

**Röntgenanatomische Variationsstatistik
zur topographischen Beziehung zwischen A. basilaris
und Schädelbasisstrukturen:
Neuroradiologische Untersuchungen
an Vertebralis- und Brachialisangiographien**

K. VOIGT, TH. BRANDT und M. SAUER

Neurologische Universitätsklinik mit Abteilung für Neurophysiologie, Freiburg i. Br.
(Prof. R. Jung)

Eingegangen am 18. Januar 1972

Roentgentopographic Statistics
of the Correlations between A. basilaris and Skull Base:
Neuroradiological Examinations of Vertebral and Brachial Angiographies

Summary. Topographical correlations of the basilar artery to skull base structures as well as variations of branching and of diameter of the arteries near the base were studied by evaluating 63 brachial and 60 vertebral angiographies. Normal values were established by computing normal angiograms of adults and children. Abnormal values were found in angiograms of patients with arteriosclerosis and with infratentorial tumors.

In *normal angiograms (adults)* the average *distance between clivus and basilar artery* was 7.2 mm at the apex dorsi sellae, 4.9 mm at the lower edge of the dorsum sellae and 2.9 mm at a point 2 cm below the apex. At a distance of 2 mm and less the basilar artery is *pressed toward the clivus*. At a distance of 12 mm and more, the basilar artery is *ablated from the clivus*. In 67.6% of the cases the lateral deviation of the basilar artery was less than 2 mm.

Patients with *cerebral arteriosclerosis* showed a significant elongation of the basilar artery (48.5 mm) compared to the average normal value (38.5 mm). This elongation is combined with a marked elevation of the basilar artery above the apex (6.6 mm) and with lateral deviations up to 12 mm.

Children up to 10 years had larger basal cisterns with a distance between basilar artery and clivus of 7.96 mm at the apex dorsi sellae, of 6.0 mm at the lower edge of the dorsum sellae and of 3.8 mm at a point 2 cm below the apex. The median length of the basilar artery was 41.5 mm. Children have the highest elevation of the basilar artery above the apex (7.8 mm) which is due to the relative retardation of osseous maturation of the skull base in comparison to the brain stem and vessels.

It is of *diagnostical value* for *infratentorial tumors* when the basilar artery is *pressed toward* (less than 2 mm) or *away from* the clivus (more than 12 mm).

Key words: Vertebral Angiography — Basilar Artery — Distance to Clivus — Variations — Adults — Children — Arteriosclerosis — Infratentorial Tumors.

Zusammenfassung. Die topographischen Beziehungen der A. basilaris zu Schädelbasisstrukturen sowie Abgangsvarianzen und Kalibrigkeitsvergleiche der basisnahen Hirnarterien wurden an 63 Brachialis- und 60 Vertebralisangiogrammen quantitativ

untersucht. Normbereich und Grenzwerte wurden an normalen Angiogrammen von Erwachsenen und Kindern sowie bei cerebralen Gefäßprozessen und infratentoriellen Tumoren definiert.

Im *normalen Angiogramm (Erwachsene)* betrug der mittlere *Clivus-Basilaris-Abstand* vom Apex dorsi sellae 7,2 mm, vom Fußpunkt des Dorsum sellae 4,9 mm und 2 cm unterhalb des Apex 2,9 mm. Eine *Basilarisanpressung* ist bei 2 mm und weniger eine *-abhebung* bei mehr als 12 mm anzunehmen. Bei 67,6% verlief die A. basilaris in der Frontalebene mit Seitauslenkungen von weniger als 2 mm.

Bei *cerebraler Atherosklerose* fand sich eine deutliche Elongation der A. basilaris (48,5 mm) gegenüber dem mittleren Normwert (38,5 mm) mit ausgeprägtem Basilarisüberstand oberhalb des Apex (6,6 mm) und Seitauslenkungen der Arterie bis zu 12 mm.

Kinder bis zu 10 Jahren hatten weitere Basalcisternen mit einem Basilarisabstand von 7,96 mm vom Apex, vom Fußpunkt des Dorsum sellae 6,0 mm und 2 cm unterhalb des Apex von 3,8 mm. Die mittlere Basilarislänge betrug 41,5 mm. Kinder haben mit 7,8 mm den höchsten Basilarisüberstand infolge des relativen Entwicklungsrückstandes der knöchernen Schädelbasis gegenüber den Hirnstammstrukturen und Gefäßen.

Bei *infratentoriellen Tumoren* ist eine Basilarisanpressung (weniger als 2 mm) und *-abhebung* (mehr als 12 mm) diagnostisch verwertbar.

Schlüsselwörter: Vertebralisangiographie — A. basilaris — Clivusabstand — Variationen — Erwachsene — Kinder — Atherosklerose — Infratentorielle Tumoren.

Die Auswertung der Vertebralisangiographie für die Diagnostik raumfordernder Prozesse der hinteren Schädelgrube ist bis heute wegen der Kleinheit und speziellen knöchernen Begrenzung des infratentoriellen Raumes sowie der Verlaufsvarianz seiner Gefäße schwierig. Vergleichende Untersuchungen klinischer Befunde und Angiogramme, Leichenangiogramme und pathologisch-anatomischer Präparate führten (im Gegensatz zur Carotisangiographie im supratentoriellen Bereich) zu unterschiedlichen Beurteilungen der *Wertigkeit von Angiogrammen für die Darstellung raumfordernder Prozesse im Bereich des vertebrobasilären Systems* (Columella, 1952; Decker, 1951; Lindgren, 1950; Ruggiero u. Constants, 1954; Sjögren, 1953). Es fehlen ausreichende Kenntnisse der *Normvarianzen der A. basilaris* und ihrer Äste in bezug auf Verlauf, Form, Größe und ihre Lage zu den knöchernen Strukturen (Lindgren, 1954).

Nach Krayenbühl u. Yasargil (1965) vereinigen sich die beiden Aa. vertebrales in 66% in Höhe des caudalen Randes der Brücke zur unpaaren A. basilaris (22% caudal, 12% cranial davon). Die Höhe der Vereinigungsstelle sowie der Clivus-Basilaris-Abstand im unteren Drittel sind dabei abhängig vom Aufbau der Schädelbasisknochen. Im mittleren Drittel verläuft die A. basilaris normalerweise in einem nach rostral konvexen Bogen annähernd parallel zum Clivus durch die Cisterna pontis. Das terminale Drittel weist erhebliche interindividuelle und altersabhängige Unterschiede hinsichtlich der Lage und dem Abstand zum Dorsum sellae auf.

In der Frontalebene zeigt die A. basilaris einen nicht minder normvarianten Verlauf. Sie verläuft nur in 25% median (Adachi, 1928; Boeri u. Passerini, 1964), nach Cavatorti (1907) sogar nur in 16%. Die Häufigkeitsverteilung der Verlaufsvarianten der A. basilaris in der Frontalebene ist untersucht, jedoch ohne zahlen-

mäßige Angaben über das Ausmaß der Seitverlagerung (Krayenbühl u. Yasargil, 1957). Die gleichen Autoren beschrieben auch Abstandsvariationen und Höhendifferenzen zwischen Basilarisknopf und Dorsum sellae. Der mittlere Clivus-Basilaris-Abstand mit definierten Grenzbereichen einer Basilarisanpressung bzw. -abhebung ist bisher nur echoencephalographisch untersucht (Voigt u. Kendel, 1970).

Es ist bemerkenswert, daß trotz der guten röntgenanatomischen Meßbedingungen keine qualitativ und statistisch ausreichenden Untersuchungen der Normverteilungen mit Grenzbereichen für den Clivus-Basilaris-Abstand sowie der Verlaufs-, Längen- und Kalibrigkeitsvarianzen der A. basilaris bekannt sind. Im folgenden werden an einem größeren neuro-radiologischen Material die topographischen Beziehungen der A. basilaris zu den Schädelbasisstrukturen samt Abgangsvarianzen und Kalibrigkeitsvergleichen der basisnahen Arterien bei normalen und pathologischen Befunden an Kindern und Erwachsenen meßtechnisch dargestellt und quantitativ definiert.

Material und Methodik

123 Angiographien: 63 Brachialis-, 60 Vertebralisangiographien.

Brachialisangiographien (61 re., 2 li.) nach percutaner Punktionspunction der Arterie im Cubitalbereich und retrograder Überdruckinjektion mit einer Injektionsmaschine.

Vertebralisangiographien (31 re., 29 li.) zu etwa gleichen Teilen nach percutaner Punktionspunction der Arterie im Bereich der Atlasschlinge oder nach selektiver Katheterisierung einer Vertebralarterie mittels Femoraliskatheter. Es wurden nur solche Angiogramme ausgewählt, bei denen auch die kontralaterale Vertebralarterie via Reflux mindestens bis zur Atlasschlinge mitgefüllt war.

Tabelle 1. Gruppeneinteilung nach angiographischem Befund und Alter

Gruppe	Symbol	Angiographischer Befund	Alter (\bar{x})	Anzahl	Brachialis-angiographien	Vertebralis-angiographien
1	•	Normalbefund	36 Jahre (11—56)	68	35	33
2	○	allg. cerebraler Gefäßprozeß	56 Jahre (40—68)	32	15	17
3	□	Normalbefund	6 Jahre (2—10)	13	9	4
4	■	infratentorielle Tumoren	35 Jahre (14—58)	10	4	6

Meßpunkte im seitlichen und a.p. Strahlengang. Die Meßstrecken für die Höhendifferenz Basilarisknopf—Apex dorsum sellae (a), den Clivus-Basilaris-Abstand (b—d), Basilarislänge (e) sowie ihre Verlagerung aus der Medianebene im frontalen Strahlengang (f) sind in Abb. 1 angegeben.

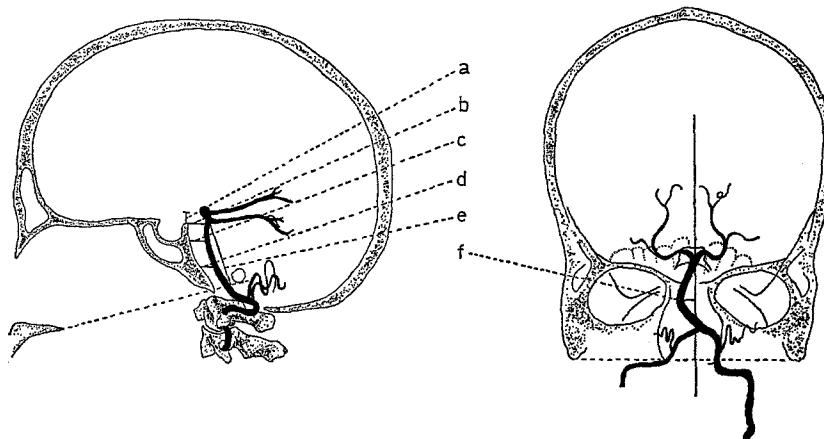


Abb. 1. Meßpunkte zur topographischen Beziehung zwischen A. basilaris und knöchernen Schädelbasisstrukturen. Seitlicher Strahlengang: *a* + oder - Höhendifferenz zwischen Basilarisknopf und Apex dorsi sellae (Senkrechte auf einer vom Tuberculum sellae über die Processus clinoidi gezogenen Hilfslinie). *b* Abstand der rostralen Basilariswand zum Apex dorsi sellae. *c* Abstand der rostralen Basilariswand vom Clivus in Höhe des Sellabodens. *d* Abstand der rostralen Basilariswand vom Clivus 2 cm unterhalb des Apex dorsi sellae. *e* Gesamtlänge der Basilaris vom Basilarisknopf bis zum Schnittpunkt mit einer Hilfslinie vom Os incisivum zum Unterrand des Porus acusticus externus. *a.p.* Strahlengang: *f* Seitverlagerung der A. basilaris aus der Medianebene, gemessen als maximaler Abstand der medialen Basilariswand zum Mittellot der Bimastoidlinie (bei s-förmigem Verlauf wurde nur die größte Seitverlagerung ausgemessen)

Außerdem wurden gemessen:
 maximaler Durchmesser der A. basilaris im a.p.- und seitlichen Strahlengang; vergleichend die Durchmesser der A. vertebralis (Atlasschlinge) und der A. carotis (Siphonbereich) in den rechtsseitigen Brachialisangiogrammen (Gruppe 1: $n = 35$; Gruppe 2: $n = 15$; Gruppe 3: $n = 9$); im Seitenvergleich die Durchmesser beider Vertebralarterien bei den Vertebralisangiogrammen (Gruppe 1: $n = 33$; Gruppe 2: $n = 17$; Gruppe 3: $n = 4$).

Bei den Brachialisangiogrammen wurden der Abgang der homolateralen, bei den Vertebralisangiogrammen der Ursprung beider Aa. cerebelli inferiores posteriores nach Möglichkeit bestimmt und statistisch erfaßt.

Ergebnisse

1. Höhendifferenzen zwischen Basilarisknopf und Apex dorsi sellae (Abb. 2 und 3)

Bei Patienten mit normalem angiographischen Befund (Gruppe 1) variierte die Höhe des Basilariskopfes (*a*) von 4 mm unterhalb bis 8 mm oberhalb des Apex dorsi sellae [Mittelwert (\bar{x}): 1,99 mm oberhalb; Standardabweichung (s): 2,56 mm]. Bei Patienten mit klinischen und angiographischen Anzeichen für einen allgemeinen

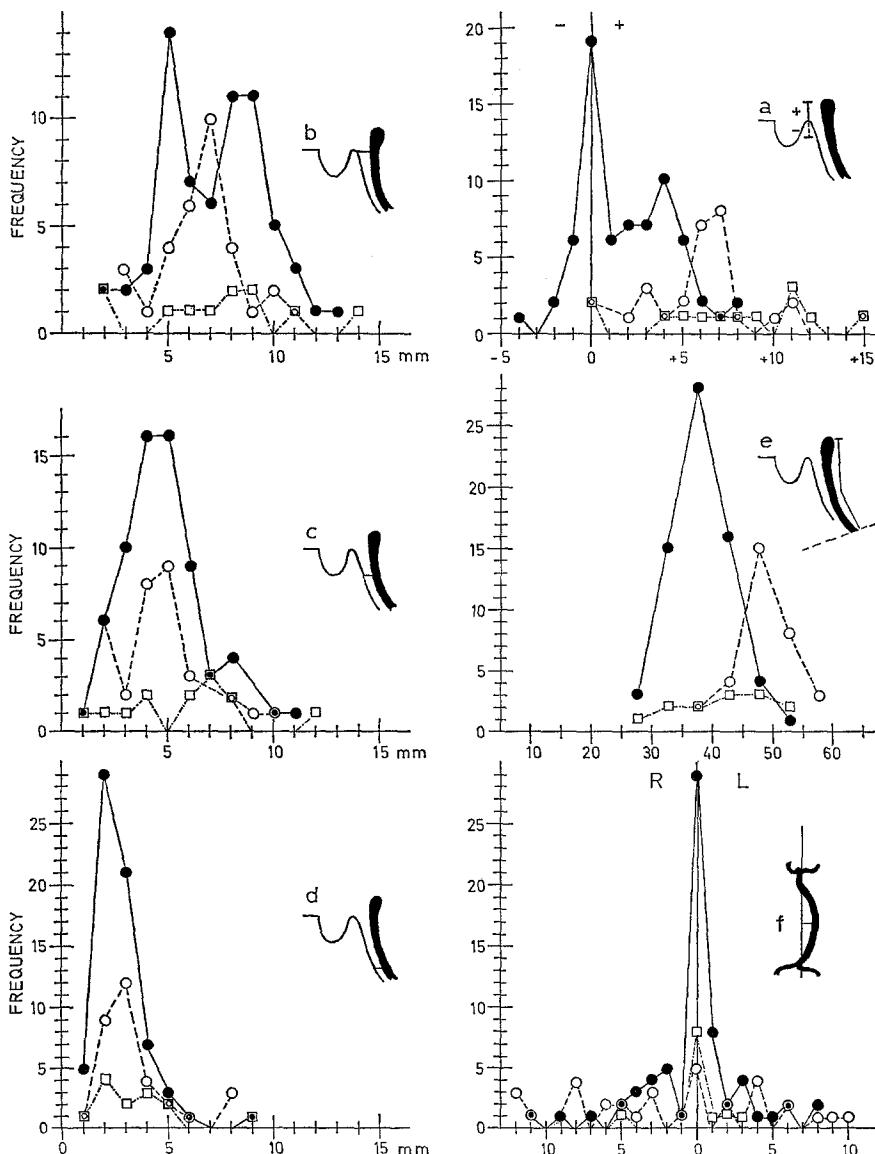


Abb. 2. Häufigkeitsverteilung der Meßwerte für den Überstand bzw. Unterstand des Basilarisknöpfes gegenüber dem Dorsum sellae (a), den Clivus-Basilaris-Abstand (b-d), die Basilarislänge (e) und die maximale Seitverlagerung der A. basilaris aus der Medianebene. Die Messungen erfolgten an normalen Vertebralis- und Brachialisangiogrammen (●), an Angiogrammen mit arteriosklerotischem Gefäßprozeß (○) und an Kinderangiogrammen (□).

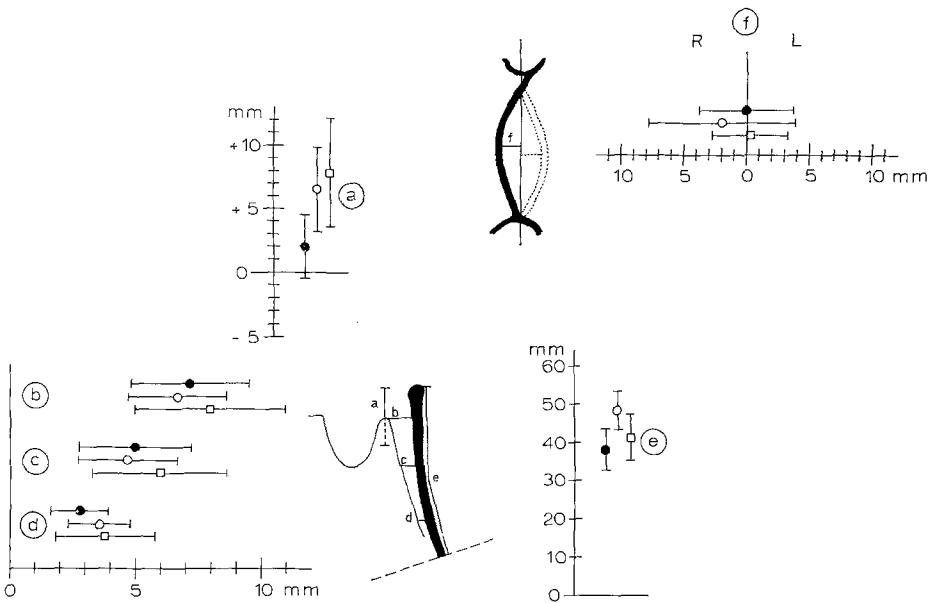


Abb. 3. Mittelwerte und Standardabweichungen des Überstandes bzw. Unterstandes des Basilarisknöpfes gegenüber dem Dorsum sellae (a), des Clivus-Basilaris-Abstandes (b-d), der Basilarislänge (e) und der maximalen Seitverlagerung der A. basilaris aus der Medianenebene für normale Angiogramme (•), Angiogramme mit arteriosklerotischem Gefäßprozeß (○) und Kinderangiogramme (□)

cerebralen Gefäßprozeß (Gruppe 2) schwankte die Höhe des Basilarisknöpfes zwischen 0 und 15 mm oberhalb des Apex dorsi sellae (\bar{x} : 6,5 mm oberhalb; s : 3,40 mm). Kinder bis zu 10 Jahren mit normalem angiographischen Befund (Gruppe 3) zeigten ebenfalls einen deutlichen Überstand des Basilarisknöpfes von 0–15 mm (\bar{x} : 7,76 mm; s : 4,55 mm). Bei infratentoriellen Raumforderungen wurde ein mittlerer Überstand von 0,75 mm (s : 1,95 mm) gemessen.

Der Basilarisknöpf übertritt in der Regel die Spitze des Dorsum sellae, obwohl im Erwachsenenangiogramm ein leichter Unterstand (bis zu wenigen Millimetern) noch im Bereich der Norm liegt. Bei der Arteriosklerose findet sich ein ausgeprägter Überstand; dieser findet sich auch im normalen Angiogramm von Kindern, bei denen die höchsten Werte gemessen wurden (Abb. 5a und b).

2. Abstandsmessungen zwischen A. basilaris und Dorsum sellae bzw. Clivus (Abb. 2 und 3)

Die Abstandsweiten zwischen Apex dorsi sellae und Basilaris (b) lagen bei der Gruppe 1 in einem Bereich zwischen 2 und 13 mm (\bar{x} : 7,19 mm; s : 2,40 mm), bei der Gruppe 2 zwischen 3 und 11 mm (\bar{x} : 6,71 mm; s : 1,29 mm), bei der Gruppe 3

zwischen 5 und 14 mm (\bar{x} : 7,96 mm; s : 3,36 mm) und bei der Gruppe 4 in einem Bereich von 0–5 mm (\bar{x} : 2,20 mm; s : 1,97 mm). Am Fußpunkt des Dorsum sellae (c) hatte die Basilaris bei der Gruppe 1 einen Abstand zwischen 1 und 11 mm (\bar{x} : 4,92 mm; s : 2,20 mm); die Werte für die Gruppe 2 lagen zwischen 2 und 10 mm (\bar{x} : 4,73 mm; s : 1,98 mm), für die Gruppe 3 zwischen 1 und 12 mm (\bar{x} : 6,0 mm; s : 2,74 mm) und für die Gruppe 4 zwischen 0 und 3 mm (\bar{x} : 1,55 mm; s : 1,41 mm). 2 cm unterhalb des Apex dorsi sellae betragen die Meßwerte für den Clivus-Basilaris-Abstand (d) in Gruppe 1 zwischen 1 und 9 mm (\bar{x} : 2,88 mm; s : 1,26 mm), für die Gruppe 2 zwischen 1 und 8 mm (\bar{x} : 3,69 mm; s : 1,24 mm), für die Gruppe 3 zwischen 1 und 9 mm (\bar{x} : 3,8 mm; s : 2,04 mm) und für die Gruppe 4 zwischen 0 und 1,5 mm (\bar{x} : 0,75 mm; s : 0,74 mm).

In allen 4 Gruppen war der Basilaris-Schädelbasis-Abstand in Höhe des Apex dorsi sellae am weitesten und zeigte die größten Streubreiten, um dann, entsprechend dem normalerweise nach rostral konvexen Basilarisverlauf, bis zum Meßpunkt 2 cm unterhalb des Apex dorsi sellae auf über die Hälfte abzunehmen. Aus Abb. 3 b, c und d ist ersichtlich, daß der mittlere Apex- bzw. Clivus-Basilaris-Abstand in den Gruppen 1 und 2 nicht signifikant differiert. Bei Kindern ist der Apex- bzw. Clivus-Basilaris-Abstand im Mittel weiter als bei Erwachsenen. Infratentorielle Raumforderungen führen in der Regel zu einer deutlichen Clivus-Anpressung.

3. Längenmessungen der *A. basilaris* (Abb. 2 und 3)

Da die Messungen im seitlichen Strahlengang vorgenommen wurden, konnten Seitausbuchtungen der Basilaris in der Sagittalebene bei der Gesamtlängenbestimmung nicht berücksichtigt werden. Die angegebenen Werte stellen also nicht die absolute Länge der *A. basilaris* dar, sondern sind approximative Werte für Gruppenvergleiche bei standardisierter Meßmethode.

Für die Gruppe 1 betrug der Mittelwert für die Gesamtlänge der Basilaris im seitlichen Strahlengang 38,52 mm (s : 4,62 mm), für die Gruppe 2 48,46 mm (s : 5,06 mm), für die Gruppe 3 41,46 mm (s : 7,33 mm) und für die Gruppe 4 36,30 mm (s : 5,29 mm).

Erwartungsgemäß war die Gesamtlänge der Basilaris in der Gruppe der Arteriosklerotiker am längsten. Der auffallend hohe Mittelwert für die Gruppe 3 kann u.a. durch den geraderen Verlauf der Basilaris in der Frontalebene erklärt werden.

4. Seitverlagerungen der *A. basilaris* in der Sagittalebene (Abb. 2 und 3)

In der Gruppe 1 fand sich eine mittlere Seitverlagerung der *A. basilaris* von 0,08 mm nach rechts (s : 3,27 mm), in der Gruppe 2 von 2,0 mm nach rechts (s : 6,34 mm), in der Gruppe 3 von 0,3 mm nach links (s : 2,48 mm) und in der Gruppe 4 von 1,9 mm nach links (s : 4,82 mm).

Die geringsten Verlaufsvarianten in der Sagittalebene zeigte die Basilaris in der Gruppe 3. Es ist interessant, daß die Meßwerte für die Seitausbuchtungen der Basilaris in der Gruppe mit allgemeinem cerebralen Gefäßprozeß höher lagen als bei infratentoriellen raumfordernden Prozessen.

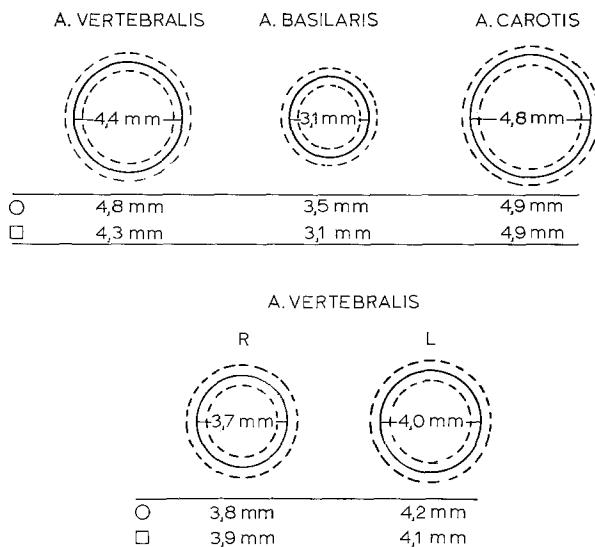


Abb.4. Vergleich der mittleren Gefäßkaliber mit Standardabweichungen der A. vertebralis, A. basilaris und A. carotis im seitlichen Strahlengang der Brachialisangiogramme (oberer Bildanteil), sowie rechter und linker Vertebralarterie im a.p. Strahlengang der Vertebralisangiogramme (unterer Bildanteil). Außerdem sind die arithmetischen Mittel für Angiogramme mit arteriosklerotischem Gefäßprozeß (○) und für Kinderangiogramme (□) angegeben

5. Kalibrigkeitsvergleiche der hirnversorgenden Arterien (Abb.4)

Ebenso wie bei der Bestimmung der Gesamtlänge der Basilaris können die hier angegebenen Durchmesser der Arterien nicht als absolute Werte angesehen werden. Da aus technischen Gründen die Durchmesser der Arterien an Brachialisangiographien im seitlichen (Abb.4, obere Hälfte), die seitenvergleichenden Vertebralisdurchmesser im sagittalen Strahlengang (Abb.4, untere Hälfte) an Vertebralisangiographien bestimmt wurden, können gruppenvergleichende Aussagen wegen des unterschiedlichen Vergrößerungseffektes in den beiden Strahlengängen nur innerhalb der jeweiligen Angiographiekategorie getroffen werden.

Die Durchmesserbestimmungen der Basilaris im seitlichen und a.p. Strahlengang differierten nicht signifikant. Für die Gruppe 1 betrug die durchschnittliche Basilarisweite 3,1 mm ($s: 0,64$ mm), für die Gruppe 2 3,5 mm ($s: 0,74$ mm) und für die Gruppe 3 ebenfalls 3,1 mm ($s: 1,1$ mm). Die durchschnittliche Weite der rechten A. vertebralis im Bereich der Atlasschlinge betrug in der Gruppe 1 4,4 mm ($s: 0,71$ mm), in der Gruppe 2 4,8 mm ($s: 0,95$ mm) und in der Gruppe 3 4,3 mm ($s: 0,90$ mm), während das Lumen der rechten A. carotis interna im Siphonbereich in der Gruppe 1 eine durchschnittliche Weite von 4,8 mm ($s: 0,69$ mm), in der Gruppe 2 von 4,9 mm ($s: 0,20$ mm) und in der Gruppe 3 von 4,9 mm ($s: 0,87$ mm) hatte. Die an den Vertebralisangiographien gefundenen seitenvergleichenden Durchschnittsweiten der rechten und linken Vertebralarterie sind in Tab.2 und Abb.4 aufgeführt (Abb.6a und b).

Tabelle 2. *Mittelwerte und Standardabweichungen der Durchmesser von rechter und linker A. vertebralis im sagittalen Strahlengang*

	A. vertebralis re.	A. vertebralis li.
Gruppe 1 (n = 33)	\bar{x} : 3,7 mm s: 0,81 mm	\bar{x} : 4,0 mm s: 0,87 mm
Gruppe 2 (n = 17)	\bar{x} : 3,8 mm s: 0,61 mm	\bar{x} : 4,2 mm s: 0,64 mm
Gruppe 3 (n = 4)	\bar{x} : 3,9 mm s: 0,50 mm	\bar{x} : 4,1 mm s: 0,52 mm

In der Gruppe 2 fanden sich für alle Arterien die größten durchschnittlichen Weiten. Bei allen 3 Gruppen war die rechte A. carotis interna nur unwesentlich weiter als die rechte A. vertebralis. Es ist erstaunlich, daß die durchschnittlichen Lumenweiten der basisnahen Arterien bei Kindern unter 10 Jahren gegenüber den Normalpersonen keine signifikanten Unterschiede aufwiesen. Bei den Seitenvergleichenden Durchmesserbestimmungen beider Vertebralarterien war übereinstimmend in allen Gruppen im Mittel die linke A. vertebralis weiter als die rechte. In 3 Fällen (5%) fand sich jeweils auf der rechten Seite eine hypoplastische, fadenförmige A. vertebralis mit einer Lumenweite von 1 mm oder weniger.

6. Abgangsvarianzen der A. cerebelli inferior posterior

Bei der Gesamtzahl von 123 Angiographien waren eine (bei Brachialisangiographien) oder beide (bei Vertebralisangiographien) Aa. cerebelli inferiores posteriores in 115 Fällen (93,5%) dargestellt. Die rechte A. cerebelli inferior posterior fehlte auf den Brachialisangiographien zweimal. Auf den Vertebralisangiographien waren dreimal die rechte, zweimal die linke und in einem Falle beide Aa. cerebelli inferiores posteriores nicht dargestellt. Es fehlte somit auf den Angiogrammen doppelt so häufig die rechte wie die linke hintere Kleinhirnarterie. Bei Darstellung nahm die A. cerebelli inferior posterior unter den 115 Angiographien ihren Ursprung sechsmal (5,2%) aus der A. basilaris, davon dreimal (2,6%) auf der rechten und zweimal (1,7%) auf der linken Seite; in einem Falle (0,8%) gingen beide Aa. cerebelli inferiores posteriores aus der A. basilaris ab.

Bei den Kinderangiogrammen wies die A. cerebelli inferior posterior im Verhältnis zu den übrigen Arterien des vertebrobasilären Systems ein auffallend starkes Kaliber auf und erreichte durchschnittlich die Weite der A. cerebri posterior.

Es ist anzunehmen, daß die Gesamtzahl der vorgenommenen Messungen lediglich für die Gruppen 1 und 2 hoch genug ist, um eine ausreichende

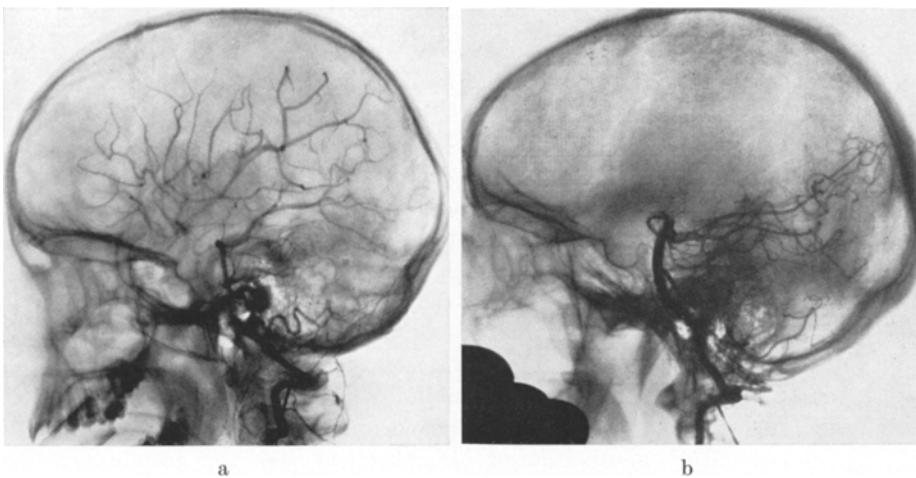


Abb. 5a und b. *Basilarisüberstand*. a Vertebralisangiogramm rechts eines 8-jährigen Kindes mit Überstand des Basilarisknopfes oberhalb des Apex dorsi sellae, weiter Cisterna pontis und kaliberkräftiger A. cerebelli inferior posterior. b Vertebralisangiogramm rechts eines 61-jährigen Mannes mit arteriosklerotisch erweiterter und über den Apex dorsi sellae elongierter Basilararterie

Genauigkeit der Grenzwerte im Rahmen der von uns gefundenen Normalbereiche zu gewährleisten. Die Meßwerte für die Kindergruppe ($n = 13$) können nur qualitative oder tendenzielle Unterschiede zu Erwachsenenangiogrammen aufzeigen. Da die Gruppe 4 mit infratentoriellen Raumforderungen in bezug auf Lokalisation und Größe ein inhomogenes Kollektiv darstellt, wurde darauf verzichtet, die Meßdaten in Kurvenform abzubilden.

Diskussion

Im Gegensatz zum Carotissystem findet sich beim vertebrobasilären System in bezug auf Ursprung, Verlauf, Größe und Form der Gefäße eine größere interindividuelle und altersabhängige Variabilität, über die sogar die Meinungen der Anatomen nicht immer übereinstimmen.

Bei Arteriosklerose findet sich besonders häufig eine elongierte A. basilaris mit Ansteigen des Basilarisknopfes in Richtung des Bodens des III. Ventrikels, der durch die Spitze der A. basilaris imprimiert werden kann (Dettori et al., 1966), oder die A. basilaris verläuft in deutlichem Bogen nach dorsal in Richtung der Fossa interpeduncularis (Krayenbühl u. Yasargil, 1957). Auch bei Kindern kann das rostrale Ende der A. basilaris nach La Torre et al. (1969) und Raimondi u. White (1967) hoch in der Cisterna interpeduncularis liegen. Die pathologische Anatomie des ver-

tebrobasilären Systems ist durch Verlagerung der A. basilaris und ihrer Äste bei raumfordernden Prozessen im Bereich der Kleinhirnbrückenwinkel oder der hinteren Schädelgrube charakterisiert. Auch ein retrosellärer Tumor im Bereich des III. Ventrikels kann das terminale Drittel der A. basilaris nach dorsal abknicken (Yasargil, 1962). Über Abdrängungen des Basilarisknopfes vom Dorsum sellae durch einen dilatierten und durch den Tentoriumschlitz herniierten III. Ventrikel berichten Scatliff et al. (1967), Schechter u. Zingesser (1967) und La Torre et al. (1969). Letztere Autoren halten eine Dorsalverlagerung des Basilarisknopfes von über 9 mm gegenüber den hinteren Clinoidfortsätzen für pathognomonisch für eine Aquäduktenstenose. Andererseits fanden Krayenbühl u. Yasargil (1957) in ihrem Material einen Basilarisabstand von 10 mm und mehr in 18% ihrer Normalfälle. Eine Voraussetzung für die sichere Beurteilung von Angiographien des vertebrobasilären Systems ist die Kenntnis normvarianter Grenzbereiche der topographischen Anatomie der A. basilaris und ihrer Äste in ihrem Verhältnis zu den Schädelbasisstrukturen.

Variationsbereich und Grenzwerte von Lagebeziehungen, Gefäßweiten und -abgängen des vertebrobasilären Systems im normalen Angiogramm von Erwachsenen

Im seitlichen Strahlengang ist die A. basilaris durch einen frontalwärts zum Clivus konvexen Verlauf gekennzeichnet, um sich auf Höhe des Dorsum sellae, d.h. am oralen Ende der Brücke, in die Aa. cerebri posteriores zu teilen. In Höhe des Basilarisknopfes bestehen erfahrungsgemäß die häufigsten Variationen und größten Abstandsweiten zu den knöchernen Schädelbasisstrukturen (Tönnis u. Schiefer, 1959). Wir fanden einen mittleren *Apex-Basilaris-Abstand* von 7,2 mm mit einem Streubereich von 2–13 mm. Bei nur bedingt vergleichbaren Messungen beträgt der Abstand zwischen Dorsum sellae und apikalem Basilarisanteil nach Krayenbühl u. Yasargil (1957) in 39% 1–5 mm, in 48% 5–9 mm und in 18% 10 mm und mehr. Somit fanden wir für den mittleren Abstandsbereich korrespondierende Werte. Ohne vergleichbare Meßwerte in der Literatur zu finden, ergab sich bei uns am Fußpunkt des Dorsum sellae ein mittlerer *Clivus-Basilaris-Abstand* von 4,9 mm und 2 cm unterhalb des *Apex dorsi sellae* von 2,9 mm. Im Normalfall findet sich somit ein vom Apex dorsi sellae bis etwa zur Clivusmitte auf etwas über die Hälfte kontinuierlich abnehmender Clivus-Basilaris-Abstand.

In der neuroradiologischen Fachliteratur gibt es keine übereinstimmenden Angaben über die Grenzwerte einer Basilarisanpressung bzw. -abhebung. Erfahrungsgemäß wird ein Abstand von mehr als 4 mm nicht als pathologisch bewertet (Boeri u. Passerini, 1964). Nach unseren Messungen liegt der *Grenzbereich für eine Basilarisanpressung bei 2 mm und*

darunter. An keinem der definierten Meßpunkte war eine Abstandsweite von mehr als 13 mm zu finden, so daß der *Grenzbereich einer Basilaris-abhebung bei 12—13 mm* festzusetzen ist. Diese Werte entsprechen den echoencephalographisch bestimmten Clivus-Basilaris-Abstandsweiten und für eine Basilarisanpressung bzw. -abhebung definierten Grenzbereichen (Voigt u. Kendel, 1970) (Abb. 7a und b).

Ohne Gruppenaufteilungen und unter Einschluß von arteriosklerotisch elongierten Basilararterien geben Greitz u. Löfstedt (1954) die durchschnittliche Länge der A. basilaris mit 34,4 mm mit Extremwerten von 25 mm und 55 mm an. Die bei unseren Fällen im seitlichen Strahlenangang gemessene *durchschnittliche Gesamtlänge der A. basilaris bei Normalpersonen* betrug 38,5 mm, wobei sich ein *mittlerer Überstand des Basilarisknopfes oberhalb des Apex dorsi sellae von nur 2 mm fand*. Ohne nähere Zahlenangaben beschreiben Boeri u. Passerini (1964) ebenso wie Krayenbühl u. Yasargil (1957) in 30% einen Basilarisüberstand.

Die seitliche Verlagerung der A. basilaris in der Frontalebene ist nur selten als pathologischer Befund verwertbar. Nach Boeri u. Passerini (1964) hat die A. basilaris nur in 25% der Fälle, nach Cavatorti (1907) sogar nur in 16%, einen in der Medianebene geraden Verlauf. Demgegenüber verlief die A. basilaris in unserem Untersuchungsgut in der Mehrzahl der Fälle (67%) median. Wir fanden in der Gruppe der Normalpersonen eine *maximale Seitenausbuchtung der A. basilaris in der Frontalebene von 11 mm nach rechts und 8 mm nach links* bei einem mittleren Wert von 0,08 mm nach rechts, d. h. ohne signifikantes Seitenüberwiegen.

Die Basilararterie erreichte in unseren Fällen mit einer durchschnittlichen Weite von 3,1 mm nur etwa 75% des Kalibers der rechten Vertebralarterie mit 4,4 mm. Krayenbühl u. Yasargil (1957) fanden demgegenüber nur in 5% eine kaliberkräftigere A. vertebralis. Die linke Vertebralarterie überwiegt auch in unserem Untersuchungsgut die rechte an durchschnittlicher Stärke, wie es in der Literatur beschrieben wird (Morel u. Wildi, 1953; von Mitterwallner, 1955; Krayenbühl u. Yasargil, 1957; Yasargil, 1962; Taveras u. Wood, 1964). Die rechte A. carotis interna war gegenüber der rechten A. vertebralis durchschnittlich nur um 10% weiter. Obwohl sich anderslautende Befunde in der Literatur finden, spricht für die Reliabilität unserer Ergebnisse die Tatsache, daß sich die angegebenen prozentualen Kaliberverhältnisse konstant in allen Gruppen wiederfanden.

In der Versorgung der caudalen Kleinhirnanteile können sich die A. cerebelli inferior posterior und anterior gegenseitig ersetzen, auch wenn im normalen Angiogramm die unteren Kleinhirnarterien sich in ihrer Stärke und Ursprungshöhe relativ konstant verhalten. In unserem Untersuchungsmaterial war die A. cerebelli inferior posterior in 6,5% der Fälle nicht dargestellt. Dabei fehlte diese Arterie auf der rechten Seite doppelt

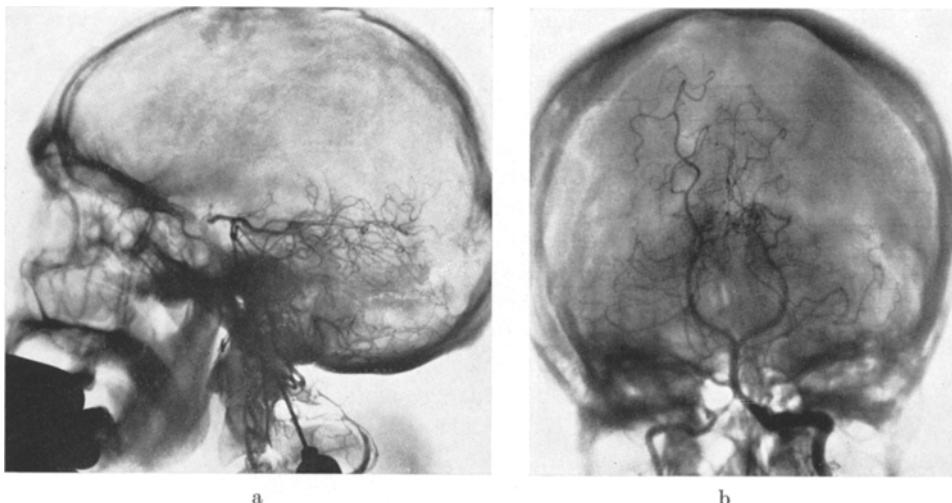


Abb. 6a und b. *Normvarianten*. a Vertebralisangiogramm rechts eines 41-jährigen Mannes mit hypoplastischem vertebrobasilären Gefäßsystem. b Brachialisangiogramm links eines 45-jährigen Mannes mit hypoplastischer rechtsseitiger Vertebralarterie

so häufig wie auf der linken. Eine doppelte Anlage der hinteren Kleinhirnarterie, wie sie von Mitterwallner (1955) in 0,5% fand, konnten wir in keinem Fall nachweisen. Unsere Ergebnisse stimmen mit denen in der Literatur gut überein, wonach die A. cerebelli inferior posterior in 2—12% fehlt (Lindgren, 1954; von Mitterwallner, 1955; Krayenbühl u. Yasargil, 1957; Greitz u. Sjögren, 1963), dabei häufiger rechts als links (von Mitterwallner, 1955). Der Abgangsort der hinteren Kleinhirnarterie liegt meistens in mittlerer Höhe des intrakraniellen Abschnittes der Vertebralarterie. Wir fanden in 5,2% der Fälle einen Abgang dieser Arterie aus der A. basilaris, davon dreimal auf der rechten und zweimal auf der linken Seite. Bei nur einem Fall (0,8%) nahmen beide Aa. cerebelli inferiores posteriores ihren Ursprung aus der A. basilaris. Bei Krayenbühl u. Yasargil (1957) liegen die vergleichbaren Prozentangaben für die Abgangsvariationen der hinteren Kleinhirnarterie ebenfalls bei 5,2% und bei 3,2%.

Typische Veränderungen der Gefäßlänge, Mittellinienabweichung und Lumenweite der A. basilaris bei Erwachsenen mit sklerosierendem Gefäßprozeß

Ein arteriosklerotischer Gefäßprozeß der großen hirnversorgenden Gefäßstämme kann bekanntlich neben Stenosen und Obliterationen auch zu Elongation und Ektasie dieser Gefäße führen. Qualitativ werden diese

Gefäßveränderungen einerseits als vermehrte Schlängelung, Tortuosität, Kinking und Coiling, andererseits als lokal umschriebene Verplumpfung, Ausweitung oder allgemeine Ektasie bezeichnet, wobei in der Praxis zwischen den einzelnen Begriffen fließende Übergänge bestehen. Es ist für die Auswertung von Angiogrammen von praktischem Interesse, diesen sklerosierenden Gefäßprozeß auch quantitativ zu erfassen und gegenüber normalen Gefäßverläufen abzugrenzen.

Die Elongation der A. basilaris war bei einer *mittleren Gesamtlänge der Arterie von 48,5 mm*, i.e. 10 mm mehr als die normale Gefäßlänge, deutlich. Parallel dazu fand sich mit 15 mm ein annähernd doppelt so hoher Maximalwert für den Überstand des Basilarisknopfes über dem Apex dorsi sellae; der *mittlere Basilarisüberstand war mit 6,6 mm* gegenüber 2 mm bei der Normalgruppe sogar um das Dreieinhalfache erhöht. Mitteilungen über eine Imprimierung des Bodens des III. Ventrikels erklären sich entsprechend durch eine arteriosklerotisch elongierte Basilararterie (Columella, 1952; Sjögren, 1953; Greitz u. Löfstedt, 1954; Ruggiero u. Constans, 1954; Krayenbühl u. Yasargil, 1957; Tatelman, 1958; Boeri u. Passerini, 1964; Dettori et al., 1966). Ein Unterstand des apikalen Basilarisanteiles gegenüber dem Dorsum sellae fand sich in dieser Gruppe im Gegensatz zum normalen Erwachsenenangiogramm nicht. Auch die *Seitauslenkung der Basilararterie in der Frontalebene mit Extremwerten von 10 und 12 mm* war deutlich größer als bei den Vergleichsgruppen einschließlich der der infratentoriellen Raumforderungen. Der Clivus-Basilaris-Abstand zeigte keine signifikanten Unterschiede. Das prozentuale Kalibrigkeitsverhältnis zwischen A. carotis interna, A. vertebralis und A. basilaris entsprach dem der Normalpersonen, wobei in dieser Gruppe die *höchsten absoluten Werte für die Lumenweiten* gemessen wurden.

Es gelingt somit, bei der Erwachsenengruppe mit sklerosierendem Gefäßprozeß für die qualitativen Begriffe Elongation und Ektasie auch quantitative Korrelate aufzuzeigen. Die arteriosklerotische Elongation kam durch eine gegenüber der Normalgruppe um 25% längere A. basilaris und einen um das Dreieinhalfache höheren Überstand des Basilarisknopfes oberhalb des Apex dorsi sellae zum Ausdruck. Die Tortuosität ließ sich qualitativ durch s-förmige Basilarisverläufe und quantitativ durch die höchsten Werte für die Seitauslenkung der A. basilaris aus der Frontalebene, die Ektasie durch Vergrößerung der absoluten Lumenweiten aller basisnahen Arterien nachweisen.

Variationsbereich und Grenzwerte von Lagebeziehungen, Gefäßweiten und -abgängen des vertebrobasilären Systems im normalen Angiogramm von Kindern

Beschreibungen des kindlichen Angiogrammes und seiner altersspezifischen Veränderungen finden sich in der Literatur nur selten. Paraicz u. Szenasy (1959), die bei

127 Angiographien Messungen an der A. carotis und deren Ästen vorgenommen, geben den durchschnittlichen Durchmesser der A. carotis interna bei Eintritt in den Canalis caroticus für Kinder zwischen 1 und 10 Jahren mit 4,2 mm an. Eigentümlichkeiten des Verlaufes der mittleren Hirnarterie bei Kindern beschreiben Schiefer u. Vetter (1957) und Taveras u. Poser (1959). Eine Synopsis der bisherigen Befunde findet sich in der Monographie von Decker u. Backmund (1970), die im übrigen der Meinung sind, daß im Vertebralisangiogramm von Kindern nennenswerte Unterschiede zum Gefäßbild bei Erwachsenen kaum festzustellen sind. Dagegen spricht jedoch schon allein die Erfahrungstatsache, daß bei Kindern die Basilararterie besonders häufig hoch in der Cisterna interpeduncularis liegt, so daß der Verlauf der A. communicans posterior vom Carotissiphon zur A. cerebri posterior nach hinten und oben zieht.

Röntgenanatomische Angaben zur topographischen Anatomie des vertebrobasilären Systems bei Kindern, seiner altersentsprechenden Veränderungen und Variationen finden sich nur vereinzelt. La Torre et al. (1969) geben bei Kindern den Abstandswert zwischen hinteren Clinoidfortsätzen und Basilarisknopf zwischen 2 und 10 mm an (Mittelwert 6 mm), bei 20 Kindern mit Hydrocephalus zwischen 0 und 7 mm (Mittelwert 4,7 mm) und bei 6 Fällen mit Aquäduktstenose zwischen 3 und 16 mm (Mittelwert 9 mm). Aufgrund ihrer Ergebnisse werten die Autoren eine Dorsalverlagerung des terminalen Basilarisanteils als Hinweis auf eine Aquäduktstenose.

Bei Messungen des *Clivus-Basilaris-Abstandes* fanden wir bei Kindern zwischen 2 und 10 Jahren an allen Meßpunkten die größten Weiten gegenüber den Vergleichsgruppen. So betrug der mittlere Apex-Basilaris-Abstand 7,96 mm mit einem Streubereich von 5–14 mm. Am Fußpunkt des Dorsum sellae war der durchschnittliche Clivus-Basilaris-Abstand 6,0 mm und 2 cm unterhalb des Apex dorsi sellae 3,8 mm. Diese großen Clivus-Basilaris-Abstandsweiten stimmen mit der Erfahrungstatsache überein, daß bei Kindern bis zu 10 Jahren besonders weite Basalcisternen gefunden werden (Decker u. Backmund, 1970). Mit zunehmendem Alter nimmt der durchschnittliche Clivus-Basilaris-Abstand bei den Kindern ab. Bei Kindern über 10 Jahren konnten wir einen gegenüber den Vergleichsgruppen signifikant größeren Clivus-Basilaris-Abstand nicht mehr nachweisen. Überraschenderweise entsprach die durchschnittliche *Gesamtlänge der A. basilaris* mit 41,5 mm der der erwachsenen Normalgruppe. Bemerkenswert ist weiterhin die Tatsache, daß sich bei den Kindern innerhalb eines Streubereichs von 0–15 mm mit 7,8 mm der höchste mittlere Überstand des Basilariskopfes oberhalb des Apex dorsi sellae fand, sogar oberhalb des Wertes der Gruppe mit arteriosklerotischem Gefäßprozeß. Dieser Befund ist nur durch die sich wechselseitig beeinflussenden Größen- und Wachstumsbeziehungen von Hirnstamm- und Schädelbasisstrukturen zu erklären. Bei der Geburt ist der Hirnstamm mitsamt dem ihn versorgenden Gefäßsystem in seinem relativen Entwicklungsalter und in seiner Größe gegenüber der knöchernen Schädelbasis aus-

gereifter und überragt das Dorsum sellae in bedeutendem Ausmaß. Mit zunehmendem Lebensalter verändern sich die topographischen Beziehungen zwischen den Hirnstamm- und Basisstrukturen kontinuierlich. Die Brücke erreicht ihre endgültige Größe etwa im 3. Lebensjahr, wobei sie zu diesem Zeitpunkt noch immer oberhalb des Dorsum sellae liegt. Die hinteren Clinoidfortsätze werden als Ausdruck des fortschreitenden knöchernen Wachstumsprozesses während des 3. und 4. Lebensjahres erkennbar. Im Laufe der weiteren kindlichen Altersentwicklung gleicht sich zunehmend die Größendifferenz zwischen Hirnstamm und relativ zurückgebliebener knöcherner Schädelbasis aus, bis etwa im 10. Lebensjahr das Dorsum sellae die Höhe der oralen Begrenzung der Brücke erreicht hat. Von diesem Zeitpunkt an ist der „reife“ topographische Zustand innerhalb der Basalcisterne zwischen den knöchernen Schädelbasis- und den Hirnstammstrukturen mitsamt dem vertebrobasilären Gefäßsystem erreicht. Der überraschende Befund auffallend *weiter Clivus-Basilaris-Abstände*, der *großen Gesamtlänge* der A. basilaris und des gegenüber den Vergleichsgruppen höchsten Basilarisüberstandes *bei Kindern unter 10 Jahren* erklärt sich damit aus dem *relativen knöchernen Entwicklungsrückstand der Schädelbasisstrukturen*. Unsere Ergebnisse stimmen dabei mit pneumencephalographischen Verlaufsstudien von Bradač u. Simon (1971) über die Weite der Basalcisternen bei der Entwicklung des Hirnstamms und der Schädelbasis in der Kindheit überein.

Die Basilaris nimmt bei Kindern einen überwiegend geraden Verlauf in der Sagittalebene mit den vergleichsweise geringsten Seitenauslenkungen, was mit Angaben von Paraicz u. Szenasy (1959) und Decker u. Backmund (1970) übereinstimmt.

Die durchschnittlichen Lumenweiten der basisnahen Arterien entsprachen denen der erwachsenen Normalgruppe, wobei die prozentualen Kalibrigkeitsverhältnisse der A. carotis interna, vertebralis und basilaris zueinander wiederum die den Vergleichsgruppen entsprechenden Werte zeigten. Qualitativ fiel auf, daß bei Kindern die A. cerebelli inferior posterior innerhalb der infratentoriellen Gefäße der kaliberkräftigste Ast war und durchschnittlich die Lumenweite der A. cerebri posterior erreichte.

Bedeutung der Meßergebnisse für die Diagnostik infratentorieller raumfordernder Prozesse

Wie im supratentoriellen Bereich kann ein expansiver Prozeß in der hinteren Schädelgrube angiographisch durch die Verlagerung und Formveränderung der Gefäße erkannt werden. Die Lageveränderungen der Gefäße müssen grundsätzlich mit Vorsicht beurteilt werden, denn sie können auch indirekt als Fernwirkung infolge des gesteigerten Hirndruckes oder des peritumorösen Ödems zustande kommen, was besonders

bei der fast allseits starr umrandeten Höhlung der hinteren Schädelgrube beachtet werden muß. Bei infratentoriellen raumfordernden Prozessen kann sich die Druckwirkung nach cranial durch den Tentoriumschlitz mit konsekutiver Verlagerung der A. cerebelli superior und der A. cerebri posterior nach oben oder nach caudal durch das Foramen occipitale magnum mit Caudalverlagerung der A. cerebelli inferior posterior auswirken. Der cranialen Massenverschiebung wird jedoch durch das feste und fixierte Tentorium relativ frühzeitig eine Grenze gesetzt. Bei ebenfalls nur geringen Ausweichmöglichkeiten nach beiden Seiten wird sich die Druckwirkung eines infratentoriellen raumfordernden Prozesses daher rasch in Richtung des freien Raumes der Cisterna pontis ausdehnen und dadurch zu einer bogenförmigen Ventralverlagerung bzw. Anpressung der A. basilaris an den Clivus führen. Es ist bemerkenswert, daß trotz der guten Meßbedingungen an Röntgenbildern der Abstand zwischen Clivus und Basilaris weder bezüglich der Grenzbereiche einer Basilarisanpressung oder -abhebung noch bezüglich der Verteilung bei Normalen quantitativ ausreichend untersucht wurde.

Wir fanden bei unseren Messungen bei Patienten mit gesicherten Kleinhirnhemisphärentumoren die kleinste durchschnittliche Basilarisgesamtlänge mit 36,3 mm, wobei in dieser Gruppe aber auch die starken relativen Verkürzungen im seitlichen Strahlengang durch Seitauslenkung der A. basilaris berücksichtigt werden müssen. Die seitlichen Verlagerungen der A. basilaris entsprechen in etwa denen der Gruppe mit arteriosklerotischem Gefäßprozeß und sind nur selten als pathologisches Zeichen verwertbar. Als Folge der ventralen Auswalzung der Basilararterie ergab sich in dieser Gruppe bei einem Streubereich von 0—4 mm der niedrigste durchschnittliche Wert für den Basilarisüberstand mit 0,75 mm unter allen Vergleichsgruppen.

Entsprechend der Druckwirkung des raumfordernden infratentoriellen Prozesses in Richtung der Basalcisternen fanden sich in dieser Gruppe signifikant niedrige Clivus-Basilaris-Abstandsweiten für alle Meßpunkte, die diagnostisch verwertbar erscheinen. Der mittlere Apex-Basilaris-Abstand betrug 2,2 mm, am Fußpunkt des Dorsum sellae war er 1,55 mm und 2 cm unterhalb des Apex dorsi sellae sogar nur 0,75 mm. Damit ist es möglich, die Basilarisanpressung zahlenmäßig zu definieren. *Nur Clivus-Basilaris-Abstandsweiten von 2 mm und darunter (an einem beliebigen Punkt des cisternalen Basilarisverlaufes) entsprechen einer Basilaranpressung und sind verdächtig auf einen raumfordernden infratentoriellen Prozeß.* Dieser Grenzwert wird um so zuverlässiger, je mehr er das terminale Drittel der A. basilaris betrifft. Ebenso sollte nach unseren Messungen eine Basilarisabhebung vom Clivus bei Werten oberhalb von 12—13 mm angenommen werden. Dieser Grenzwert gewinnt an zunehmender Verlässlichkeit bei Auftreten im mittleren und unteren Basilarisdrittel. Diese



a



b

Abb. 7 a und b. *Basilarisabhebung und -anpressoing.* a Brachialisangiogramm rechts eines 21-jährigen Mannes mit Basilarisabhebung vom Clivus bei Meningoem des Brückenkinkels. b Vertebralisangiogramm rechts eines 42-jährigen Mannes mit Basilarisanpressoing an den Clivus bei Kleinhirntumor rechts

röntgenanatomisch gemessenen Grenzwerte für eine Basilarisanpressung bzw. -abhebung entsprechen somit den von uns mit einer echoencephalographischen Methode definierten pathologischen Grenzbereichen (Voigt u. Kendel, 1970).

Die röntgenologische Darstellung des vertebrobasilären Gefäßsystems kann andere Kontrastmitteluntersuchungen nicht ersetzen. Die verschiedenen Untersuchungsmethoden sollten in Grenzfällen immer kombiniert angewendet werden, damit sie sich wertvoll ergänzen. Wenn es auch durch unsere Untersuchungen möglich war, einen zahlenmäßigen Überblick über Normvarianten zu geben und typische Veränderungen des vertebrobasilären Gefäßsystems und seiner Beziehungen zur Schädelbasis bei pathologischen Prozessen quantitativ zu beschreiben, so sollte nicht ausschließlich auf Meßzahlen und ihre anscheinende Sicherheit vertraut werden. Die Variationen im Bereich des vertebrobasilären Gefäßsystems sind so groß, daß normale Befunde selten sind. Aus diesem Grunde sollte die Bewertung und diagnostische Anwendung der von uns angegebenen Meßwerte für Normvarianten und Grenzbereiche der topographischen Anatomie der A. basilaris und ihrer Äste nur unter ständiger Berücksichtigung der klinischen Ausgangssituation für die neuroradiologische Untersuchung erfolgen.

Literatur

- Adachi, B.: Das Arteriensystem der Japaner. 1. Bd., Kyoto 1928; zit. nach W. Tönis u. W. Schiefer: Zirkulationsstörungen des Gehirns im Serienangiogramm. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1959.
- Boeri, R., Passerini, A.: The megadolichobasilar anomaly. J. neurol. Sci. **1**, 475—484 (1964).
- Bradac, G. B., Simon, R. S.: Pneumoencephalographic studies of the development of the brain stem and skull base in childhood. Neuroradiology **2**, 111—114 (1971).
- Cavatori, P.: Di una rara variazione delle arterie della base dell'encefalo nell'uomo. Monit. zool. ital. **18**, 294—297 (1907).
- Columella, F.: L'angiografia dell'arteria vertebrale e il suo valore diagnostico. Chirurgia (Pavia) **7**, 185—194 (1952).
- Decker, K.: Technik und diagnostische Möglichkeiten der perkutanen Vertebralangiographie. Acta neurochir. (Wien) **2**, 74—80 (1951).
- Backmund, H.: Pädiatrische Neuroradiologie. Stuttgart: G. Thieme 1970.
- Dettori, P., Cristi, G., Dalbuono, S.: Anomalia megadoligobasilare. Studio clinico-radiologico di 8 casi. Radiol. med. (Torino) **52**, 1259—1273 (1966).
- Greitz, T., Löfstedt, S.: The relationship between the third ventricle and the basilar artery. Acta radiol. (Stockh.) **42**, 85—100 (1954).
- Sjögren, S. E.: The posterior inferior cerebellar artery. Acta radiol. N.S. **1**, 284—297 (1963).
- Krayenbühl, H., Yasargil, M. G.: Die vaskulären Erkrankungen im Gebiet der Arteria vertebralis und Arteria basilaris. Stuttgart: G. Thieme 1957.
- Die zerebrale Angiographie. Stuttgart: G. Thieme 1965.

- La Torre, E., E. Ochipiuti, Pollicita, A.: Backward displacement of the upper part of the basilar artery in infantile hydrocephalus. *Acta radiol. N. S.* **8**, 385—392 (1969).
- Lindgren, E.: Percutaneous angiography of the vertebral artery. *Acta radiol. (Stockh.)* **33**, 389—404 (1950).
- Röntgenologie einschließlich Kontrastmethoden. In: *Handbuch der Neurochirurgie*, 2. Bd. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1954.
- Mitterwallner v., F.: Variationsstatistische Untersuchungen an den basalen Hirngefäßen. *Acta anat. (Basel)* **24**, 51—88 (1955).
- Morel, F., Wildi, E.: Examen anatomique du polygone de Willis et de ses anomalies. Etude statistique. *Zbl. Neurochir.* **13**, 174—175 (1953).
- Paraicz, E., Szenasy, E.: Über die Carotisangiographie im Kindesalter. *Acta neurochir.* **7**, 350—363 (1959).
- Raimondi, A. J., White, H.: Cerebral angiography in the newborn and infant: General principles. *Ann. Radiol.* **10**, 147—164 (1967).
- Ruggiero, G., Constans, T. P.: L'artériographie vertébrale. *Rev. neurol.* **90**, 1—13 (1954).
- Sealiff, J. A., Kier, L., Zingesser, L. H., Schechter, M. M.: Terminal basilar artery deformity secondary to suprasellar and third ventricular dilatation. *Amer. J. Roentgenol.* **101**, 61—69 (1967).
- Schechter, M. M., Zingesser, L. H.: The radiology of aqueductal stenosis. *Radiology* **88**, 905—912 (1967).
- Schiefer, W., Vetter, K.: Das zerebrale Angiogramm in den verschiedenen Altersstufen. *Zbl. Neurochir.* **17**, 218—232 (1957).
- Sjögren, S. E.: Percutaneous vertebral angiography. *Acta radiol. (Stockh.)* **40**, 113—123 (1953).
- Tatehman, M.: The angiographic evaluation of cerebral atherosclerosis. *Radiology* **70**, 801—807 (1958).
- Taveras, J. M., Poser, C. N.: Roentgenological aspects of cerebral angiography in children. *Amer. J. Roentgenol.* **82**, 371—385 (1959).
- Wood, E. H.: Diagnostic neuroradiology. Baltimore: The Williams and Wilkins Comp. 1964.
- Tönnis, W., Schiefer, W.: Zirkulationsstörungen des Gehirns im Serienangiogramm. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1959.
- Voigt, K., Kendel, K.: Die echoencephalographische Bestimmung des Clivus-Basilaris-Abstandes. *Arch. Psychiat. Nervenkr.* **213**, 228—237 (1970).
- Yasargil, M. G.: Die Vertebralisangiographie. *Acta neurochir. (Wien)*, Suppl. **IX** (1962).

Dr. med. K. Voigt

Dr. med. Th. Brandt

Dr. med. M. Sauer

Neurologische Universitätsklinik

D-7800 Freiburg i. Br., Hansastrasse 9
Deutschland