

Altersbedingte Unterschiede in der echoencephalographischen Darstellbarkeit der medianen Hirnstrukturen

HORST DILLING und WILHELM FEUERLEIN

Max-Planck-Institut für Psychiatrie München

Eingegangen am 10. Januar 1967

Die klinische Bedeutung der Echoencephalographie liegt vor allem in der Diagnose von raumfordernden, intrakraniellen Prozessen und Erweiterungen des Ventrikelsystems. Der Aussagewert der Methode hängt damit entscheidend von der Darstellung der Medianstrukturen (MS) ab.

Unter MS werden in erster Linie die anatomischen Gebilde der Mittellinie des Gehirns verstanden, die als Ausgangspunkt des Mittelechos (ME) in Frage kommen, nämlich die Epiphyse, das Septum pellucidum, der Interhemisphärenspalt und die Falx cerebri. Zu den MS gehört ferner der 3. Ventrikel, dessen Wände auf dem Bildschirm ebenfalls durch charakteristische Echozacken repräsentiert werden.

Bei der Darstellung der MS im Echoencephalogramm ergeben sich nicht selten erhebliche Unterschiede: Die Form der Echos weist zum Teil beträchtliche Varianten auf, in manchen Fällen sind sie nicht eindeutig zu identifizieren. Sieht man von den technischen Fehlermöglichkeiten und den Komplikationen bei pathologischen Befunden ab, so zeigt sich, daß in gewissen Altersgruppen einzelne Echozacken besonders schwierig darzustellen sind. Dies fiel uns bei der Untersuchung von Greisen auf, bei denen das Mittelecho im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen häufiger deformiert, breiter und niedriger erscheint.

Dementsprechend dauert die echoencephalographische Untersuchung länger.

Von diesen Beobachtungen ausgehend, untersuchten wir Probanden verschiedener Altersstufen, um nachzuprüfen, welche Unterschiede sich bei der Darstellung der Medianstrukturen ergeben. In zusätzlichen Untersuchungen an Leichengehirnen und Schädelknochen von Obduzierten versuchten wir, die Ursache der unterschiedlichen Darstellbarkeit zu klären.

Hypothesen: 1. Das ME ist bei Säuglingen, Kindern und Greisen im Vergleich zu Erwachsenen schwieriger darzustellen; die Darstellbarkeit des 3. Ventrikels ist nur bei der Altersgruppe der Greise erschwert.

2. Die Schwierigkeiten der MS-Darstellung bei Greisen beruhen auf der im Vergleich zu jungen Erwachsenen geringeren Ultraschalldurchlässigkeit des Schädelknochens, die mit größerer Knochendicke korreliert.

Methoden

1. Vier Gruppen neurologisch und psychiatrisch unauffälliger Probanden wurden untersucht, wobei die Geschlechtsverteilung unberücksichtigt blieb.

a) 50 Säuglinge im Alter bis zu einem Jahr mit einem Durchschnittsalter von 3,7 Monaten.

b) 40 Kinder zwischen dem Beginn des 3. und dem vollendeten 14. Lebensjahr.

c) 50 Probanden im Alter von 17–30 Jahren.

d) 50 Probanden von 70–93 Jahren.

Bei den Echountersuchungen wurde die Lage des Mittelechos und der Wände des 3. Ventrikels bestimmt. Um den Schwierigkeitsgrad der Untersuchung zu bewerten, wurden jeweils die Zeiten vom Ansetzen des Schallkopfes bis zur fotografischen Aufnahme des Oscillogramms bei den Ableitungen des Mittelechos mit der Stoppuhr gemessen und zu einem Gesamtwert addiert. Konnte das Mittelecho nicht eindeutig festgelegt werden, so wurden die Zeiten bis zur Aufnahme des sogenannten Mediankomplexes gemessen. In Fällen, bei denen auch diese Strukturen nicht darstellbar waren, wurde nach längstens 15 min die Untersuchung abgebrochen. Um die Eindeutigkeit der fotografischen Darstellung der MS (getrennt nach Mittelecho und 3. Ventrikel) zu erfassen, stellten wir drei Bewertungsklassen auf:

1. Beurteilung eindeutig möglich,

2. Beurteilung nur mit Vorbehalt möglich,

3. Beurteilung nicht möglich.

Alle Untersuchungen wurden mit dem Echoencephalographen der Fa. Siemens Reiniger Typ USMN vorgenommen. Es wurden stets dieselben Schallköpfe (15 mm \varnothing , 2 Mhz) verwendet.

Die Intensität der Beschallung variierte beträchtlich. Die durchschnittliche Impulsstärke¹ betrug bei Säuglingen I, bei den jungen Erwachsenen II–III, bei den Greisen IV. Die Verstärkung belief sich bei den ersten beiden Gruppen auf 6–8, bei der 3. Gruppe meist auf 10. Der Tiefenausgleich wurde mit 0 konstant gehalten. Die Schallköpfe wurden bei allen Untersuchungen bitemporal 1–2 cm oberhalb des Ansatzes der Ohrmuschel im Bereich der Temporalschuppe angelegt.

2. Um festzustellen, ob die unterschiedlichen Meßergebnisse mit den altersbedingten Veränderungen des Gehirns oder mit Altersveränderungen des Schädelknochens zusammenhängen, wurden Untersuchungen an Gehirnen und Schädelknochen von frisch Obduzierten vorgenommen.

a) In einem wassergefüllten kubusförmigen Plastikbehälter von der Kantenlänge 20 cm wurde das Gehirn zunächst ohne ein zusätzliches Medium durchschallt (siehe Abb. 1). Danach folgte eine Vergleichsuntersuchung, bei der ein der gleichen Sektion entstammendes quadratisches Knochenstück der Kantenlänge von 60–70 mm aus der Temporoparietalregion zwischen Schallkopf und Gehirn gebracht wurde. Auf diese Weise untersuchten wir fünf Gehirne bzw. Knochenproben von jüngeren Menschen

¹ Es handelt sich bei diesen Größen um Einstellungen am Gerät. „Impulsstärke“ stellt die durch einen Regler variierbare Sendefunktion des Gerätes dar, das heißt, in akustische Schwingungen verwandelte Hochfrequenzimpulse (Sendeenergie max. 5 Milliwatt). „Verstärkung“ betrifft den Empfang, das ist die in einem Röhrenverstärker erfolgende Erhöhung der reflektierten Ultraschallimpulse. Der Tiefenausgleich wirkt als Filter besonders für die Initialechos. (Vgl. JEFFSON; SCHIEFER et al.)

(16—37 Jahre) und elf Gehirne und Knochen von Greisen über 70 Jahre. Wir verwendeten wiederum den Schallkopf 15 mm \varnothing 2 Mhz.

b) In einer weiteren Versuchsserie wurde die Schalldurchlässigkeit von Knochenproben der Temporoparietalregion vergleichend untersucht. Die Knochen, die den unter a) beschriebenen entsprachen, wurden in einem mit Wasser gefüllten zylindrischen Plastikgefäß (40 · 25 cm) durchschallt, in dessen eine Stirnwand ein Schallkopf (24 mm \varnothing , 2 Mhz) eingepaßt war. Die Knochenproben wurden unmittelbar

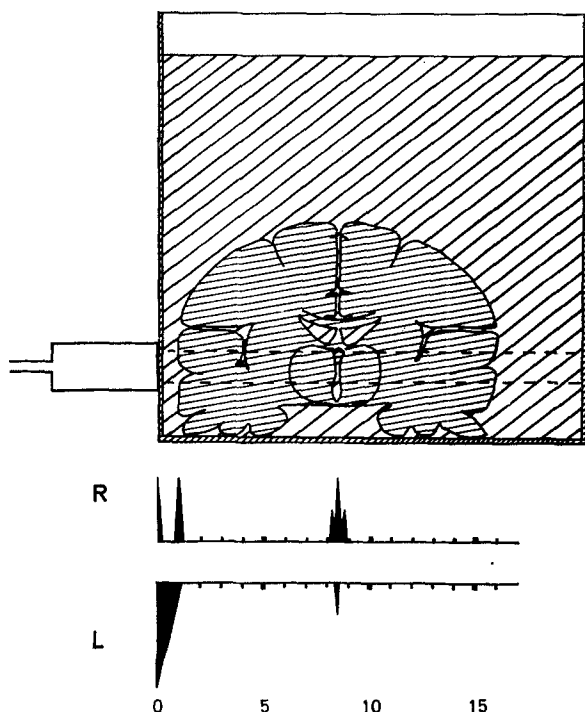


Abb. 1. Schematische Darstellung der Versuchsanordnung bei der Durchschallung des isolierten Gehirns: Darstellung im Echoencephalogramm (die Durchschallung erfolgt stets von der gleichen Seite): *R* Untersuchung des isolierten Gehirns. Skalenwert 1: Echoausschlag beim Eintritt des Schallbündels in das Gehirngewebe. Skalenwert 8—9: Mediankomplex. Mittelecho und Wände des 3. Ventrikels stellen sich zugleich dar. *L* Untersuchung nach Einbringen eines Knochenstücks zwischen Schallkopf und Hirngewebe. Skalenwert 0—1: Initialkomplex. Skalenwert 8—9: Die Ventrikelwände stellen sich nicht mehr dar. Man erhält vom Mediankomplex nur noch einen wesentlich niedrigeren Ausschlag des Mittelechos als bei *R*

vor den Schallkopf gehalten. Durch Modifikation einer Versuchsanordnung von THEISMANN u. PFANDER wurde eine Beeinflussung des Ergebnisses durch seitliche Schallstrahlen vermieden. Im Abstand von 7 cm zum Schallkopf wurde senkrecht zum Strahlengang eine in einen Rahmen eingespannte Aluminiumfolie gehängt. Diese stellte sich stets eindeutig und ohne weitere Störechos dar, wenn kein Knochen in den Schallweg gebracht wurde. Die technischen Daten wurden bei diesen Untersuchungen konstant gehalten: Impulsstärke V, Verstärkung 10, Tiefenausgleich 5.

Es wurden die jeweils korrespondierenden Knochenstücke der rechten und linken Temporalschuppe desselben Schädels untersucht. Die Untersuchungsserie setzte

sich aus Knochenproben von sieben jungen Erwachsenen (zwischen 16 und 32 Jahren) und 20 Greisen über 70 Jahre zusammen.

c) Um die Einflüsse des Wassergehalts auf die Schalldurchlässigkeit des Knochens zu prüfen, wurden in der oben unter b) beschriebenen Versuchsanordnung Knochenproben von sieben Sezierten im Alter von 18—70 Jahren zunächst in frischem Zustand gleich nach der Obduktion, sodann erneut nach Dehydrierung untersucht. Der Wasserentzug wurde durch mehrtägige Trocknung im Brutschrank bei 60°C, bei einigen Proben nach vorheriger Extraktion in 96%igem Alkohol und anschließender Trocknung im Brutschrank durchgeführt.

Der durchschnittliche Gewichtsverlust bei dieser Trocknung betrug 10,7% des Anfangsgewichtes.

Ergebnisse

1. Die MS waren bei Säuglingen, Kindern und Erwachsenen statistisch zusammengenommen auf dem 0,1%-Niveau signifikant rascher und eindeutiger darzustellen als bei Greisen.

a) Die Dauer der Untersuchung bei den einzelnen Gruppen ist in Tab. 1 zusammengestellt.

Tabelle 1

Dauer der Untersuchung in sec	I Säuglinge	II Kinder	III Erwachsene	IV Greise
1— 29	16	6	10	1
30— 59	16	21	18	16
60—119	16	13	18	14
120 und mehr	2	—	4	19

$df = 2$; $\chi^2 = 37,51$; Kritischer Wert für $p = 0,001$ ist 13,815.

Spalte I—III zusammengefaßt; Zeile I und II zusammengefaßt.

b) Die Eindeutigkeit der fotografischen Darstellung des Mittelechos (Tab. 2) ist bei Erwachsenen (100%) größer als bei den Greisen (70%) und Kindern (42,5%), ganz besonders aber bei den Säuglingen (26%).

Tabelle 2

	Mittelecho			3. Ventrikel		
	eindeutig	fraglich	nicht erkennbar	eindeutig	fraglich	nicht erkennbar
I. Säuglinge	13	23	14	39	10	1
II. Kinder	17	19	4	33	7	—
III. Erwachsene	50	—	—	42	7	1
IV. Greise	35	8	7	25	18	7

$df = 1$; $\chi^2 = 44,25$; $df = 1$; $\chi^2 = 18,53$; $p = 0,001$.

Mittelecho: Spalte II und III zusammengefaßt; Zeile I, II und IV zusammengefaßt.

3. Ventrikel: Spalte II und III zusammengefaßt; Zeile I, II und III zusammengefaßt.

Die Wände des 3. Ventrikels ließen sich bei den Säuglingen in 78%, den Kindern in 82,5%, den Erwachsenen in 84%, bei den Greisen dagegen nur in 5% der Fälle fotografisch darstellen.

In sieben Fällen (14%) gelang es bei den Greisen nicht, die MS — also weder Mittelecho noch die Wände des 3. Ventrikels — abzubilden.

2. a) Bei der vergleichenden Untersuchung von Leichengehirnen jugendlicher Erwachsener und von Greisen wurden bei gleicher Impulsstärke (Stufe I) und nur gering variierender Verstärkung (4,8—5,4) keine signifikanten Unterschiede bei der stets rasch durchführbaren Darstellung der Medianstrukturen gefunden (Abb. 1). Wurde hingegen vor das Gehirn eine Knochenprobe des dazugehörigen Schädels gebracht, waren deutliche Unterschiede zwischen beiden Gruppen zu registrieren, (die aber wegen der kleinen Fallzahl nicht statistisch geprüft werden konnten). Dies zeigte sich an der benötigten Impulsstärke und Verstärkungszahl, die bei den Greisen wesentlich höher lag als bei den jugendlichen Erwachsenen.

b) Bei der Durchschallung des Knochens erwies sich, daß eine Darstellung der Modellstruktur, das heißt der Aluminiumfolie, durch Knochen von jüngeren Obduzierten wesentlich einfacher gelingt als durch Knochen von Älteren (Tab. 3).

Tabelle 3

	Darstellbarkeit des Folienechos			
	gut	ausreichend	fraglich	nicht
Gruppe A	7	—	—	—
16—32 jährig	100%			
Gruppe B	7	5	4	4
über 70 jährig	35%	25%	20%	20%

Die Schädelknochendicke (Tab. 4) im Bereich der Temporoparietalregion erwies sich in den beiden Altersgruppen als signifikant unterschiedlich ($p < 0,01$).

Tabelle 4

Knochendicke in mm	16—32jähr.	über 70jähr.	Gesamt
3,1—4,0	1	1	2
4,1—5,0	5	4	9
5,1—6,0	1	4	5
6,1—7,0	—	7	7
7,1—8,0	—	3	3
8,1—9,0	—	1	1

Der Durchschnittswert, der bei jedem einzelnen Fall aus acht Messungen ermittelt wurde, betrug bei Gruppe A (16—32 Jahre alt) 4,9 mm und bei Gruppe B (über 70 Jahre alt) 6,2 mm.

Vergleicht man die Güte der Darstellbarkeit von Knochen verschiedener Dicke, so kommt man zu dem Ergebnis, daß sich der Knochen von 3,1—5,0 mm signifikant besser als der einer Dicke von über 5 mm durchschallen läßt, woraus sich die schlechtere Durchschallbarkeit in höherem Alter ergibt (Tab. 5).

Tabelle 5

Knochen- dicke in mm	Darstellbarkeit des Folienechos								Gesamt
	gut		ausreichend		fraglich		keine		
	Gr. A	Gr. B	Gr. A	Gr. B	Gr. A	Gr. B	Gr. A	Gr. B	
3,1—4,0	1	1	—	—	—	—	—	—	2
4,1—5,0	5	4	—	—	—	—	—	—	9
5,1—6,0	1	2	—	1	—	—	—	1	5
6,1—7,0	—	—	—	3	—	3	—	1	7
7,1—8,0	—	—	—	1	—	1	—	1	3
8,1—9,0	—	—	—	—	—	—	—	1	1

Gruppe A = 16—32jährige; Gruppe B = über 70jährige.

c) Wir fanden keine unterschiedliche Durchschallbarkeit bei verschiedenem Wassergehalt, der, wie bereits erwähnt, um etwa 10% vor und nach der Trocknung schwankte.

Diskussion

Unsere Untersuchungen bestätigten die Hypothese, daß sich bei *Säuglingen* und *Kindern* das Mittelecho im Vergleich zu der Gruppe der jungen Erwachsenen signifikant schwieriger darstellen läßt. LITHANDER (1961) schreibt, daß bei älteren Kindern hinsichtlich der echoencephalographischen Untersuchung keine Unterschiede zu den Erwachsenen bestehen dürften. JEPSON (1961) wies dagegen darauf hin, daß die Altersperiode zwischen 8 und 15 Jahren für echoencephalographische Untersuchungen am ungünstigsten sei, was er einerseits auf die noch nicht eingetretene Verkalkung der Epiphyse, andererseits auf die gegenüber Säuglingen größere Dicke des Schädelknochens zurückführt. JACOBI u. SCHUCH erwähnen keine Schwierigkeiten bei der Bestimmung des Mittelechos in dieser Altersgruppe. Sie berichteten allerdings über eine hohe Anzahl von Verlagerungen des Mittelechos über 2 mm, ohne darüber Rechenschaft abzulegen, in wie vielen dieser Fälle pneumencephalographisch, angiographisch oder operativ eine Bestätigung erfolgte. Nach unseren Erfahrungen, aber auch nach zahlreichen Literaturangaben, (z. B. SCHIEFER, KAZNER u. BRÜCKNER; PLANTOL; FEUERLEIN u. DILLING) ist es wichtig, immer wieder an die Täuschungsmöglichkeit durch eine der Ventrikelwände zu denken, die sich bei unseren Untersuchungen in diesen Altersgruppen ohne größere Schwierigkeiten dar-

stellen ließen, worüber auch UMBACH u. KLEY berichteten. Bei dem Versuch der eindeutigen Identifizierung des Mittelechos ergab sich häufig, daß man beim Vergleich mehrerer Fotos feststellen mußte, eine Ventrikelwand für das Mittelecho gehalten zu haben.

Eine weitere Schwierigkeit bei der Bestimmung des Mittelechos, insbesondere bei den Säuglingen, liegt in den geringen Abständen zwischen den einzelnen zu messenden Strukturen, was zu Unklarheiten beim Identifizieren der mittleren Zacke im „Dreiermittelkomplex“ führt. Bei Kindern erleichtern die im Vergleich zum ersten Lebensjahr größeren Dimensionen die Darstellung des ME. Aber sowohl bei Säuglingen als auch bei Kindern fehlt im Gegensatz zu den Erwachsenen die dominante Mittelzacke, die das ME repräsentiert. Es erscheinen bei den beiden Gruppen vielmehr meist drei gleichhohe Zacken auf dem Bildschirm. Der Befund stimmt mit den Ergebnissen von BRYLSKI u. JEFFSON überein, die als Hauptquelle des Mittelechos die erst zu Ende des 2. Dezenniums verkalkende Epiphyse ansehen.

Bei Säuglingen, Kindern und jungen Erwachsenen ließ sich der 3. Ventrikel gut darstellen, das heißt, man erhielt entweder den erwähnten Dreierkomplex wie er unter anderem von LEE u. MORLEY beschrieben wird oder, wie von LITHANDER für die Gruppen der Säuglinge und Kinder angegeben, einen doppelgipfligen Mediankomplex. Ins Gewicht fallende Unterschiede konnten in diesen drei Gruppen nicht nachgewiesen werden. Im Gegensatz zur Ansicht JEFFSONS, wonach nur beim Vorliegen von sehr dünnen Schädelknochen (2–3 mm) Echos des 3. Ventrikels dargestellt werden können, ließ sich bei 85% der Erwachsenen unserer Probandengruppe der 3. Ventrikel eindeutig festlegen. Allerdings mußte hierzu eine höhere Impulsstärke von II–III im Gegensatz zu I bei Säuglingen angewendet werden.

Es sei noch auf die Irrtumsmöglichkeit hingewiesen, die Distanz Mittelecho–Ventrikelwand als Ventrikelweite anzusehen. Besonders bei Säuglingen und Kindern kommt es leicht zu dieser Verwechslung, daß nur die halbe Ventrikelweite erfaßt wird, da, wie erwähnt, in diesen Altersgruppen im allgemeinen kein dominantes Mittelecho abzuleiten ist. Auffallend waren in der Altersgruppe der Kinder die zahlreichen zusätzlichen Echozacken, deren Deutung Schwierigkeiten bereitete. Bei den Säuglingen tauchten meist keine derartigen „Störechos“ auf.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß sich bei Säuglingen und Kindern in allen Fällen und ohne Schwierigkeiten ein Mediankomplex darstellen ließ, wobei das eigentliche Problem in der Interpretation bzw. Zuordnung der einzelnen Echozacken lag. Es ist DE VLIJGER zuzustimmen, daß die Methode zur Untersuchung von Kindern besonders geeignet ist.

Bei den *Greisen* ließen sich dagegen die Medianstrukturen signifikant schwieriger darstellen als bei Erwachsenen. Dieses ließ sich sowohl durch Vergleich der für die Untersuchung benötigten Zeit als auch durch die Bewertung der erreichten Eindeutigkeit der Darstellung nachweisen. Entsprechend der Angabe von SCHIEFER, KAZNER u. BRÜCKNER benötigten auch wir für die Untersuchung von gesunden Erwachsenen im allgemeinen nur 1–2 min, während wir bei 38% der Greise mehr als 2 min brauchten. In 14% dieser Gruppe konnten wir die Medianstrukturen nicht nachweisen, bei einer beträchtlichen Anzahl hatten wir besonders bei der Festlegung des 3. Ventrikels Schwierigkeiten, während sich das höhere Ausschläge verursachende Mittelecho leichter darstellen ließ. Störend wirkte sich oft der verbreiterte Initialkomplex aus, der in manchen Fällen bis an den Mediankomplex heranreichte, so daß die Differenzierung der einzelnen Echozacken außerordentlich erschwert war. Hierüber berichteten bereits WHITE et al. — Diese Schwierigkeiten bei der Darstellung der MS bei älteren Patienten erwähnt GROSSMAN und meint, daß man ihnen durch Austauschen des Schallkopfes von 2 Mhz auf 1 Mhz begegnen könne.

Bei Durchsicht der Literatur begegnet man gelegentlich Berichten über Fehlinterpretationen echoencephalographischer Befunde bei Greisen, so bei FRIEDMANN u. THUN und bei JEPFSON. Letzterer erwähnt unter 44 Fällen von intrakraniellen Blutungen 3 Fälle mit Fehldiagnosen, davon allerdings 1 Fall mit doppelseitigem subduralen Hämatom. Bemerkenswerterweise waren diese 3 Fälle über 65 Jahre alt.

An makroskopisch nicht pathologisch veränderten Leichengehirnen fanden wir keine altersabhängigen Unterschiede der Durchschallbarkeit. Hiermit stimmt der von GROSSMAN nach GOLDMANN u. HUETER zitierte niedrige Absorptionsquotient des fixierten Gehirns von 0,18 bei einer Frequenz von 1,7 Mhz gegenüber 3,67 des Knochens bei einer Frequenz von 1,6 Mhz und von 4,82 bei 1,8 Mhz überein.

Als Ursache der erschwerten Darstellbarkeit kann somit nur das extracerebrale Gewebe in Frage kommen, in erster Linie der Knochen, da Haut und Subcutis in diesem Zusammenhang vernachlässigt werden können. Unsere Experimente zeigten, daß die unterschiedliche Darstellbarkeit der Medianstrukturen mit der verschiedenen Beschaffenheit des Schädelknochens zusammenhängt. Die Schalldurchlässigkeit des Schädelknochens von Greisen war wesentlich geringer als die der Erwachsenen. Es fand sich eine positive Korrelation zwischen geringer Schalldurchlässigkeit im Alter und vermehrter Knochendicke bei Greisen. GROSSMAN gibt als Ursache der erschwerten Darstellbarkeit der Medianstrukturen bei Greisen die größere Knochendicke an. WHITE et al. berichten über zwei Fehldiagnosen bei Patienten mit abnorm dickem Knochen in der Temporalregion von 6–7 bzw. 8–9 mm, während 2–5 mm von den

Autoren als Normalwert angegeben wird. Das Alter dieser zwei Patienten wird nicht mitgeteilt.

Nach JEPSON sowie THEISMANN u. PFANDER ist die Schalldurchlässigkeit eine Funktion der Knochendicke. THEISMANN u. PFANDER beschreiben eine abfallende Kurve mit Durchlässigkeitsmaxima, die der halben Wellenlänge entsprechen. Die Halbwertschicht beträgt bei 800 Khz etwa 2,2–2,4 mm, was bedeutet, daß sich bei einer um 2 mm größeren Knochendicke die austretende Schallenergie um 50% vermindert.

Die Schallintensität wird bei zweimaliger Passage eines 1 mm dicken Knochens nach JEPSON auf $2,25 \cdot 10^{-2}$ ihres ursprünglichen Wertes reduziert. Bei einem 5 mm dicken Knochen beträgt dieser Wert $5,3 \cdot 10^{-6}$, wohingegen die Gesamtabschwächung der Sendenergie, die auf Haut, Subcutis, Knochen und Hirngewebe zurückzuführen ist, von JEPSON bei einem Erwachsenen mit einem Schädelknochen dieser Dicke mit $2,9 \cdot 10^{-10}$ angegeben wird. Da die Grenzempfindlichkeit des Schallempfängers bei 10^{-10} der Sendintensität erreicht wird, hängt die *Durchschallbarkeit* somit entscheidend von der *Knochendicke* ab.

Zur Frage der Dickenzunahme des Schädelknochens äußern HARTL u. BURKHARDT, daß die „weiblichen Daten eine sichere und erhebliche, die männlichen eine geringere durchschnittliche Alterszunahme der Dicke“ zeigten. TODD berichtet über ein leichtes Dickenwachstum bis zum Alter von 60 Jahren, hat allerdings nur männliche Schädel untersucht. Er betont die beträchtliche Variabilität zwischen den einzelnen Individuen, die uns besonders bei den Schädeln alter Obduzierter auffiel. Auch BERGERHOFF erwähnt neben Knochenatrophien senile hypertrophische Zonen im Bereich der Calvaria.

Außer der Dickenzunahme wird sicherlich noch die morphologische Veränderung des Knochens im Alter als zusätzlicher Faktor für die verminderte Schalldurchlässigkeit in Rechnung zu stellen sein. So konnten wir in einem Fall bei einem 89jährigen Greis, der eine Knochendicke von 5,5 mm aufwies, erwartungsgemäß also hätte gut zu untersuchen sein müssen, den Knochen nicht durchschallen, was auf Altersveränderungen im Knochen im Sinne einer rarefizierenden Hyperostose (HARTL u. BURKHARDT) zurückzuführen sein dürfte.

Auch DIETRICH weist auf die Verbreiterung der Diploe bei alten Menschen hin.

Vergleicht man die Durchschallung des Knochens vor und nach Wasserentzug von etwa 10% des Ausgangsgewichts, so ergibt sich keine signifikante Abschwächung der Schallenergie durch die Trocknung. Der relativ hohe Exsikkationswert dürfte in vivo auch unter extremen Bedingungen nie erreicht werden, so daß ein Wasserverlust nicht für die geringere Durchschallbarkeit des Knochens verantwortlich zu machen ist. Die Erklärung für die Diskrepanz zu den Ergebnissen FRUCHTS, der über ein beträchtliches Ansteigen der Ultraschallabsorption bei sinkendem Wassergehalt der Gewebe berichtet, liegt vermutlich in dem größeren Wasserverlust der von ihm untersuchten Organe, bei denen es dann zu sehr unterschiedlichen Absorptionswerten kommt.

Zusammenfassung

An vier Altersgruppen von 190 hirngesunden Probanden — Säuglingen, Kindern, jungen Erwachsenen und Greisen — wurden Unterschiede der Darstellbarkeit der Medianstrukturen im Echoencephalogramm nachgewiesen. Das Mittelecho war bei Säuglingen und Kindern im Vergleich zu Erwachsenen weniger leicht darzustellen, während der dritte Ventrikel sich stets gleich gut abbildete. Bei Greisen war die Bestimmung der Medianstrukturen und besonders des dritten Ventrikels unsicherer; oft kamen keine Medianstrukturen zur Darstellung. Dieses wird durch die verminderte Durchschallbarkeit des Schädelknochens älterer Menschen erklärt, was sich an Leichenmaterial zeigen ließ. Die geringere Ultraschalldurchlässigkeit hängt mit der Verdickung und mit Strukturveränderungen des Knochens im Senium zusammen. Verringerter Wassergehalt des Knochens sowie altersbedingte Veränderungen des Hirngewebes haben keinen Einfluß auf die Durchschallbarkeit.

Praktisch ergibt sich, daß echoencephalographische Befunde bei Greisen mit Vorsicht zu bewerten sind. — Bei Neugeborenen, Säuglingen und Kindern kann das Fehlen eines dominanten Mittelechos und das Auftreten zahlreicher Störechos anderer Strukturen besonders bei den 2—14jährigen zu Schwierigkeiten bei der Identifizierung der Echozacken des Mediankomplexes führen.

Wir danken Herrn Prof. Dr. HILBER, Chefarzt der 1. Kinderabteilung des Krankenhauses München-Schwabing, Herrn Dr. SCHWEIER, Chefarzt der 2. Kinderabteilung des Krankenhauses München-Schwabing, Herrn Dr. SINGER, Chefarzt der Kinderchirurgischen Abteilung des Krankenhauses München-Schwabing und der Direktion des Städtischen Altersheimes München-Schwabing für die Genehmigung der echoencephalographischen Untersuchungen auf ihren Abteilungen, Herrn Prof. Dr. BURKHARDT, Chefarzt des Pathologischen Institutes des Krankenhauses rechts der Isar, München, und Herrn Prof. Dr. LANGER, Chefarzt des Pathologischen Institutes des Krankenhauses München-Schwabing für die Überlassung des Obduktionsmaterials, Herrn WICKELMEIER für die Hilfe bei der technischen Durchführung der Versuche.

Literatur

- BERGERHOFF, W.: Normale Röntgenanatomie des Schädels. In: Handbuch der medizinischen Radiologie VII/1, S. 61—101. Hrsg. von O. OLSSON, F. STRNAD, H. VIETEN u. A. ZUPFINGER. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer 1963.
- BRYLSKI, J. R., and J. L. ITZENSTARK: Anatomic localisation of midline echo in sonograms of the brain. *Amer. J. Roentgenol.* 811—815 (1965).
- DIETRICH, H.: Neuroröntgendiagnostik des Schädels. Jena: 1959.
- FEUERLEIN, W., u. H. DILLING: Zur Bestimmung des Mittelechos in der Echoencephalographie. *Nervenarzt* 36, 401—403 (1965).
- FRIEDMANN, F. G., u. F. THUN: Zuverlässigkeit und Fehlermöglichkeiten in der Echoencephalographie bei supratentoriellen raumfordernden Prozessen. *Med. Welt* 1964, 689—696.
- FRUCHT, A. H.: Die Schallgeschwindigkeit in menschlichen und tierischen Geweben. *Z. ges. exp. Med.* 120, 526—557 (1953).

- GOLDMANN, D. E., and 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). Errata: *J. acoust. Soc. Amer.* **29**, 655 (1957); zit. nach GROSSMAN.
- GROSSMAN, C. C.: The normal sonoencephalogramm (SEG). Ultrasonic echoes and brain structures. *Dis. nerv. Syst.* **25**, 717—723 (1964).
- HARTL, F., u. L. BURKHARDT: Über Strukturbau des Skeletts, besonders des Schädeldachs und Schlüsselbeins beim Erwachsenen und seine Beziehungen zur Hypophyse nach Maßgabe des spezifischen Gewichts und histologischen Befundes. *Virchows Arch. path. Anat.* **322**, 503—528 (1952).
- HÜTER, TH. F.: Messung der Ultraschallabsorption im menschlichen Schädelknochen und ihre Abhängigkeit von der Frequenz. *Naturwissenschaften* **39**, 21—22 (1952).
- JACOBI, G., u. P. SCHUCH: Echoencephalographie und ihre Ergebnisse bei Kindern. *Pädiat. Praxis* **5**, 433—443 (1966).
- JEPPSON, S.: Echoencephalography. *Acta chir. scand. Suppl.* **272** (1961).
- LEE, R. G., and T. P. MORLEY: The routine use of echoencephalography in the diagnosis of intracranial masses. *Canad. med. Ass. J.* **91**, 987—990 (1964).
- LITHANDER, B.: Clinical and experimental studies in echoencephalography. *Acta psychiat. scand. Suppl.* **159**, 36 (1961).
- PLANIOL, T., F. MIKOL, J. CHARPENTIER et J. BUISSON: L'echoencephalographie. *Rev. neurol.* **110**, 489—505 (1964).
- SCHIEFER, W., E. KAZNER u. H. BRÜCKNER: Die Echoencephalographie, ihre Anwendungsweise und klinischen Ergebnisse. *Fortschr. Neurol. Psychiat.* **31**, 457—491 (1963).
- THEISMANN, H., u. F. PFANDER: Über die Durchlässigkeit des Knochens für Ultraschall. *Strahlentherapie* **80**, 607—610 (1949).
- TODD, T.: Thickness of the male white cranium. *Anat. Rec.* **27**, 245—256 (1924).
- UMBACH, W., u. M. KLEY: Untersuchungen mit Ultraschall zur Diagnose und Verlaufskontrolle des kindlichen Hydrocephalus. *Dtsch. med. Wschr.* **90**, 1313—1315, 1325—1326 (1965).
- VLIEGER, M. DE: Echoencephalography as a diagnostic aid in cerebral disorders. *Ned. T. Geneesk.* **108**, 5—10 (1964).
- WHITE, D. N., J. N. CHESEBROUGH, and J. B. BLANCHARD: Studies in ultrasonic echoencephalography. *Neurology (Minneap.)* **15**, 81—86 (1965).

Dr. H. DILLING
Max-Planck-Institut für Psychiatrie
8 München 23, Kraepelinstraße 10