

Die echoencephalographische Bestimmung des Clivus-Basilaris-Abstandes

K. VOIGT und K. KENDEL

Neurologische Universitätsklinik mit Abteilung für Neurophysiologie
Freiburg i. Br. (Direktor: Prof. Dr. R. Jung)

Eingegangen am 26. März 1970

*Determination of the Distance between Clivus and A. basilaris
by Echo-Encephalography*

Summary. The ultrasonic probe of a conventional echo-encephalography apparatus (A-mode) was applied to the occiput so that the echo of the *Clivus* was obtained at a suitable distance to that of the *pulsating reflection of the A. basilaris*. The mean distance from the *A. basilaris* to the *Clivus* as measured with this method was 6,3 mm in 50 patients between the ages of 10 and 57 years. In a group of 11 children under 10 years of age, average and distribution of the values were larger. The distribution is shown in a diagram (range: 3 to 11 mm). The limits are defined for pathological dislocations of the *A. basilaris* if it is pressed toward or away from the *Clivus*. These pathological limits are illustrated by two clinical examples. Pulse-curves of the *A. basilaris* have only been recorded in some cases with thin skull bones. Further technical improvements are necessary for recording the pulse-curves of the *A. basilaris* as a routine method.

Key-Words: Ultrasound — Echo-Encephalography — *A. basilaris* — Distance to *Clivus*.

Zusammenfassung. Mit üblichen Echoencephalographiegeräten (A-mode) lässt sich bei Beschallung vom Hinterhaupt aus ein *Clivusecho* und im entsprechenden Abstand davor eine *pulsierende Reflexion der A. basilaris* darstellen, dessen Clivus-abstand exakt messbar ist. Bei 50 Patienten im Alter zwischen 10 bis 57 Jahren wurde mit diesem Verfahren der Clivus-Basilaris-Abstand gemessen und ein Mittelwert von 6,3 mm errechnet. Bei 11 Kindern unter 10 Jahren war der Abstand im Durchschnitt größer und die Streuung breiter. Nach einer graphischen Darstellung der Verteilung der Abstandswerte (Bereich: 3—11 mm) werden die Grenzen für die pathologischen Befunde einer Basilarisanpressung oder Basilarisabhebung definiert und an je einem klinischen Beispiel veranschaulicht. Die Pulskurve der *A. basilaris* ist bisher nur in Einzelfällen mit dünnen Schädelknochen gut registrierbar. Zur routinemäßigen Pulskurvenregistrierung der *A. basilaris* mit Ultraschall sind noch weitere technische Verbesserungen notwendig.

Schlüsselwörter: Ultraschall — Echoencephalographie — *A. basilaris* — Clivus-abstand.

Die Echoencephalographie gehört für die Mittellinienbestimmung (Mittelecho) heute zu den unentbehrlichen diagnostischen Verfahren des Neurologen und Neurochirurgen. Nach Einführung dieser Untersuchungs-

technik vor 15 Jahren durch Leksell [6] gab es eine jahrelange Diskussion über die Frage, welche Strukturen das Mittelecho reflektieren. Da die Lage der Mittellinienstrukturen anatomisch klar ist, war diese lange Diskussion nur möglich durch die Unsicherheit der Richtung der manuell varierten Schallachse.

Vom 3. Ventrikel, dem Septum pellucidum und der Epiphyse kann ein Mittelecho erhalten werden. Je nach Ableitepunkt, Schallachsenrichtung und Form des Mittelechos ist die eine oder andere Reflektionsfläche als wahrscheinlicher Entstehungsort des Mittelechos anzusehen. In vielen Fällen ist eine sichere Entscheidung nicht möglich.

Hier liegt ein prinzipielles Problem der eindimensionalen Echoencephalographie. Nur verlässliche Orientierungspunkte ermöglichen eine sichere Bestimmung der Richtung der Schallachse. Ohne solche topographischen Bezugspunkte bleibt die Lokalisation nicht nur beim Mittelecho, sondern auch bei der Erfassung von sub- oder epiduralen Hämatomen, Cysten, Tumoren, Ventrikelwänden und Arterien unsicher.

Auch bei der von Freund u. Kapp [1] entwickelten Echopulsregistrierung von Arterienwänden beschränkt diese Lokalisationsunsicherheit die diagnostische Aussage. Für die Pulsregistrierung intrakranieller Arterien bestehen Verwechslungsmöglichkeiten mit den gefäßbenachbarten Hirn-Liquorpulsationen, so daß auch hier *topographische Bezugspunkte* und mehrere differenzierende Faktoren beachtet werden müssen.

Die topographische Beziehung der A. basilaris zum Clivus bietet für die echoencephalographische Darstellung sehr günstige Voraussetzungen für eine exakte Bezugspunktlokalisation von Arterie und Schädelbasis. Bei senkrechter Beschallung des Clivus vom Hinterhaupt aus kann man leicht ein eindeutiges *Clivusecho* erhalten. Mehr Übung und Erfahrung in der Echoencephalographie erfordert die Darstellung der pulsierenden Reflexionen von den Wänden der A. basilaris im entsprechenden Abstand zum Clivus. Die Ergebnisse und Probleme der *Bestimmung des Clivus-Basilaris-Abstandes mit Ultraschall* an einem größeren Krankengut sollen im folgenden dargestellt werden.

Außer einem Beitrag zur Clivusanpressung oder Clivusabhebung der A. basilaris sollen diese Untersuchungen eine Echopulsregistrierung der A. basilaris vorbereiten, die bisher nur bei dünnem Schädel in Einzelfällen gelingt. Wir hoffen, die Pulskurven der A. basilaris später zu verbessern und damit die Echopulsregistrierung intrakranieller Gefäße zu erweitern.

Methodik

Die Untersuchungen wurden z.T. mit einem Kretz-Echoencephalographiegerät (Typ 4100 ME, 1 MHz, Schallkopfdurchmesser 20 mm) und z.T. mit einem Siemens-Echoencephalographiegerät (Typ Krautkrämer, 2 MHz, Schallkopfdurch-

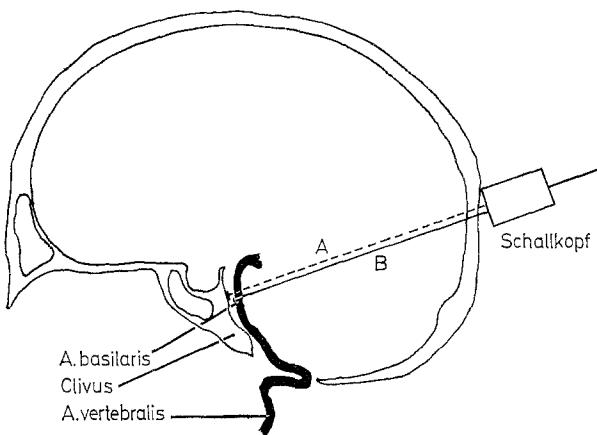


Abb. 1. Schematische Darstellung der Schallachsenrichtung bei Bestimmung des Clivus-Basilaris-Abstandes. A Clivusecho; B Basilarisecho

messer 15 mm) durchgeführt. Der Schallkopf wurde 3–4 Querfinger oberhalb der Protuberantia occipitalis externa in der Medianlinie aufgesetzt und beim Aufsuchen des Clivusechos höchstens 1 cm nach oben oder unten verschoben. An dieser Stelle ist der Schallkopf entsprechend der Kopfform und der erforderlichen Schallachsenrichtung nicht plan aufsetzbar, sondern an der Unterkante abgehoben, so daß reichlich Kontaktmittel (Aquasonic) notwendig ist.

Die Schallachsenrichtung zeigt die schematische Darstellung der Abb. 1. Bei Ausrichtung der Schallachse etwa in Richtung auf das Kinn, gelingt es in allen Fällen nach kurzer Zeit auf dem Oszilloskop ein steiles und eindeutiges Clivusecho darzustellen. Auch bei kleineren Veränderungen der Richtung des Schallkopfes in der Medianebene bleibt dieses Clivusecho nahezu konstant. Innerhalb des Bereichs, in dem ein eindeutiges Clivusecho erscheint, wird dann durch geringe Veränderungen der Schallachse nach einer pulsierenden Reflexion im Abstand von etwa 6 mm vor dem Clivusecho gesucht. Dabei sollten beide Echos (Clivus- und Basilarisecho) simultan dargestellt und mit der Polaroidkamera photographiert werden (s. auch Abb. 5).

Die Meßgenauigkeit ist entsprechend der Mittelechobestimmung mit etwa 1 mm anzugeben. Dabei ist zu beachten, daß von der clivusnahen Arterienwand gemessen wird. Als konkave Grenzfläche reflektiert die clivusnahe Wand mehr Schallenergie, so daß immer die größte pulsierende Reflexion als Meßpunkt gilt (s. Diskussion).

Beim Abheben des Schallkopfes wurde der Ableitepunkt durch Aufkleben eines Metallplättchens markiert und anschließend eine Röntgen-Schädelaufnahme im seitlichen Strahlengang angefertigt. Im Röntgenbild war somit die tatsächliche Entfernung zwischen Ableitpunkt und Clivus nachprüfbar. Beim Vergleich der an den Röntgenbildern gemessenen Werte mit den Echowerten ergab sich unter Berücksichtigung der projektionsbedingten geringen Vergrößerung im Röntgenbild eine gute Übereinstimmung.

Untersucht wurden insgesamt 65 Patienten im Alter von 4 Monaten bis 57 Jahren. Bei 4 Patienten (etwa 6 %) war trotz eindeutigen Clivusechos kein Basi-

larisecho zu erhalten; diese Patienten werden im weiteren nicht berücksichtigt. Die restlichen 61 Patienten wurden in zwei Altersgruppen aufgeteilt: Gruppe 1 ($n = 11$): 4 Monate bis 9 Jahre; Gruppe 2 ($n = 50$): 10 Jahre bis 57 Jahre.

Ergebnisse

Die Altersgruppe 1 (4 Monate bis 9 Jahre) zeigte in der Mehrzahl der Fälle auffällig hohe Abstandswerte zwischen Clivus und Basilaris, was durch die weiteren Basalsternen bei Kindern erklärt werden könnte. Die Hälfte der untersuchten Kinder wies einen regelrechten neurologischen Befund auf. Der andere Teil zeigte vom klinischen Befund her keinen Anhalt für einen Prozeß im Bereich der Kleinhirnbrückenwinkel oder der hinteren Schädelgrube. Der Clivus-Basilaris-Abstand variierte zwischen 3 und 9 mm, wobei sich in 6 Fällen ein Abstand von 8 mm fand (errechneter Mittelwert: 7,0).

Bei der Gruppe 2 (10—57 Jahre) fand sich am häufigsten ein Clivus-Basilaris-Abstand von etwa 6 mm. Die Verteilung der gemessenen Abstandswerte ist aus Abb. 2 ersichtlich.

Nach dem Kurvenverlauf ist eine Normalverteilung wahrscheinlich. Die Abstandswerte zwischen Clivus und Basilaris lagen bei der Gruppe 2 in einem Bereich zwischen 3—11 mm (errechneter Mittelwert: 6,3 mm). Sämtliche Meßwerte der Patienten, die keine Symptome von Seiten der hinteren Schädelgrube aufwiesen, lagen innerhalb der in der Literatur angegebenen Grenze für Anpressung oder Abhebung der A. basilaris. Allerdings finden sich keine übereinstimmenden Angaben über die Grenzwerte einer Basilarisanpressung bzw. -abhebung in der neuroradiologischen Fachliteratur. Krayenbühl u. Yasargil [4] berichten, daß der Abstand des apikalen Basilarisanteiles vom Dorsum sellae in 39% zwischen 1—5 mm, in 48% zwischen 5 und 9 mm und in 18% über 10 mm liegt. Über den Abstand des mittleren Bereiches der A. basilaris vom Clivus finden sich keine Angaben. Als Ausnahme wird über einen Fall mit einem Clivus-Basilaris-Abstand von 12 mm berichtet, wobei keine näheren klinischen Angaben mitgeteilt werden. Wenn man unterstellt, daß es sich bei diesem Fall noch um eine Normvariante gehandelt hat, sowie unter Berücksichtigung unserer Meßergebnisse, sollte bei Werten über 11—12 mm von einer *Basilarisabhebung* gesprochen werden (s. Abb. 2). Allgemein ist anzunehmen, daß die Genauigkeit der von uns gefundenen Grenzwerte durch die geringe Zahl von Messungen noch unzureichend ist. Anhand unserer Kurve ist anzunehmen, daß diese Grenzen noch enger gezogen werden können. Für den Bereich von mehr als 12 mm und weniger als 2 mm sollten weitere diagnostische Maßnahmen durchgeführt werden, zumal diese Untersuchung ohnehin nur bei Patienten mit Verdacht auf einen Prozeß der hinteren Schädelgruppe unternommen wird.

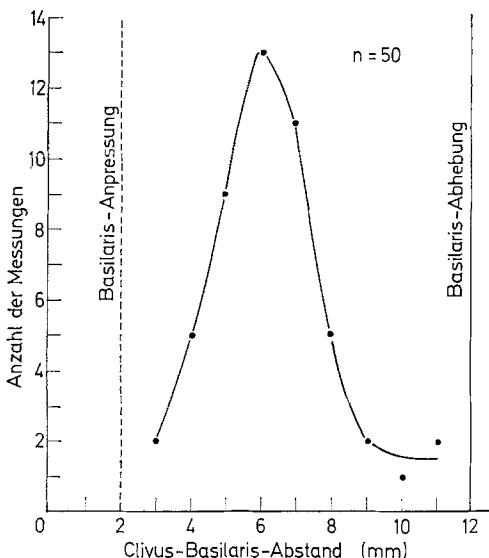


Abb. 2. Häufigkeitsverteilung des Clivus-Basilarisabstandes bei 50 Patienten (Gruppe 2)

Die *Basilarisanpressung* ist in der Fachliteratur zahlenmäßig nicht definiert. In der Praxis wird dieses Problem von einzelnen Kliniken unterschiedlich beurteilt, jedoch wird erfahrungsgemäß ein Abstand von mehr als 4 mm nicht pathologisch bewertet. Nach unseren Ergebnissen ist bei Werten *unter 2–3 mm* eine *Basilarisanpressung* anzunehmen. Bei den definierten Grenzbereichen wird jeweils der Abstand zur clivusnahen Arterienwand verstanden (s. Diskussion).

Als Beispiel für eine Basilarisabhebung können wir über einen 21-jährigen Patienten berichten, der bei einem Morbus Recklinghausen mit multiplen Meningeomen mehrfach neurochirurgisch operiert wurde. Zum Zeitpunkt der Untersuchung wurde ein Meningeom im linken Kleinhirnbrückenwinkel diagnostiziert (Abb. 3).

Eine Basilarisanpressung veranschaulicht eine 20-jährige Patientin, bei welcher unter dem Verdacht eines raumfordernden Prozesses in der hinteren Schädelgrube (Kopfschmerzen, Fallneigung nach links hinten, vertikaler Lagenstagnasmus) eine Brachialisangiographie rechts durchgeführt wurde. Dabei ergaben sich außer der in der Abbildung erkennbaren Basilarisanpressung an den Clivus, die im Echogramm (Abb. 4b und c) bestätigt wurde, kein sicher pathologischer Befund. Da die Patientin weitere diagnostische Untersuchungen ablehnte, bleibt die endgültige Diagnose ungeklärt.

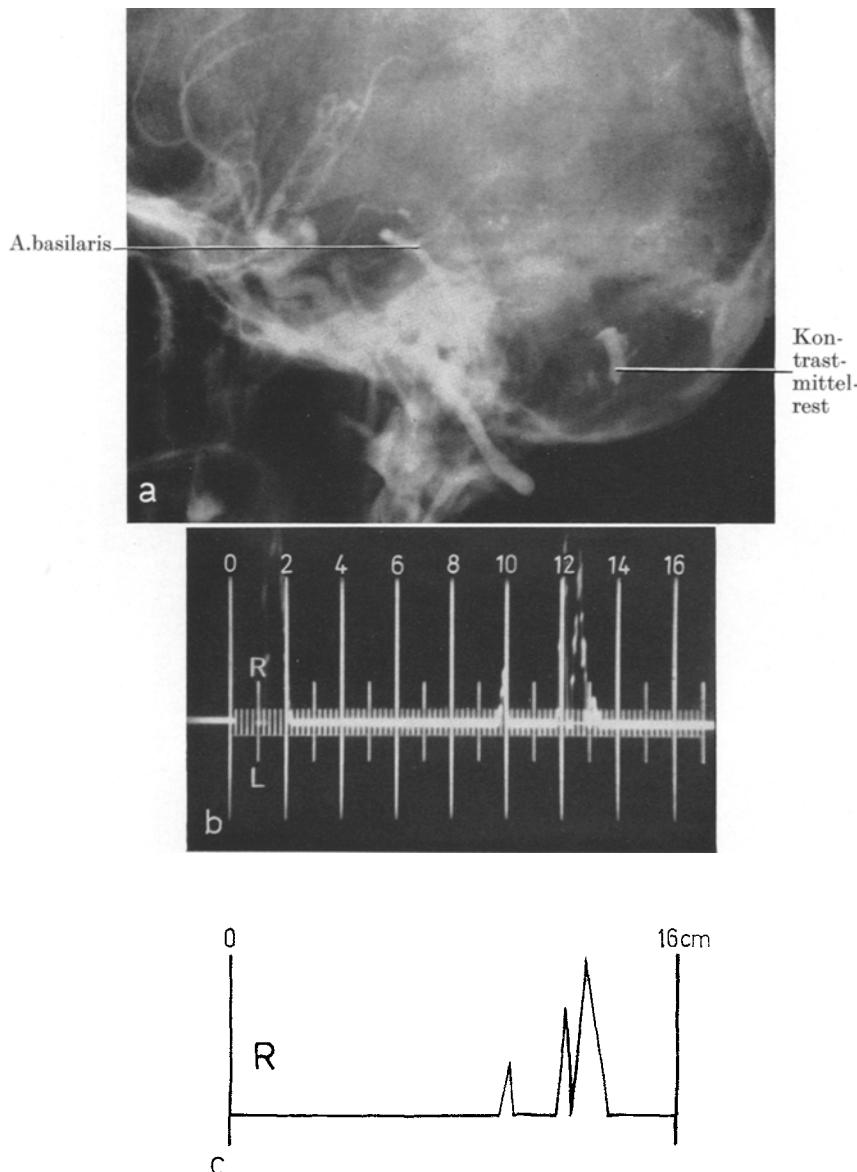


Abb. 3a-c. Abhebung der A. basilaris von dem Clivus bei Meningeom des Brückewinkels. a Brachialisarteriographie re.; b Polaroidbild des Echogrammes bei diesem Patienten; c Schematische Zeichnung des Echogrammes. 21 jähriger Patient: Neurofibromatose Recklinghausen mit multiplen Meningeomen

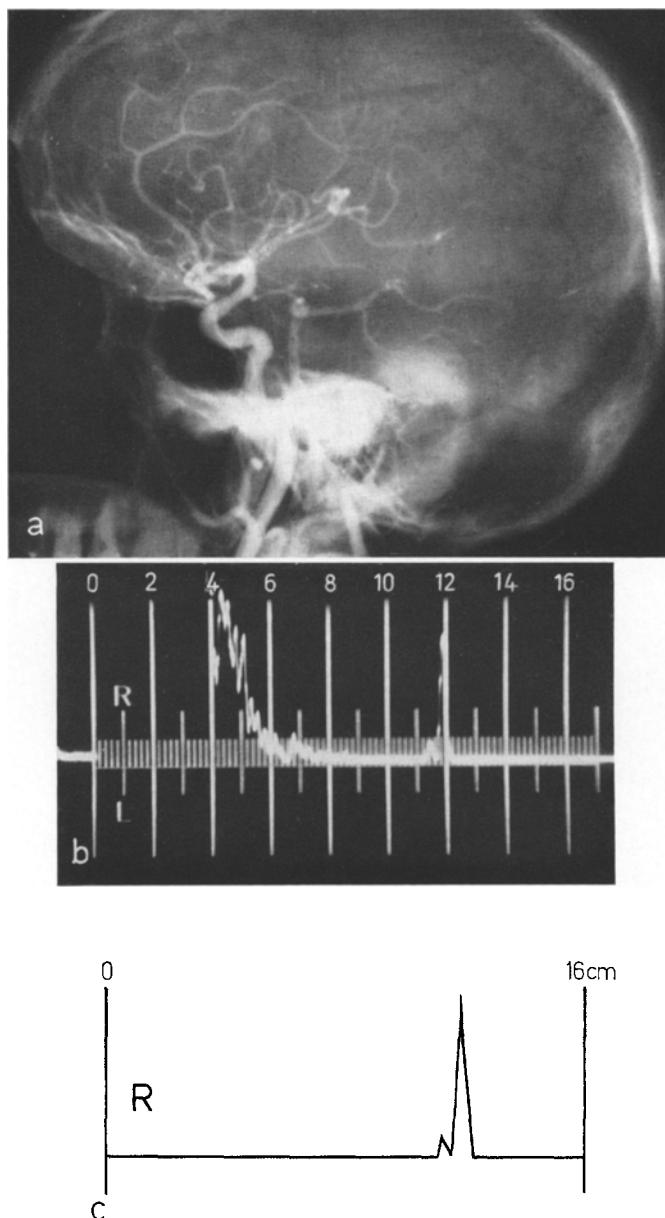


Abb. 4a—c. Anpressung der A. basilaris an den Clivus bei nicht verifiziertem Kleinhirntumor. a Brachialarteriographie re.; b Polaroidbild des Echogrammes bei dieser Patientin; c Schematische Zeichnung des Echogrammes

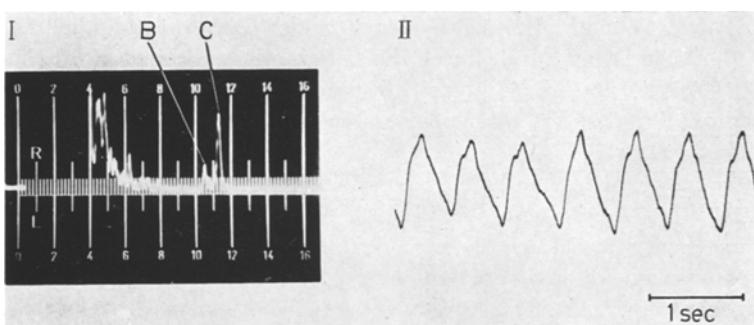


Abb. 5. Normaler Clivus-Basilarisabstand (6 mm) bei 5jährigem gesunden Kind. I: Polaroidaufnahme des Clivus (C)- und Basilaris (B)-Echos. II: Echopulskurve der A. basilaris

Diskussion

Der diagnostische Wert der Echoencephalographie bei Prozessen im Bereich der hinteren Schädelgrube ist bis heute gering. Nur indirekt kann die Messung der Weite des 3. Ventrikels zusammen mit dem klinischen Zustandsbild Hinweise auf einen Hydrocephalus occlusus geben. Ferner können Echopulsregistrierungen an der A. vertebralis im Bereich der Atlasschlinge zur Diagnose einer vertebro-basilären Insuffizienz beitragen [3, 7]. Weitergehende diagnostische Aussagen wären durch die Form und Amplitude der Basilarispulskurve als gemeinsame Endstrecke beider Vertebralarterien zu erwarten. Die bei anderen intrakraniellen Arterien schwierigere genaue Echolokalisation der reflektierenden Arterie als Voraussetzung einer echoencephalographischen Pulsregistrierung ist bei der A. basilaris einfacher wegen der engen topographischen Beziehung der A. basilaris zum Clivus, der nach unseren Untersuchungen echoencephalographisch leicht darzustellen ist. Doch sind gute Echopulskurven wegen der geringen Intensität durch die Schädelknochenabschwächung noch technisch schwierig, und wir haben uns daher zunächst mit der Tiefenbestimmung von qualitativen Aufzeichnungen der Pulsecholokalisation begnügt.

Bisher gelangen uns formgenaue Registrierungen der Basilarispulsation nur in Einzelfällen mit dünnen Schädelknochen (6 Fälle, meist Kinder unter 61 Patienten). Ein Beispiel einer Basilarispulsation zusammen mit dem Polaroidbild der Abstandsmessung zeigt Abb. 5. Zur Methodik der Pulskurvenregistrierung verweisen wir auf Arbeiten von Freund, Kapp u. Kendel [1, 2].

In der Mehrzahl der Fälle war die Intensität des pulsierenden Basilarisechos (vertikale Amplitude) nicht ausreichend, um im Arbeitsbereich des automatischen Peak-detectors zu bleiben. Die für die Pulsregistrie-

rung unzureichende Intensität der von der Gefäßwand reflektierten Schallenergie ist zum Teil durch die bei einzelnen Patienten erhebliche Kalottendicke am Ableitepunkt, aber auch durch die Entfernung der Occipitalschuppe vom Clivus mit Messungen im sog. Fernfeld zu erklären.

Ob bei den 4 Fällen, bei welchen keine Basilarisdarstellung vor dem Clivusecho gelang, diese technisch bedingte geringe Amplitude ausschlaggebend war, ist nicht sicher zu entscheiden. Ohne Berücksichtigung des klinischen Bildes wäre bei diesen Fällen eine nahezu komplette Basilarisanpressung zu diskutieren, da sich bei einem Clivus-Basilaris-Abstand unter 1 mm beide Echos nicht mehr getrennt darstellen lassen. Aus diesem Grunde sollte die echoencephalographische Diagnose einer Basilarisanpressung nur *in Zusammenhang mit den klinischen Symptomen* gestellt werden.

Ferner muß zur Entscheidung über eine Basilarisanpressung wegen des Durchmessers der A. basilaris selbst als weitere Voraussetzung gefordert werden, daß das Basilarisecho von der *clivusnahen Arterienwand* gemessen wird. In der Regel gelingt es, sowohl die clivusnahe als auch die clivusferne Arterienwand darzustellen, wobei immer die clivusnahe Wand die größere Amplitude erreicht. Wenn nur eine pulsierende Zacke zur Darstellung kommt, ist anzunehmen, daß die konkave *clivusnahe Wand* mehr Intensität reflektiert als die konvexe clivusferne Wand und somit die Möglichkeit einer Verwechslung als sehr gering anzusehen ist.

Auch am caudalen und rostralen Ende des Clivus sind *Fehlermöglichkeiten* für die Abstandsmessungen zu berücksichtigen. Nur im mittleren Drittel des Clivus ist ein annähernd paralleler Verlauf der A. basilaris zum Clivus zu erwarten. Die Schallachsenrichtung darf deshalb in der Sagittalebene nur in einem engen Bereich variiert werden. Ferner ist bei korrekter Schallachsenrichtung nach dem jeweils kleinsten Clivus-Basilaris-Abstand zu suchen. Diese Probleme haben bei neuroradiologischen Bestimmungen des Abstandes zwischen Clivus und Basilaris keine Bedeutung. Es ist bemerkenswert, daß trotz der guten Meßbedingungen bei Röntgenbildern der Abstand zwischen Clivus und Basilaris weder bezüglich der Grenzbereiche noch bezüglich der Verteilung bei Normalen quantitativ ausreichend untersucht wurde. In einer angiographischen Studie bei Basilarisangiographien von Kindern wird der durchschnittliche Abstandswert zwischen hinterem Clinoidforsatz und Basilarisknopf zwischen 2–10 mm angegeben (Durchschnittswert 6 mm), bei 20 Kindern mit Hydrocephalus wurden Werte von 0–7 mm (Durchschnitt 4,7 mm) gemessen und bei 6 Fällen mit Aquäduktsstenose wird ein Bereich von 3–16 mm (durchschnittlich 9 mm) angegeben [5].

Nach der Beurteilung unseres neuroradiologischen Materials ohne statistische Auswertung kann erwartet werden, daß sich der nach der

echoencephalographischen Methode bestimmte mittlere Clivus-Basilaris-Abstand und die von uns definierten Grenzbereiche für eine Basilarisanpressung oder -abhebung bestätigen werden.

Literatur

1. Freund, H.-J., Kapp, H.: Eine Methode zur Registrierung arterieller Pulsationen mittels Ultraschall. *Pflügers Arch. ges. Physiol.* **291**, 268 (1966).
2. — — Kendel, K.: Recording arterial pulse curves with ultrasound-experimental investigations and diagnostic possibilities. Proc. i. Echo-Encephalography. Intern. Symposium Erlangen, 14./15. 4. 1967. Berlin-Heidelberg-New York: Springer 1968.
3. Kendel, K., Voigt, K.: Der Vertebral-Kompressionstest. *Dtsch. Z. Nervenheilk.* **195**, 1 (1969).
4. Kräyenbühl, H., Yasargil, M.G.: Die zerebrale Angiographie. Stuttgart: Thieme 1965.
5. La Torre, E., Ochipinti, E., Pollicita, A.: Backward displacement of the upper part of the basilar artery in infantile hydrocephalus. *Acta radiol. (Stockh.)* **8**, 385 (1969).
6. Leksell, L.: Kirurgisk behandling av skallskador. Vortrag: Meeting of Svenska Läkarsällskapet, Stockholm, 7. 12. 1954.
7. Voigt, K., Kendel, K., Sauer, M.: Subclavian-steal-syndrome. Zur unblutigen Diagnose des Syndroms mit Ultraschall-Puls-Echo und Vetebral-Kompression. *Fortschr. Neurol. Psychiat.* **38**, 20 (1970).

Dr. med. K. Voigt
Dr. med. K. Kendel
Neurologische Universitätsklinik
D-7800 Freiburg i. Br., Hansastrasse 9