 1966).

Ook uit de echogrammen, gemaakt met de B-scan methode, de tweedimensionale echografie, kan men de reflecties van de Insula Reili opmerken (de Vlieger 1968, 1969, Galicich c.s. 1965).

#### ANDERE LATERALE REFLECTIES

Schiefer c.s. (1967) beschrijft in zijn boek een voorbeeld van reflecties, die hij verkreeg van de plexus chorioideus ventriculi. Deze reflecties hebben ten gevolge van het onregelmatige vlak een brede basis en pulseren sterk.

Vooraf door onderzoekers, die gefixeerd anatomisch materiaal gebruiken voor hun vergelijkend onderzoek, worden reflecties beschreven, die stammen van de grensvlakken van de witte en grijze substantie, zoals de thalamus, capsula interna e.a., samenvattend de parenchym-reflecties genoemd (Lithander 1961, Dreese c.s. 1964, Grossman 1966, Emery 1967). Jeppsson (1961) en Schiefer (1967) geloven niet, dat tussen de grensvlakken in vivo voldoende impedantieverschil aanwezig is om interpreteerbare echobeelden te geven. Elizondo Martel c.s. (1965) beschrijft deze reflecties als nog juist zichtbaar, met maximale zendimpuls en grootste versterking.

Het is niet moeilijk, echobeelden te vinden, echter wel om deze te identificeren.



## ECHO-ENCEFALOGRAFISCHE METINGEN

## HET THEORETISCHE MIDDEN

Om metingen te kunnen verrichten moet men van enkele vaste punten uitgaan. Een constant vast punt is het 0-punt van het I-complex. Een tweede vast punt is het theoretische midden. De M-echo immers ligt niet op het midden van de afstand 0-punt tot E-echo, daar deze laatste voornamelijk weerkaatst wordt door de binnenzijde van de schedel.

De bepaling van het theoretische midden of controle-midden (Mc), kan op verschillende wijzen plaats vinden (fig. 7).

1. De passermeting. De Mc moet op de helft van de afstand D tussen beide temporale vlakken liggen. Deze afstand is met de bekkenpasser te meten. Het spreekt vanzelf, dat de calibratie van het apparaat dan goed moet zijn.
2. De afstand  $\frac{1}{2}D$  kan ook met de ultrasonie methode vastgesteld worden. Hierbij wordt één taster als zender op de schedel geplaatst en een andere hier recht tegenover als ontvanger (de Vlieger c.s. 1959). De tijd, die de geluidsgolf nodig heeft om de afstand van de ene taster naar de andere te overbruggen, komt overeen met de tijd die de impuls aflegt van de schedelwand tot het werkelijke midden en terug.
3. Een derde, echter weinig toegepaste methode, is die van Feuerlein c.s. (1965), die ook door Hazemann in zijn dissertatie (1965) gebruikt werd. De methode bestaat hierin, dat men de schedeldikte optelt bij de afstand 0-punt tot het begin van de E-echo en deze door twee deelt. Feuerlein voegt 8-9 mm aan de afstand toe, Hazemann 10 mm. Voor gebruik bij kinderen is deze methode echter zeer onnauwkeurig, daar bij hen de schedeldikte sterk varieert (Schiefer c.s. 1967).
4. De Vlieger (1964) geeft een eenvoudige methode aan om enigszins geörienteerd te raken over de plaats waar de buitenwand van de distale schedel op het beeldscherm komt. Door namelijk de huid over de tegenover de taster liggende schedelwand heen en weer te schuiven, beweegt in de E-echo een piek mee. Op de foto echter is deze reflex moeilijk terug te vinden.

5. Tenslotte vond Nichols c.s. (1968) het theoretische midden door de afstand tussen de beide tabulae internae door twee te delen. Een bezwaar is hierbij, dat de grens van de binnenwand in het I-complex moeilijk te duiden is, daar deze bestaat uit een vervormde ultrasone geluidsknal.

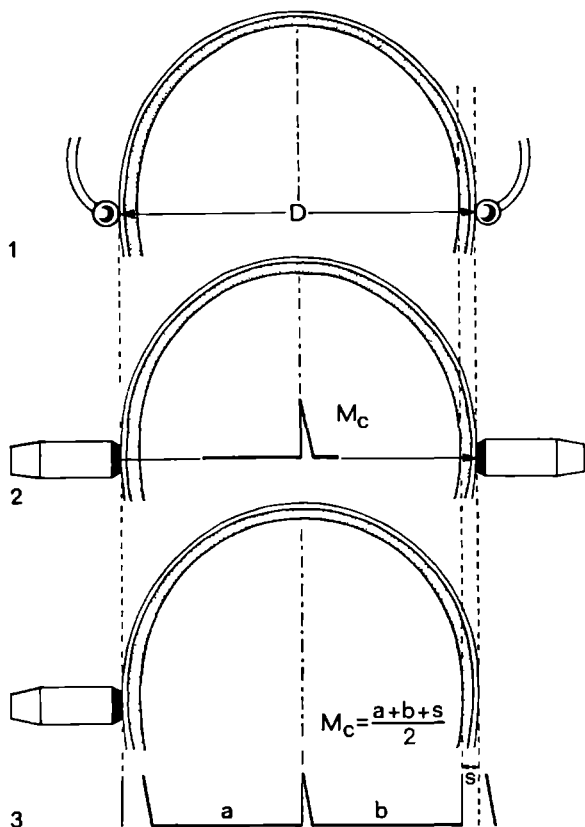


FIG. 7. DE BEPALING VAN HET CONTROLE-MIDDEN  $M_c$ .

- |                         |   |
|-------------------------|---|
| 1. HALVE PASSERMETING   | 3. HALVE AFSTAND BEGIN I-COMPLEX TOT DE E-ECHO, |
| 2. ULTRASONE DOORMETING | WAARBIJ DE SCHEDELDIKTE S IS TOEGEVOEGD         |

#### DE MIDDEN-ECHO

Indien er geen verplaatsing is van de anatomische midden-structuren moet de M-echo liggen op de plaats van het controle-midden  $M_c$ , of, als de derde ventrikel getroffen wordt, symmetrisch aan beide zijden hiervan.

Is dit niet het geval, dan mag eerst na een zeer kritische bestudering van het gehele echogram aan een verplaatsing van de middenstructuur gedacht worden. De volgende mogelijkheden kunnen zich namelijk voordoen (fig. 8<sub>1, 2, 3, 4</sub>):

FIG. 8. DE MIDDEN-ECHO.

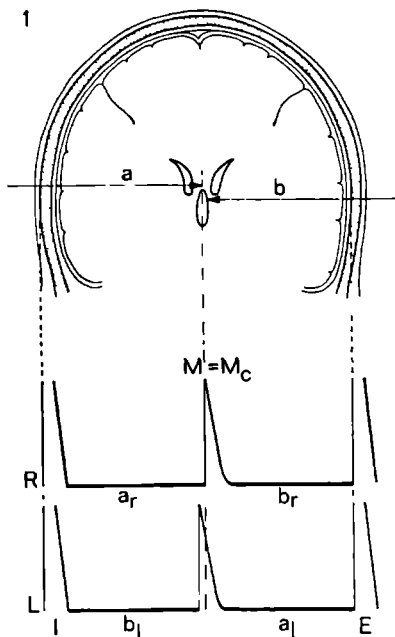


FIG. 8<sub>1</sub>. VAN LINKS IS EEN VENTRIKELWAND GEMETEN.

M-ECHO VAN RECHTS OP MC

M-ECHO VAN LINKS ER VOOR ( $a_r > b_l$ )

E-ECHO'S EQUIDISTANT

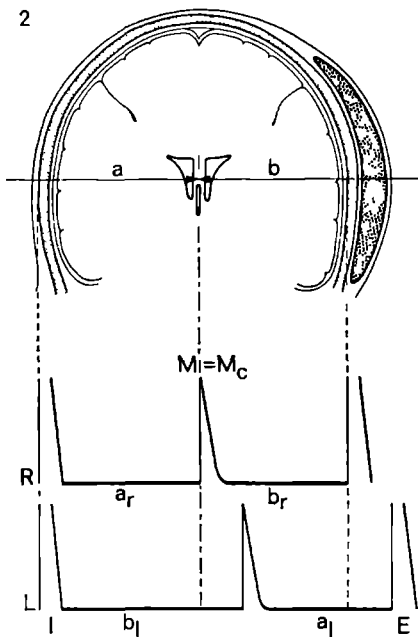


FIG 8<sub>2</sub>. DE SCHEDEL IS LINKS DIKKER OF ER IS EEN CEPHAAL-HAEMATOOM.

M-ECHO VAN RECHTS OP MC

M-ECHO LINKS VERDER ( $a_r < b_l$ )

E-ECHO'S NIET EQUIDISTANT ( $b_l = a_l$ )

1. De M-echo, van de ene zijde gemeten, komt op de plaats van de Mc; van de andere zijde gemeten echter niet. Als de E-echo's equidistant zijn, dan kan de M-echo, die niet op Mc ligt, van een wand van de derde ventrikel zijn, of het is mogelijk dat de stand van de tasters niet identiek geweest is.

2. Zijn de E-echo's niet equidistant, doch is de afstand M-E-echo constant, dan komen de volgende mogelijkheden in aanmerking:

- De plaats of richting van de taster links en rechts is niet gelijk.
- Er is een cefaal-haematoom of een asymmetrie van de schedel.

3 en 4. De M-echo's zijn in beide richtingen even ver van de Mc verwijderd, doch aan verschillende zijden hiervan.

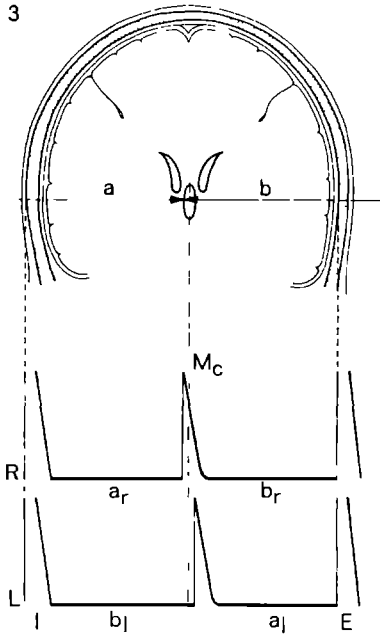


FIG. 8<sub>3</sub>. GFVN VERPLAATSING, DOCH FFN WAND VAN DE DERDE VENTRIKEL GERAAKT.

M-ECHO VAN BEIDE RICHTINGEN EVEN VFR VAN MC  
E-ECHO'S EQUIDISTANT

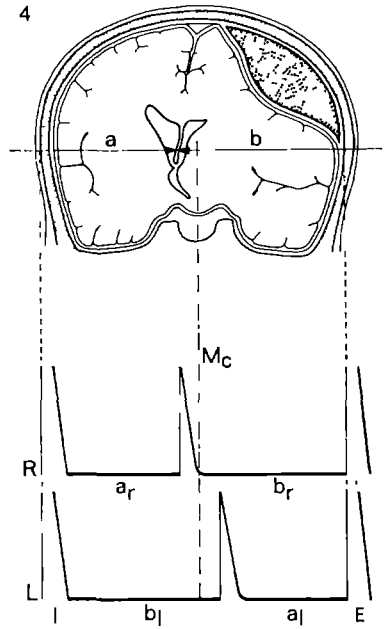


FIG. 8<sub>4</sub>. ALS 8<sub>3</sub>, DOCH NU WEL EFN VERPLAATSING VAN DE MIDDENSTRUCTUREN.

Deze situatie leidt tot de conclusie, dat de middenstructuur verplaatst is. Toch kan men, indien de reflectieverhoudingen van de beide wanden van de derde ventrikel verschillend zijn, zowel van rechts als van links gemeten, eenzelfde wand treffen en zo een schijnbare verplaatsing vinden. Bij een vergrote derde ventrikel komt dit niet zelden voor (Lithander 1961, Schiefer c.s. 1963, Planiol 1964, Feuerlein c.s. 1965 en 1967, Grossman 1966, Lapayowker c.s. 1966, Sjögren 1967 en Pia c.s. 1968). In een dergelijk geval is het dus gewenst te trachten beide ventrikelwanden tegelijk

te treffen. Over het algemeen slaagt men hierin na enig zoeken en verschijnt de dubbel-echo met de in tegengestelde richting pulserende pieken op het beeldscherm.

Zoals bij iedere meting kunnen ook bij de echometing fouten voorkomen. Bij Lithander (1961) bedroeg de standaardafwijking van de M-echo bij volwassenen 1 mm, bij kinderen 0,8 mm.

#### DE DERDE VENTRIKEL

Zowel vanuit de anatomie als vanuit de radiologie bekeken, zijn de gegevens over de diameter van de derde ventrikel zeer summier en weinig overeenstemmend. Sinds de mogelijkheid bestaat ventrikelafgietsels te maken met plastic resins zou men meer exacte gegevens van de anatomie kunnen verwachten. Het aantal gegevens in de literatuur over dit onderwerp is echter zeer teleurstellend. Last c.s. (1952) onderzocht 5 foetale en 24 volwassen hersenen. Uit dit onderzoek bleek dat de diameter van de derde ventrikel bij volwassenen gemiddeld 5,5 mm is; voor de foetale leeftijd vermeldde Last geen maten. Ook Day (1959) gaf geen maten op, ondanks het feit dat hij de beschikking had over prachtige ventrikelafgietsels van 14 foeten en pasgeborenen.

Gegevens over quantitative radiologische onderzoeken zijn talrijker. Volgens Bruijn (1959) lopen de afmetingen van de derde ventrikel zeer uiteen. Metingen bij normale pasgeborenen zijn, voor zover ons bekend, niet gedaan. Voor grotere kinderen vinden wij iets meer gegevens in de literatuur. Zo vermeldde Heinrich in 1939, dat bij kinderen in de overgangleeftijd van kleuter tot schoolkind de afmeting van de derde ventrikel in versnelde mate toeneemt. Een relatie tussen de afmeting van de derde ventrikel en de breedte van de schedel bij volwassenen, werd gevonden door Nürnberger c.s. in 1955 en door Berg en Lönnum in 1966. Göllnitz vond in 1951 bij 130 kinderen in de leeftijd van 1-14 jaar voor de derde ventrikel een maximale waarde van 5 mm en Durand c.s. kwam in datzelfde jaar tot de volgende, meer gedifferentieerde waarden:

|                |           |           |
|----------------|-----------|-----------|
| 0— 3 maanden:  | min. 2 mm | max. 3 mm |
| 3—12 maanden:  | 3 mm      |           |
| 12—24 maanden: | min. 3 mm | max. 4 mm |

Het aantal onderzochte kinderen echter, wordt niet vermeld.

Over het algemeen neemt men in de radiologie, als grootste doorsnede van de derde ventrikel, een uiterste waarde van 10 mm voor volwassenen aan (Schiefer c.s. 1967).



De echo-encefalografische bevindingen zouden derhalve een welkome aanvulling kunnen betekenen voor onze kennis omtrent de grootte van deze ventrikel. De metingen bij deze encefalografie worden verricht in vivo, wat het voordeel heeft, dat er geen fixatie-veranderingen optreden zoals bij obductiemateriaal, noch projectieveranderingen zoals dat bij de radiologie het geval is. Ook kunnen gezonde personen onderzocht worden en kan het onderzoek, naar wens, een ongelimiteerd aantal malen herhaald worden, omdat de methode volkomen ongevaarlijk is. In 1966 maakte Ford c.s. een echo-encefalografische studie van zowel het voorste als het achterste deel van de derde ventrikel en de resultaten van deze studie vergeleek hij met de luchtstudies. Hij kon een redelijke correlatie constateren, het aantal waarnemingen echter dat vergeleken kon worden was gering. Naar analogie van de radiologische bevindingen werd een ventrikeldoorsnede van meer dan 10 mm ook door Ford als pathologisch beschouwd.

In 1963 was Schiefer c.s. de eerste, die bij 144 kinderen en 136 volwassenen, allen gezond, de diameter van de derde ventrikel systematisch met de echo-methode bepaalde. Hij kwam tot de volgende conclusie: in de eerste levensjaren neemt de breedte van de derde ventrikel snel toe, deze komt echter tot het zestigste levensjaar niet boven de 7,0 mm, zodat een afmeting van meer dan 7 mm, bij patiënten die deze leeftijd nog niet bereikt hebben, door Schiefer als pathologisch beschouwd wordt. Bij pasgeborenen liggen de door hem gevonden waarden tussen 2,4 en 3,9 mm om op de leeftijd van 2 jaar te stijgen tot een waarde van 3-5 mm. De localisatie van de taster is wat vaag, zij wordt namelijk aangeduid als „de temporale regionen”. In de praktijk blijkt, dat men het kiezen van de juiste plaats, in dit gebied, laat afhangen van de duidelijkheid van de beelden die men ontvangt.

Jacobi c.s. (1966) gaf iets hogere waarden op dan Schiefer c.s., te weten, voor:

|                   |           |
|-------------------|-----------|
| prematuren        | 2,5—4 mm  |
| pasgeborenen      | 3 —4,5 mm |
| eerste levensjaar | 3,5—5 mm  |
| kleuterleeftijd   | 4 —6 mm   |
| schoollleeftijd   | 4 —7 mm   |

Deze normaalwaarden zijn verkregen bij 704 patiënten en zijn voor een groot deel radiologisch gecontroleerd. Er werd tot de leeftijd van 6 maanden een frekwentie gebruikt van 6 MHz, met een tasterdoorsnede van 10 mm, voor de oudere zuigelingen 4 MHz en 10 mm, voor de kleuter-

leeftijd en ouder 2 MHz en 24 mm. Volgens Jacobi c.s. is de grootte van de derde ventrikel een maat voor het gehele ventrikelsysteem.

Tenslotte heeft Feuerlein c.s. in 1967 gegevens verkregen van 25 pasgeborenen, 75 zuigelingen, 90 kleuters en schoolkinderen en van 60, eveneens gezonde personen van 18-30 jaar. Hij kwam tot de volgende waarden:

|              |            |
|--------------|------------|
| pasgeborenen | 1,4—4,2 mm |
| 2—12 maanden | 2,3—5,1 mm |
| 12—14 jaar   | 3,4—6,4 mm |
| 18—30 jaar   | 3,5—6,5 mm |

Een overzicht van de resultaten van bovengenoemd onderzoek wordt gegeven in fig. 9. Door ieder van de drie auters werd een snelle groei in de eerste twee levensjaren waargenomen, overeenkomstig de radiologische bevindingen van Lodin in 1968.

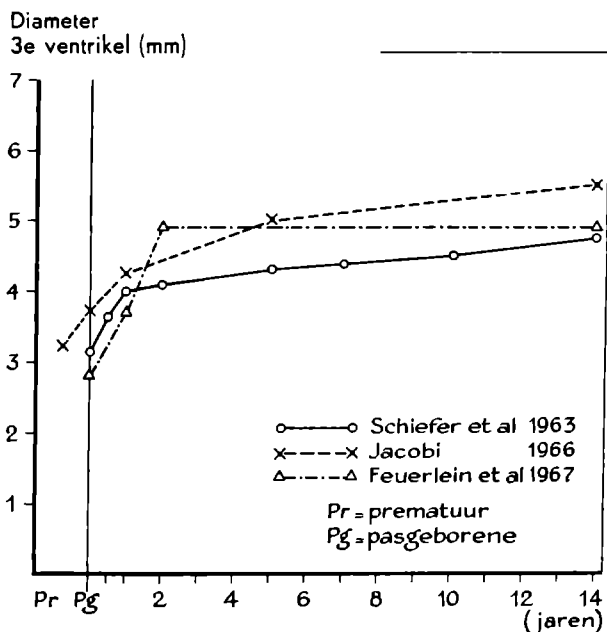


FIG. 9. EEN OVERZICHT VAN DE IN DE LITERAATUUR GEVONDEN DIAMETERS VOOR DE DERDE VENTRIKEL VAN 0-14 JAAR.

Een aparte plaats moet worden ingeruimd voor Sjögren die, in 1967 in een zeer exact geschreven artikel, de ventrikelmetingen beschreef. Zij neemt de verhouding tussen de gehele breedte van de M-echo, al dan niet

gespleten, en de diameter van de temporale streek als maat voor de „midline index”  $Im = m/D$ . Deze index representeert dus niet de derde ventrikel.

Bij 100 normale kinderen (20 pasgeborenen, 60 kinderen van 5 weken tot 12 maanden en 20 kinderen tussen 1 en 5 jaar) constateerde zij, dat de  $Im$  varieerde tussen 0,03 en 0,08. Deze waarden bedroegen nooit meer dan 8% van de gehele schedeldiameter. Sjögren prefereert deze index boven de absolute waarde, omdat zij hierdoor niet afhankelijk is van het juiste calibreren van de apparatuur. Verder is het vergelijken met röntgenfoto's eenvoudiger, daar de vergrotingsfactoren in de berekeningen wegvallen.

#### DE LATERALE VENTRIKELS

Door de gecompliceerde vorm der laterale ventrikels, is de herkenning van de hiervan afkomstige echobeelden moeilijk. Gaf de anatomie slechts weinig steun bij het onderzoek naar de derde ventrikels, ook over de laterale ventrikels bestaan slechts zeer weinig gegevens. Over de laterale ventrikels van het zeer jonge kind is nauwelijks gepubliceerd.

Last c.s. berekende in 1952 aan de hand van een onderzoek van 24 ventrikelaftgietels van volwassenen, in voor- en achterwaarts aanzicht, een index gevormd door de breuk:

maximale breedte ventrikelonderdeel  
grootste diameter van de hersenen

Daarmee vond hij, voor de voorhoorn, een gemiddelde index van 0,26 en voor de temporale hoorn een van 0,55.

De radiologie geeft waarden, die moeilijk vergelijkbaar zijn, daar de uitkomsten van de verschillende onderzoekers nogal uiteenlopen. De radiologisch gevonden afmetingen kunnen namelijk beïnvloed zijn door de hoeveelheid lucht in de ventrikels en bovendien bij kinderen tot twee jaar ook door het al of niet aanwezig zijn van lucht in de subarachnoidale ruimten. Ook kan de druk in de ventrikels tijdens de luchtvulling veranderen, o.a. door persen ten gevolge van huilen van het kind, hetgeen ook van invloed kan zijn op de afmetingen. (Brenner 1942, Göllnitz 1951 en Durand c.s. 1951).

Brenner (1942) maakte luchtstudies bij 10 neurologisch normale kinderen en berekende, aan de hand van de resultaten, de index van Schiersmann. Deze wordt voorgesteld door een breuk, samengesteld uit de grootste schedeldiameter in de teller en de grootste diameter van de laterale

s in de noemer. Hij vond bij 5 kinderen van 3 tot 11 maanden index van 3,3-4,7 ( $M = 3,66$ ) en bij 5 kinderen van 15 maanden tot 11 jaar een index van 4,3-4,7 ( $M = 4,4$ ). Zo moet volgens de verhouding een index kleiner dan 3,0 als pathologisch beschouwd worden. De ventrikelindex naar verhouding iets groter te zijn bij het oudere kind.

(1951) en Kohler (1957) vonden een grenswaarde van 0,30 tot 0,40 voor de reciproque index, waarbij de ventrikelmaat in de teller en de schedelmaat in de noemer staat. Ook Durand c.s. bepaalde in 1951, uitgaande van röntgenfoto's de absolute waarden voor de ventrikelmaat bij kinderen. Voor de afstand tussen de toppen der vlinderfiguur gaf hij een niet nader aangeduid aantal kinderen:

|               |          |
|---------------|----------|
| 0— 3 maanden  | 20—28 mm |
| 3—12 maanden  | 26—34 mm |
| 12—24 maanden | 34—38 mm |

De relatie van een constante relatie tussen schedelmaten en ventrikelmaten werd door Nürnberger c.s. in 1955 aangetoond. Bruijn (1959) heeft bij volwassenen een meer constante waarde voor de afstand van de cella media, juist onafhankelijk van de schedelvorm.

De radiologen vonden de radiologen vele moeilijkheden bij het bepalen van de afmetingen, de echo-encefalografie bracht ook zijn problemen mee en de resultaten bleken in vele gevallen niet te correleren met het röntgenbeeld. Slechts globale vergelijkingen konden worden getrokken. Het is niet verwonderlijk dat men zich namelijk afvragen, of de met de ultrasone golven gemaakte metingen correleren met het op het röntgenbeeld zichtbaar gemaakte deel van de ventrikel.

Men kan achtereenvolgens de verschillende ventrikelmaten, die met de röntgenmethode onderzocht zijn, bespreken.

#### A MEDIA

De laterale ventrikelmaten, waarover het meest geschreven is, is de diameter van de cella media. Lithander (1961) heeft deze direct boven het oor gemeten.

De diameter van maximaal 25 mm bij 30 gezonde kinderen. Kinderen van meer dan 30 mm moeten volgens haar als pathologisch beschouwd worden. Ook Lapayowker c.s. (1966) bepaalde de maten voor de diameter van de cella media en vond voor volwassenen 14-21 mm. Hij plaatste de meetsonde hoger, namelijk 2-4 cm. boven het oor, waarbij de plaatsing van de sonde van patiënt tot patiënt. Schiefer c.s. (1967) vond voor deze maten van 20-30 mm. Dit waren de absolute waarden voor

de zijventrikels. De indicies, bepaald volgens de methode van Schriersmann voor de röntgendiagnostiek, konden ook voor de echo-encefalografie gebruikt worden (fig. 10). Umbach c.s. (1965) vond een waarde beneden de 0,25 voor de index. Een nauwkeurige aanduiding voor de plaatsing van de taster wordt door hem niet gegeven. Ook Uematsu (1966) en Sjögren (1965, 1967, 1970) gebruikten deze methode. De laatste zette de op boven beschreven wijze gevonden echo-afstanden uit op een diagram, zodat een beter inzicht in de structuren kon worden verkregen. De plaats van de taster was 2-5 cm boven en iets voor het oor.

#### INDICES

$\frac{T}{D}$  Laterale ventrikel index  
 $\frac{a}{b}$  Hersenmantel index HMI

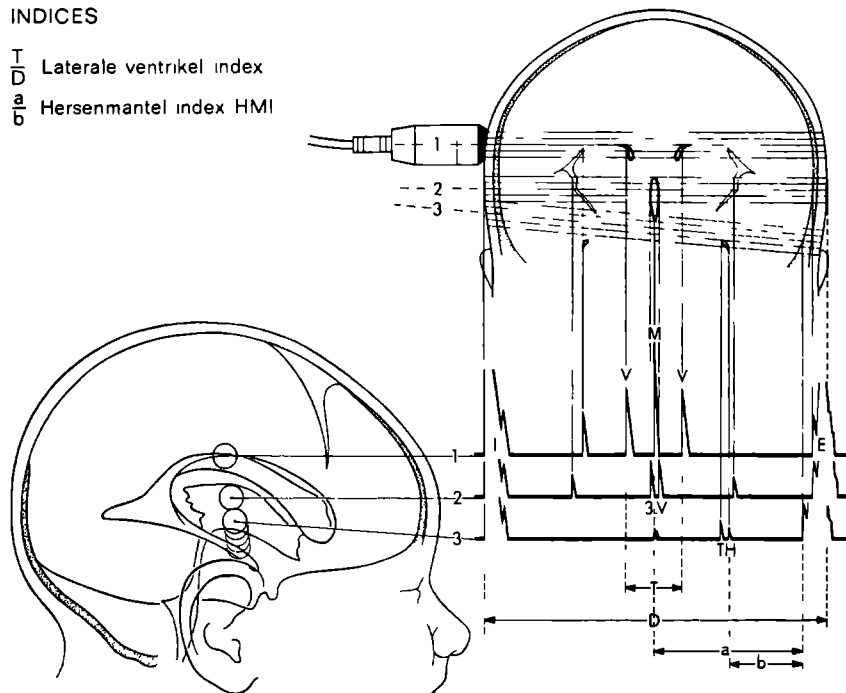


FIG. 10. DIAGRAM, WAARIN DE VERSCHILLENDE MOGELIJKHEDEN ZIJN WEERGEGEVEN ZOWEL WAT BETREFT DE ECHO-VORMING ALS DE BEPALING VAN DE INDEX.

De waarden, die Sjögren vond voor de ventrikelindex van 20 pasgeborenen, bleken iets groter te zijn dan die van oudere kinderen, namelijk  $0,30 \pm 0,03$  voor de pasgeborenen en  $0,26 \pm 0,03$  voor de oudere kinderen. Als mogelijke oorzaak van dit feit noemt Sjögren de decompressie

van het hoofd, die na de geboorte plaats heeft en ten gevolge waarvan de schedel-diameter relatief kleiner is.

#### b. DE VOORHOORNEN

Om een betere standaardisatie te krijgen koos Ford c.s. (1966) het achterste deel van de voorhoornen als object voor de ventrikelmetingen. Volgens hem is dat het deel van het ventrikelsysteem, dat altijd goed gevuld is bij de pneumo-encefalografie, waardoor een meer exacte vergelijking mogelijk is tussen echo-beeld en voor-achterwaartse schedelfoto. Als tweede onderdeel ziet hij het feit, dat in dit gebied minder storende echo's optreden. De taster wordt 3 cm voor en 3 cm boven de ooraanhechting geplaatst en ongeveer 10-15° naar beneden gericht. Als normaalwaarde werd door Ford een afmeting aangenomen van 10-20 mm voor de afstand midden-echo tot de V-echo. Hierbij dient vermeld te worden dat het hier een studie op volwassen patiënten betrof.

#### c. DE TEMPORALE HOORN

Zoals reeds beschreven kwam Ter Braak c.s. in 1961 met zijn kantelproeven tijdens een pneumo-encefalografisch onderzoek tot de ontdekking, dat de laterale wand van de distale temporale hoorn zich zeer goed leent voor reflectie. De echo bleek op het beeldscherm een uitslag te geven die op 3/4 van de afstand van de taster tot de er tegenover liggende binnenwand van de schedel lag.

Ook Schiefer c.s. (1965) laat zijn voorkeur uitgaan naar de heterolaterale temporale hoorn. Slechts een te dikke temporale schedelwand kan het ontvangen van deze echo bemoeilijken. Het holle-spiegel-effect van de laterale ventrikelwand kan, vooral indien deze wand vergroot is, hoge amplitudo's veroorzaken. Schiefer plaatst de taster op ongeveer één vingerbreedte afstand boven de aanhechting van het oor en richt deze een weinig naar beneden en naar achteren. Hieruit kan men dan een index berekenen door de afstand van midden- tot eind-echo te delen door de afstand van temporale hoorn tot eind-echo (fig. 10). Deze index noemt hij de hersenmantelindex (HMI), waarvan de normaalwaarde 2,0-2,2 bedraagt. Bij zuigelingen echter overheerst de pulserende reflex van de Insula Reili, waardoor de reflex van de temporale hoorn niet zichtbaar is (Lizuka 1969), en dus de hersenmantelindex niet berekend kan worden.



## EIGEN ONDERZOEK

## A. DE INDELING VAN DE ONDERZOCHE KINDEREN IN GROEPEN

Voor het statistisch onderzoek werd gebruik gemaakt van de gegevens, welke verkregen zijn van 193 neurologisch normale kinderen.

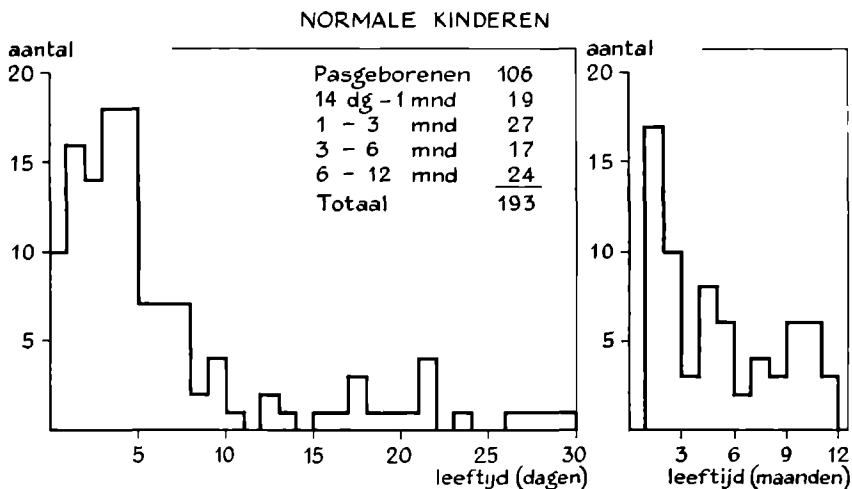


FIG. 11. HISTOGRAM VAN DE ONDERZOCHE KINDEREN.

Overeenkomstig hierna te noemen criteria werden de groepen als volgt ingedeeld:

1. 106 pasgeborenen van 0-14 dagen oud. Bij intern en neurologisch onderzoek werden bij deze neonati geen organische afwijkingen gevonden, zodat zij als normale pasgeborenen konden worden beschouwd.
2. 87 zuigelingen met een leeftijd van 14 dagen tot 12 maanden, die opgenomen waren voor lichte operaties of infecties van de bovenste luchtwegen. Ook bij deze kinderen werden bij neurologisch onderzoek geen afwijkingen geconstateerd.



De groep werd als volgt onderverdeeld:

$\frac{1}{2}$ — 1 maand (19)

1— 3 maanden (27)

3— 6 maanden (17)

6—12 maanden (24)

Een overzicht van deze onderzochte zuigelingen is in het volgende histogram weergegeven (fig. 11).

Later werden om nader te noemen redenen nog twee groepen toegevoegd.

A. 15 kinderen van  $\frac{1}{2}$ -3 maanden.

B. 12 pasgeborenen, die op de 1e en 4e levensdag werden onderzocht.

## B. APPARATUUR EN METHODIEK

Voor dit onderzoek werd een echo-encefalograaf USM1 van Siemens gebruikt. Dit apparaat, door Krautkrämer ontwikkeld, werkt volgens de in hoofdstuk 1 als A-scan beschreven methode. Het op de kathodestraalbuis weergegeven echogram wordt vastgelegd met een polaroid camera (fig. 12 en 13).

De gelijkrichting van de hoofdfrekente trillingen van de echo maakt dat de deflectie van het lichtspoor op het oscillograafscherm in één richting — de opgaande — plaatsvindt. Hierdoor wordt slechts de helft van het scherm van de beeldbuis effectief gebruikt. Door met een schakelaar de polariteit van het echogram om te keren kan de andere helft van het scherm ook benut worden. Het opgaande beeld wordt gebruikt voor de van rechts naar links gemeten echo-localisatie, het neergaande voor de metingen van links naar rechts.

Tussen de voortplantingstijd van ultrasoon geluid in hersensubstantie en die in liquor is slechts een verschil van  $20/_{00}$ . Dit verschil is ten opzichte van de totale tijd te verwaarlozen. Men kan dus stellen, dat er binnen de schedel een eenvoudig te interpreteren relatie bestaat tussen de werkelijke afstanden van de transducer tot de reflecterende structuren en de afstanden zoals deze uit het echogram op het oscillograafscherm worden gemeten. Met de doormetmethode is het mogelijk de schaalverdeling, aangebracht voor het scherm van de kathodestraalbuis, direct te calibreren in centimeters doorstraald weefsel. Eén schaaldeeltje (0,2 schaaldeel) komt dan overeen met 2 mm doorstraald weefsel.

De dubbele voortplantingssnelheid van geluid in het bot doet aan het bovengestelde niets af. De dikte van het bot wordt op deze manier op

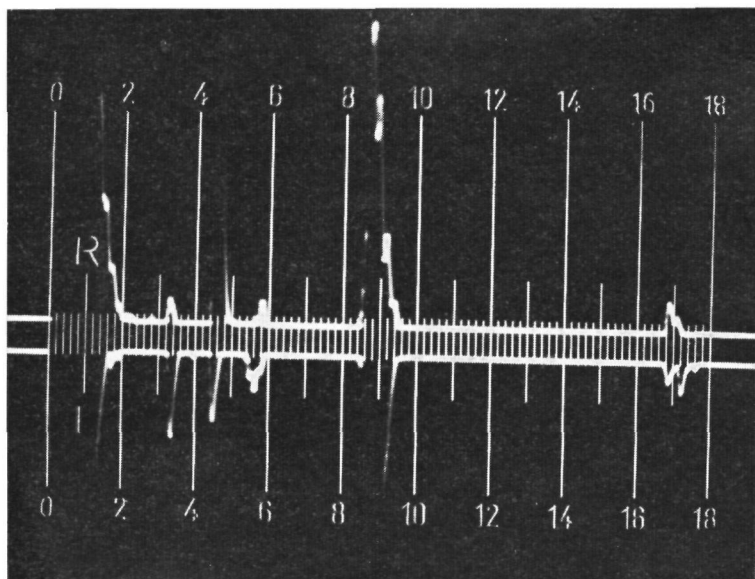


FIG. 12. EEN NORMAAL ECHO-ENCEFALOGRAM VAN DE  
LATERALE VENTRIKELS ZOALS DIT MET EEN  
POLAROID-CAMERA WORDT VERKREGEN.

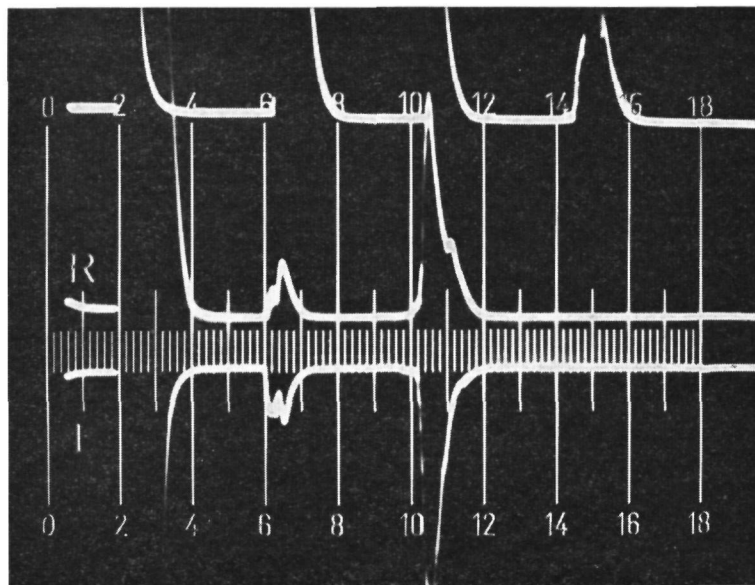


FIG. 13. EEN NORMAAL ECHO-ENCEFALOGRAM  
VAN DE DERDE VENTRIKEL.  
DE REGISTRATIE VAN DE MC IS OP DE BOVENSTE LIJN WEERGEGEVEN  
EN VANWEGE DE PARALAX IS DE 0-LIJN NAAR 2 VERPLAATST.

het echogram gehalveerd weergegeven. Alleen bij het bepalen van de schedeldiameter zal dit een rol kunnen spelen. Door de relatief geringe dikte van de schedel is de fout die hierdoor ontstaat te verwaarlozen; zeker bij pasgeborenen en zuigelingen.

Door bij de ultrasonische doormeting de snelheid van de horizontale afbuiging (tijdbasis) zo in te stellen, dat de ontvangen impuls op de schaalverdeling samenvalt met de diameter van de schedel, gemeten met de passer, wordt een redelijk nauwkeurige calibratie verkregen. Door tevens het oscillograafbeeld vertikaal op het beeldscherm te verplaatsen is het mogelijk de ijking op dezelfde foto als de echogrammen vast te leggen, zonder dat aan de leesbaarheid van deze echogrammen afbreuk wordt gedaan.

Deze methode van registreren is volgens Sjögren van belang voor het bepalen van de ventrikelindex, omdat zowel de afstand tussen de ventrikel-echo's  $T$  als de schedeldiameter  $D$  van een en dezelfde foto kunnen worden afgelezen. Dit verhoogt de nauwkeurigheid, omdat eventuele fouten in de calibratie niet voorkomen in de verhouding  $T/D$ .

In dit verband moet worden vermeld dat het mogelijk is de midden-echo, c.q. eind-echo, op een vaste plaats van het beeldscherm te brengen door het variëren van de snelheid van de tijdbasis. Zoals gesteld, heeft dit geen gevolgen voor het berekenen van de verschillende indices.

Wij menen echter dit systeem niet te moeten toepassen en wel om de volgende redenen:

1. De absolute waarde van de derde ventrikel wordt moeilijk afleesbaar.
2. Het is niet gemakkelijk een indruk van een normaal echogram te krijgen indien het beeld steeds van vorm verandert door de grote spreiding in de schedeldiameter bij kinderen. Het echogram van kleine schedels wordt dan sterk uitgerekt. Voor de beoordeling van pathologie is een goede indruk van de normale verhoudingen in het echo-encefalogram noodzakelijk.

Ten gevolge van de kleine schedeldiameter van pasgeborenen en zuigelingen, vult het echogram slechts een deel van het scherm, n.l. het linker deel. Om paralax te voorkomen werd het echogram twee schaaldelen naar het midden verplaatst.

Zoals uit het voorgaande blijkt heeft een foutieve calibratie geen invloed op de index; op de absolute waarden echter wel.

Een omzetten van schaaldelen in mm is mogelijk indien op dezelfde plaats als de echo-meting ook een passer-meting gedaan is. De som van de afstanden van het 0-punt tot de M-echo, respectievelijk van rechts en

van links gemeten, is dan gelijk aan de diameter van de schedel, uitgedrukt in schaaldelen. Door eenvoudige berekeningen zijn dan de absolute waarden voor de derde ventrikel of de afstand tussen de V-echo's (T) te vinden.

Bij de echo-encefalograaf USM1 worden meer transducers met verschillende diameters en eigen frekwentie geleverd.

Voor pasgeborenen en zuigelingen is een kleine doorsnede van de stralenbundel gewenst om, tijdens het aftasten, een duidelijke correlatie met de anatomische structuur van het hersenweefsel te kunnen vinden. Bovendien geeft een grote transducer ( $D_t > 15$  mm) onvoldoende energieoverdracht wegens het slechte contact met de sterk gekromde schedel van pasgeborenen en zuigelingen. In hoofdstuk 1 werden de consequenties hiervan voor het echogram besproken.

Stelt men de minimale afstand tussen het overgangsgedebied van evenwijdige naar divergente stralenbundel en de transducer op de helft van de diameter van de schedel (D), dan volgt hieruit, volgens de in hoofdstuk 1 gegeven formules bij  $n = \frac{1}{2} D$  ( $\frac{1}{2} D = 60$  mm en  $D_t = 10$  mm) dat de frekwentie f minstens 3,6 MHz dient te zijn. De 4MHz transducer, met diameter  $D_t = 10$  mm, voldoet derhalve aan deze voorwaarde. Voor het onderzoek werden eveneens de volgende transducers gebruikt:

$$f = 2 \text{ MHz} \quad D_t = 10 \text{ mm} \quad n = 33 \text{ mm}$$

$$f = 2 \text{ MHz} \quad D_t = 25 \text{ mm} \quad n = 208 \text{ mm}$$

$$f = 6 \text{ MHz} \quad D_t = 10 \text{ mm} \quad n = 100 \text{ mm}$$

Op de juiste keuze van de transducer wordt in dit hoofdstuk nog teruggekomen.

De verhouding van invallende tot gereflecteerde energie van een reflecterende structuur berust uitsluitend op het verschil in specifieke impedantie ( $\rho c$ ) en is dus niet afhankelijk van de frekwentie. De gelijkheid van de voortplantingsnelheid (c) in liquor en hersenweefsel is weliswaar gunstig voor het interpreteren van de echogrammen, maar heeft als consequentie, dat de gereflecteerde energie afhangt van het geringe dichtheidsverschil van de media. Dit heeft tot gevolg dat de echo 32 db zwakker is dan de invallende akoestische impuls (Güttner, 1967). Daarbij komt dat, ten gevolge van de kromming van de ventrikelwanden, een groot deel van deze toch al zwakke echo verstrooid wordt en buiten de transducer valt. Bij constante kromming neemt deze strooiing toe naarmate het reflecterend oppervlak verder van de taster af ligt.

Op deze gronden moet in de mediale structuren op een totaal verschil

van 50 db tussen invallende en gereflecteerde akoestische impuls gerekend worden. De verliezen, ten gevolge van de absorptie, bedragen, bij de in dit onderzoek meest gebruikte frequentie van 4 MHz, nog eens 45 db. Dit betekent, dat van de beschikbare dynamiek van 120 db slechts 25 db over is. Deze sterke verzwakking maakt de algemene bruikbaarheid van een 6 MHz transducer twijfelachtig. Alleen bij de pasgeborenen met hun dunne en kalkarme schedels is deze nog enigszins bruikbaar. Deze transducer is derhalve niet voor dit onderzoek gebruikt. Het is zelfs nodig geweest terug te grijpen naar de 2 MHz transducer. Deze, met een doorsnede  $D_t = 24$  mm, was slechts zelden bruikbaar door een onvoldoende koppeling aan de schedel. Daarom is deze transducer vervangen door een met een diameter van 10 mm. De beperking van het oplossend vermogen moet op afstanden  $n = 33$  mm, ten gevolge van de divergentie van de bundel, als nadeel genomen worden. De diameter van de bundel blijft namelijk over het geheel genomen altijd kleiner dan de diameter van de transducer met grote doorsnede  $D_t = 24$  mm.

Door verschillende factoren is de echo, vergeleken bij de invallende akoestische impuls, vervormd. De akoestische impuls zet zeer steil in en neemt ten gevolge van de demping relatief langzaam af in amplitudo. Wordt nu een gekromd oppervlak door deze impuls getroffen, dan zullen niet alle delen tegelijk reflecteren. De echo zal hierdoor een diffuus karakter krijgen. Een, van de transducer uit gezien, concaaf oppervlak zal deze eigenschappen sterker vertonen dan een convex oppervlak.

Daarnaast wordt de vorm van de echo nog beïnvloed door de bandbreedte van de combinatie transducer-versterker, de gelijkrichting van het hoogfrequent signaal en de niveau discriminator. Deze laatste voorziening dient om ruis en achtergrondsignalen te onderdrukken en alleen signalen van voldoende amplitudo door te laten.

Als definitie voor het tijdstip en dus de plaats waar de echo optreedt, wordt het snijpunt van het horizontale spoor met de raaklijn aan de piek, halverwege de opgaande lijn, genomen. Met deze definitie wordt getracht het moment van de aanvang van de echo zo dicht mogelijk te benaderen. Deze definitie is discutabel. Echter het grote aantal factoren, waarvan de onderzoeker alleen de niveau instelling van de discriminator zelf in de hand heeft, vraagt om een generaliserende definitie.

Een andere mogelijkheid zou zijn de plaats van de top te gebruiken voor de localisatie van de echo. De nauwkeurigheid, waarmee het tijdstip van de top bepaald kan worden, is echter geringer.

Concluderend kan gezegd worden, dat de echo-encefalograaf USM1 van

Siemens bruikbaar is voor de echo-encefalografie van pasgeborenen en zuigelingen. Deze techniek is echter marginaal en stelt hoge eisen aan de vaardigheid van de onderzoeker. De echo's zijn namelijk zeer zwak en alleen bij optimaal treffen is het mogelijk van de ventrikels bruikbare echo's te verkrijgen.

Bij pasgeborenen en zuigelingen veroorzaakt de relatief grote diameter van de bundel reflecties van nabij gelegen sterk reflecterende structuren, die tijdens het onderzoek om interpretatie vragen. Voor het verkrijgen van een voldoende nauwkeurigheid bij de localisatie is een juiste instelling van de niveau discriminator noodzakelijk.

Als koppelmedium wordt een mengsel gebruikt dat bestaat uit:

80 gram polyaethyleenglycol 1500  
280 gram polyaethyleenglycol 400

Bij pasgeborenen kunnen alleen met water al goede resultaten verkregen worden, doch om de taster beter te laten glijden kan hieraan een geringe hoeveelheid koppelmedium toegevoegd worden.

Om de plaatsing van de transducer te kunnen documenteren is aanvankelijk uitgegaan van het schema voor de scintigrafie, dat gewijzigd en vereenvoudigd in fig. 14 wordt weergegeven.

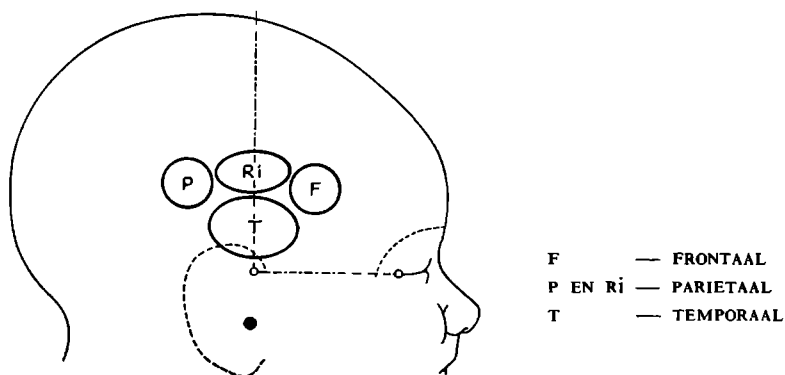


FIG. 14. REFERENTIEVELDEN VOOR DE TASTERPLAATSING.

De belangrijkste localisaties waar gemeten werd, zijn:

Temporaal T: Een ovaal veld, even boven de ooraanhechting, met doorsneden van 2 x 4 cm, waarvan het middelpunt op de loodlijn ligt van de lijn ooraanhechting-ooghoek gaande door de ooraanhechting. De afstand hierboven is ongeveer 3 cm.

Parietaal Ri: Evencens een ovaal veld van 2 x 3 cm en ongeveer 5 cm boven de ooraanhechting liggend.

P: Een rond veld met een doorsnede van ongeveer 2 cm en ongeveer 3 cm achter de loodlijn liggend.

Frontaal F: Een even groot, rond veld ongeveer 3 cm voor deze loodlijn gelegen. Zowel P als F liggen ongeveer 4 cm boven oog-oor as.

West (1970) neemt ongeveer dezelfde referentie-velden. Het temporale veld T echter verdeelt deze onderzoeker in twee gedeelten, een voor en een achter de loodlijn. Dat ook bij volwassenen moeilijkheden worden ondervonden beschrijft Nadjini (1960), in tegenstelling tot Veenhuizen (1969) die de tasterplaatsing zeer nauwkeurig bepaalt. Het lijkt ons niet goed mogelijk om strikt omschreven localisaties aan te houden, daar men om ventrikel-echo's te vinden moet zoeken en aftasten. De geluidsbundel is breed t.o.v. de intracraniële structuren, waarbij de breking en strooiing van de ultrasone geluidsstraal nog eens extra aan de onnauwkeurigheid bijdraagt. Daar komt nog bij, dat bij kinderen de schedelvorm sterk varieert.

### *Opsporen van de echo's*

Om een indruk te krijgen van de inwendige structuren, wordt eerst gezocht naar de M-echo in het parietale gebied. Deze is, zoals in hoofdstuk 5 bleek, afkomstig van de falx, de fissura cerebri of van het septum pellucidum. Deze echo heeft een hoog amplitudo en moet op het theoretische midden (Mc) liggen. Langzaam naar het oor toe aftastend, in het gebied T, wordt de M-echo breder en slijt via een kroon-vorm in tweeën (fig. 15). De twee pieken, die dan ontstaan, pulseren tegengesteld en liggen aan weerskanten van het midden. De afstand tussen de twee opgaande lijnen correleert met de diameter van de derde ventrikel. Door de geringe diameter van de derde ventrikel bij de pasgeborenen, komt bij

hen de M-echo niet tot een volledige splijting en de afstand wordt geschat, hetgeen neerkomt op 2 mm. Een kleinere diameter is moeilijk zuiver te schatten, zelfs niet na vergroting van de schaal.

Indien het splijten van de M-echo reeds in het fronto-parietale gebied plaats vindt, is het mogelijk dat niet de derde ventrikel, doch het cavum septi pellucidi getroffen is (fig. 16). Dit cavum komt bij pasgeborenen in 85% van de gevallen tot de tweede levensmaand voor (Shaw c.s. 1969), hetgeen aanleiding kan geven tot vergissingen als men niet voldoende let op de localisatie van de taster.

De laterale ventrikels worden in het frontale (F) en het parietale gebied (Ri en P) gemeten.

De temporale hoorn, die Schiefer c.s. meet om de hersenmantelindex (H.M.I.) te berekenen (zie hoofdstuk 6), is bij zuigelingen zeer moeilijk te vinden, zodat in dit onderzoek geen gebruik gemaakt is van deze index. Hoewel aanvankelijk iets meer frontaal (F) werd gemeten, werd de taster, om een betere vergelijking met de index van Shiersmann mogelijk te maken, later wat meer naar achteren geplaatst (P).

De index van Schiersmann vergelijkt namelijk de grootste diameter van de ventrikel met de grootste diameter van de schedel. Bij grotere kinderen echter moet de taster toch meer naar voren (Ri) worden geplaatst, omdat de dikkere schedel in het gebied P te veel energie absorbeert.

Tot slot is nog op de equidistantie van de E-echo getet. Een verschil van 0,2 schaaldeel wordt toelaatbaar geacht.

## C. STATISTISCHE RESULTATEN

### *De midden-echo (M-echo)*

Bij gezonde zuigelingen kan worden uitgegaan van het feit dat de M-echo zich in het midden van de schedel bevindt bij een symmetrisch zijn van het hoofd. De M-echo, verkregen zowel bij meting van rechts als van links, moet dan op gelijke afstand tot het 0-punt liggen.

Behalve de asymmetrie van de schedel kunnen de volgende punten aanleiding geven tot onnauwkeurigheid:

1. Ongelijke stralingsrichting.
2. Het treffen van één wand van de derde ventrikel (Hoofdstuk 6, fig. 8).

De meting van de M-echo bij gezonde kinderen kan aldus een indruk geven van de meetnauwkeurigheid. Daartoe zijn bij 106 zuigelingen de



M-echo's afzonderlijk bepaald, dus zonder aandacht te besteden aan de V-echo's. Hierbij is op het volgende gelet:

1. De M-echo moet enkelvoudig zijn en een hoog amplitudo hebben.
2. De E-echo moet equidistant zijn.

Van de 106 waarnemingen blijken 96 M-echo's — dat is 90,6% — niet verplaatst te zijn. De overige 10 M-echo's zijn slechts  $\frac{1}{2}$ -1 schaaldeeltje verplaatst met een voorkeur voor links, n.l. 7 maal. Bij omrekening in mm is deze verplaatsing niet meer dan 1-2 mm.

Vergelijken we echter deze uitkomsten met die van de M-echo's, verkregen bij de ventrikelmetingen, dan ligt dit anders. Van de 187 waarnemingen zijn dan slechts 121 M-echo's niet verplaatst, hetgeen neerkomt op 64,7%. Ook de verplaatsing bij deze niet zuivere bepaling bedraagt meer, n.l. 0,2 schaaldeel.

Een en ander wordt in tabel 1 weergegeven.

TABEL 1. DE MIDDEN-ECHO VERPLAATSING, verkregen bij een zuivere M-echo bepaling (subgroep M'), vergeleken met die, verkregen tijdens de bepaling van de laterale ventrikels (totale groep M).

|                                  | Subgroep M' | Totale groep M |
|----------------------------------|-------------|----------------|
| Totaal aantal waarnemingen       | 106         | 187            |
| Geen verplaatsing                | 96          | 121            |
| Verplaatsing (in 0,2 schaaldeel) |             |                |
| $\frac{1}{2}$ naar rechts        | 2           | 6              |
| $\frac{1}{2}$ naar links         | 3           | 5              |
| 1 naar rechts                    | 1           | 17             |
| 1 naar links                     | 4           | 31             |
| $1\frac{1}{2}$ naar rechts       | —           | —              |
| $1\frac{1}{2}$ naar links        | —           | 2              |
| 2 naar rechts                    | —           | 3              |
| 2 naar links                     | —           | 2              |
|                                  | —           | —              |
| Standaardafwijking s             | 0,24        | 0,63           |

Om na te gaan of statistisch gezien de M-echo, gevonden tijdens de ventrikelmeting, zoveel minder betrouwbaar is dan die bij de zuivere meting zijn de twee M-echo's, gevonden bij dezelfde patiënt, vergeleken.

Van de 105 waarnemingen zijn de resultaten in een diagram weergegeven. Zie tabel 2.

**TABEL 2. VERGELIJKING VAN DE BETROUWBAARHEID VAN DE M-ECHO, verkregen bij de zuivere meting (M') met die, verkregen bij een ventrikelmeting (M).**

0,2 schaaldelen.

Totaal aantal 105.

|                       |    | M-echo        |    |   |   |               |   |   |    |         |
|-----------------------|----|---------------|----|---|---|---------------|---|---|----|---------|
| afwijking naar rechts | 2  |               |    | 1 |   | 1             |   |   |    |         |
|                       | 1½ |               |    |   |   | 0             |   |   |    |         |
|                       | 1  |               |    |   |   | 6             |   |   |    |         |
|                       | ½  |               |    |   |   | 4             |   |   |    |         |
|                       | 0  | 0             | 0  | 0 | 2 | 68            | 1 | 2 | 0  | 0       |
| afwijking naar links  | ½  |               |    |   |   | 4             | 1 |   |    |         |
|                       | 1  |               |    |   |   | 11            |   | 1 |    |         |
|                       | 1½ |               |    |   |   | 1             |   | 1 |    |         |
|                       | 2  |               |    |   |   | 0             | 1 |   |    |         |
|                       |    | 2             | 1½ | 1 | ½ | 0             | ½ | 1 | 1½ | 2       |
|                       |    | Afw. naar re. |    |   |   | Afw. naar li. |   |   |    | M'-echo |

Het resultaat is als volgt:

- A. 68 bepalingen bij geen van beide metingen verplaatst.
- B. 5 bepalingen bij beide metingen verplaatst.
- C. Verplaatsing bij M', niet bij M: 5
- D. Verplaatsing bij M, niet bij M': 27

Totaal aantal verplaatst  $\frac{32}{32}$

Het aantal sub D genoemde gevallen is significant veel groter dan het aantal sub C genoemde gevallen (tekentoeft  $P < 0,01$ ). Dit betekent dat, voor de beoordeling van een eventuele M-echo verplaatsing, niet op de M-echo, gevonden bij ventrikelmetingen, mag worden afgegaan.

Een goed oordeel kan alleen dan verkregen worden, indien deze M-echo zowel frontaal als parietaal of meer naar achteren wordt gemeten. Een verplaatsing van 0,2 schaaldeel of 2 mm mag dan nog als toelaatbaar worden geacht.

### De derde ventrikel-echo (3V-echo)

Zoals wij reeds beschreven hebben zullen de twee pieken, die ontstaan na splijting van de midden-echo, afkomstig moeten zijn van de wanden van de derde ventrikel. De afstand tussen de beide opgaande lijnen zal dan overeen moeten komen met de diameter van deze ventrikel (fig. 15).

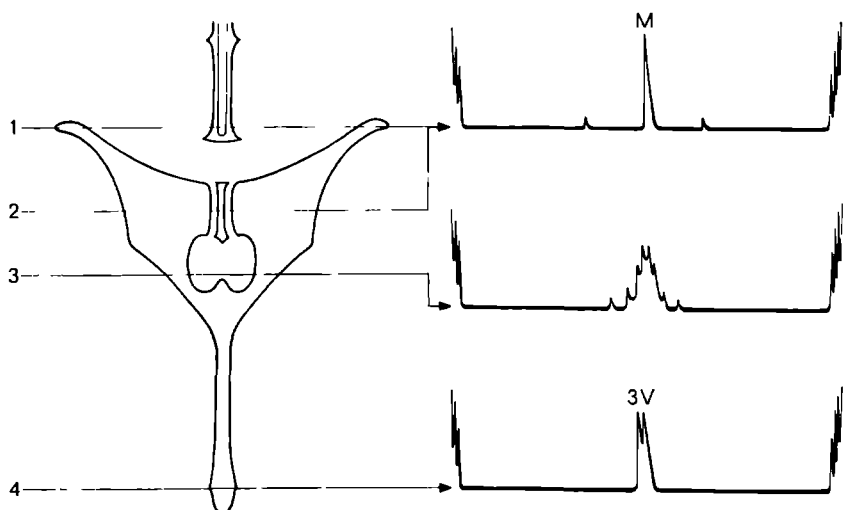


FIG. 15 DE VERANDERINGEN VAN DE M-ECHO BIJ VERSCHILLENDE TASTERPLAATSING GAANDE VAN R<sub>1</sub> NAAR T EN DE ANATOMIE DIE HIERAAN TEN GRONDSLAG LIGT, ZONDR DAT EEN CAVUM SEPTI PELLUCIDI AANWEZIG IS.

Om de door ons verkregen gegevens te kunnen vergelijken met die uit de literatuur (Schiefer c.s. 1963, Jacobi c.s. 1966 en Feuerlein c.s. 1967) is de ventrikeldiameter uitgedrukt in mm; dus in absolute waarden.

Van de 193 waarnemingen zijn er 16 niet betrouwbaar door verkeerde interpretatie of techniek.

Een verplaatsing van dit echo-complex bedraagt nooit meer dan 0,2 schaaldelen, behalve bij waarneming no. 93, waar deze verplaatsing 0,3 schaaldelen is. De schedel van deze pasgeborene was zeer asymmetrisch, wat ook tot uitdrukking komt in de E-echo, die niet equidistant is en 4 x 0,2 schaaldelen verder ligt.

Het verschil in diameter tussen de van rechts en de van links gemeten

derde ventrikel blijkt nooit meer dan 0,2 schaaldelen te bedragen. Bij waarneming no. 98 echter is dit verschil groter, n.l. 0,3 schaaldelen. Hier blijkt de E-echo weer niet equidistant te zijn.

Een en ander wordt weergegeven in tabel 3.

TABEL 3. VERGELIJKING VAN DE VAN RECHTS GEMETEN DIAMETER, MET DIE VAN LINKS GEMETEN.

|                                     | Aantal | %    |
|-------------------------------------|--------|------|
| Van rechts gelijk aan die van links | 142    | 73,6 |
| Van rechts groter dan van links     | 10     | 5,2  |
| Van rechts kleiner dan van links    | 17     | 8,8  |
| Slechts van één zijde bepaald       | 8      | 4,1  |
| Niet betrouwbaar of niet bepaald    | 16     | 8,3  |
| Totaal                              | 193    | 100  |

De oorzaak van het verschil tussen rechts en links moet gezocht worden in een niet identieke plaatsing van de taster, in de hoek waaronder „ingestraald” wordt, of in beide. Daar echter geen belangrijke verschillen (> 2 mm) zijn waargenomen tussen rechts en links, mogen deze waarden als duplo-bepalingen beschouwd en dus gemiddeld worden. Om deze reden mochten ook de enkelvoudige bepalingen in de berekeningen opgenomen worden.

De uitkomsten zijn onderverdeeld naar de verschillende leeftijdsgroepen, in tabel 4 weergegeven.

De voorkeur voor de even getallen moet gezocht worden in de schaalverdeling van de scope. De oneven waarden zijn voornamelijk gevonden door middeling. De perioden zijn zo genomen, dat de leeftijd, die het eerst genoemd is, in deze periode valt. De laatst genoemde leeftijd hoort bij de volgende periode.

In fig. 17, waarin de gegevens van tabel 4 zijn verwerkt, is een groei-tendens waar te nemen van de leeftijdsgroep 1-3 mnd. naar de groep, die daarop volgt. Het verschil tussen deze groepen blijkt volgens de toets van

TABEL 4. BRFEDTE VAN DE DERDE VENTRIKEL (zonder uitsluiting van het cavum septi pellucidi). Frekwentieverdeling van de absolute breedten in mm.

| Leeftijd   | Ventrikelbreedte in mm |    |    |    |    |    |      |           |         |     |
|------------|------------------------|----|----|----|----|----|------|-----------|---------|-----|
|            | 2                      | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | tot. | onb. gem. | st.afw. |     |
| 0-14 dgn.  | abs.fr.                | 22 | 7  | 63 | 8  | 1  | 101  | 5         | 3,6     | 1,0 |
|            | rel.fr.(%)             | 22 | 7  | 62 | 8  | 1  | 100  | —         | —       | —   |
| 14-30 dgn. | abs.fr.                | 4  |    | 8  | 3  |    | 16   | 3         | 3,9     | 1,4 |
|            | rel.fr.(%)             | 25 |    | 50 | 19 |    | 100  | —         | —       | —   |
| 1- 3 mnd.  | abs.fr.                | 8  | 6  | 9  |    | 1  | 24   | 3         | 3,2     | 1,1 |
|            | rel.fr.(%)             | 33 | 25 | 38 |    | 4  | 100  | —         | —       | —   |
| 3- 6 mnd.  | abs.fr.                |    | 2  | 8  | 2  | 3  | 16   | 1         | 4,6     | 1,2 |
|            | rel.fr.(%)             |    | 12 | 50 | 12 | 19 | 100  | —         | —       | —   |
| 6-12 mnd.  | abs.fr.                |    |    | 11 | 3  | 5  | 20   | 4         | 4,8     | 1,0 |
|            | rel.fr.(%)             |    |    | 55 | 15 | 25 | 100  | —         | —       | —   |

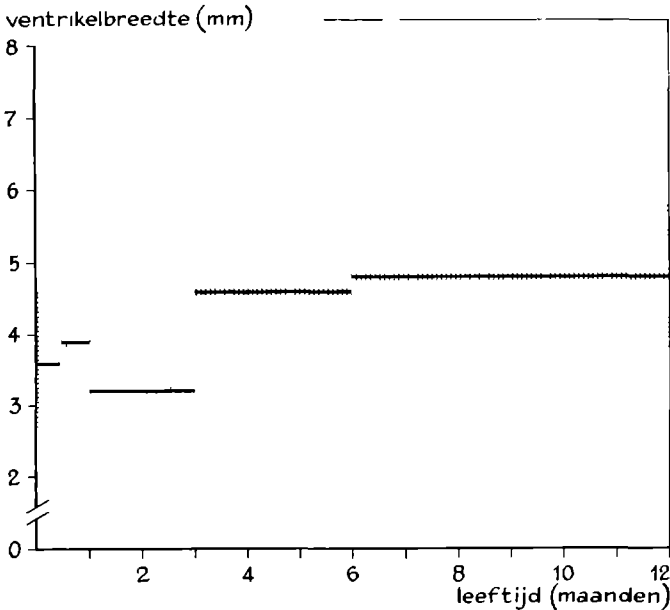


FIG. 16. DIAMETER VAN DE DERDE VENTRIKEL ZONDER UITSLUITING VAN HET CAVUM SEPTI PELLUCIDI.

Wilcoxon significant te zijn ( $P=0,002$ ). Deze groeitendens in de periode van 1-6 maanden neemt na die tijd sterk af. In de periode 0-1 maand komen, in tegenstelling tot wat men zou verwachten, hogere gemiddelde waarden voor. Het verschil met de periode 1-3 maanden is volgens de toets van Wilcoxon nog juist niet significant ( $P=0,07$ ). Dit is niet in overeenstemming met de literatuur (Hoofdstuk 6), waarin men voor de derde ventrikel diameters vindt van 1,5-4 mm. Daar in dit onderzoek getracht is de grootste diameter te registreren, zou hieruit misschien het verschil in uitkomsten kunnen worden verklaard. Door de discrepantie echter van de hogere waarden op jongere leeftijd lijkt de volgende redenering waarschijnlijker:

Bij ons onderzoek is uitgegaan van de diameter, die gevonden werd bij de eerste splijting van de M-echo, waarbij de tasterplaatsing hoog frontoparietaal of parietaal genomen werd. Het is dus mogelijk, dat niet de derde ventrikel, doch het cavum septi pellucidi is gemeten.

Inderdaad blijkt dit cavum bij de pasgeborenen zeer frekwent voor te komen, om eerst na de tweede levensmaand te verdwijnen. Shaw beschreef dit in 1969. Hij verrichtte zijn onderzoek op 374 neurologisch gezonde hersenen. De resultaten van zijn onderzoek zijn samengevat in tabel 5.

TABEL 5. VOORKOMEN VAN HET CAVUM SEPTI PELLUCIDI VOLGENS SHAW c.s. (1969).

| Leeftijd       | Aanwezig | Afwezig | % aanwezig | Aantal |
|----------------|----------|---------|------------|--------|
| Praematuur     | 128      | 0       | 100        | 128    |
| 0-7 dagen      | 57       | 2       | 97         | 59     |
| 8 dgn.-1 maand | 12       | 2       | 85         | 14     |
| 1-2 maanden    | 6        | 1       | 85         | 7      |
| 2-3 maanden    | 5        | 7       | 41         | 12     |
| 3-6 maanden    | 3        | 17      | 15         | 20     |
| 6 mnd.-16 jaar | 15       | 119     | 12         | 134    |
| Totaal         | 226      | 148     | 60         | 374    |

Bij de à terme geboren kinderen blijkt dus volgens hem in 97% van de gevallen een cavum aanwezig te zijn. Eerst na twee maanden daalt deze frekventie tot minder dan de helft, om na zes maanden nog slechts zelden voor te komen.

Larroche c.s. (1961) vond bij 18 van de 22 à terme geboren kinderen een

cavum septi pellucidi.

Andere onderzoekers differentiëren de leeftijden niet onder één jaar, doch treffen het cavum septi pellucidi frekwenter aan naarmate het kind jonger is (Schwidde 1952, Koch 1967).

In plaats van de derde ventrikel hebben wij dus, indien aanwezig, het cavum septi pellucidi gemeten (fig. 16), waarvan de diameter hogere waarden kan bereiken dan die van de derde ventrikel.

#### Anatomisch onderzoek.\*

In sectiemateriaal werden in de hersencoupes voor het c.s.p. afmetingen gevonden van 0-5 mm.

In totaal werden 53 coupes bekeken; de resultaten van dit onderzoek zijn in tabel 6 weergegeven.

TABEL 6. CAVUM SEPTI PELLUCIDI EN DERDE VENTRIKEL IN SECTIE-MATERIAAL.

|                              | 0-14 dg. | ½-1 mnd. | 1-3 mnd. | 3-6 mnd. | 6-12 mnd. |    |
|------------------------------|----------|----------|----------|----------|-----------|----|
| <i>3e ventrikel in mm</i>    |          |          |          |          |           |    |
| gemiddeld                    | 1,2      | 1,5      | 2,1      | 2,6      | 2,3       |    |
| maximum                      | 2        | 2        | 3        | 4        | 4         |    |
| minimum                      | 0,5      | 1        | 1        | 1        | 0,5       |    |
| aantal niet te beoordelen    | 3        | 1        |          |          |           |    |
| <i>Cavum septi pellucidi</i> |          |          |          |          |           |    |
| aantal aanwezig              | 20       | 1        | 0        | 2        | 0         |    |
| afwezig                      | 7        | 2        | 7        | 3        | 10        |    |
| niet te beoordelen           | 1        | 0        | 0        | 0        | 0         |    |
| Totale aantal                | 28       | 3        | 7        | 5        | 10        | 53 |

Het aantal onderzochte hersenen is slechts klein, doch de frekwente aanwezigheid van het cavum septi pellucidi bij de pasgeborenen komt duidelijk naar voren. Daarbij blijkt dat de afmetingen van het cavum septi pellucidi groter kunnen zijn dan de afmetingen van de derde ventrikel. Gezien het geringe aantal waarnemingen in de leeftijdsgroep van ½-6 maanden is een nauwkeurige evaluatie niet te verrichten.

\* Het sectiemateriaal was afkomstig van de afdeling Pathologische Anatomie van de Katholieke Universiteit te Nijmegen (Hoofd Prof. Dr. P. H. M. Schillings).

## Het echo-encefalografisch na-onderzoek.

Met de nu verworven anatomische kennis werd een nieuw onderzoek op 12 pasgeborenen verricht. Inderdaad konden wij bij enkele kinderen, door het fronto-parietale gebied af te tasten, een volledige splijting van de M-echo constateren. Bij geleidelijk aftasten naar het gebied T verdween de gespleten echo om, plaats te maken voor een minder volledige splijting van de M-echo. In het temporale gebied immers wordt op deze leeftijd een onvolledige splijting aangetroffen, afkomstig van de derde ventrikel, terwijl in het tussenliggende gebied de M-echo niet gespleten is. Bij deze 12 kinderen, bij wie zowel op de eerste als op de vierde levensdag metingen verricht zijn, werd in alle gevallen voor de derde ventrikel een doorsnede gevonden van 2 mm of minder.

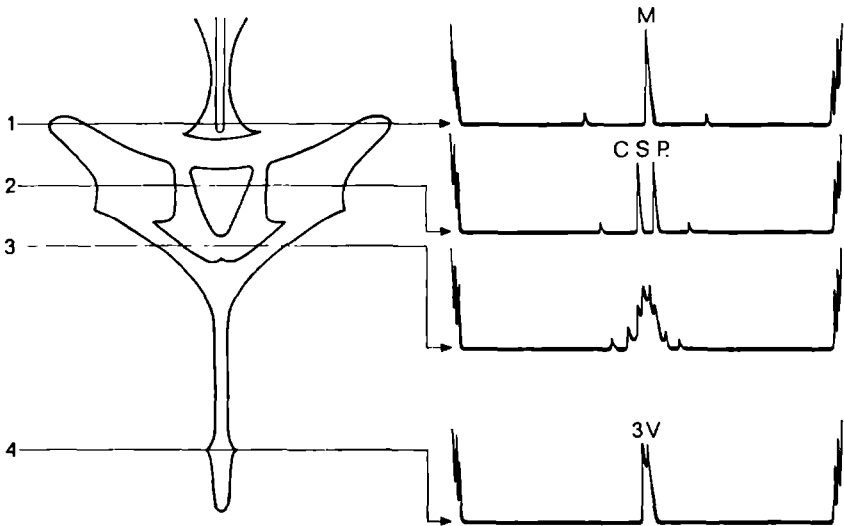


FIG. 17. ALS FIG. 15, ECHTER BIJ AANWEZIGHEID VAN EEN CAVUM SEPTI PELLUCIDI.

Statistisch gezien is het verschil met de eerst gemeten groep pasgeborenen significant (exacte toets voor de 2 x 2 tabel geeft een  $P = 1,6 \times 10^{-6}$ ). Hieruit mogen wij concluderen, dat in de oude groep „iets anders” moet zijn gemeten dan in de nieuwe groep pasgeborenen.

Een na-onderzoek van 15 zuigelingen in de leeftijdsgroep van 1-3 maanden gaf het volgende resultaat te zien.



TABEL 7. DIAMETER DERDE VENTRIKEL gevonden bij een na-onderzoek van 15 zuigelingen van 1-3 maanden.

|                 |   |   |   |   |   |    |
|-----------------|---|---|---|---|---|----|
| Diameter in mm: | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 15 |
| Aantal:         | 8 | 2 | 5 | 0 | 0 |    |

Het gemiddelde is 2,9 mm met een minimum van 2 en een maximum van 4 mm. In deze leeftijdsklasse is met de  $\chi^2$ toets voor een 2 x 2 tabel geen verschil meer aantoonbaar voor de ventrikelmetingen van de oude en de nieuwe groep ( $P = 0,26$ ). Het cavum septi pellucidi moet dus in deze leeftijdsgroep verdwenen zijn of zo smal geworden, dat het niet meer meetbaar is.

Voor de oudere kinderen, bij wie het cavum slechts in 15% van de gevallen voorkomt (Shaw), mogen wij op grond van de literatuur 4-6 mm aanhouden (fig. 9).

### De index voor de derde ventrikel.

Het vergelijken van twee ventrikelmetingen, die tot stand gekomen zijn met behulp van verschillende methodieken, namelijk de echo-encefalografie en de pneumo-encefalografie, wordt gemakkelijker gemaakt door een index (hoofdstuk 6).

Voor de derde ventrikel kan de volgende index gebruikt worden.

$$\frac{3 \text{ V (derde ventrikel)}}{\text{D (diameter schedel)}}$$

Deze relatie, betrekking op de door ons gevonden absolute waarden van de doorsnede van deze ventrikel, geeft de volgende indexwaarden:

$$\begin{array}{l} \text{leeftijd 0- 3 maanden } 0,02-0,04 \\ \text{3-12 maanden } 0,04-0,07 \end{array}$$

Deze indexwaarden vallen iets lager uit dan die van Sjögren (1970), die als grenswaarde 8% van de schedeldiameter aanneemt. Dit is verklaarbaar, daar zij de gehele breedte van de M-echo als maat neemt.

### De laterale ventrikel-echo (V-echo).

### De bepaling van de onnauwkeurigheidsgrens

Het vaststellen van de onnauwkeurigheidsgrens van de ventrikelindex T/D, respectievelijk vanaf de rechter en de linker schedelwand gemeten,

blijkt in diverse waarnemingen tot tamelijk veel verschil aanleiding te geven. De vraag rijst nu, of deze verschillen kunnen voortkomen uit de meetfout, die gemaakt wordt bij de plaatsbepaling van de echo's, dan wel toegeschreven moeten worden aan andere oorzaken.

Om dit na te gaan hebben wij getracht het verschil vast te stellen, dat maximaal tussen de metingen van de T/D, van rechts en van links genomen, kan optreden ten gevolge van de meetfout. Daartoe zijn wij uitgegaan van de bepalingen van de M-echo, die wij vonden tijdens de ventrikelmetingen van rechts en van links.

Het gaat hierbij om een echobeeld, afkomstig van een smalle middenstructuur, dat gemakkelijk te herkennen is. De plaatsbepaling hiervan is minder afhankelijk van de opstelling van de taster, dan die bij de bredere ventrikels, die bovendien gecompliceerder van vorm zijn.

De verschillen tussen de beide bepalingen van de M-echo kunnen, als asymmetrie van enige betekenis uitgesloten is, alleen te wijten zijn aan de onnauwkeurigheid van de meting.

Om een maat voor deze onnauwkeurigheid te vinden, zijn de bepalingen van de M-echo van eenzelfde kind opgevat als elkaars duplo's. De standaardafwijking van deze duplo's is berekend volgens de bekende formule:

$$s_{d1} = \sqrt{\frac{n}{\sum_{i=1}^n d_i^2 / (2n)}}$$

waarin  $d_i$  het verschil der bepalingen van de  $i$ -de duplo en  $n$  het aantal onderzochte duplo's is. Wij vonden het volgende bij de  $n = 187$  kinderen (zie tabel 1), waarvoor duplometingen van de M-echo tijdens ventrikelmetingen beschikbaar waren:

$$s_{d1} = 0,897 \approx 0,9 \text{ (0,2 schaaldeel)}$$

Aangenomen kan worden, dat dit een maat is voor de meetfout in de plaatsbepaling, niet alleen voor de M-echo, doch ook voor alle andere echo's.

De grootheden T en D zijn beide tweemaal aan deze meetfout onderhevig, daar zij elk worden afgeleid uit twee echo's. De T uit twee V-echo's en de D uit twee M-echo's. Door aan te nemen, dat de meetfouten in deze echo's onafhankelijk zijn, kunnen de betreffende standaardafwijkingen op

$$s_{d1} \sqrt{2} = 0,9 \times 1,41 = 1,27 \text{ (0,2 schaaldeel)}$$

worden geschat.

Als nu voor een zeker kind  $T_r$  respectievelijk  $T_l$  de bepalingen van  $T$  van rechts en van links zijn en voor dit kind een schedeldiameter  $D$  is gemeten (deze is voor rechts en links dezelfde), is het verschil  $v$  tussen deze beide bepalingen van de ventrikelindex  $T/D$

$$v = (T_r - T_l)/D$$

De standaardafwijking van de bepalingfout hierin, wordt bij benadering gegeven door

$$s_v = \frac{1,27}{D} \sqrt{2} = 1,8/D$$

Hierbij is de geringe invloed van de fout in  $D$  bij samenstelling hiervan uit de twee  $M$ -echo's verwaarloosd <sup>1)</sup>; omdat  $D \geq 68$  is, geldt dus

$$s_v \leq \frac{1,8}{68} = 0,026$$

Als wordt aangenomen, dat de grootheid  $v$  ten gevolge van de bepalingfout in absolute waarde niet groter wordt dan  $2 s_v$ , kan dus een waarde van

$$|v| = |T_r - T_l|/D$$

groter dan

$$2 \times 0,026 \sim 0,05$$

niet aan de bepalingfout worden geweten.

Om deze reden zijn de echo-encefalogrammen van kinderen, waarbij de beide  $T/D$  waarden meer dan 0,05 verschillen, nader bekeken.

### D e r e c h t s / l i n k s v e r s c h i l l e n .

In de figuren 18 en 19 zijn de waarden voor de ventrikelindex  $T/D$ , gevonden bij meting van rechts, uitgezet tegen die van links. De verschillen tussen deze metingen zijn in tabel 8 bijeengebracht.

1) Een nauwkeuriger formule, wel rekening houdend met de fout in  $D$ , wordt

$$s_v = \frac{1,27}{D} \sqrt{2(1 + 3 \cdot \overline{(1,27)^2} / \overline{D^2})}$$

welke, daar  $3 \cdot \overline{(1,27)^2} / \overline{68^2} = 0,001$  is, nagenoeg equivalent is met de vorige formule.

TABEL 8. VERSCHILLEN T/D RECHTS - T/D LINKS.

| (T/D re - T/D li) 100 | Frontaal   |      |           |      | Parietaal  |      |           |      | Aantal |
|-----------------------|------------|------|-----------|------|------------|------|-----------|------|--------|
|                       | 0-14 dagen |      | ½-12 mnd. |      | 0-14 dagen |      | ½-12 mnd. |      |        |
|                       | aantal     | %    | aantal    | %    | aantal     | %    | aantal    | %    |        |
| 15                    |            |      |           |      |            |      | 1         | 2,7  | 12     |
| 14                    |            |      |           |      |            |      |           |      |        |
| 13                    |            |      |           |      |            |      |           |      |        |
| 12                    | 1          | 2,7  |           |      |            |      |           |      |        |
| 11                    | 1          | 2,7  |           |      |            |      | 1         | 2,7  |        |
| 10                    |            |      |           |      |            |      |           |      |        |
| 9                     | 1          | 2,7  |           |      |            |      | 1         | 2,7  |        |
| 8                     |            |      |           |      |            |      |           |      |        |
| 7                     |            |      |           |      | 3          | 4,4  | 2         | 5,4  |        |
| 6                     |            |      |           |      | 1          | 1,5  |           |      |        |
| 5                     | 1          | 2,7  | 1         | 2,7  |            |      | 5         | 13,5 |        |
| 4                     | 2          | 5,4  | 1         | 2,7  | 1          | 1,5  | 1         | 2,7  |        |
| 3                     |            |      | 3         | 8,1  | 4          | 5,9  | 1         | 2,7  |        |
| 2                     | 6          | 16,2 | 5         | 13,5 | 8          | 11,8 | 4         | 10,8 |        |
| — 1                   |            |      | 1         | 2,7  | 1          | 1,5  |           |      |        |
| 0                     | 14         | 37,8 | 12        | 32,4 | 40         | 58,8 | 13        | 35,1 | 161    |
| + 1                   |            |      | 1         | 2,7  | 1          | 1,5  |           |      | 6      |
| 2                     | 8          | 21,6 | 6         | 16,2 | 3          | 4,4  | 1         | 2,7  |        |
| 3                     | 1          | 2,7  | 3         | 8,1  | 4          | 5,9  | 2         | 5,4  |        |
| 4                     |            |      | 3         | 8,1  |            |      | 3         | 8,1  |        |
| 5                     |            |      | 1         | 2,7  |            |      |           |      |        |
| 6                     | 1          | 2,7  |           |      |            |      |           |      |        |
| 7                     | 1          | 2,7  |           |      | 1          | 1,5  |           |      |        |
| 8                     |            |      |           |      |            |      |           |      |        |
| 9                     |            |      |           |      |            |      |           |      |        |
| 10                    |            |      |           |      | 1          | 1,5  | 1         | 2,7  |        |
| 11                    |            |      |           |      |            |      |           |      |        |
| 12                    |            |      |           |      |            |      |           |      |        |
| 13                    |            |      |           |      |            |      |           |      |        |
| 14                    |            |      |           |      |            |      | 1         | 2,7  |        |
| 15                    |            |      |           |      |            |      |           |      |        |
| Totaal                | 37         | 100  | 37        | 100  | 63         | 100  | 37        | 100  | 179    |
| Niet vergelijkbaar    |            |      |           |      |            |      |           |      | 14     |
|                       |            |      |           |      |            |      |           |      | 193    |

De groepering van de waarnemingen in frontaal (F) en parietaal (Ri en P) is reëel, daar hierin verschillen blijken te bestaan.

Een onderverdeling van parietaal in Ri en P levert geen duidelijk verschil op in de waarden voor de ventrikelindex.

Wat de leeftijd betreft, wordt de leeftijdsgroep van de pasgeborenen van 0-14 dagen onderscheiden van de groep van de oudere zuigelingen van ½-12 maanden. Een overzicht hiervan wordt in tabel 9 gegeven.

TABEL 9. AANTAL ONDERZOCHE KINDEREN.

|           |                    |     |
|-----------|--------------------|-----|
| Frontaal  | 0-14 dagen         | 37  |
|           | ½-12 maanden       | 37  |
|           | niet vergelijkbaar | 9   |
| Parietaal | 0-14 dagen         | 68  |
|           | ½-12 maanden       | 37  |
|           | niet vergelijkbaar | 5   |
| Totaal    |                    | 193 |

De grootste verschillen tussen de indices, die van rechts en die van links gemeten zijn, worden gevonden bij de parietale metingen in beide leeftijdsgroepen. Frontaal bepaald, worden de verschillen alleen bij de pasgeborenen gevonden.

Als oorzaak van deze verschillen kunnen de volgende mogelijkheden naar voren worden gebracht:

1. Meetfouten, die ontstaan zijn door niet identieke plaatsing van de taster links en rechts. Deze onnauwkeurigheden worden nog beïnvloed door de schedeldikte, die toeneemt met de leeftijd, en wel parietaal sterker dan frontaal.  
Bij de pasgeborenen is het overgangsgebied van het os frontale naar het os parietale onregelmatig ingedeukt. De taster, die een doorsnede heeft van 1 of 2,4 cm, kan daardoor dikwijls moeilijk zuiver geplaatst worden. Alhoewel gestreefd is naar identieke plaatsing, kan in dit gebied, vooral bij de pasgeborenen, de instraalrichting verschillend zijn geweest. De E-echo kan hierbij enigszins als controle dienen, evenals de vorm van de M-echo.
2. Meetverschillen, die het gevolg zijn van de gecompliceerde vorm van de ventrikels, welke met zich meebrengt, dat de niet-identieke

gedeelten van de ventrikelwanden ook echo's weerkaatsen. Derhalve is het mogelijk, dat een structuur, die in de ene schedelhelft ongeveer loodrecht wordt getroffen, in de andere schedelhelft onder een geheel andere hoek wordt geraakt. Daar het ronde oppervlak van de stralingscylinder vrij groot is in vergelijking met de ventrikelonderdelen, zal de echo haar ontstaan danken aan multiële raakvlakken. Dientengevolge zullen de meetverschillen, die hierdoor ontstaan, betrekkelijk klein zijn.

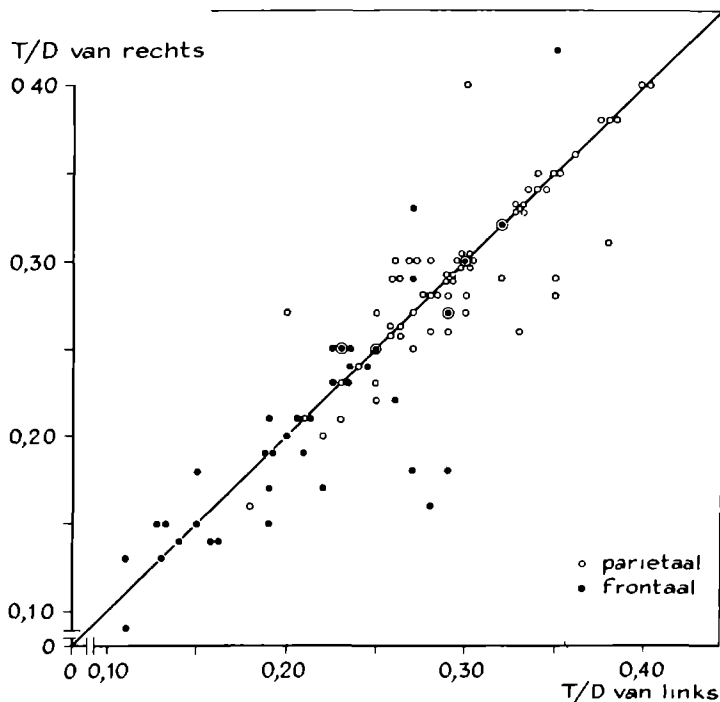


FIG 18 VERGELIJKING VAN DE T/D-WAARDEN BIJ METING VAN RECHTS EN LINKS, GEMIDDELD VAN RECHTS EN LINKS, BIJ KINDEREN IN DE LEEFTIJD VAN 0-14 DAGEN

3. Meetverschillen, die hun oorsprong vinden in het feit, dat niet alleen de cella media van de ventrikels de echo's weerkaatsen, maar ook ander media zoals

het parenchym, de echo's hiervan echter zijn fijn van vorm en laag van amplitudo. Voor de V-echo geldt de eis, dat er tussen deze

en de M-echo een echo-stilte moet zijn.

de plexus geeft meestal een wat brede pulserende echo, die echter „stilstaand” op de foto aanleiding tot verwarring kan geven.

de Insula Reili geeft meestal een sterk pulserende echo door de aanwezigheid van de art. cerebri media. De index hiervoor

$$\frac{\text{afstand arteria cerebri media — het midden}}{\text{halve schedeldiameter}}$$

bedraagt, volgens Bergström c.s. (1968), voor kinderen onder de 5 jaar ongeveer 0,61. Deze gegevens werden verzameld door middel van arteriografieën.

de temporale hoorn ligt laag temporaal, doch kan bij de overgang naar het trigonum-gebied aanleiding tot echo-vorming geven, bij een parietale plaatsing van de taster. Het is zeer waarschijnlijk dat hierdoor de meeste rechts/links-verschillen zijn ontstaan.

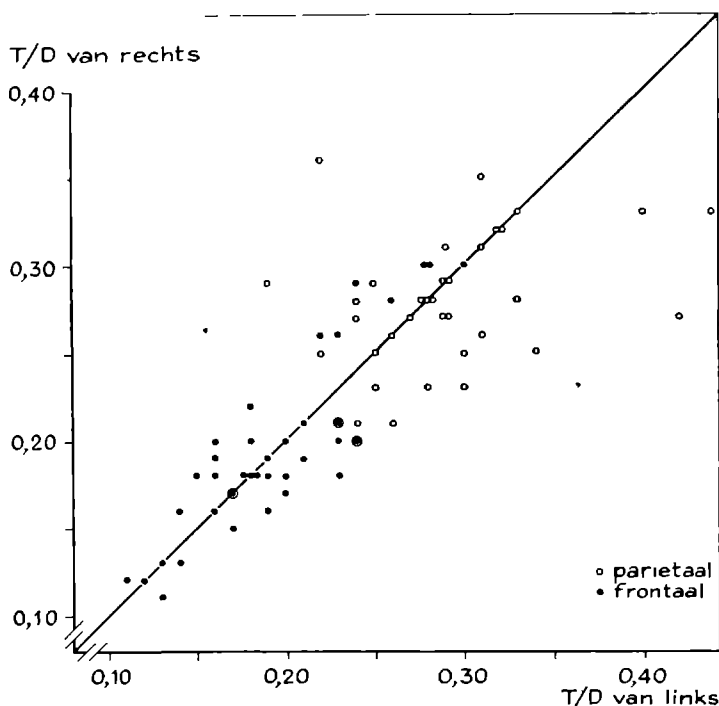


FIG. 19. ALS FIG. 18, ECHTER BIJ KINDEREN IN DE LFEFTIJD VAN ½-12 MAANDEN.

De zekerheid bij de identificatie van deze echobeelden neemt toe met de ervaring van de onderzoeker.

De verschillen tussen de rechts/links-metingen, die meer dan 0,05 of 5% bedragen – in totaal 18 gevallen — kunnen op de reeds vermelde meetfouten teruggevoerd worden.

Omdat in het trigonum-gebied delen van het ventrikelsysteem getroffen kunnen worden, die niet met elkaar te vergelijken zijn, kunnen de metingen als zodanig niet als duplo-bepalingen beschouwd worden indien de verschillen groter zijn dan de bepalingfout toelaat.

In tegenstelling met onze handelwijze bij de metingen van de derde ventrikel, waar slechts zeer kleine verschillen tussen de links- en rechts-bepalingen voorkomen, lijkt het bij de laterale ventrikelmetingen gewenst de eenzijdig bepaalde metingen te laten vervallen. Immers het feit, dat de metingen slechts eenzijdig bepaald zijn, bewijst reeds dat er moeilijkheden waren, b.v. door onrust van het kind, waardoor de kans op te grote verschillen aanzienlijk toeneemt.

Tabel 10 geeft een overzicht hiervan.

TABEL 10. OVERZICHT VAN DE TE ELIMINEREN INDICES T/D

|   | Frontaal |           | Parietaal |           | Totaal |
|---|----------|-----------|-----------|-----------|--------|
|   | 0-14 dg. | ½-12 mnd. | 0-14 dg.  | ½-12 mnd. |        |
| Aantal onbetrouwbare metingen           | 0        | 7         | 0         | 1         | 8      |
| Aantal eenzijdige metingen              | 1        | 1         | 0         | 4         | 6      |
| Vershil T/D re - T/D li (meer dan 0,05) | 5        | 0         | 6         | 7         | 18     |
| Totaal aantal te elimineren metingen    | 6        | 8         | 6         | 12        | 32     |

Uit dit overzicht kan geconcludeerd worden, dat bij het oudere kind de kans op onbetrouwbare metingen groter is dan bij de pasgeborene. Behalve de grotere onrust bij deze kinderen, zal vooral ook de toeneming van de schedeldikte hierbij een rol kunnen spelen.

De te grote verschillen, tussen de indices van rechts en die van links bepaald worden in alle groepen aangetroffen, behalve bij de frontaal bepaalde indices voor de leeftijd van ½-12 maanden. Over de andere



groepen zijn deze verschillen nagenoeg gelijk verdeeld. Een conclusie lijkt moeilijk. Inderdaad geeft in de praktijk de frontale plaatsing bij de groep oudere kinderen betere resultaten dan bij de pasgeborenen, bij wie de parietale streek (Ri) de voorkeur heeft.

Daar het totale aantal waarnemingen 193 is, resteren nog  $193 - 32 = 161$  waarnemingen om bewerkt te worden.

De indices, van rechts en links bepaald, kunnen nu, evenals bij de derde ventrikel, als duplo-bepalingen beschouwd worden, tevens kunnen we door het gemiddelde hiervan te nemen de bewerkingen sterk vereenvoudigen.

### *De gemiddelde indices.*

De gevonden index-waarden (T/D) zijn voor alle leeftijdsgroepen in een histogram uitgezet. Figuur 20 geeft de indices weer, die gevonden werden bij frontale plaatsing, figuur 21 de indices gevonden bij parietale plaatsing van de taster.

Duidelijk komt naar voren, dat de frontale indices de waarde van 0,33 niet overschrijden, in tegenstelling tot de parietaal gevonden waarden, die zelfs een waarde van 0,40 kunnen bereiken.

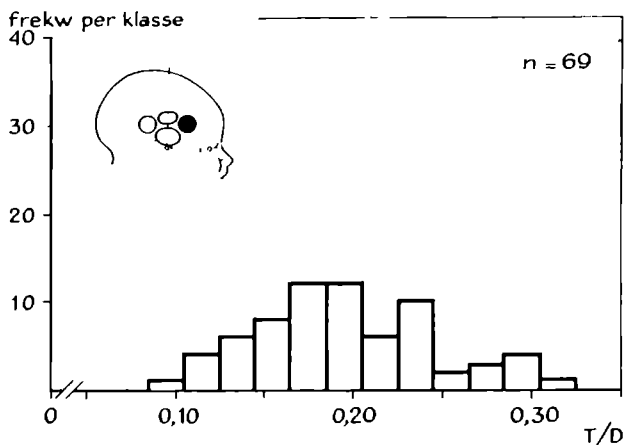


FIG. 20. FREKWENTIEVERDELING VAN DE GEMIDDELDE T/D-WAARDEN GEVONDEN MET DE FRONTALE METING BIJ DE KINDEREN VAN 0-12 MAAN-DFN.

TABEL 11. PARIETALE INDEX-VERDELING BEREKEND OP DE GREN-  
WAARDE 0,33.

| T/D    | Leeftijd |          | Totaal aantal |
|--------|----------|----------|---------------|
|        | 0-14 dg. | ≥ 14 dg. |               |
| ≤ 0,33 | 50       | 30       | 80            |
| > 0,33 | 12       | 0        | 12            |
|        | 62       | 30       | 92            |

Volgens de exacte toets voor een 2 x 2-tabel (tabel 11) is het percentage van de indexwaarden boven de 0,33 bij de kinderen van 0-14 dagen significant hoger, dan bij de kinderen van ½-12 maanden ( $P = 0,006$ ). Bij de frontale metingen wordt een dergelijk verschil in het geheel niet geconstateerd. Er zijn namelijk bij de betreffende T/D waarden in geen van beide leeftijdsklassen waarden boven de 0,33 gevonden.

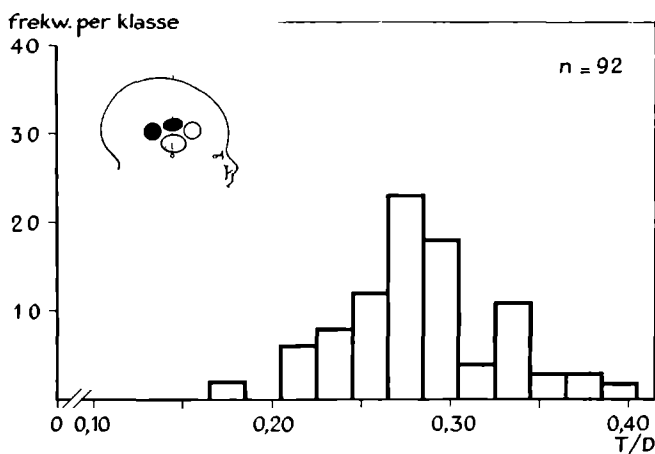


FIG. 21. FREKWENTIEVERDELING VAN DE GEMID-  
DELDE T/D-WAARDEN GEVONDEN MET DE PARI-  
ETALE METING BIJ DE KINDEREN VAN 0-12 MAAN-  
DEN.

In de figuren 22 en 23 is de index uitgezet tegen de relatieve frekwentie; voor iedere leeftijdsgroep apart.

Voor beide leeftijdsgroepen blijkt de ventrikelindex, die door frontale meting gevonden wordt, kleiner te zijn dan die door parietale meting

gevonden is. Dit is in overeenstemming met de anatomie. De ventrikels liggen in het voorste deel van de cella media dicht bij de mediaanlijn dan het meer naar achteren gelegen deel. Het verschil tussen de frontaal en parietaal gemeten medianen blijft voor beide leeftijdsgroepen min of meer constant, namelijk 0,9.

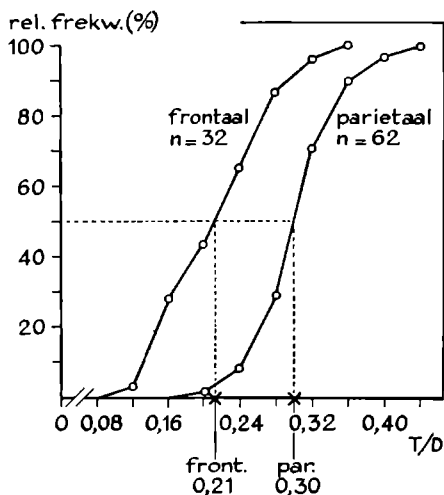


FIG. 22. CUMULATIEVE FREKWENTIEVERDELING VAN DE GEMIDDELDE T/D-WAARDEN, FRONTAAL, RESPECTIEVELIJK PARIETAAAL GEMETEN BIJ KINDEREN VAN 0-14 DAGEN.

Dit leidt tot de conclusie, dat de ventrikelindex bij de pasgeborene iets groter is dan bij de zuigeling en wel in dezelfde orde van grootte, frontaal zowel als parietaal gemeten.

De vorm van de cumulatieve curves komt vrijwel met elkaar overeen, waarbij de spreiding van de indices bij de pasgeborenen iets groter is en parietaal de, als normaal aangenomen, waarde van 0,33 overschrijdt.

Dit is in overeenstemming met de echo-bevindingen van Sjögren (1970) alsmede met de radiologische bevindingen van Brenner (1942) en Larroche (1961).

De index, uitgezet tegen de leeftijd, brengt ons niet verder. Uit de figuren 24 en 25 blijkt, dat in deze studie een verdeling in kleinere groepen geen voordelen biedt, daar het aantal metingen dan te gering wordt. De

leeftijd van 6-14 dagen bijvoorbeeld is zeer slecht vertegenwoordigd. Dit is eveneens het geval met de kinderen, die in de eerste levensdagen frontaal gemeten zijn. De groei, die gedurende de eerste 4 dagen mogelijk wordt gesuggereerd door figuur 24, is daarom aan twijfel onderhevig. Om op dit punt opheldering te verschaffen, zijn 12 pasgeborenen frontaal gemeten op de eerste en vierde levensdag.

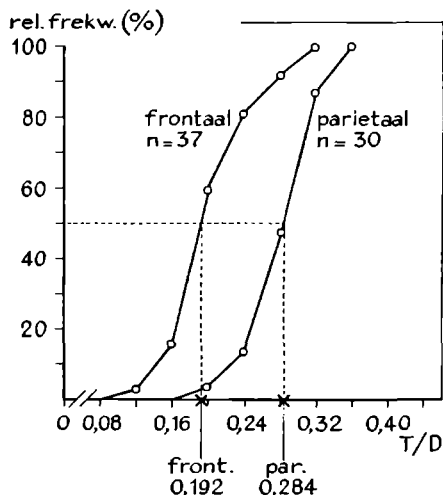


FIG. 23. ALS FIG. 22, ECHTER VOOR DE LEEFTIJD VAN  $\frac{1}{2}$ -12 MAANDEN.

*Het resultaat van een onderzoek op de 1e en 4e levensdag.*

Bij dit onderzoek bleek nog eens duidelijk, dat de parietale meting bij deze zeer jonge kinderen veel gemakkelijker uit te voeren is dan de frontale. Bij 3 van de 12 onderzochte kinderen waren de frontale metingen niet bruikbaar. Het gemiddelde van de 9 resterende indices neemt gedurende de eerste 4 levensdagen nauwelijks toe, namelijk van 0,32 tot 0,33 (vergelijk tabel 12).

Gedurende de eerste dagen is de schedelvorm sterk aan veranderingen onderhevig. Naast de moulage, die bij de partus ontstaat, treedt, behalve een licht herstel hiervan, dat nauwelijks in een toeneming van de schedelomtrek tot uiting komt, ook een zijdelingse afplating op door de zijwisselligingen. Deze verklaart het afnemen van de gemiddelde diameter

TABEL 12. FRONTALE ECHOMETINGEN BIJ 9 PASGEBORENEN OP DE 1e EN 4e LEVENSDAG.

| Eerste dag | T/D           |          |           | Vierde dag | T/D           |           |           |
|------------|---------------|----------|-----------|------------|---------------|-----------|-----------|
|            | min.          | max.     | gem.      |            | min.          | max.      | gem.      |
|            | 0,27          | 0,35     | 0,32      |            | 0,27          | 0,36      | 0,33      |
|            | T             |          |           |            | T             |           |           |
| (in mm)    | min. 27       | max. 34  | gem. 30,0 |            | min. 25       | max. 33   | gem. 30,2 |
|            | D             |          |           |            | D             |           |           |
| (in mm)    | min. 88       | max. 100 | gem. 94,2 |            | min. 88       | max. 98   | gem. 92,2 |
|            | Schedelomtrek |          |           |            | Schedelomtrek |           |           |
| (in cm)    | min. 32       | max. 36  | gem. 34,6 |            | min. 32,5     | max. 36,5 | gem. 34,8 |

van 94,2 mm tot 92,2 mm. Daar de T ongeveer gelijk blijft, namelijk respectievelijk 30,0 en 30,2 mm, kan de lichte toeneming van de index T/D verklaard worden door het afnemen van de diameter D. Een groei is dus niet aangetoond.

Deze conclusie is misschien wat hypothetisch, daar het aantal onderzochte kinderen klein is. Belangrijker is echter, dat nu ook uit dit frontale onderzoek blijkt, dat de ventrikelindex hoger kan zijn dan de als normaal aangenomen grenswaarde van 0,33. Bij deze 9 kinderen komt die index twee maal voor op de eerste levensdag en zes maal op de vierde dag.

Hoe komt het, dat deze ventrikelindex bij pasgeborenen een hogere waarde kan hebben dan op zuigelingenleeftijd? Deze vraag kan alleen beantwoord worden, indien de delen, waaruit de ventrikelindex bestaat — dus de grootheden T en D — afzonderlijk worden bekeken.

*De absolute waarden van de afstand tussen de V-echo's „T” en de diameter van de schedel „D”.*

Om enigszins een indruk te krijgen van het verloop van de ventrikelindices gedurende het eerste levensjaar en deze te vergelijken met de absolute waarden van de teller T en de noemer D, zijn de gemiddelde getallen in een tabel samengevat. Zie tabel 13.

TABEL 13. DE VERGELIJKING VAN DE INDEX T/D MET DE ABSOLUTE  
WAARDE VAN DE „T” EN DE „D” IN MM.

| Leeftijd | Frontaal |      |       |      | Parietaal |      |       |      |
|----------|----------|------|-------|------|-----------|------|-------|------|
|          | Aantal   | T    | D     | T/D  | Aantal    | T    | D     | T/D  |
| 0-14 dgn | 32       | 18,4 | 92,3  | 0,20 | 62        | 25,5 | 90,5  | 0,29 |
| min      |          | 11,2 | 86    | 0,10 |           | 13,9 | 82    | 0,17 |
| max      |          | 29,3 | 96    | 0,32 |           | 35,2 | 98    | 0,40 |
| ½-1 mnd  | 10       | 18,9 | 91,5  | 0,21 | 7         | 22,2 | 87,1  | 0,26 |
| min      |          | 13,3 | 83    | 0,13 |           | 19,0 | 81    | 0,22 |
| max      |          | 25,4 | 100   | 0,30 |           | 24,8 | 98    | 0,29 |
| 1-3 mnd  | 11       | 18,5 | 93,6  | 0,20 | 11        | 24,5 | 94,7  | 0,27 |
| min      |          | 12,2 | 83    | 0,12 |           | 20,2 | 75    | 0,17 |
| max      |          | 26,1 | 104   | 0,29 |           | 29,7 | 127   | 0,33 |
| 3-6 mnd  | 7        | 21,4 | 107,4 | 0,19 | 7         | 28,7 | 106,5 | 0,28 |
| min      |          | 18,7 | 102   | 0,16 |           | 21,8 | 92    | 0,24 |
| max      |          | 25,3 | 117   | 0,24 |           | 35,0 | 121   | 0,33 |
| 6-12 mnd | 9        | 18,8 | 109   | 0,17 | 5         | 31,4 | 117,2 | 0,28 |
| min      |          | 12,2 | 102   | 0,11 |           | 29,1 | 112   | 0,27 |
| max      |          | 30,2 | 120   | 0,29 |           | 35,6 | 120   | 0,31 |
| Totaal   | 69       |      |       |      | 92        |      |       | 161  |

Bekijkt men eerst de frontaal verkregen waarden, dan blijkt, dat in de eerste 3 maanden de index ongeveer constant blijft, om daarna geleidelijk af te nemen. De T blijft, met uitzondering van de periode 3-6 maanden, vrijwel onveranderd. Hieruit volgt dat de toeneming van de D verantwoordelijk moet zijn voor het kleiner worden van de index. Daar voornamelijk de temporaal- en de frontaalkwab de grootste groeifase doormaken, is dit verklaarbaar.

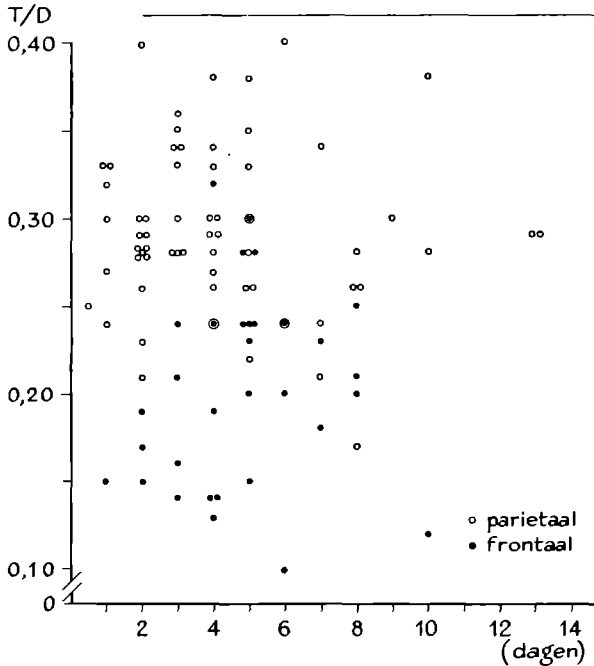


FIG. 24. DE GEMIDDELDE T/D-WAARDEN BIJ KINDEREN VAN 0-14 DAGEN UITGEZET TEGEN DE LEEFTIJD.

Parietaal ligt het anders. De gemiddelde indexwaarde van 0,29 bij de pasgeborene is groter dan bij de oudere zuigeling. Zelfs het kleiner worden van de D, in de periode van 1/2-1 maand, geeft geen stijging van de index. Integendeel, deze wordt kleiner; m.a.w. de T neemt sterk af na 14 dagen. Ook is de absolute waarde van de T, parietaal gemeten, bij kinderen van 0-14 dagen, volgens de toets van Wilcoxon voor twee steekproeven, systematisch groter dan die welke gevonden wordt bij kinderen van 15-30

dagen ( $P = 0,016$ ). Na de eerste levensmaand zien we een regelmatig toenemen zowel van de T als van de schedeldiameter. Gesteld mag worden dat de hogere indexwaarde op de leeftijd 0-14 dagen, parietaal gemeten, alleen veroorzaakt wordt door een grotere absolute waarde van de T, die de afstand tussen de beide V-echo's voorstelt.

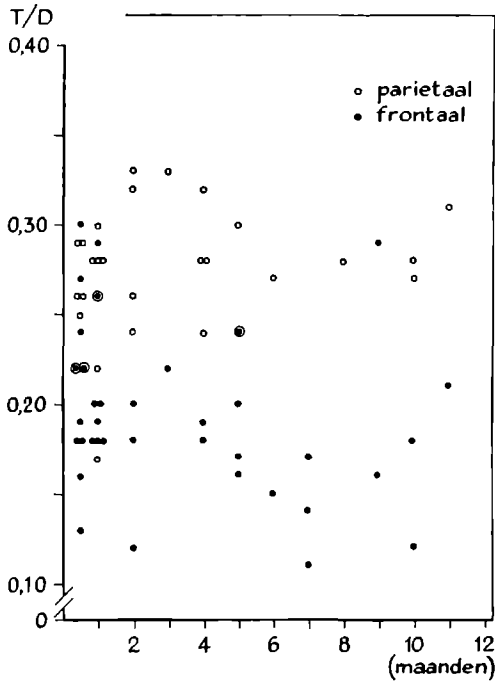


FIG. 25. ALS FIG. 24, ECHTER VOOR DE LEEFTIJDGROEP VAN  $\frac{1}{2}$ -12 MAANDEN.

Het lijkt onwaarschijnlijk, dat het kind op deze leeftijd grotere ventrikels zou hebben; ook het sectiemateriaal pleit hier tegen. Alleen bij zeer praemature kinderen kan men een verwijd ventrikelsysteem aantreffen, hetgeen normaal is voor een bepaald stadium in de foetale groei.

Over de bovengenoemde waarden, verkregen met de echo-encefalografie, zijn, zoals reeds vermeld werd, alleen de gegevens van Sjögren (1968, 1970) bekend. Over een achtergrondverklaring van deze gegevens tastte zij evenwel nog in het duister.

Daar ons geen andere studies over ventrikelmaten bekend waren, met



name over de afstand tussen de toppen van de vlinderfiguur, hebben wij een oriënterend onderzoek verricht op post mortem materiaal.

*Een vergelijkend onderzoek naar de ventrikelfstand in sectiemateriaal.*

In totaal werden van 53 hersencoupees de ventrikels gemeten. Het materiaal was afkomstig van levenloos geboren kinderen en patiëntjes, die overleden waren aan sepsis of een congenitaal hartgebrek. Hersensectie op dit materiaal kon geen afwijkingen aan het licht brengen. De afstand tussen de uiterste toppen van de ventrikels werd als maat genomen. Aan deze maat werd de voorkeur gegeven boven het meten van het septum, daar meting van dit laatste door vervorming minder betrouwbaar was dan de top-afstand van de ventrikels (fig. 26). Door het brede septum bij de pasgeborenen lagen de toppen van de ventrikels, evenals de cella media hiervan, verder uit de mediaanlijn. Tabel 14 geeft een overzicht van de bevindingen.

TABEL 14. TOP-AFSTAND VAN DE VENTRIKELS IN SECTIEMATERIAAL.

| Leeftijd      | Aantal | Min. | Max. | Gem. | Cavum |
|---------------|--------|------|------|------|-------|
| 0-14 dagen    | 28     | 16   | 30   | 21,0 | 24    |
| 14 dg.-1 mnd. | 3      | 20   | 20   | 20,0 | 1     |
| 1-3 mnd.      | 7      | 20   | 29   | 24,8 | 0     |
| 3-6 mnd.      | 5      | 23   | 29   | 25,4 | 1     |
| 6-12 mnd.     | 10     | 25   | 30   | 28,5 | 0     |
| Totaal aantal | 53     |      |      |      | 26    |

Hoewel wij in dit materiaal met de toets van Wilcoxon geen significant verschil hebben aangetroffen ( $P > 0,1$ ), hebben wij toch bij pasgeborenen enkele hogere waarden kunnen constateren dan bij de daarop volgende leeftijdsgroep van 14 dagen-1 maand. Hierbij dient wel opgemerkt te worden, dat het aantal in de tweede groep eigenlijk te gering is voor statistische bewerking. De variatie van het septum behoeft niet altijd tot uiting te komen in de afstand tussen de toppen der ventrikels, waardoor deze afstand een minder goede maat blijkt te zijn. Opvallend brede septa, waarin een groot cavum aanwezig was, zijn bij dit onderzoek aangetroffen; de afstand tussen de mediale ventrikelwanden kon dan wel 10 mm bedragen.

Het is zeer goed denkbaar, dat een breed septum de V-echo's verder uit het midden doet liggen dan een smal septum. De V-echo wordt immers gevormd door een complex van teruggekaatste stralen, zowel van de mediale als van de laterale wand van het ventrikel. Dit is te meer gecompliceerd doordat het oppervlak van de taster, die een diameter van minstens 10 mm heeft relatief groot is ten opzichte van de ventrikels.

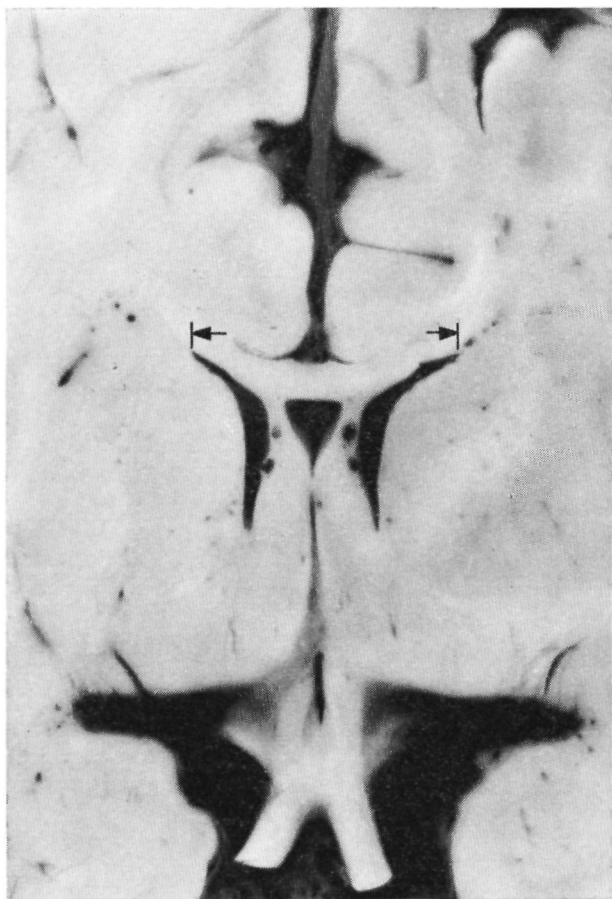


FIG. 26. DE TOP-AFSTAND VAN DE VENTRIKELS, GEMETEN IN EEN FRONTALE COUPE.

De hypothese, dat de oorzaak van de grotere indexwaarde bij pasgeborenen gezocht kan worden in het breder zijn van het septum pellucidum op deze leeftijd, lijkt dus wel zeer aannemenlijk.

Enige steun voor het bovenstaande vinden wij in de pneumo-encefalografische studies van Brenner (1942), die het brede septum bij zuigelingen ook had opgemerkt. Durand c.s. (1951) vond op de voor-achterwaarts foto's naar verhouding wat grotere waarden voor de afstand tussen de toppen van de vlinderfiguur. Larroche c.s. (1961) komt echter verder. Deze onderzoeker verklaarde het brede septum, dat hij door middel van pneumo-encefalografie bij 14 zuigelingen vond, uit de aanwezigheid van een cavum septi pellucidi. De afstand tussen de beide mediale ventrikelwanden kon volgens Larroche 1-5 mm bedragen. Deze hypothese ondersteunde hij door een studie van post mortem materiaal.

#### *De invloed van het geslacht op de ventrikelindex T/D.*

Sjögren (1970) vermeldt, dat zij, in de door haar onderzochte leeftijdsgroep (0-5 jaar), bij meisjes belangrijk hogere indexwaarden geconstateerd heeft dan bij jongens.

Uit dit onderzoek echter kunnen wij deze conclusie voor kinderen jonger dan 1 jaar niet trekken. (Tabel 15)

TABEL 15. GESLACHTSVERDELING VAN HET GESELECTEERDE MATERIAAL.

| Leeftijd     | M      |      | V      |      |
|--------------|--------|------|--------|------|
|              | aantal | gem. | aantal | gem. |
| 0-14 dagen   | 29     | 0,29 | 33     | 0,30 |
| ½-12 maanden | 40     | 0,23 | 27     | 0,22 |

Volgens de toets van Wilcoxon blijkt in geen van beide leeftijdsgroepen een significant verschil te bestaan ( $P > 0,10$ ).

#### D. CONCLUSIE

Het doel van dit onderzoek is gegevens te verzamelen betreffende de opbouw van het echo-encefalografische beeld van normale pasgeborenen en zuigelingen en tevens voor dit beeld correlaties te vinden met de anatomie van de middenstructuren en de ventrikels.

Het echo-encefalografische beeld blijkt bij de pasgeborenen sterker te variëren dan bij de zuigelingen.

De uitkomsten voor de midden-echo blijken, zowel voor de pasgeborenen, als voor de zuigelingen betrouwbaar te zijn, indien deze echo tenminste afzonderlijk wordt onderzocht en niet in combinatie met de ventrikels.

Ditzelfde geldt voor de verplaatsing van de derde ventrikel. De diameter van deze ventrikel blijkt in een na-onderzoek van 12 pasgeborenen 2 mm te bedragen en in een na-onderzoek van 15 kinderen tussen  $\frac{1}{2}$  en 3 maanden 2-4 mm, met een gemiddelde van 2,9 mm. Dit is geheel in overeenstemming met de in de literatuur opgegeven waarden (fig. 12, hoofdstuk 6). Het gemiddelde voor deze, tijdens het onderzoek zelf gevonden, diameter ligt hoger, omdat in plaats van de derde ventrikel het cavum septi pellucidi getroffen moet zijn. Ook in de literatuur kan voor dit vermoeden steun worden gevonden. Indien het, encefalografisch gesproken, uitgesloten is dat een cavum septi pellucidi getroffen wordt, dan moet een diameter van meer dan 4 mm voor pasgeborenen en van meer dan 6 mm voor zuigelingen als pathologisch voor de derde ventrikel beschouwd worden.

De ventrikel-echo geeft bij pasgeborenen een grotere spreiding te zien en kan afmetingen bereiken die hoger zijn dan die op latere leeftijd. De index kan zelfs een waarde van 0,40 hebben. Gemeend is, dat deze te wijten is aan een bij de geboorte nog frekwent voorkomen van een breed septum — eventueel met cavum. Ook deze veronderstelling vindt steun in de gegevens uit de literatuur.

Afgezien van deze incidentele afwijkingen, is bij dit onderzoek gebleken, dat, in tegenstelling tot de absolute waarde T, die evenals de diameter D met de leeftijd toeneemt, de ventrikelindex T/D ongeveer dezelfde waarde behoudt, namelijk gemiddeld 0,28 met een grenswaarde van 0,33. Dit maakt de index tot een bruikbare maat, die tevens vergelijkingen met de röntgenstudies vergemakkelijkt.

Ten aanzien van een beginnende hydrocephalus bij pasgeborenen, heeft de ventrikelindex echter, door de zo nu en dan voorkomende hoge waarden bij normale kinderen, aan betekenis ingeboet. De differentiële diagnose tussen een breed septum en gedilateerde ventrikels is, bij aanwezigheid van een diameter van de derde ventrikel, die nog juist op de grens van

het normale ligt, op het echo-encefalogram alleen niet te maken. Dit echogram blijft echter zijn waarde behouden als uitgangspunt voor de vervolgstatus. Neemt de index bij de volgende waarnemingen af, dan is de aanwezigheid van een breed septum bij de eerste meting zeer waarschijnlijk. Neemt echter de index toe, dan is dit een indicatie om een verhoogde intraventriculaire druk aan te nemen.

Vanzelfsprekend is de echo-encefalografie slechts een van de hulpmiddelen bij het stellen van een diagnose, naast het klinisch onderzoek, diafanie, auscultatie en eventuele contraststudies.

Het doel van deze studie is een inzicht te verkrijgen in het ventrikel-systeem, door middel van de echo-encefalografie; een onderzoek, dat voor de patiënt niet schadelijk of hinderlijk is. De spaarzame mededelingen in de literatuur over deze methode van onderzoek bij de pasgeborenen en zuigelingen evenals het feit dat deze groep zich bijzonder goed leent voor deze methode, waren de aanleiding tot dit onderzoek. Uitgaande van de gegevens van 193 pasgeborenen en zuigelingen worden de diverse problemen besproken.

Nadat in hoofdstuk 1 het principe van de echografie is beschreven, wordt in hoofdstuk 2 een overzicht gegeven van de mogelijkheden bij het gebruik van ultrasonische golven voor de hersendiagnostiek. Alhoewel de tweedimensionale echo-encefalografie (B-scan) belangrijke gegevens zal kunnen verschaffen over de oorsprong van de echo's, is deze methode voorlopig als routine onderzoek te tijdrovend en te kostbaar. In dit proefschrift is daarom alleen van de eendimensionale of A-scan methode gebruik gemaakt. Daar ultrasonische golven zich als (mechanische) longitudinale trillingen voortplanten, geven zij energie af en zij zouden dus gevaar van weefselbeschadiging met zich mee kunnen brengen.

In hoofdstuk 3 wordt een literatuuroverzicht gegeven, waaruit blijkt, dat bij gebruik van „intermitterende” ultrasonische golven gedurende een diagnostisch onderzoek geen gevaar bestaat voor de onderliggende weefsels. De hoeveelheid intensiteit, waarmee wordt ingestraald, ligt ver beneden de grenswaarde.

De anatomie wordt, voor zover deze belangrijk is voor de echo-encefalografie, behandeld in hoofdstuk 4. Bijzondere aandacht verdienen de volgende structuren:

- a. in het mediale vlak: de falx cerebri, het septum pellucidum met het cavum septi pellucidi en de derde ventrikel.
- b. in het laterale vlak: de cella media van de laterale ventrikels.

Verband tussen deze structuren en de echobeelden wordt gelegd in hoofdstuk 5. Omdat de schedel bij deze jonge kinderen nog dun is, wat een geringe absorptie van de ultrasonische golven ten gevolge heeft, zijn de mogelijk-

heden voor een echografisch onderzoek groter. De mediale structuren kunnen bij pasgeborenen en zuigelingen over een groter gebied bestudeerd worden dan bij volwassenen. Hetzelfde geldt voor de ventrikels, die in deze leeftijdsgroep goede reflecties kunnen geven. Op deze echobeelden kunnen dan metingen worden verricht.

Hiervoor zijn verschillende methodes aangegeven, die in hoofdstuk 6 worden besproken.

In de literatuur wordt voor de derde ventrikel een diameter opgegeven, die bij de pasgeborenen de 4,5 mm en bij zuigelingen de 6 mm niet overschrijdt.

De metingen voor de laterale ventrikels worden verricht in het gebied van de cella media en kunnen het beste uitgedrukt worden in een index. Naar analogie van de radiologische index van Schiersmann, wordt een waarde van 0,33 nog als normaal beschouwd. Er zijn echter aanwijzingen (Sjögren, 1965), dat de ventrikelindex bij pasgeborenen groter kan zijn dan op latere leeftijd.

In hoofdstuk 7 wordt het eigen onderzoek beschreven.

Na het histogram, waarin het aantal kinderen is uitgezet tegen de leeftijd, wordt de gebruikte apparatuur, de procedure van het onderzoek en de resultaten van de bewerking der verkregen gegevens beschreven. Als apparatuur wordt de echo-encefalograaf van Siemens — systeem Krautkrämer type USM 1 — gebruikt. De echobeelden kunnen worden gefotografeerd met een polaroid camera. De diameter van de schedel kan worden gemeten met een bekkenpasser of met de ultrasone methode. De localisaties van de taster, waarmee de echogrammen worden geregistreerd, zijn gedocumenteerd.

De M-echo-bepalingen blijken betrouwbaar, mits deze afzonderlijk gemeten worden; dus zonder aandacht te besteden aan de V-echo's. Ook de localisatie van de derde ventrikel-echo is betrouwbaar gebleken. De diameter van de derde ventrikel echter bereikt in dit onderzoek hogere waarden dan in de literatuur worden opgegeven.

In tegenstelling tot de literatuur, vinden wij voor de leeftijdsgroep van 0-1 maand systematisch hogere waarden dan voor de groep van 1-3 maanden. Een oorzaak hiervoor wordt gezocht in het volgende:

1. In het onderzoek is steeds getracht de grootste diameter voor de derde ventrikel te vinden.
2. Niet de derde ventrikel, doch het cavum septi pellucidi is getroffen. Het cavum septi pellucidi komt bij pasgeborenen zeer frekwent voor. Dit

wordt bevestigd door de literatuur en het eigen onderzoek van 53 hersencoupees.

Uit dit eigen onderzoek blijkt tevens dat het cavum een grotere diameter kan hebben dan de derde ventrikel. Dit leidt tot de conclusie, dat de M-echo tweemaal een splijting moet kunnen vertonen. Inderdaad is dat het geval, zoals uit een na-onderzoek blijkt. De eerste splijting kan voorkomen bij plaatsing van de taster fronto-parietaal. Dit echobeeld is van het cavum afkomstig. De tweede splijting temporaal is dan van de derde ventrikel.

Daarna wordt de ventrikelindex T/D als maat voor de laterale ventrikels besproken. De statistische bewerking van de gegevens kan eerst dan beginnen wanneer de metingen van rechts, respectievelijk van links genomen als duplo-bepalingen beschouwd kunnen worden. Na berekening van de standaardafwijking blijkt dan dat de rechts/links verschillen voor de index T/D niet meer dan 5% mogen bedragen. De oorzaak voor de te grote verschillen moet gezocht worden in de zeer gecompliceerde vorm van de ventrikels, vooral in het trigonum-gebied. In dit gebied kunnen, ten gevolge van het niet-identiek plaatsen van de taster, gemakkelijk reflecties worden verkregen van delen, die niet met elkaar vergelijkbaar zijn en dus niet gemiddeld kunnen worden. Dit onderzoek heeft betrekking op 193 waarnemingen, waarvan er 161 aan bovengenoemd criterium voldoen. Evenals door Sjögren reeds vermeld is, blijkt ook uit dit onderzoek, dat de ventrikelindex bij pasgeborenen waarden boven de 0,33 kan bereiken. De schedeldiameter (D) is hiervoor niet verantwoordelijk, echter wel de teller T van de breuk T/D.

Vooralsnog, meer nog dan uit het onderzoek van hersencoupees, blijkt dat deze waarde systematisch groter is bij pasgeborenen. De gedachte, dat dit veroorzaakt wordt door een breed septum, krijgt steun uit de literatuur (Larroche c.s. 1961 e.a.). In tegenstelling tot hetgeen Sjögren (1970) vond, kan in dit materiaal geen invloed van het geslacht op de ventrikelindex worden aangetoond.

Door het voorkomen van indices boven de 0,33 bij pasgeborenen, heeft deze maat aan waarde ingeboet, zeker wanneer daarbij een diameter van de derde ventrikel wordt gemeten, die juist op de grenswaarde ligt. De diagnose hydrocephalus internus mag derhalve op grond van het echoencefalogram alleen niet gesteld worden. Als uitgangspunt echter voor de vervolgstatus, blijft deze index zijn volle waarde behouden.



Nadrukkelijk moet worden vermeld, dat de echo-encefalografie een hulpmiddel is bij de hersendiagnostiek. Slechts met behulp van een klinisch onderzoek, diafanie en eventueel contraststudies kan men tot een diagnose komen.

Zeker bij congenitaal cerebrale afwijkingen kunnen gecompliceerde beelden voorkomen, die slechts met behulp van de verschillende methodieken te analyseren zijn.

## SUMMARY

The purpose of this study is to obtain a picture of the ventricular system by means of echo-encephalography; a convenient and atraumatic diagnostic technique. The fact that the literature concerning newborns and infants, the group especially eligible for this method, has hitherto supplies only scanty information, has been the inducement to this study.

The various problems, as provided by the data from 193 babies under 12 months of age, are discussed.

After a description in chapter 1 of the principles of echography, chapter 2 gives a survey of the possibilities in the use of ultrasound for brain-diagnostic purposes.

Although two dimensional echography (B-scan) may be found to have given important information about the origin of the echo, the method has hitherto proved to be both time consuming and expensive. In this study therefore we have used the one-dimensional method, or A-scan.

Ultrasound waves travel as mechanical, longitudinal waves in a given direction; energy is given to the surroundings, which might cause tissue destruction. A study of the literature, described in chapter 3, has revealed pulsed ultrasound as used during diagnostic examination, to be completely harmless for the tissues within the compass of the beam. The intensity ratio remains far below danger level.

Chapter 4 deals with anatomy. Only those brain-structures, relevant to application of echo-encephalography have been taken into consideration.

Special attention is paid to:

- a. in the median plane: the falx cerebri, the septum pellucidum with the cavum septi pellucidi and the third ventricle.
- b. in the lateral plane the cella media of the lateral ventricles.

A relation between the anatomical structures and the echo-encephalographic results is discussed in chapter 5.

The fact that young children still have thin skulls, which minimizes absorption for ultrasonic waves, widens the possibilities for examination with ultrasonic sound.

With infants the medial structures can be examined in a larger area than with adults. The same phenomenon applies to the ventricles, of which good reflections can be obtained.

With the aid of echo-recordings the measurements can be established. The various methods are explained in chapter 6.

According to the literature the diameter of the third ventricle does not exceed the 4.5 mm limit in newborns and in infants not the 6 mm.

The measurements of the lateral ventricles in the region of the cella media are best expressed by means of an index.

Analogous to the ventricle-index used in radiology (Schiersmann) a value up to 0,33 is normal. However, there are indications (Sjögren 1965) that the ventricle-index for newborn babies can be higher.

Chapter 7 gives a description of our own research, as well as of apparatus and method used. The procedure of the examination and the results of the measurements are discussed.

With Siemens apparatus, system Krautkrämer type USM1, the echograms are obtained and photographed with a polaroid camera. The diameter of the skull can be measured with a pelvimeter or with the ultrasound transmissionmethod. The topography of the probe of which the echograms are made, is specifically recorded.

The midline determinations have proved to be reliable only if taken separately, i.e. without paying attention to the reflections of the ventricles. The third ventricle-echo was equally reliable. The diameter however proved to be larger than stated in the literature. Compared with the measurements for the age group 1-12 mths of age, we found them even larger in the newborn period. This is not corroborated by the literature. A cause for this discrepancy may be found in the following suggestions:

1. In this study the largest diameter of the third ventricle has been looked for.
2. That it is not the third ventricle that has been determined, but the cavum septi pellucidi.

The cavum septi pellucidi is a frequent phenomenon in newborns, not only corroborated by the literature, but also by an examination of 53 brainslices. This study has also proved that there are cases in which the cavum is found to be greater than the third ventricle. This leads to the conclusion that in certain circumstances the midline echo splits twice. This indeed is the case, which can be demonstrated in a later study. The first split can be recorded if the probe is located in the fronto-parietal region, originating from the cavum septi pellucidi. The second split is found in the temporal region and is caused by the third ventricle.

Now the ventricle-index as a measure of the lateral ventricles comes up for discussion. The statistical work-up of the measurements can only be valid in cases where the echograms taken from the right side of the head may be considered as duplo determinations of the echograms taken from the left side. In other words, the right/left discrepancy may not exceed the 5% limit, taking into account the standard deviation for the index T/D. As the cause for these discrepancies may be found in the highly complicated shape, of the ventricles, especially in the region of the trigonum. In this region it is very easy to obtain reflections from diverse incomparable parts, by not identical positions of the probe, and thus not valid for the mean value. This study concerns 193 measurements of which 161 meet the requirements mentioned above. In concurrence with Sjögren's findings this study has also proved the occurrence of higher values of the ventricle-index above 0.33.

The skull diameter is not accountable for this, but the numerator T of the fraction T/D is. This statement can be proved statistically as well as from measurements taken from brainslices. The value for T is systematically greater in newborns. The consideration, that this can be caused by a broad septum has the support of the literature (Larroche c.s. 1961). Unlike Sjögren (1970) we find no traces of any sexual discrimination on the ventricle-index.

The occurrence of index values over 0,33 in newborns has diminished the value of this index. This is certainly so when moreover the third ventricle diameter should be found to be just within the normal limits. The diagnosis hydrocephalus internus cannot be made from the echo-encephalogram only.

As a starting point for the follow-up, however, this index retains its value. Special stress should be laid on the fact that the echo-encephalography is a valuable addition to neurological investigation. Only with the aid of clinical observation, transillumination and, if necessary, contrast studies, a diagnosis can be made. Especially congenital cerebral anomalies can give very complicated pictures to be analysed only by the application of the various methods mentioned above.



- ABE, Y., K. TANAKA, T. WAGAI en K. ITO: Diagnosis of intracranial hemorrhage using ultrasound. *Acta Radiol. (Diagn.)* 5: 721-729 (1966).
- ADAM, A.: Erste Versuche mit Utraschallbehandlung im Kindesalter. *Mshr. Kinderheilk.* 97: 391-393 (1949).
- ADAPON, B. D., N. E. CHASE, I. I. KRICHEFF en A. F. BATTISTA: Cerebral ultrasonic tomography. *Radiology* 84: 115-121 (1965).
- — — —: "B"scan encephalography. *Acta Radiol.* 5: 730-739 (1966).
- AMBROSE, J.: Diagnostic aspects of the use of ultrasonics. *Brit. J. Radiol.* 36: 302-304 (1963).
- ANDREW, D. S.: Ultrasonography in pregnancy. An enquiry into its safety. *Brit. J. Radiol.* 37: 185-186 (1964).
- ANDY, O. J. en H. STEPHAN: The septum in the human brain. *J. Comp. Neurol.* 133: 383-392 (1968).
- BALLANTINE, H. T., R. H. BOLT, T. F. HUTTER en G. D. LUDWIG: On the detection of intracranial pathology by ultrasound. *Science* 112: 525-528 (1950).
- T. F. HUTTER en R. H. BOLT: On the use of ultrasound for tumor detection. *J. Acoust. Soc. Amer.* 26: 581 (1954).
- BARROWS, H. S., P. DYCK en T. KURZE: The diagnostic applications of ultrasound in neurological disease. *Neurology* 15: 361-365 (1965).
- BARTH, G. en H. A. BÜLOW: Zur Frage der Ultraschallbeschädigung jugendlicher Knochen. *Strahlentherapie* 79: 271-280 (1949).
- BERG, K. J. en A. LÖNNUM: Ventricular size in relation to cranial size. *Acta Radiol. (Diagn.)* 4: 65-78 (1966).
- BERGSTRÖM, K., H. LODIN en H. G. OTTANDER: Normal topography of the cerebral vessels in childhood. *Acta Radiol. (Diagn.)* 8: 146-160 (1969).
- BONING, H.: Zur Kenntnis des Spielraums zwischen Gehirn und Schadel. *Z. Neurol. Psychiat.* 34: 72-84 (1925).
- BONITZ, G.: Das verbreiterte Septum pellucidum. *Deutsch. Z. Nervenheilk.* 193: 97-117 (1968).
- BRAAK, J. W. G. TER, P. CRIZÉE, W. A. M. GRANDIA en M. DE VLIJGER: The significance of some reflections in "Echo-encephalography". *Acta Neurochir. (Wien)* 9: 382-397 (1961).

- BRAAK, J. W. G. TFR, W. A. M. GRANDIA en M. DE VLIJGLR "Echo-encephalography" as an aid in the diagnosis of subdural and extradural haematomas. In A. Biemond c.s. *Recent Neurol Res Amsterdam, Elsevier* 37-45 (1959).
- en M. DE VLIJGER. Cerebral pulsations in echo-encephalography. *Acta Neurochir. (Wien)* 12 678-694 (1965).
- BRENNER, W. Das normale Encephalogramm des Kindes und die Grenzen des normalen und pathologischen Bildes *Ergebn. Inn. Med. Kinderheilk.* 62 1304-1315 (1942).
- BRINKER, R. A. Ultrasound brain scanning utilizing the contact method. In C. C. Grossman c.s. *Diagnostic ultrasound, New York, Plenum Press* 186-190 (1966).
- Simultaneous presentation echo-encephalography. *Radiology* 88 360-361 (1967).
- D. L. KING en J. M. TAVLRAS Echo-encephalography *Amer. J. Roentgen.* 93 781-790 (1965).
- en J. M. TAVLRAS Ultrasound cross-sectional pictures of the head *Acta Radiol. (Diagn.)* 5 745-753 (1966).
- BROWN, R. E. A standardized procedure for echo-encephalography and for analyzing echo-encephalograms *Canad. Med. Ass. J.* 96 1349-1354 (1967).
- : Analysis of echo-encephalograms *Neurology* 18 237-242 (1968)
- BRUIN, G. W. Pneumoencephalography in the diagnosis of cerebral atrophy. *Diss. Utrecht* 1959.
- BRYLSKI, J. R. en J. L. IZINSTARK Anatomic localization of midline echo in sonograms of the brain *Amer. J. Roentgen.* 93 811-815 (1965).
- CARLSSON, B. en H. LODIN Size of interpeduncular, pontine, pontocerebellar cisterns and cisterna magna in childhood *Acta Radiol. (Diagn.)* 8 65-73 (1969).
- CHADDUCK, W. M. en W. G. CRUTCHFIELD. Extracranial masses complicating the interpretation of echo-encephalograms. A new technique for quantitative evaluation. *J. Neurosurg.* 21 699-703 (1964).
- DAY, W. R.: Casts of foetal lateral ventricles. *Brain* 82 109-115 (1959).
- DENIER VAN DER GON, J. J., J. C. DUINHOUEW, C. E. MOLIN en M. DE VLIJGER Equipment for two-dimensional echoencephalography *Neurology* 16 927-933 (1966).
- C. E. MOLIN en M. DE VLIJGER Comparison of scan techniques in two-dimensional echoencephalography. In C. C. Grossmann c.s. *Diagnostic ultrasound, New York, Plenum Press* 155-165 (1966).
- DILLING, H. en W. FEUERLEIN Altersbedingte Unterschiede in der echoencephalographische Darstellbarkeit der medianen Hirnstrukturen *Arch. Psychiat. Nervenkr.* 209 404-414 (1967).
- DONALD, I. en T. G. BROWN. Demonstration of tissue interfaces within the body by ultrasonic echosounding. *Brit. J. Radiol.* 34 539-550 (1961)

- DREESE, M. J., G. J. HAYES en L. G. KEMPE: Evaluating intracranial hematoma by echo EG. *Acta Radiol. (Diagn.)* 5: 767-773 (1966).
- en M. G. NETSKY: Studies of lateral reflections in the echoencephalogram. *Neurology* 14: 521-528 (1964).
- DURAND, P. en I. SCAGLIOTTI: Valore clinico dell'indagine encefalografica nei bambini della prima infanzia. *Minerva Pediat.* 3: 678-690 (1951).
- DUSSIK, K. T.: Weitere Ergebnisse der Ultraschalluntersuchung bei Gehirnerkrankungen. *Acta Neurochir. (Wien)* 2: 379-396 (1952).
- F. DUSSIK en L. WYT: Auf dem Wege zur Hyperphonographie des Gehirnes. *Wien Med. Wschr.* 97: 425-429 (1947).
- DYCK, P., T. KURZE en H. S. BARROWS: Intra-operative ultrasonic encephalography of cerebral mass lesions. *Bull. Los Angeles Neurol. Soc.* 31: 114-124 (1966).
- DYKE, C. G. en L. M. DAVIDOFF: Hemangioblastoma of the cerebellum. *Amer. J. Roentgen.* 44: 1-3 (1940).
- ELIZONDO-MARTEL, G. en J. GERSHON-COHEN: Medical ultrasonics. Essentials of echoencephalography. *Amer. J. Roentgen.* 93: 791-802 (1965).
- EMERY, J. L.: The examination of the normal and hydrocephalic infant brain using ultrasound. *Develop. Med. Child. Neurol.* 13: 87-95 (1967).
- ENGESET, A. en A. LÖNNUM: Third ventricles of 12 mm width or more. Preliminary report. *Acta Radiol. (Stockholm)* 50: 5-11 (1958).
- FALK, B., L. KIRSTEIN, S. LÖFSTEDT en B. P. SILFVERSKIÖLD: Pneumoencephalographic investigations in epilepsy. *Acta Psychiat. Neurol. Scand.* 33: 440-451 (1958).
- FERREY, G.: Les applications diagnostiques des ultra-sons a la médecine. *Ann. Radiol.* 9: 881-890 (1966).
- FEUERLEIN, W. en H. DILLING: Zur Bestimmung des Mittelechos in der Echoencephalographie. *Nervenarzt* 36: 401-403 (1965).
- —: Das Echoencephalogramm des 3. Ventrikels in verschiedenen Lebensaltern. *Arch. Psychiat. Nervenkr.* 209: 137-147 (1967).
- FILIPCZYNSKI, L., Z. PAWLOWSKI en J. WEHR: Ultrasonic methods of testing materials. London, Butterworth 1966.
- FISHER, T. R.: Source of the midline echo and its implications in echoencephalography. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.* 29: 379-382 (1966).
- FISHER, G., R. DUMAS, M. REVOL, F. MUNIER, A. GOUTELLE en J.-P. DECHAUME: l'Echo-encephalographie. Expérience de 1500 examens. *J. Med. Lyon* 47: 1319-1333 (1966).
- FORD, R. M. en J. AMBROSE: Echoencephalography. The measurement of the position of midline structures in the skull with high frequency pulsed ultrasound. *Brain* 86: 189-196 (1963).



- FORD, R. H. en D. L. McRAE: Echoencephalography — A standardized technique for the measurement of the width of the third and lateral ventricles. In: C. C. Grossman c.s.: Diagnostic ultrasound. New York, Plenum Press 117-129 (1966).
- FRENCH, L. A., J. J. WILD en D. NEAL: Attempts to determine harmful effects of pulsed ultrasonic vibrations. *Cancer* 4: 342-344 (1951).
- — —: The experimental application of ultrasonics to the localization of brain tumors. Preliminary report. *J. Neurosurg.* 8: 198-203 (1951).
- FREUND, H. J., H. KAPP en K. KENDELL: Recording arterial pulse curves with ultrasound — Experimental investigations and diagnostic possibilities. *Proceedings in Echo-encephalography*, Ed.: E. KAZNER c.s. 192-196 (1968).
- FRIEDMANN, G. en F. TIUN: Zuverlässigkeit und Fehlermöglichkeiten der Echo-encephalographie bei supratentoriellen raumfordernden Prozessen. *Med. Welt* 50: 689-696 (1964).
- GALICICH, J. H., C. T. LOMBROSO en D. D. MATSON: Ultrasonic B-scanning of the brain. *J. Neurosurg.* 22: 499-510 (1965).
- GAMMAL, T. EL: Extra-ventricular (communicating) hydrocephalus: some observations on the midline ventricles. *Amer. J. Roentgen.* 106: 308-328 (1969).
- GARG, A. G. en A. R. TAYLOR: A-scan echoencephalography in measurement of the cerebral ventricles. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.* 31: 245-249 (1968).
- GELETNEKY, C.-L.: Echoencephalographie bei cerebralen Erkrankungen im Säuglings- und Kindesalter. *Acta Radiol. (Diagn.)* 5: 779-785 (1966).
- GERLACH, J., H.-P. JENSEN, W. KOOS en H. KRAUS: Pädiatrische Neurochirurgie. Stuttgart, Thieme 1967.
- GOLDMAN, D. E. en T. F. HUETER: Tabular data of the velocity and absorption of high-frequency sound in mammalian tissues. *J. Acoust. Soc. Amer.* 28: 35-37 (1956).
- GÖLLNITZ, G.: Über das normale Encephalogramm im Kindesalter. *Nervenarzt* 22: 101-107 (1951).
- GORDON, D.: The use of ultrasonic rays in diagnostic neuroradiology. Voordracht 4e Symposium neuroradiologicum, London 1955.
- : Echoencéphalographie. *Rev. Neurol.* 99: 652-653 (1958).
- : Echoencephalography. Ultrasonic rays in diagnostic radiology. *Brit. Med. J.* 1: 1500-1505 (1959).
- : Ultrasound as a diagnostic and surgical tool. Edinburgh, Livingston 1964.
- GREATOREX, C. A. en H. J. D. IRELAND: An experimental scanner for the use with ultrasound. *Brit. J. Radiol.* 37: 179-186 (1964).
- GROSSMAN, C. C.: Clinical diagnostic application of ultrasound in brain disorders (Sono-Encephalography). *Dis. Nerv. Syst.* 25: 403-411 (1964).
- : The normal sonoencephalogram (SEG), ultrasonic echoes and brain structures. *Dis. Nerv. Syst.* 25: 717-723 (1964).

- GROSSMAN, C. C.: A and B scan sonoencephalography (SFG) — A new dimension in neurology. In: C. C. Grossman c.s.: *Diagnostic Ultrasound*. New York, Plenum Press 130-141 (1966).
- GÜTTNER, W.: *Klinische Echo-encephalographie*. Ed. W. SCHIEFFLER en E. KAZNER. Berlin, Springer 1967.
- , W., G. FIEDLER en J. PÄTZOLD: Über Ultraschallabbildungen am menschlichen Schadel. *Acustica* 2: 148-156 (1952).
- HAZEMANN, P.: *l'Echo-encephalographie de la ligne mediane. (Comparaison avec les résultats fournis par l'EEG en neurochirurgie.)* Diss. Paris, 1965.
- HEINRICH, A.: Das normale Enzephalogramm in seiner Abhängigkeit vom Lebensalter. *Z. Alternsforsch.* 1: 345-354 (1939).
- HERRICK, J. F. en F. H. KRUSEN: *Ultrasound and medicine. A survey of experimental studies.* *J. Acoust. Soc. Amer.* 26: 236-240 (1954).
- HUBER, G., H. BEIZ en H. J. KLEINÖDER: Echoencephalographische Untersuchungen der 3. Hirnkammer bei einer männlichen Normalbevölkerung. *Nervenarzt* 39: 82-84 (1968).
- en C. PATIRI: Echoencephalogramm des 3. Ventrikels bei einer weiblichen Normalbevölkerung. *Arch. Psychiat. Nervenkr.* 210: 61-67 (1967).
- HULTER, T. F.: *Physikalische Betrachtung zur Applikation und Dosierung von Ultraschall.* *Arztl. Forsch.* 3: 585-588 (1949).
- en R. H. BOLT: An ultrasonic method for outlining the cerebral ventricles. *J. Acoust. Soc. Amer.* 23: 160-167 (1951).
- JACOBI, G. en P. SCHUCH: Echo-Enzephalographie und ihre Ergebnisse bei Kindern. *Pädiat. Praxis* 5: 433-443 (1966).
- en U. STEPHAN: Über die Anwendungsmöglichkeit der Echoencephalographie bei Kindern. *M Schr. Kinderheilk.* 113: 344-345 (1965).
- JACOBS, J. E.: *Ultrasound in biology — Advances in bioengineering and instrumentation 1. Ultrasound in biology.* Ed.: F. Alt, New York, Plenum Press 185-288 (1966).
- JACOBSEN, H. H. en J. C. MELCHIOR: On pneumoencephalographic measuring methods in children. *Amer. J. Roentgen.* 101: 188-194 (1967).
- JLFFTRSON, A.: Some experiences with echoencephalography. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.* 22: 83-84 (1959).
- : Clinical experiences with echoencephalography. *Acta Neurochir. (Wien)* 10: 392-409 (1962).
- JEPSSON, ST.: Echoencephalography III. Further studies on the sources of the midline echo and clinical evaluation. *Acta Chir. Scand.* 119: 455-462 (1960).
- : Echoencephalography IV. *Acta Chir. Scand. Suppl.* 272 (1961).

- JEPSSON, ST.: Echoencephalography V. A method for recording the intracranial pressure with the aid of the echoencephalographic technique. Preliminary report. Acta Chir. Scand. 128: 218-224 (1964).
- SV. JÄRPE en L. RABOW: The treatment of increased intracranial pressure in neurosurgery. Acta Chir. Scand. Suppl. 312 (1963).
- KAZNER, E., S. KUNZE en W. SCHIEFER: The importance of echoencephalography in recognizing epidural haematomas. Langenbecks Arch. Klin. Chir. 310: 267-291 (1965).
- —: Echoencephalography as an aid to the diagnosis of space-occupying lesions in the posterior fossa by measuring the size of the third and lateral ventricles. J. Neurosurg. 26: 511-520 (1967).
- en W. SCHIEFER: Das Ultraschall-Echo-Verfahren (Echoencephalographie), eine Methode zur frühzeitigen Erkennung raumfordernder intrakranieller Prozesse. Med. Mschr. 18: 27-31 (1964).
- KAZNER, E. en W. SCHIEFER: Echoencephalographische Untersuchungsergebnissen bei Schädel-Hirnverletzungen. Acta Radiol. (Diagn.) 5: 832-842 (1966).
- —: Die Echoenzephalographie bei raumfordernden Prozessen der hinteren Schädelgrube. Acta Neurochir. 14: 177-196 (1966).
- — en K. J. ZÜLCH: Int. Symposium on Echoencephalography. Proceedings in echoencephalography. Erlangen (1968).
- KESSLER, G. B.: Echoencephalography: Its use as a diagnostic aid in neurological disease, plus a comparison with EEG foci. Bull. Los Angeles Neurol. Soc. 30: 21-26 (1965).
- KIKUCHI, S., R. UCHIDA, K. TANAKA en T. WAGAI: Early cancer diagnosis through ultrasonics. J. Acoust. Soc. Amer. 29: 824-827 (1957).
- KOCH-HESE, G.: Das Cavum septi pellucidi und Cavum Vergae in Klinik und Röntgenbild. Diss. Tübingen (1967).
- KOHLER, M.: Ergebnisse; Encephalographische Befunde bei Kindern mit besonderer Berücksichtigung der Mikroventrikulie und der peripheren Liquorräume. Kinderärztl. Prax. 25: 85-92 (1957).
- KRAUSE, W. en R. SOLDNER: Ultraschallbildverfahren (B-scan) mit hoher Bildfrequenz für medizinische Diagnostik. Electromedica 4 (1967).
- KRÜGER, H.: Veränderungen im Echoventrikulogramm (EVG) nach lumbaler Pneumoencephalographie. Nervenarzt 40: 566-573 (1969).
- V. ZUMPE en A. VELTIN: Das Echo-enzephalogramm des 3. Ventrikels bei Gesunden und Schizophrenen. Nervenarzt 38: 412-414 (1967).
- — —: Echoencephalographische Untersuchungen der 3. Hirnkammer bei Gesunden verschiedenen Lebensalters. Arch. Psych. Nervenkr. 210: 161-168 (1967).
- — —: Zur Validität der Echoencephalographie der inneren Liquorräume. Nervenarzt 39: 80-82 (1968).

- LAPAYOWKER, M. S. en G. E. CHRISTEN: Echoencephalography in general hospital practice. *Amer. J. Roentgen.* 93: 803-810 (1965).
- F. MURTAGH en J. A. KIRKPATRICK: Echoencephalography in the evaluation of hydrocephalus. *Radiology* 86: 1052-1055 (1966).
- LARROCHE, J. C. en J. BAUDEY: Cavum septi pellucidi, cavum Vergae, cavum veli interpositi: Cavités de la ligne mediane. *Biol. Neonat.* 3: 193-236 (1961).
- LAST, R. J. en D. H. TROMPSETT: Casts of the cerebral ventricles. *Brit. J. Surg.* 40: 525-543 (1952).
- LAUBER, H. L.: Zur Problem der Bestimmung von Normalwerten. *Nervenarzt* 38: 227-228 (1967).
- LEE, R. G. en T. P. MORLEY: The routine use of echoencephalography in the diagnosis of intracranial masses. *Canad. Med. Ass. J.* 91: 987-990 (1964).
- LEHMANN, J.: Über die Temperaturabhängigkeit therapeutischer Ultraschallreaktionen unter besonderer Berücksichtigung der Wirkung auf Nerven. *Strahlentherapie* 79: 543-552 (1949).
- LEKSELL, L.: Echoencephalography. 1. Detection of intracranial complications following head injury. *Acta Chir. Scand.* 110: 301-315 (1955).
- : Echoencephalography. 2. Midline echo from the pineal body as an index of pineal displacement. *Acta Chir. Scand.* 115: 225-259 (1958).
- LILJA, B.: Displacement of the calcified pineal body in roentgen pictures as an aid in diagnosing intracranial tumors. *Acta Radiol. Suppl.* 37 (1939).
- LISS, L. en L. MERVIS: The ependymal lining of the cavum septi pellucidi: a histological and histochemical study. *J. Neuropath. Exp. Neurol.* 23: 355-367 (1964).
- LITHANDER, B.: A control method for echoencephalography. *Acta Psychiat. Neurol. Scand.* 35: 235-240 (1960).
- : The clinical use of echoencephalography. *Acta Psychiat. Neurol. Scand.* 35: 241-244 (1960).
- : Origin of echoes in the echoencephalogram. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.* 24: 22-31 (1961).
- : Clinical and experimental studies in echoencephalography. *Acta Psychiat. Neurol. Scand.* 36: Suppl. 159 (1961).
- LIZUKA, J.: Intra- und extra-kranielle Strukturen im Echogramm. *Neurochirurgia* 12: 72-81 (1969) Sttg.
- LODIN, H.: Size and development of the cerebral ventricular system in childhood. *Acta Radiol. (Diagn.)* 7: 385-392 (1968).
- LOMBROSO, C. T. en G. ERBA: Two-dimensional ultrasonography for the visualization of ventricular landmarks. *Proceedings in echoencephalography.* Erlangen 215-230 (1968).
- — en T. YOGO: Two-dimensional ultrasonography: a method to study normal and abnormal ventricles. *Pediatrics* 42: 157-174 (1968).

- LYNN, J. G. en T. J. PUTNAM: Histology of cerebral lesions produced by focused ultrasound. *Amer. J. Path.* 20: 637-643 (1944).
- MAKOW, D. M. en R. R. REAL: Development of a 360° compound immersion head scanner. In: C. C. Grossman c.s.: *Diagnostic ultrasound*. New York, Plenum Press 166-185 (1966).
- WYSLOUZIL, W., D. N. WHITE en J. BLANCHARD: Novel immersion scanner and display system for ultrasonic brain tomography. *Acta Radiol. (Diagn.)* 5: 855-865 (1966).
- MASON, T. H.: Reliability of midline echoencephalography. *New York J. Med.* 69: 3111-3120 (1969).
- MCCUBBIN, T. K.: The dispersion of the velocity of sound in water between 500 and 1500 kilocycles. *J. Acoust. Soc. Amer.* 26: 247-249 (1954).
- MCKINNEY, W. M., J. F. TOOLE, W. T. SHARP, E. A. McMILLAN, J. W. GIBSON en B. D. SOUTH: Evaluation of five hundred psychiatric inpatients by midline echoencephalography. *Acta Radiol.* 5: 865-871 (1966).
- MEYER, R.: Technique et interprétation du repérage ventriculaire chez le nourrisson et chez l'enfant. *Bull. Soc. Radiol. Med. France* 23: 239-250 (1935).
- MÜLLER, H. R.: Zur Echoencephalographie; ihre Indikation beim Schädel-Hirn-Trauma. *Schweiz. Med. Wschr.* 94: 119-124 (1964).
- MURTAGH, F. en J. A. KIRKPATRICK: Diagnostic approach to the infant with an enlarging head. *JAMA.* 172: 538-541 (1960).
- NEWELL, J. A.: Ultrasonic localization. *Brit. J. Radiol.* 34: 546-550 (1961).
- en D. PHIL: Ultrasonics in medicine. *Phys. Med. Biol.* 8: 241-264 (1963).
- NICHOLS, R. A., J. P. WHISNANT en H. L. BAKER: A-mode echoencephalography: Its value and limitations and report of 200 verified cases. *Mayo Clin. Proc.* 43: 36-53 (1968).
- NÜRNBERGER, S. en G. SCHALTENBRAND: Messungen am Enzephalogramm. Ein Beitrag zum Begriff des "normalen Enzephalogramms". *Deutsch. Z. Nervenheilk.* 174: 1-14 (1955).
- OBERSCHULTE-BECKMANN, D. en D. OTTO: Nachweise künstlicher epiduraler Hämatomen durch Echo-Encephalographie. *Chirurg* 38: 370-373 (1967).
- PATEISKI, K., D. KLINGLER en R. GERSTNER: Echoenzephalographie. *Wien. Z. Nervenheilk.* 25: 341-372 (1967).
- PETERS, G.: Die Wirkung der Ultraschallwellen auf das Zentralnervensystem. *Strahlentherapie* 79: 653-658 (1949).
- PIA, H. W. en C. L. GELETNEKY: *Echoencephalographie*. Berlin, Springer 1968.

- PLANIOL, TH., J. METZGER, M. DAVID en H. FISCHGOLD: Explorations techniques ambulatoires dans le diagnostic des tumeurs cérébrales hemispheriques. *Acta Radiol. (Diagn.)* 5: 906-915 (1966).
- en J. M. POTTIER: Registration of cerebral echopulsations and comparison with rheo-encephalographic oscillation. *Proceedings in echoencephalography. Erlangen* 1968.
- RASKIND, R.: Diagnostic ultrasonography. *J. Amer. Geriat. Soc.* 13: 887-892 (1965).
- RUSO, G. L. en J. G. ARNOLD: Neurosurgical experience with echoencephalography. *Med. Ann. D. C.* 33: 260-264 (1964).
- SCHIEFER, W.: Kritisches zur Echoenzephalographie. *Acta Neurochir. (Wien)* 16: 312-313 (1967).
- en E. KAZNER: Die Echo-Enzephalographie. Diagnostische Möglichkeiten, *Deutsch. Med. Wschr.* 89: 1394-1400 (1964).
- —: Methodik und diagnostische Möglichkeiten der Echoenzephalographie. *Fortschr. Med.* 84: 151-154 (1966).
- —: *Klinische Echoencephalographie.* Berlin, Springer 1967.
- — en H. BRÜCKNER: Die Echoenzephalographie, ihre Anwendungsweise und klinische Ergebnisse. *Fortschr. Neurol. Psychiat.* 31: 457-491 (1963).
- — en ST. KUNZE: Ergebnisse der Echoenzephalographie bei supratentoriellen Geschwülsten. *Z. Neurochir.* 26: 281-295 (1965).
- SCHIERSMANN, O.: *Einführung in die Enzephalographie.* Sttg. Thieme 1952.
- SCHWIDDE, J. T.: Incidence of cavum septi pellucidi and cavum Vergae in 1032 human brains. *Arch. Neurol. Psychiat.* 67: 626-632 (1952).
- SHAW, CH, M. en E. C. ALVORD: Cava septi pellucidi et Vergae: Their normal and pathological states. *Brain* 92: 213-224 (1969).
- SJÖGREN, I.: Echoencephalography in infantile hydrocephalus. *Proceedings of the 14th northern pediatric congress. Acta Paediat. Scand. Suppl.* 159: 174-178 (1964).
- : Echo-ventriculography in infantile hydrocephalus. *Preliminary report. Acta Neurol. Scand.* 41: Suppl. 13, 1-6 (1965).
- : Echoencephalography in paediatric practice with special regard to measurement of the ventricular size. *Acta Paediat. Scand. Suppl.* 178 (1967).
- : Echoencephalographic measurement of ventricular size in children. *Develop. Med. Child. Neurol.* 10: 145-158 (1968).
- : Echoencephalography. Evaluation based on records from 100 normal infants and children. *Amer. J. Dis. Child.* 119: 45-48 (1970).

- TANAKA, K. en K. ITO: Diagnosis of brain tumor using ultrasound. *Acta Radiol. (Diagn.)* 5: 915-927 (1966).
- T. WAGAI, Y. KIKUCHI, R. UCHIDA en S. UEMATSU: Ultrasonic diagnosis in Japan. In: C. C. Grossman c.s.: *Diagnostic ultrasound*. New York, Plenum Press 27-45 (1966).
- TANK, T. M. en W. B. HAMBY: Echoencephalography: An aid in the diagnosis of intracranial lesions. Report of a case. *Cleveland Clin. Quart.* 31: 101-105 (1964).
- TAYLOR, J. C., J. A. NEWELL en P. KARVOUNIS: Ultrasonics in the diagnosis of intracranial space-occupying lesions. *Lancet* 1: 1197-1199 (1961).
- THFISMAN, H. en F. PFANDER: Über die Durchlässigkeit des Knochens für Ultraschall. *Strahlentherapie* 80: 607-610 (1949).
- THOMPSON, I. M. On the cavum septi pellucidi. *J. Anat.* 67: 59-77 (1932).
- UFMATSU, S.: Ultrasonic determination of the hemispherical thickness for the diagnosis of hydrocephalus. In: C. C. Grossman c.s.: *Diagnostic ultrasound*. New York, Plenum Press 148-153 (1966).
- WALKER, A. E.: Ultrasonic determination of the size of cerebral ventricular system. *Neurology* 17: 81-86 (1967).
- UMBACH, W. en M. KLEY: Untersuchungen mit Ultraschall zur Diagnose und Verlaufskontrolle des kindlichen Hydrozephalus. *Deutsch. Med. Wschr.* 90: 1313-1315 (1965).
- VEFNHUYZEN, H. B., P. JONGERT en W. J. M. HOOTSMANS: Landmarks in echoencephalography. *Neurology* 19: 1189-1197 (1969).
- VINKEN, P. J. en J. STRACKEE: The relation between ventricular breadth and cranial breadth in the pneumoencephalogram. *Psychiat. Neurol. Neurochir.* 63: 17-22 (1960).
- VLIEGER, M. DE: Diagnostische hulpmiddelen bij traumatische hersenletsels. *Huisarts en Wetensch.* 5: 337-339 (1962).
- : Echoencefalografie als hulpmiddel bij de hersendiagnostiek. *Nederl. T. Geneesk.* 108: 5-10 (1964).
- : De mogelijkheden van het twee-dimensionele echogram voor de algemene medische diagnostiek. *Nederl. T. Geneesk.* 108: 1513-1514 (1964).
- : Evolution of echoencephalography in neurology — a review. *Ultrasonics* 6: 91-97 (1967).
- : Ultraschalltomographie am geschlossenen Schädel. *Schweiz. Med. Wschr.* 99: 998-1003 (1969).
- J. J. DENIER VAN DER GON, P. J. M. VAN DER LUGT en C. E. MOLIN: Pulsations in echoencephalography. 6th Int. Congr. EEG and Clin. Neurophysiol. (Wenen) 591-592 (1965).
- — en C. E. MOLIN: Two-dimensional echoencephalography of the third ventricle in hydrocephalus. *Neurology* 18: 473-479 (1968).

- VLIEGER, M. DE, S. A. DE LANGE en E. GERSIE: Combined results of electro- and echo-encephalography in the diagnosis of cerebral tumors. *Acta Neurochir.* 21: 1-10 (1969).
- J. G. MEIJER, G. H. KRULL en D. E. P. DE CLERCK: Influence of the venous system on movements in range of intracranial structures. *Neurology* 19: 1051-1060 (1969).
- en H. J. RIDDER: Use of echoencephalography. *Neurology* 9: 216-223 (1959).
- A. DE STERKE, C. E. MOLIN en C. VAN DER VEN: Ultrasound for two-dimensional echoencephalography. *Ultrasonics* 1: 148-151 (1963).
- VOGEL, TH.: Zum Problem der Bestimmung von Normalwerten. *Nervenarzt* 37: 515-517 (1966).
- WALKER, A. E. en S. UEMATSU: Dural echoencephalography. *J. Neurosurg.* 25: 634-637 (1966).
- WARWICK, R., J. B. POND, B. WOODWARD en C. C. CONNOLLY: Hazards of diagnostic ultrasonography — a study with mice. *IEEE Trans. on Sonics and Ultrasonics* 17: 158-164 (1970).
- WEST, K. A.: Correlations between ultrasonic and roentgenologic findings in infantile hydrocephalus. *Acta Paediat. Scand.* 56: 27-36 (1967).
- : On pre- and post-operative echoventriculographic findings in hydrocephalic infants and children. *Develop. Med. Child. Neurol.* 16: 3-9 (1968).
- : An echoventriculographic method for pediatric practice. *Neuropädiatrie* 1: 318-336 (1970).
- WHITE, D. N.: Accuracy of A-scan determination of midline echo. In: C. C. Grossman c.s.: *Diagnostic ultrasound*. New York, Plenum Press 142-147 (1966).
- : Studies in ultrasonic echoencephalography VIII. A critical analysis of the amplitude-averaged A-scan. *Trans. Amer. Neurol. Ass.* 91: 363-365 (1966).
- : The limitations of echoencephalography. *Ultrasonics* 5: 88-90 (1967).
- en K. BAHULEYAN: Restrictions of the A-scan echoencephalographic technique estimating lateral ventricular size. *Med. Biol. Engin.* 7: 619-626 (1969).
- en J. B. BLANCHARD: Studies in ultrasonic echoencephalography II. An objective technique for the A-scan presentation of the cerebral midline structures. *Acta Radiol. (Diagn.)* 5: 936-952 (1966).
- J. N. CHESEBROUGH en J. B. BLANCHARD: Studies in ultrasonic echoencephalography I. A-scan determination of the M-echo position in a group of patients. *Neurology* 15: 81-86 (1965).
- A. S. KRAUS, J. M. CLARK en J. K. CAMPBELL: Interpreter error in echoencephalography. *Neurology* 19: 775-785 (1969).
- WILD, J. J.: The use of ultrasonic pulses for the measurement of biologic tissues and the detection of tissue density changes. *Surgery* 27: 183-188 (1950).
- WOOLLAM, D.: Casts of the ventricles of the brain. *Brain* 75: 259-267 (1952).





Bij de totstandkoming van dit proefschrift werd ik gesteund door Dr. J. A. J. Klijn, afdeling Algemene Neurophysiologie (Hoofd Prof. Dr. G. P. M. Horsten).

De statistische bewerking van de resultaten geschiedde door Drs. Ph. van Elteren, hoofd van de statistische afdeling (Universitair Rekencentrum van de Katholieke Universiteit).

Dr. M. de Vlieger, neuroloog en Ir. J. G. Meijer (Academisch Ziekenhuis Dijkzigt te Rotterdam), gaven mij waardevolle adviezen, evenals Dr. A. H. M. Lohman, afdeling Anatomie (Hoofd Prof. Dr. H. J. Lammers).

Met veel geduld heeft Mevrouw M. van Melzen-Panis geholpen bij het maken van de echo-encefalografieën, tevens verrichtte zij het vele typewerk.

De tekeningen werden vervaardigd door de Heer H. C. M. Reckers van de Medische Tekenkamer (Hoofd Chr. van Huizen), en vervolgens drukklaar gemaakt door de afdeling Medische Fotografie (Hoofd A. Th. A. I. Reijnen).

De heer E. de Graaff, bibliothecaris van de Katholieke Universiteit te Nijmegen, was mij zeer behulpzaam bij het verzamelen van de literatuur.

Behalve naar bovengenoemden, gaat mijn dank uit naar allen, die op enigerlei wijze hebben bijgedragen aan het tot stand komen van dit proefschrift.







LIJST MET VERKLARINGEN DER AFKORTINGEN  
IN TEKST EN TABELLEN.

---

| <i>Afkorting</i> | <i>Verklaring der afkorting</i>  |
|------------------|--|
| a <sub>1</sub>   | afgelegd traject door ultrasone golven in de rechter schedelhelft van rechts gemeten |
| a <sub>l</sub>   | idem van links gemeten   |
| b <sub>1</sub>   | idem linker schedelhelft van rechts gemeten  |
| b <sub>l</sub>   | idem linker schedelhelft van links gemeten   |
| c.s.p.           | cavum septi pellucidi  |
| D                | diameter van de schedel  |
| D <sub>t</sub>   | diameter van de taster   |
| dg/dgn           | dag/dagen  |
| E                | cind-echo  |
| fr.              | frekwentie   |
| gem.             | gemiddeld  |
| I                | initiaalcomplex  |
| M                | midden-echo  |
| Mc               | controle midden  |
| max.             | maximum  |
| min.             | minimum  |
| md.              | maanden  |
| n                | lengte van het parallelle veld van de ultrasone geluidsbundel                        |
| onb.             | onbetrouwbaar  |
| sch.d.           | schaaldeel   |
| s.p.             | septum pellucidum  |
| st. afw.         | standaard afwijking  |
| T.               | afstand tussen de twee V-echo's  |
| tot.             | totaal-aantal  |
| V                | ventrikel-echo   |
| 3V               | echo-complex van de derde ventrikel  |



# STELLINGEN

## I

Wanneer met behulp van de echo-encefalografie bij een pasgeborene een vergrote ventrikel wordt gevonden, dient men rekening te houden met het nog aanwezig zijn van een breed septum eventueel met cavum septi pellucidi.

## II

Bij de beoordeling van de midden-echo mag eerst dan tot „geen verplaatsing” besloten worden, nadat alle beschikbare mediale structuren zijn afgetast.

## III

Lumbale pneumo-encefalografie bij kinderen jonger dan twee jaar leidt dikwijls tot de foutieve diagnose corticale atrofie.

- ZELLWEGER H. Die Beurteilung der Subarachnoidalräume im Säuglingsencephalogramm. *Helv. Paediat. Acta* 4: 531-541 (1949)
- DECKER K. en H. BACKMUND. *Pädiatrische Neuroradiologie*. Thieme Verlag, Sttg. 63 (1970)

## IV

De algemeen verbreide mening, dat de voetzoolreflex bij de zuigeling fysiologisch volgens de reactie van Babinski verloopt, is niet te handhaven

## V

Bij de operatieve behandeling van een arterioveneuze anomalie in de hersenen is het gewenst tijdens deze operatie de arteriografie volgens de methode van Seldinger in te voeren.

- PEETERS F. L. M., H. A. D. WALDER en J. G. H. VROOMIN. Intra operative zerebrale Angiografie. *Fortschr. Röntgenstr.* 112: 615-620 (1970)



## VI

Bij bestralingstherapie moet rekening gehouden worden met de mogelijkheid dat in het bestraalde gebied op een vroeger tijdstip arteriosclerosis kan optreden of, indien al aanwezig, deze ernstiger van karakter kan worden.

- ZOLJINGER H. U. Die Strahlenvasculopathie. Path. Europ. 5: 145-163 (1970)

## VII

Bij iedere aanwijzing voor een aanlegstoornis in het kieuwbooggebied dient een gehoorstest te worden afgenomen.

- MCKENZIE J. The first arch syndrome. Develop. Med. Child Neurol. 8: 55-66 (1966)

## VIII

Er zijn aanwijzingen dat een ernstige dysmaturiteit, ondanks een optimale neonatale behandeling, een lager intelligentiepeil ten gevolge kan hebben dan overeenkomt met de genetische aanleg. Het is wenselijk na te gaan in hoeverre dit eveneens het geval is bij een minder ernstige dysmaturiteit.

- SCARR S. Effects of birth weigh on later intelligence. Soc. Biol. 16: 249-255 (1969)

## IX

Kinderartsen dienen zich af te vragen of saccharose in baby- en kindervoeding vervangen kan worden door minder cariogene en minder zoete koolhydraten.

- HARTOG C. den. Enkele aspecten van de voeding van de jeugd. Voeding 10: 487-497 (1970)

## X

Een „zeewaardig zeiljacht” is zo zeewaardig als zijn bemanning.



