

Änderungen der A-Wellen im Laufe der kontinuierlichen ICP-Registrierung bei Hydrozephalus

Von

E. PARAICZ und J. VAJDA

Institut für Neurochirurgie, Budapest

(Eingegangen am 3. Januar 1975)

Bei 29 Patienten (23 Säuglinge mit Hydrozephalus und 6 mit Gehirntumor) wurde der intraventrikuläre Druck fortlaufend registriert. In 2 der 20 Fälle, in denen A-Wellen in Erscheinung traten, ließen sich typische Plateauwellen beobachten, während in 18 Fällen die hypertensiven Dauerperioden eine hügelartige Zeichnung bildeten. In der Entwicklung dieser A-Wellen, deren Charakteristika ausführlich beschrieben werden, spielen die bei der großen Fontanelle bzw. bei den Suturen befindliche spontane oder die bei Tumorkranken als operative Eingriffsstelle zustandegebrachte künstliche Dekompressionsöffnung und der hochgradige Hydrozephalus eine Rolle.

LUNDBERG hat mit Hilfe der Dauerdrainage den Liquorraum der Gehirnkammern mit der Membran eines Elektromanometers verbunden, was die fortlaufende Messung und die graphische Registrierung des Druckes ermöglichte. Die 1972 in Hannover [1] und 1974 in Lund veranstalteten »Intracranical Pressure«-Symposien zeugten für die ausgedehnte Verbreitung und die Weiterentwicklung der Methode. Die Modifikation, in der der Dauerkatheter mit epidural oder subdural eingeführten Transduzern ersetzt wurde, öffnete den Weg zur Registrierung zahlreicher anderer Parameter (Atmung, PO_2 , PCO_2 , EKG, usw.) die wichtige Daten über die dynamischen Änderungen lieferten.

Beim Erwachsenen beansprucht die Einführung der Katheter und so auch die der Transduzer einen chirurgischen Eingriff. Beim Säugling ist das nicht nötig, da der Katheter durch die offene Fontanelle mittels transkutaner Punktion eingeführt werden kann. Obwohl die technischen Grundbedingungen der Methode auf diese Weise vorteilhafter sind, stehen uns in bezug auf die intrakranielle Dynamik der Säuglinge — die sich laut der klinischen Erfahrungen von der der Erwachsenen eigenartig unterscheidet — wenige Angaben zur Verfügung. Die bei den Säuglingen anlässlich von Funktionen durchgeführten Messungen zeigten, daß der durchschnittliche Liquordruck und auch das Maß der patho-

logischen Hypertension niedriger liegen, bei hypertensiven Prozessen war eine Stauungspapille seltener vorzufinden, usw. Diese Erscheinungen wurden damit erklärt, daß der Schädel der offenen Fontanelle und den noch nicht zusammengewachsenen Nähten entlang dehnbar ist und auf diese Weise für die intrakranialen Expansionsprozesse spontane Dekompensationsmöglichkeiten sichert. Dieser Zustand ist jenen veränderten dynamischen Verhältnissen ähnlich, die nach dem Verschluß der Schädelknochen durch operative Eindringung und Mobilisierung bzw. noch eher Entfernung des Knochenlappens zustandgebracht werden. Nach LUNDBERG [5] ist für die Tatsache, daß die bei den an Gehirntumor leidenden Erwachsenen in der Gehirnkammer beobachtbaren, länger als 5 Minuten bestehenden hypertensiven Perioden (mit einer Amplitude zwischen 50 und 100 mm Hg), die sog. A-, oder Plateauwellen bei Säuglingen mit Hydrozephalus nicht zu registrieren sind, ebenfalls die offene Fontanelle verantwortlich. Das von LUNDBERG festgestellte Fehlen der A-Wellen vermochten HAYDEN und Mitarb. [2] anhand von bei 25 hydrozephalischen Kranken im Alter zwischen 1 Monat und 5 Jahren gefertigten Registraten, zu bestätigen. Über ähnliche, bei Säuglingen ermittelte Meßergebnisse berichteten auch HEMMER und PÄTZOLD [3] sowie NORNES und Mitarb. [6]. Es sei erwähnt, daß bei Erwachsenen mit Hydrozephalus selbst in der klinischen Form mit sog. Normaldruck die A-Wellen in einem Teil der Fälle

— manchmal auch in der Nacht — registriert werden können [7, 6].

Das Ziel unserer Untersuchungen war durch fortlaufende Registrierung des intraventrikulären Liquordrucks Säuglingen mit Hydrozephalus und operierten Kindern die dekompensionsbedingten gegenüber Hypertension speziell modifizierten intrakranialen-dynamischen Änderungen ausführlich zu überblicken.

METHODIK

Bei den Säuglingen wurde auf dem Gebiet der großen Fontanelle mittels transkutaner Punktion und bei den größeren operierten Kindern durch das früher zwecks Kammerpunktion gefertigte okzipitale Bohrloch ebenfalls transkutan in die rechte Seitenkammer ein DESERET-scher Katheter eingeführt. Die Eindringungsöffnung wurde mit Kollodium verschlossen und gleichzeitig auch der Katheter fixiert. Der Liquorraum der Gehirnkammer kommunizierte durch den Katheter mit einem Elektromanometer (Typ Elema EMT 34 und Statham P 37). Zur graphischen Registrierung diente entweder ein 4- oder 16kanäliges (Typ Elema) Polygraph. Die Papiergeschwindigkeit schwankte, dem Charakter des Registrats entsprechend, zwischen 0,5 und 36 cm/min, am häufigsten wurden die Aufnahmen mit Geschwindigkeiten von 0,5 cm/min bzw. 15 cm/min gefertigt. Die Registrierungsdauer wurde im Interesse der Herabsetzung der Gefahr einer septischen Komplikation im Durchschnitt auf 17 Stunden (mit Randwerten von 5 bis 60 Stunden) — auch die Nachtstunden inbegriffen — limitiert.

KRANKENGUT

Bei 29 Patienten wurden insgesamt 32 kontinuierliche Registrierungen vorgenommen. 23 Kinder standen wegen seit dem

Säuglingsalter bestehenden Hydrozephalus unter Behandlung: Ihre Untersuchung fand vor der Shuntoperation oder der Reoperation des verschlossenen Shunts statt. Die Fontanellen wurden diagonal in zwei Richtungen gemessen, d. h., daß das eigentliche Gebiet größer als das auf diese Weise bestimmte Ausmaß ist, da sich die Fontanelle meistens lateral- oder sagittalwärts auch in die unter den erweiterten Suturen befindliche Spalten verbreitet. Sechs Kinder wurden früher wegen Gehirntumors operiert; bei ihnen wurde die Größe der Dekompressionsmöglichkeit sichernden operativen Eindringungsöffnung ebenfalls anhand diagonalen Messungen bestimmt.

ALTERSVERTEILUNG

Alter M = Monate, J = Jahre	Anzahl der Patienten
Unter 6 M	3
3 — 6 M	4
7 — 9 M	10
10 — 12 M	—
1 — 2 J	7
3 J	1
4,5 J	2
7 J	1
9 J	1

ERGEBNISSE

Mit der Ausnahme von 3 Fällen, in denen der in den Gehirnkammern herrschende initiale Liquordruck normal war, ließen sich gesteigerte, manchmal hochgradig gesteigerte Druckwerte registrieren. Diese Ergebnisse sprachen somit dafür, daß sich auch bei offener Fontanelle und klaffenden Suturen eine bedeutende intra-kraniale Hypertension entwickeln kann.

Das Maß der Drucksteigerung zeigte keine Parallelität mit dem Lebensalter, verhältnismäßig niedrigere Grunddruckwerte ließen sich nur bei den 3 Monate jüngeren Säuglingen verzeichnen.

Typische, den A- oder Plateauwellen entsprechende hypertensive Perioden konnten wir bei zwei Hydrozephalus-Kranken registrieren. In beiden Fällen kam es nach dem Verschuß des im Säuglingsalter implantierten Shunts zur Messung: In einem der Fälle wurde die Untersuchung im Alter von 18 Monaten wegen eines sich im Zusammenhang mit thorakaler Myelodysplasie entwickelten hochgradigen Hydrozephalus vorgenommen: die Größe der Fontanelle betrug 1×1 cm, der Grunddruck belief sich auf 200 mm H₂O. Das andere Kind war viereinhalb Jahre alt, die Messung erfolgte bei geschlossenen Schädel: Grunddruck: 350 mm H₂O; maximaler Druck: 1200 mm H₂O. (Abb. 1.) Die je Plateauwelle gemessene Amplitude machte in beiden Fällen 800 mm H₂O aus.

Die an Plateauwellen erinnernden hypertensiven Wellen meldeten sich periodisch und regelmäßig in weiteren 18 Hydrozephalusfällen (Tab. I). In 16 dieser Fälle befand sich bei der großen Fontanelle oder bei der Eindringungsstelle einer vorangegangenen Tumoroperation eine Dekompressionsöffnung. Auf dem ansteigenden Schenkel der erwähnten Wellen oder direkt davor, steigerte sich die Amplitude der eine Frequenz von $1/2$ —2 min aufweisenden B-Wellen. Sobald die Hypertension ihr Maximum erreichte,

TABELLE I
Fontanelle- und Druckangaben

No.	Name	Alter M = Monate J = Jahre	Durchmesser der Fontanelle bzw. der Dekompressions- öffnung cm	Ausgangs- druck	Maximaler Druck	Diagnose
1.	L. H. 12/74	8 M	2×3	450	800	Hydrocephalus communicans
2.	Zs. R. 26/74	4 1/2J	—	350	1200*	
3.	T. B. 29/74	3 J	4×3	250	720	
4.	J. A. 33/74	7 M	5×5	200	450	
5.	A. L. 38/74	7 M	4×2	200	320	
6.	B. B. 27/74	18 M	1×1	200	1260*	Hydrocephalus + Spina bifida
7.	E. Sz. 31/74	3 M	4×4	250	400	
8.	J. F. 40/74	15 M	3×3	220	500	
9.	Á. M. 9/74	6 M	4×4	220	440	DANDY — WALKER- sches Syndrom
10.	A. K. 19/74	6 M	5×3	235	780	ARNOLD — CHIARISCHE Mißbildung
11.	Gy. B. 7/74	5 M	4×3	250	400	Hydrocephalus post Meningoencephaliti- dem
	28/74	8 M	3×3	210	650	
12.	Zs. B. 35/74	16 M	4×4	200	700	
13.	L. R. 4/74	6 M	4×4	350	700	Verschluß des Aqueductus
14.	E. W. 6/74	7 J	—	350	1000	
15.	Cs. S. 37/74	2 J	—	220	500	
16.	Cs. A. 10/74	6 M	4×3	600	900	Plexuspapillom } Kleinhirntumor } Operiertes Gehirntumor
	A. M. 41/74	14 M	2×2	200	350	
17.	23/74	18 M	1×1	410	730	
18.	J. J. 24/74	4 J	3×3,5	300	400	
19.	E. Sz. 32/74	9 J	2×2	200	700	
20.	J. K. 45/74	2 J	4,5×4	300	550	

* = Typische Plateau-Welle.

begann sich das Druckniveau stufenweise zu vermindern, wodurch die Wellenzeichnung nicht plateauartig, sondern hügel- bzw. kegelförmig war (Abb. 2). Parallel mit dem Anstieg des Grunddrucks erhöhte sich auch

die Amplitude der B-Wellen: Diesem Umstand zufolge wurde die Spitze der Wellenhügel noch ungleichmäßiger und gezackter (Abb. 3). Der absteigende Schenkel der Welle war weniger steil, als der der typischen Plateau-

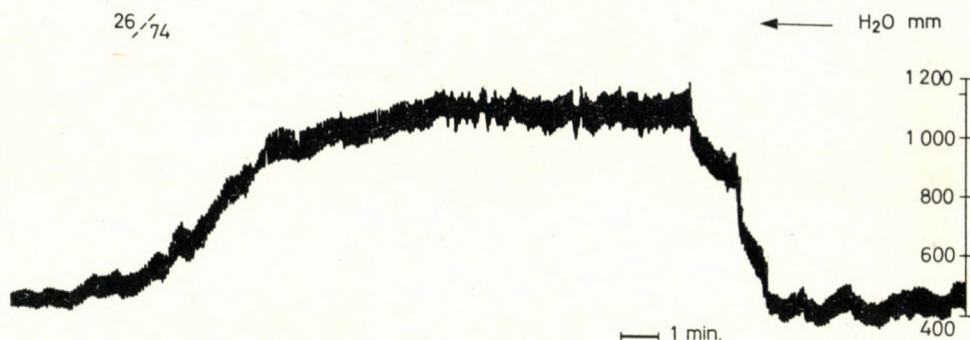


ABB. 1. Typische Plateauwelle im Dauerregistrarat des intraventrikulären Liquordruck (viereinhalbjähriges Kind, bei dem es im Säuglingsalter wegen Hydrozephalus zur Implantation eines atrialen Shunts kam; einige Wochen vor der Messung hat sich der Shunt verschlossen). Verknöcherte Fontanelle, verschlossener Schädel

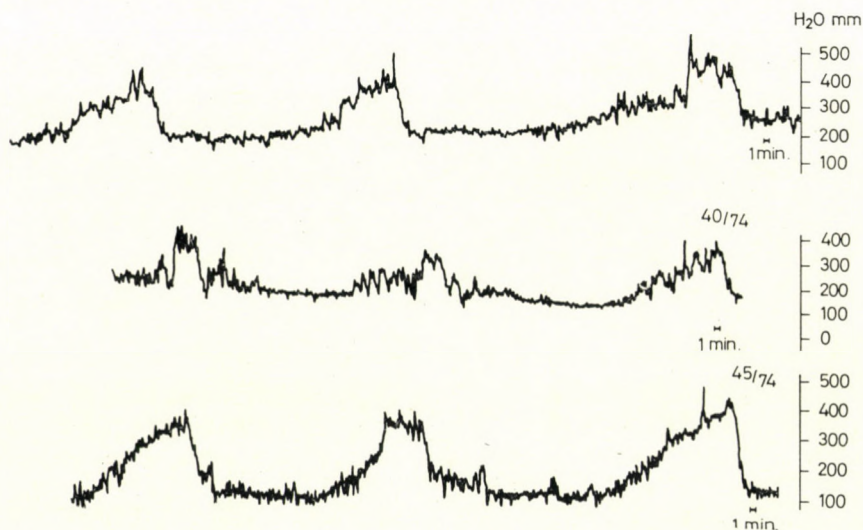


ABB. 2. Registrarat des intraventrikulären Drucks von 3 verschiedenen Patienten. Die hypertensiven Dauerperioden haben sich spontan, regelmäßig entwickelt. Die Amplitude dieser veränderten, hügel- oder kegelförmigen A-Wellen erstreckte sich von 250 bis 400 mm H₂O. Die Größe der Dekompressionsöffnungen auf dem Schädel betrug in den drei Fällen 3×2 cm, 3×3 cm und $4,5 \times 4$ cm

wellen; als die Kurve auf das Niveau des Grunddruckes zurückkehrte, wurden die Wellenhügel noch eine zeitlang durch B-Wellen mit vergrößerter Amplitude begleitet. Auf den mit größerer Papiergeschwindigkeit gefertigten Registraten kann deutlich beobachtet werden, daß sich parallel

mit der Erhöhung von Liquordruck die Amplitude der Pulsationswellen vergrößert hat, während sich der dynamische Einfluß des Atmens im Liquorraum verringerte (Abb. 4).

Der Unterschied zwischen den erwähnten hypertensiven Wellen und den Plateauwellen manifestierte sich

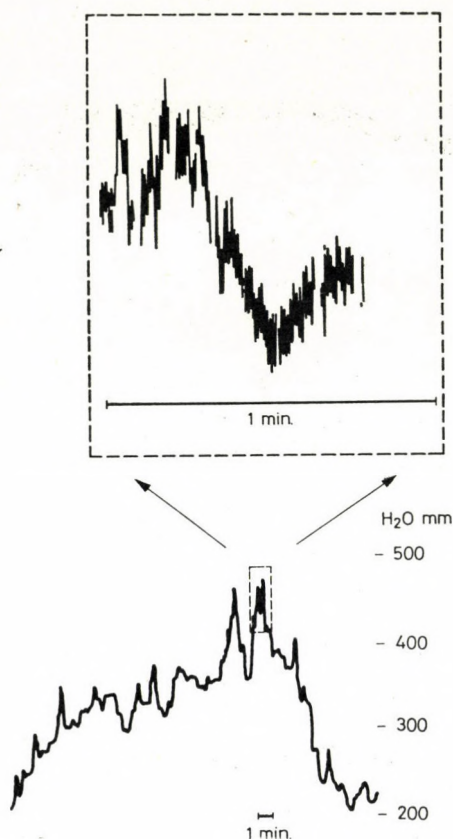


ABB. 3. Unten: geänderte A-Welle; oben: Registrat der sich auf dem Höhepunkt der A-Welle entwickelten B-Wellen mit größerer Papiergeschwindigkeit

nicht nur in der kegelartigen Form der ersterwähnten Gebilde, sondern auch in ihrer kleineren Amplitude, die im allgemeinen nur die Hälfte (200—400 mm H₂O) des Wertes von typischen Plateau-Wellen erreichte.

Die Dauer der hypertensiven Wellen schwankte zwischen 7 und 40 Minuten.

Die Wellenhügel folgten in 40—60minütigen Intervallen nacheinander (Abb. 2). Bei den einzelnen Patienten ließen sich einander ziemlich ähnliche Formationen erkennen: In ei-

nem Fall wiederholten sich z. B. periodisch doppelte Wellenhügel (Abb. 5).

In 9 Fällen erscheinen diese charakteristischen hypertensiven Wellenkegel nicht. In dieser Gruppe der Patienten waren einige typische Daten zu verzeichnen: Die in Tabelle II angeführten ersten sechs Kinder hatten eine äußerst weite Fontanelle, der Schädel war auf einem großen Gebiet offen. In den Fällen Nr. 6., 7. und 8. lag ein normaler Ausgangsdruck vor, nennenswerte Druckerhöhungen ließen sich nicht registrieren. In dem

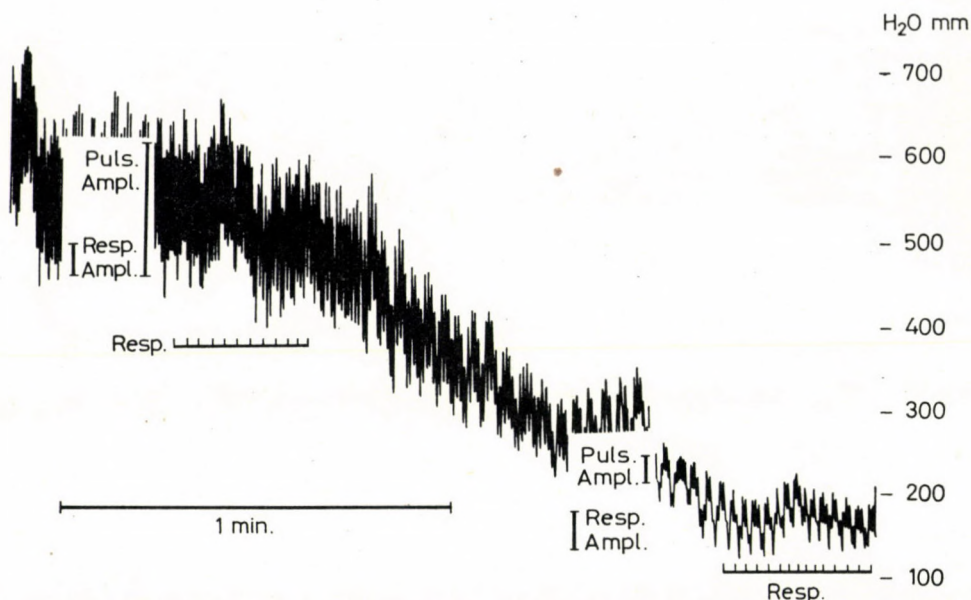


ABB. (oben) 4. Parallel mit dem Anstieg des intraventrikulären Druckes erhöht sich die Amplitude der durch die arterielle Pulsation bedingten dynamischen Änderungen, während sich der atembedingte dynamische Einfluß verringert. ABB. 5. (unten) Zs. B. 16 monatiges Kind (Dg.: hydrocephalus post meningoencephaliticum); Dauerregistrat des intraventrikulären Druckes. Durchmesser der großen Fontanelle: 4×4 cm. Die sich wiederholenden A-Wellen bilden Doppelkegel

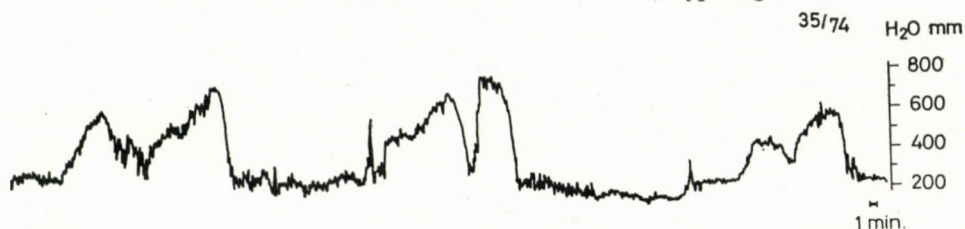


ABB. 5.

zweimal registrierten tumorösen Fall wurde die, die Ursache der Hypertension bildende tumorbedingte Passagierstörung bereits früher behoben.

BESPRECHUNG

Die den A-Wellen entsprechenden hypertensiven Dauerperioden können in der Mehrzahl der Fälle auch in den verschiedenen Phasen der Entwicklung

des im Säuglingsalter aufgetretenen Hydrozephalus beobachtet werden. Bei zwei Kindern, die mit im wesentlichen bereits verschlossenen Knochenschädel, nach dem Verschuß eine durch längere Zeit gut funktionierenden atrialen Shunts untersucht wurden, umwandelten sich diese hypertensiven Wellen in typische Plateauwellen. Bei mit offener Fontanelle oder mit einer damit gleichwertigen operativen Dekompression untersuch-

TABELLE II
Durchmesser- und Druckangaben
(9 Fälle)

No.	Name	Alter M = Monate J = Jahre W = Wochen	Durchmesser der Fontanelle bzw. der Dekompressions- öffnung cm	Ausgangs- druck	Maximaler Druck	Diagnose
				mm H ₂ O		
1.	A. T. 21/74	6 M	10×10	220	310	Hydrocephalus + Spina bif.
2.	Cs. M. 18/74	1 M	7×7	220	300	Verschuß des Aque- ductus
3.	J. V. 25/74	6 M	6×4	350	530	Hydrocephalus communicans
4.	J. K. 2/74	7 M	5×5	290	350	
5.	U. L. 14/74 20/74	1 1/2J	4,5×4,5	300 250	350 270	Operiertes Medullo- blastoma cerebelli
6.	R. F. 15/74	3 M	5×5	160	200	Hydrocephalus + Spina bif.
7.	Zs. G. 39/74	2 W	3×3	150	200	Verschuß des Aque- ductus
8.	F. B. 42/74	2 M	4×3	110	140	Hydrocephalus p. meningitidem
9.	A. P. 34/74	4 M	3,5×3	300	500	Verschuß des Aque- ductus

ten Kranken änderten sich die hypertensiven Wellen: Ihre Amplitude verringerte sich und auf ihrem Höhepunkt entwickelte sich anstatt eines anhaltenden, gleichmäßigen Druckniveaus eine kompensierende Blutdruckabnahme.

Die sich als Erklärung dieser Unterschiede erhobenen Erwägungen bezogen sich teils auf das zirkulierende Blutvolumen, teils auf die Rolle mechanisch-dynamischer Faktoren.

Laut LANGFITT [4] ist in der Entwicklung der Plateauwellen dem zerebralen Blutvolumen, also der vas-

kulären Resistenz eine Bedeutung beizumessen. Während jedoch unter Normalverhältnissen der Schädelinhalt zu etwa 80% aus Gehirnschubstanz, etwa 10% aus Liquor und ebenfalls zu rund 10% aus zirkulierendem Blut besteht, ist diese Proportion bei Hydrozephalus offensichtlich zu Gunsten des Liquors verschoben, und somit ist der Volumenanteil der Gehirnschubstanz wesentlich geringer. Auf diese Weise betrifft der pathologische Einfluß der Vasomotorparalyse ein bedeutend kleineres Volumen und auch das Maß der dynamischen Wirkung ist geringer.

Die Rolle der mechanisch-dynamischen Faktoren liegt auf der Hand. Es bedarf keiner besonderen Erklärung, daß bei der Entwicklung eines Hypertensionszustands durch die spontane oder künstliche Dekompression unverzüglich eine kompensierende Raumgewinnung zustandekommt, was zur Druckverminderung und gleichzeitig zur Mäßigung der Amplitude der sich entwickelnden hypertensiven Wellen führt. Durch eine extrem weite Dekompression wird indessen die Entwicklung derartiger Wellen bereits von vornherein verhindert.

Diese Hypothese wird durch unsere nächststehenden Beobachtungen unterstützt:

1. bei spontaner oder künstlicher Schädeldekompression entwickelten sich keine Plateauwellen mit klassischer Zeichnung;

2. dagegen entwickelten sich — unabhängig davon, ob es sich beim Säugling über Hydrozephalus oder Tumor handelte — geänderte A-Wellen;

3. falls sich auf dem Schädel keine Dekompressionsöffnung befand, kamen auch typische Plateauwellen vor, obwohl in diesen Fällen auch die Rolle des Verschlusses des früher befriedigend funktionierten atrialen Shunts in Frage kommen kann;

4. schließlich waren es gerade die weitesten Fontanellen, bei denen sich keine hypertensiven Wellenkegel entwickelten.

Die Untersuchungen ergaben ferner, daß im Dekompressionszustand zur Entwicklung dieser Hochdruck-Wellenhügel eine gewisse, zumindest milde Steigerung des Grunddruckes nötig ist. Zu diesem Druckanstieg gesellt sich aber nicht regelmäßig die Entwicklung von A-Wellen. Andererseits war bei den Säuglingen zur Entwicklung der hypertensiven Wellen kein so hohes Niveau des Grunddruckes nötig, wie bei den Erwachsenen, ihre ersten Zeichen ließen sich im allgemeinen bereits bei einem mäßig erhöhten Druck erkennen.

LITERATUR

1. BROCK, M., DIETZ, H.: Intracranial Pressure. Springer Verlag, Berlin—Heidelberg—New York 1972
2. HAYDEN, P. W., SHURTLEFF, D. B., FOLTZ, E. L.: Ventricular fluid pressure. Recordings in hydrocephalic patients. Arch. Neurol. **23**, 174 (1970)
3. HEMMER, R., PÄTZOLD, A.: Das Verhalten des Liquordruckes und Liquorpulses nach ventrikulo-aurikulären Drainagen. Acta neurochir. (Wien) **16**, 108 (1967)
4. LANGFITT, T. W.: Pathophysiology of increased ICP.: In: BROCK, M. und H. DIETZ: Intracranial Pressure. Springer Verlag, Berlin—Heidelberg—New York 1972. Pp. 361—364
5. LUNDBERG, N.: Continuous recordings and control of ventricular fluid pressure in neurosurgical practice. Acta psychiat. neurol. scand. **36**, Suppl. 149, 1960
6. NORNES, H., ROOTWELT, K., SJAASTAD, O.: Normal pressure hydrocephalus. Long-term intracranial pressure recording. Europ. Neurol. **9**, 261 (1973)
7. SYMON, L., DORSEH, M. W. C., STEPHENS, R. J.: Longterm measurement of extradural pressure in "low pressure" hydrocephalus. In: BROCK, M. und DIETZ, H.: Intracranial Pressure. Springer Verlag, Berlin—Heidelberg—New York 1972

Dr. E. PARAICZ

Amerikai út 57

H-1145 Budapest, Ungarn