

Angiographische und klinische Bedeutung der Kollateralen bei Verschluß der Arteria carotis interna

FRANZ SINDERMANN

Nervenklinik der Stadt und Universität Frankfurt/M.
Neurologische Klinik mit Abtlg. f. Neurophysiologie der Universität Freiburg i. Br.

Eingegangen am 1. Juli 1966

Einleitung

Der funktionelle Wert der bei Carotisverschluß nachgewiesenen Kollateralen ist in vielen Einzelheiten noch nicht bekannt. Zahlreiche Untersucher beschäftigten sich mit der Frage, welchen Anteil einzelne Abschnitte des Circulus arteriosus an der kollateralen Blutzufuhr bei Carotisverschluß haben. MEYER et al. [28] fanden bei Macacus-Affen in Entblutungshypotension, daß nach Verschluß einer Carotis communis die kollaterale Blutversorgung über das vertebrobasiläre System bei geringerer Blutdrucksenkung aufhörte als die Versorgung über die kontralaterale Carotis interna. Der kollaterale Beitrag der Carotis externa war ebenfalls dem der Interna unterlegen und anscheinend auch dem des vertebrobasilären Systems. Corticale Anastomosen scheinen nach anderen Versuchen am Affen [46] eine wichtige Rolle bei Carotisverschluß zu spielen, zumal sie sehr rasch in Funktion treten.

Beim Menschen ist die Kollateralenfrage im wesentlichen durch pathologisch-anatomische Untersuchungen und durch Gegenüberstellung von klinischen und angiographischen Befunden bearbeitet worden. Autopsie-Serien zeigten einerseits die Häufigkeit von Varianten im Circulus arteriosus des Menschen, andererseits die Häufung bestimmter cerebrovasculärer Krankheiten, insbesondere von Hirninfarkten, beim Vorliegen von Varianten im Circulus [3].

In der vorliegenden Arbeit werden angiographische Befunde über Kollateralen bei Carotisverschluß mit klinischen und prognostischen Daten der Patienten korreliert. Die Fälle stammen teils aus eigenem Material, teils aus der Weltliteratur seit 1951 und sind einer größeren Serie entnommen, deren Befunde in einer früheren Arbeit [44] auf ähnliche Weise korreliert worden sind.

Folgende Kollateralen wurden untersucht: 1. Der Kollateralkreislauf der Gegenseite, d. h. die durch Angiographie der Gegenseite erreichte Darstellung von Hirnarterien auf der Seite des Verschlusses durch Kontrastmittelpassage via R. communicans anterior. 2. Die *Ophthalmikokollaterale*, worunter die kollaterale Versorgung der Hirnarterien

über die Carotis externa, ihre Anastomosen mit der A. ophthalmica und von dort über den Carotissiphon verstanden wird. 3. Der Kollateralkreislauf über das *vertebrobasiläre System* und den *R. communicans posterior*. 4. Die *leptomeningealen* Anastomosen an der Konvexität, vornehmlich die Anastomosen von der A. cerebri anterior zur A. cerebri media. 5. Die sogenannten *Rete-mirabile-Anastomosen*, d. h. die Verbindungen zwischen Arterien der Dura — meist Ästen der A. meningica media — und den leptomeningealen Arteriolen an der Konvexität. 6. Die *Occipitalis-Vertebralis-Anastomosen*, vorausgesetzt, daß Kontrastmittel von der A. occipitalis zur A. vertebralis und von dort ins Schädelinnere floß.

Für die Interpretation der Ergebnisse derartiger Untersuchungen sind eine Reihe von Vorbemerkungen zu machen.

Kollaterale Hirnarteriendarstellung läßt sich angiographisch nicht selten nachweisen, ohne daß cerebrovasculäre Krankheiten bestehen. Die relative Höhe des Injektionsdrucks, der Ort der Punktion, die Phase der Herzaktion, der anatomische Zustand der Anastomosen, schließlich auch die Art des Kontrastmittels spielen hierbei eine Rolle. Unter der Voraussetzung entsprechender anatomischer Verhältnisse und annähernd vergleichbarer Injektionsbedingungen kann man aber unterstellen, daß bei cerebralen Gefäßverschlüssen die hämodynamischen Bedingungen für die Darstellung aller der Kollateralen, die den Verschluß überbrücken können, besonders günstig sind. Kommt es dennoch nicht zur kollateralen Darstellung von Hirnarterien, so sind entweder die Kollateralenwiderstände zu hoch oder es liegen weitere Hindernisse jenseits der eigentlichen Anastomosen vor (Gefäßverschlüsse, Hirnödeme, Massenblutungen, Tumoren etc.).

Beim akuten Verschluß sind Kollateralen, die nicht rasch in Funktion treten, wertlos. In dieser Hinsicht wird die Bedeutung der Externakollateralen nicht einheitlich beurteilt. Zwar können diese Kollateralen sehr rasch zur Verfügung stehen [6] und finden sich in Fällen von frischem Carotisverschluß im Durchschnitt genauso häufig wie in älteren Fällen [44]. Andererseits ist aber immer wieder beobachtet worden, daß sie erst in Kontrollangiogrammen von Carotisverschlüssen sichtbar wurden. In solchen Fällen muß für möglich gehalten werden, daß der Schweregrad des Symptomenbildes in keiner Beziehung zur später festgestellten hämodynamischen Wirksamkeit des Kollateralkreislaufes steht. Daß zwischen dem Ausmaß kollateraler Hirnarteriendarstellung über irgendwelche der verfügbaren Anastomosen und der Rehabilitation der Patienten ein positiver Zusammenhang überhaupt besteht, konnten SANGUINETTI et al. [38] zeigen. Jedoch ist dies ein statistischer Zusammenhang, der im Einzelfall zu Fehlschlüssen verleiten kann [44].

Leider gibt es keine größeren Serien ausreichender Sektionsbefunde bei Patienten mit angiographisch festgestelltem Carotisverschluß. Da die Angiographie in einer unbekannten Zahl von Fällen multiloculäre cerebrale Gefäßkrankheit jenseits des Carotisverschlusses nicht aufdeckt, kann die Statistik über Kollateralen verfälscht werden. Will man die Ergebnisse von Arbeiten, die Daten über Kollateralen und klinische Symptome bei Carotisverschluß bringen, interpretieren, so muß man diesen Unsicherheitsfaktor in Betracht ziehen. Je größer die Statistik, desto wahrscheinlicher werden sich unerkannte zusätzliche Gefäßverschlüsse gleichmäßig auf die verschiedenen Patientengruppen verteilen und dadurch einen um so kleineren Einfluß nehmen.

Untersuchungsmaterial und Methode

Die Daten von 74 Patienten mit unilateralem und von 32 mit bilateralem Carotisverschluß dienten zur Korrelation. 16 unilaterale und 2 bilaterale Verschlüsse stammen aus einem eigenen größeren Material, alle übrigen der Weltliteratur seit 1951 (bei bilateralem Verschluß seit 1955) [1, 2, 4, 5, 7—12, 14, 15, 17—20, 22, 24, 25, 29, 31—34, 36, 37, 41—43, 45, 48—53]. Ausgewählt wurden Fälle mit ausreichenden Angaben über den Zustand beider Carotiden, über angiographische Darstellung oder Nicht-Darstellung von Kollateralen, über die klinischen Symptome zur Zeit der Angiographie sowie über den bisherigen und möglichst auch den weiteren Krankheitsverlauf. In einem Fall bin ich nicht der angiographischen Interpretation der Autoren [17] gefolgt. 73 Patienten mit unilateralem und 28 mit bilateralem Verschluß waren doppelseitig angiographiert worden, die restlichen 5 Patienten waren nur auf einer Seite angiographiert, jedoch war der Zustand der kontralateralen Carotis durch Sektion wenige Tage nach der Angiographie geprüft worden. Die Daten des betreffenden Patienten mit unilateralem Verschluß waren daher für die meisten Korrelationen nicht brauchbar, während bei bilateralem Verschluß die Zahl der korrelierten Carotiden um 4 reduziert wurde.

Für die Feststellung, wie häufig bestimmte Kollateralen bei Carotisverschluß vorkommen, ist die vorliegende Serie nicht sicher zuverlässig. Manche Autoren haben nur ausgewählte Fälle veröffentlicht, so daß im ganzen vielleicht keine Zufallspopulation vorliegt. Für die Korrelation über Koinzidenz verschiedener Kollateralen und deren unterschiedliche Effekte spielt dies aber wahrscheinlich keine Rolle.

Für bestimmte Vergleiche konnte jeweils nur ein Teil der Fälle verwendet werden. So mußten supraclinoidale Verschlüsse und Verschlüsse am Siphon, soweit angiographisch erkennbar, aus der Zusammenstellung für Tab. 2 eliminiert werden. Dies hatte drei Gründe: Die Patienten mit dieser Verschlußlokalisation gehörten überwiegend einer besonderen Altersgruppe (weniger als 40 Jahre) an, in der die Ursachen des Verschlusses (z. B. Aneurysma) und der Zustand der übrigen Hirngefäße die Vergleichbarkeit mit den übrigen Patienten einschränken können; die Ophthalmicakollaterale ist in diesen Fällen ausgeschlossen; außerdem waren die Fälle, bei denen kontralaterale Angiographie nicht zu anterograder kollateraler Darstellung der A. cerebri media führte, nicht sichere supraclinoidale Carotisverschlüsse, sondern es konnte sich um Verschluß der A. cerebri media beim Vorliegen von Anomalien im vorderen Teil des Circulus arteriosus handeln.

Angiographische Darstellung leptomeningealer Anastomosen ist erstmals 1949 [13, 35] mitgeteilt worden. Da diese Anastomosen aber bis in die fünfziger Jahre hinein nicht hinreichend beachtet worden sind, wurden für ihre Korrelation neben den eigenen Fällen von Carotisverschluß nur die seit 1955 veröffentlichten Fallbeschreibungen herangezogen. Das gleiche Stichjahr wurde für die Untersuchung über Occipitalis-Vertebris-Anastomosen gewählt, obwohl diese Anastomosen bereits seit 1952 als angiographisch darstellbar bekannt sind [16]. Sichtbarkeit von Rete-mirabile-Anastomosen im Angiogramm ist seit 1939 [21] beschrieben, jedoch sind diese Anastomosen erst 1957 [30] „wiederentdeckt“ worden und sind trotz weiterer Beschreibungen zweifellos noch heute nicht genug bekannt. Sie werden nur beiläufig erwähnt. Publikationen, aus denen die Unkenntnis der Ophthalmicakollaterale hervorging — ihre angiographische Darstellung wurde 1949 [27] erstmals mitgeteilt —, sind nicht verwendet worden. In einem der hier aufgenommenen Fälle hatten die Autoren aber die gut sichtbare Ophthalmicakollaterale nicht erwähnt.

Bei 4 Patienten mit ursprünglich sicher unilateralem Verschluß zeigte sich die Ophthalmicakollaterale erst bei Reangiographie. Zu diesem Zeitpunkt war in

3 Fällen der Zustand der kontralateralen Carotis nicht mehr bekannt, so daß für die Korrelation nur der erste angiographische Befund verwendet wurde. Der 4. Fall wurde aus den entsprechenden Zusammenstellungen eliminiert, damit er nicht doppelt gezählt werden mußte.

Unter den klinischen Befunden interessierten der Schweregrad des Symptombildes zur Zeit der Angiographie bzw. unmittelbar davor sowie der weitere Verlauf. Dieser wurde anhand zweier Kriterien untersucht: Symptomenentwicklung nach der Angiographie, wobei insbesondere Symptombesserung interessierte, auch wenn sie nur vorübergehend eingetreten war. Als maximale Beobachtungszeit, innerhalb derer Symptombesserung eingetreten sein mußte, galten 6 Monate. Patienten, die nicht lange genug beobachtet worden waren, schieden aus, wenn nicht schon vorher Besserung oder der Tod eingetreten waren. Für den Tod der Patienten wurde unterstellt, daß die Autoren über Todesfälle innerhalb von 14 Tagen nach der Angiographie sämtlich unterrichtet waren. So wurde die 14 Tage-Todesrate als repräsentativ angesehen. Zum Zwecke eines groben Überblicks wurde noch eine 14 Tage- bis 3 Jahre-Todesrate ermittelt. Hierin sind alle übrigen bekannten Todesfälle (der späteste nach $3\frac{1}{2}$ Jahren) enthalten.

Statistische Berechnungen wurden überall dort durchgeführt, wo sie lohnend erschienen, die Signifikanzgrenze von p 0,05 wurde allerdings meist nicht erreicht. Trotzdem wurden deutliche, aber nicht signifikante, Ergebnisse gewertet, vor allem beim Vorliegen ähnlicher Ergebnisse aus parallelen Korrelationen. Für die Berechnung wurden 2×2 oder 3×2 Felder χ^2 -Tests mit Kontinuitätskorrektur und bei sehr kleinen Populationen der Test nach FISHER-YATES verwendet, sämtlich mit zweiseitiger Fragestellung bei einem oder zwei Freiheitsgraden.

Ergebnisse

1. Häufigkeit der Kollateralen

Von 73 bilateral angiographierten Patienten mit unilateralem Carotisverschluß zeigten 7 keine kollaterale Hirnarteriendarstellung über den R. communicans anterior, bei 26 war nur die A. cerebri anterior und bei 40 sowohl die A. cerebri anterior als auch die A. cerebri media über den Kollateralkreislauf der Gegenseite anterograd (d. h.: nicht über leptomeningeale Anastomosen) gefüllt. In der Literatur ist Kontrastmittelpassage durch den R. communicans anterior bei bis zu 100% der Fälle von unilateralem Carotisverschluß beschrieben [38].

Der Kollateralkreislauf über den R. communicans posterior war bei 2 von 3 vertebralisangiographierten Fällen mit unilateralem Verschluß zu sehen. SANGUINETTI et al. [38] fanden ihn in Zweidritteln der Fälle. Über die Resultate bei bilateralem Verschluß (dort fand er sich ebenfalls in Zweidritteln der vertebralis-angiographierten Fälle) wurde in einer früheren Arbeit [44] berichtet.

Die Ophthalmicakollaterale war bei 16 bilateral angiographierten unilateralen Verschlüssen sichtbar. Fünfmal war es über sie zur Füllung der Aa. cerebri media und anterior gekommen, achtmal zur Darstellung nur der A. cerebri media (bzw. der Aa. cerebri media und posterior), zweimal hatte sich nur die A. cerebri posterior und einmal nur der Carotissiphon gefüllt. In der Literatur wird das Vorkommen der Ophthal-

micakollaterale zum Teil als häufiger angegeben [30, 38], nur selten soll sich über sie auch die A. cerebri anterior dargestellt haben, soweit es unilateralen Carotisverschluß betrifft. Bei bilateralem Verschluß kam es nach einer eigenen Zusammenstellung [44] häufiger zur Sichtbarkeit der Ophthalmicakollaterale und über sie zur Darstellung der A. cerebri anterior als bei unilateralem Verschluß, beides signifikant.

Bei 4 Patienten zeigte sich die Ophthalmicakollaterale erst im Kontrollangiogramm (3 Fälle oben nicht mitgezählt, vgl. S. 210). Über das Umgekehrte — Verschwinden der ursprünglich sichtbaren Ophthalmicakollaterale — sagt die vorliegende Serie nichts, weil fast keine Kontrollangiogramme vorlagen.

Mit abnehmender Sichtbarkeit des Kollateralkreislaufs der Gegenseite stieg die relative Häufigkeit von Darstellung der A. cerebri media via Ophthalmicakollaterale bei unilateralem Carotisverschluß deutlich (aber nicht signifikant: p 0,09) an (vgl. Tab. 2). Darstellung auch der A. cerebri anterior via Ophthalmicakollaterale kam nur bei schwachem Kollateralkreislauf der Gegenseite vor (Gruppen II und III der Tab. 2).

Unter den in Tab. 2 nicht aufgeführten Patienten (supraclinoidale und Siphon-Verschlüsse, vgl. S. 209) waren 15 mit der angiographischen Diagnose eines supraclinoidalen Verschlusses. 7 davon wurden wegen Nichtdarstellung der A. cerebri media über anterograde Kollateralkreisläufe als unsicher gewertet (vgl. S. 209). Das sind 47% der als supraclinoidal diagnostizierten Verschlüsse. Hier war also Mediaverschluß ohne Carotisverschluß bzw. durch Propagation der Carotisthrombose zu diskutieren. 3 der 7 Patienten sind gestorben. Davon zeigten 2 Propagation der Carotisthrombose.

Unter den 55 Patienten mit der angiographischen Diagnose eines Verschlusses unterhalb des Siphons (54 aus Tab. 2 und 1 Patient mit nur autoptischer Kontrolle der kontralateralen Carotis) befanden sich 13, bei denen zusätzlicher Verschluß der A. cerebri media wegen Fehlens anterograder kollateraler Darstellung zu diskutieren war (der sezierte Fall hatte gute Darstellung via Ophthalmicakollaterale). Dies sind nur 23,5% gegenüber 47% bei supraclinoidalem Verschluß. Bei häufigerem Vorliegen von Vertebralisangiogrammen wäre dieser Unterschied vermutlich noch größer gewesen.

Die Bedingungen zur Sichtbarmachung leptomeningealer Anastomosen sind bei Carotisverschluß ungünstiger als bei Verschluß der A. cerebri media, wo sie nach LASCELLES u. BURROWS [23] in 69% der Fälle und nach einer eigenen Serie in 55% sichtbar waren. Unter 55 Patienten mit unilateralem Carotisverschluß (vgl. S. 209) zeigten 8 Anastomosen von der A. cerebri anterior zur A. cerebri media und 2 weitere solche von der A. cerebri posterior zu den Carotisästen. In der Serie bilateraler Verschlüsse fanden sich nur 2 mit der Beschreibung leptomeningealer Anastomosen.

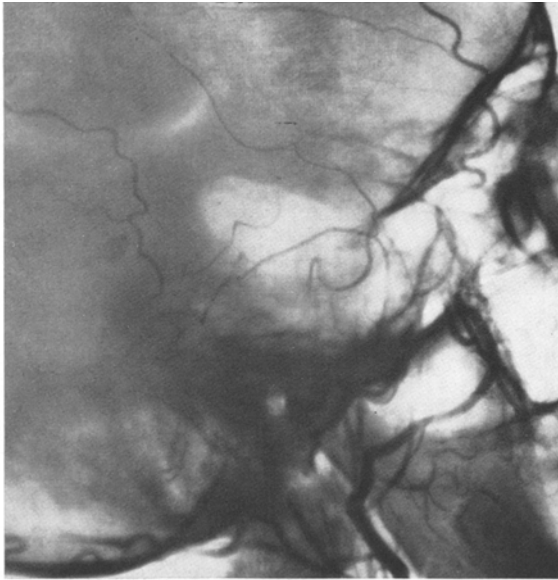


Abb. 1 a und b. Rete-mirabile-Anastomosen zwischen dem occipitalen Ast der A. meningica media und einem temporalen Ast der A. cerebri media bei Verschuß der A. carotis interna. Der Kollateral-kreislauf der Gegenseite schien gut, jedoch war nicht zu erkennen, ob die temporalen Äste der A. cerebri media sich über ihn füllten. In der Abbildung projizieren sich die beiden anastomosierenden Arterien in einen (kontralateralen) Kalottendefekt. Der temporale Ast der A. cerebri media füllt sich zunehmend retrograd, aber auch ein kurzes Stück anterograd

Für die Korrelation interessierten nur die unilateralen Verschlüsse und wegen der seltenen Vertebralisangiogramme nur die Anastomosen von der A. cerebri anterior zur A. cerebri media. Ferner wurden alle Fälle, in denen es über die kontralaterale Carotis nicht zur Füllung der A. cerebri anterior gekommen war, eliminiert. Es blieben 49 Patienten übrig, und zwar 36 mit und 13 ohne anterograde kollaterale Darstellung der A. cerebri media (Vertebralisangiogramme, soweit vorhanden, berücksichtigt). In der zweiten Gruppe war Verschuß der A. cerebri media zu diskutieren. Hier zeigten sich bei 31% (4 Patienten) leptomeningeale Anastomosen, in der ersten Gruppe hingegen nur bei 11% (4 Patienten). Diese Aufstellung zeigt aber trotz dieses Unterschiedes, daß leptomeningeale Anastomosen bei sicher durchgängigem Mediastamm vorkamen. Ob in allen diesen Fällen Mediaastverschlüsse bestanden haben — in den eigenen war es sicher bis wahrscheinlich —, bleibt offen.

Rete-mirabile-Anastomosen (vgl. Abb. 1) waren bei 3 Patienten mit unilateralem Verschuß bemerkt worden. 2 entstammen der eigenen Kasuistik, der eine hatte zusätzlich leptomeningeale Anastomosen und fast völligen Verschuß des Mediastammes.



Die Occipitalis-Vertebralis-Anastomose fand sich bei keinem von 50 unilateralen (vgl. S. 209), hingegen bei 3 von 59 bilateralen (32 Patienten) Carotisverschlüssen.

2. Korrelation klinischer und angiographischer Daten

Datenkorrelation wurde nur bei Patienten mit unilateralem Carotisverschluß durchgeführt. Ergebnisse bei bilateralem Verschluß finden sich in einer früheren Arbeit [44].

a) Bemerkungen zu den Todesfällen. 18 Patienten waren als tot bekannt, 7 waren innerhalb von 2 Wochen nach der Angiographie gestorben, der Rest spätestens 3½ Jahre danach. In 2 Spätfällen war der Tod ohne Zusammenhang mit dem cerebrovasculären Leiden. Sie wurden deshalb aus der entsprechenden Todesrate eliminiert. Auf die pathologisch-anatomischen Befunde der 14 sezierten Patienten war nur zum Teil Verlaß, denn ausreichende Sektion der extrakraniellen Hirnarterien scheint öfters nicht durchgeführt worden zu sein. 6 Carotisverschlüsse, ein isolierter Verschluß der A. cerebri media und 3 weitere Verschlüsse dieser Arterie durch Propagation aus der Carotis waren gefunden worden, außerdem 10 Hirninfarkte. 6 der 7 Patienten, welche die 14 Tage-Todesrate ausmachten, waren seziert worden. 3 waren operiert, davon 2 in desolatem Zustand; dem dritten ging es trotz vergeblichen Versuchs der Thrombektomie postoperativ vorübergehend besser. Alle 7 Patienten sind sicher bis wahrscheinlich an den Folgen des Carotisverschlusses gestorben. Auf die Frage, ob unterschiedliches angiographisches Vorgehen die Prognose auch unterschiedlich beeinflußt hat, wird später eingegangen werden (vgl. S. 215).

b) Kollateralen, klinischer Befund, Prognose. In Tab.1 und 2 sind bilateral angiographierte Patienten mit unilateralem Verschluß in drei

Tabelle 1. *Kollateralkreislauf via kontralaterale Carotis, Symptome kurz vor der Angiographie, Prognose (vgl. S. 210 und 215)*

Gruppen I, II, III = Aa. cerebri anterior und media (I) bzw. nur die A. cerebri anterior (II) anterograd über den Kollateralkreislauf der Gegenseite gefüllt bzw. keine Kontrastmittelpassage durch den R. communicans anterior (III).

M+, - = A. cerebri media bei mangelnder anterograder Füllung via Gegenseite sicher nicht verschlossen (+) bzw. möglicherweise verschlossen (-), abhängig davon, ob über andere Kollateralen anterograd dargestellt oder nicht. Diese Unterteilung war notwendig, damit Verschluß der A. cerebri media nicht als Insuffizienz des Kollateralkreislaufs der Gegenseite mißdeutet werden konnte.

Sy + + +, + = schwere bzw. leichte Symptome kurz vor der Angiographie. Symptome mittleren Grades können durch Subtraktion vom Total errechnet werden.

Verl. + = Symptombesserung bis zu maximal 6 Monaten nach der Angiographie eingetreten, auch wenn nur vorübergehend. Auch einer der rasch gestorbenen Patienten ist unter dieser Kategorie aufgeführt. Durch Fälle mit unbekanntem Verlauf waren die Gesamtzahlen reduziert. Neue Totals in Klammern. † 14 T = 14 Tage-Todesrate (vgl. S. 210).

| Angiogr. Bef. | | Total | | Sy + + + | | Sy + | | Verl + | | † 14 T | |
|---------------|----|-------|----|----------|---|------|---|---------|--------|--------|---|
| Gr. I | | 40 | | 14 | | 15 | | 21 (25) | | 1 | |
| Gr. II | M+ | 26 | 10 | 14 | 6 | 4 | 2 | 9 (18) | 2 (6) | 1 | 0 |
| | M- | | 16 | | 8 | | 2 | | 7 (12) | | 1 |
| Gr. III | M+ | 7 | 3 | 3 | 1 | 0 | 0 | 2 (6) | 1 (3) | 4 | 2 |
| | M- | | 4 | | 2 | | 0 | | 1 (3) | | 2 |

Tabelle 2. *Beziehung zwischen dem Kollateralkreislauf der Gegenseite und der Ophthalmicakollaterale. Alle Fälle, deren Verschluß nach dem Angiogramm im Siphon oder supraclinoidalen Abschnitt gelegen war, sind eliminiert. Bei Fehlen der Ophthalmicakollaterale war über die Passierbarkeit dieser Abschnitte dennoch meistens nichts bekannt*

Oph-M = A. cerebri media via Ophthalmicakollaterale gefüllt. † 14 T—3 J = 14 Tage- bis 3 Jahre-Todesrate (vgl. S. 210). Nomenklatur sonst wie in Tab. 1.

| Angiogr. Bef. | | Total | | Sy + + + | | Sy + | | Verl + | | † 14 T | | † 14 T—3 J | |
|---------------|-------|-------|------|----------|---|------|----|---------|---------|--------|---|------------|---|
| Gr. I | Oph-M | 28 | 3 | 10 | 1 | 12 | 1 | 14 (16) | 2 (2) | 0 | 0 | 2 | 1 |
| | | | 23* | | 8 | | 10 | | 11 (13) | | 0 | | 1 |
| Gr. II | Oph-M | 20 | 6 | 12 | 4 | 4 | 1 | 5 (13) | 0 (2) | 0 | 0 | 5 | 0 |
| | | | 13** | | 8 | | 3 | | 4 (10) | | 0 | | 4 |
| Gr. III | Oph-M | 6 | 3 | 3 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 4 | 2 | 0 | 0 |
| | | | 3 | | 2 | | 0 | | 1 | | 2 | | 0 |

* 2 Verschlüsse der Carotis communalis eliminiert, weil ipsilateral die Ophthalmicakollaterale nicht möglich gewesen wäre.

** 1 Fall mit erst bei Reangiographie sichtbarer Ophthalmicakollaterale eliminiert, weil er sonst doppelt hätte gezählt werden müssen (vgl. S. 210).

Gruppen eingeteilt, die sich durch das Ausmaß der über die kontralaterale Carotis zustandegekommenen Hirnarterienfüllung der Verschlußseite unterscheiden. In Tab. 1 sind auch die angiographisch diagnostizierten Verschlüsse des Siphons und des supraclinoidalen Abschnitts der Carotis enthalten, in Tab. 2 hingegen nicht (vgl. S. 209). Tab. 1 wurde zusammengestellt, weil geprüft werden mußte, ob abnehmende Hirnarteriendarstellung via Gegenseite wahrscheinlicher auf Verschluß der nicht kollateral gefüllten Arterien hinweist als auf Insuffizienz des Kollateralkreislaufs der Gegenseite¹. Tab. 2 sollte der Korrelation zwischen dem Kollateralkreislauf der Gegenseite und der Ophthalmicakollaterale bei sicheren (und möglichst nicht supraclinoidalen) Carotisverschlüssen dienen.

Die Ergebnisse von Tab. 1 sind:

1. Mit abnehmender Hirnarteriendarstellung via kontralaterale Carotis wurden schwere Symptome relativ häufiger, leichte seltener ($p < 0,05$).

2. In der gleichen Reihenfolge wurden Symptombesserung seltener ($p < 0,05$) und die 14 Tage-Todesrate größer ($p < 0.001$).

3. Die Fälle mit sicher durchgängigem Stamm der A. cerebri media zeigten die gleiche Tendenz wie unter 1. und 2. genannt, die unterschiedliche Symptombesserung war signifikant ($p < 0,02$ beim Vergleich von Gruppe I mit den Gruppen II und III).

4. Die Fälle mit möglichem Verschluß des Stammes der A. cerebri media zeigten hinsichtlich Symptomen und Prognose keine verwertbaren Unterschiede zu den in den gleichen Gruppen aufgeführten Fällen mit sicher durchgängigem Mediastamm.

12 Fälle eines Autors [36], die eine auffällig hohe Todesrate zeigten (3 der 4 Todesfälle in Gruppe III), wurden eliminiert. Die Symptome dieser Fälle kurz vor der Angiographie waren durchschnittlich schwerer, als es den Gruppen I, II und III entsprochen hätte (Gr. I $\frac{2}{3}$ schwere, $\frac{1}{3}$ leichte; Gr. II $\frac{5}{6}$ schwere, $\frac{1}{6}$ leichte; Gr. III $\frac{2}{3}$ schwere, 0 leichte Symptome). Die übriggebliebenen 61 Patienten zeigten immer noch die unter 1., 2. und 4. genannten Tendenzen, wenn auch ohne statistische Signifikanz. Da außerdem in den Tab. 1 und 2 präangiographische Symptome, Rehabilitation und 14 Tage-Todesrate parallel gingen, schien der Schluß berechtigt, daß unterschiedliche angiographische Untersuchungsmethoden die Prognose-Statistik nicht wesentlich verfälscht hatten.

¹ Darunter werden hier alle Engpässe von der kontralateralen Carotis interna oder communis bis einschließlich der pars circularis der A. cerebri anterior auf der Verschlußseite verstanden.

Die Ergebnisse von Tab. 2 sind:

1. Auch nach Eliminierung von Fällen, in denen die Ophthalmica-kollaterale (und der R. communicans posterior) sicher nicht zur antero-graden Blutversorgung der A. cerebri media hätten beitragen können, bleiben die Ergebnisse der Tab. 1 bestehen (u. a. Abnahme der Symptomenbesserung von 87,5% über 38% auf 33%; 14 Tage-Todesrate in Gr. III signifikant höher als in den zusammengefaßten Gruppen I und II, p 0,001).

2. Nur ein Viertel der Fälle mit Ophthalmicakollaterale zeigte auch via kontralaterale Carotis Darstellung der A. cerebri media. Wie schon erwähnt (vgl. S. 211) befanden sich die Fälle mit besonders ausgedehntem Kollateralkreislauf via Ophthalmicakollaterale — d. h. Darstellung der Aa. cerebri media und anterior — ausschließlich in den Gruppen II und III. Sie hatten zu Fünftel schweren Symptome bzw. starben rasch (2 von 6 Patienten).

3. Unterstellt man, daß die relativen Zahlen unbekannter Todesfälle in den drei Gruppen sich nicht wesentlich unterscheiden, dann sind nach Ablauf von 14 Tagen nach der Angiographie die Todesraten anscheinend nicht mehr von der Stärke des Kollateralkreislaufs der Gegenseite beeinflusst worden (p 0,7 bei Vergleich von Gr. III mit den zusammengefaßten Gr. II und I und einseitiger Fragestellung).

Die Gruppe der als supraclinoidal bezeichneten Carotisverschlüsse hatte insgesamt 4 Todesfälle, davon 2 innerhalb von 14 Tagen nach der Angiographie (je einer entsprechend den Gruppen I und II). Für statistische Korrelation war diese Gruppe zu klein, jedoch sei erwähnt, daß bei den Fällen aus Gruppe I schwere und leichte Symptome gleichhäufig vorkamen, bei denen aus den Gruppen II und III hingegen leichte Symptome fehlten. Symptomenbesserung kam gleichhäufig vor.

Unter den 10 Patienten mit nachgewiesenen leptomeningealen Anastomosen waren schwere Symptome etwas häufiger, Symptomenbesserung hingegen nicht seltener (Zweidrittel der Fälle) als bei Fällen ohne nachgewiesene leptomeningeale Anastomosen. Die 14 Tage-Todesrate war Null.

Besprechung der Ergebnisse

a) *Der Kollateralkreislauf über die kontralaterale Carotis.* Dieser Kollateralkreislauf war in Übereinstimmung mit dem Ergebnis einer anderen Arbeit [38] in mehr oder weniger deutlichem Ausmaß bei fast allen unilateralen Carotisverschlüssen zu sehen. Wahrscheinlich hat er große Bedeutung, denn mit gradueller Abnahme seiner Sichtbarkeit waren Symptome und Prognose der Patienten ungünstiger. Dies ist schon lange angenommen und verschiedentlich auf ähnliche Weise wie

in dieser Arbeit gezeigt worden [26, 34, 44]. Unter den Einwänden gegen die Verlässlichkeit derartiger Ergebnisse ist der folgende besonders wichtig: Wenn die A. cerebri media sich über den Kollateralkreislauf der Gegenseite nicht darstellt, so kann es sich um Verschluß dieser Arterie handeln, ohne daß der Kollateralkreislauf der Gegenseite insuffizient zu sein braucht. Daß Mediaverschluß in der vorliegenden Arbeit das Ergebnis nicht verfälscht hat, geht aus Tab. 1 hervor.

Die eingangs erwähnten Versuche an Affen [28] hatten gezeigt, daß der Kollateralkreislauf der Gegenseite wichtiger ist als die Externa-Kollateralen und als der Kollateralkreislauf über das vertebrobasiläre System. Dies ist auch beim Menschen zu vermuten. Für die Externa-Kollateralen ist es durch Korrelation klinischer und angiographischer Befunde mehrfach an unterschiedlich großen Serien wahrscheinlich gemacht worden [26, 34, 44], während für den Kollateralkreislauf über den R. communicans posterior meines Wissens bisher nur eine Arbeit [38] verwertbare Ergebnisse gebracht hat, deren Bedeutung aber noch diskutiert werden muß.

b) *Die Ophthalmicakollaterale.* Während bei ausgeprägtem Kollateralkreislauf der Gegenseite im allgemeinen relativ günstige Blutversorgung der betroffenen Hemisphäre angenommen werden kann, scheint für die Ophthalmicakollaterale das Gegenteil zu gelten. In einer früheren Arbeit [44] fand ich, daß Symptome und weiterer Verlauf besonders ungünstig waren, wenn bei unilateralem Carotisverschluß die Aa. cerebri media und anterior über die Ophthalmicakollaterale gefüllt waren. Einige dieser Fälle waren bilateral angiographiert und konnten deshalb in diese Arbeit aufgenommen werden. Sie hatten alle schwach bis nicht sichtbaren Kollateralkreislauf der Gegenseite. Ähnliches gilt für die übrigen Fälle mit Ophthalmicakollaterale (vgl. Tab. 2). Dreiviertel der Fälle mit Füllung der A. cerebri media via Ophthalmicakollaterale zeigten bei Angiographie der Gegenseite keine anterograde kollaterale Darstellung der A. cerebri media. Die Ophthalmicakollaterale trat hier also bei Insuffizienz des Kollateralkreislaufs der Gegenseite in Funktion. Symptome und Prognose waren entsprechend ungünstig. Bei ausreichendem Kollateralkreislauf der Gegenseite scheint demnach im allgemeinen — und vielleicht sogar ausnahmslos — kein genügend hohes Druckgefälle zwischen der Carotis externa und dem Circulus arteriosus zu bestehen, um die Anastomosenwiderstände zu überwinden.

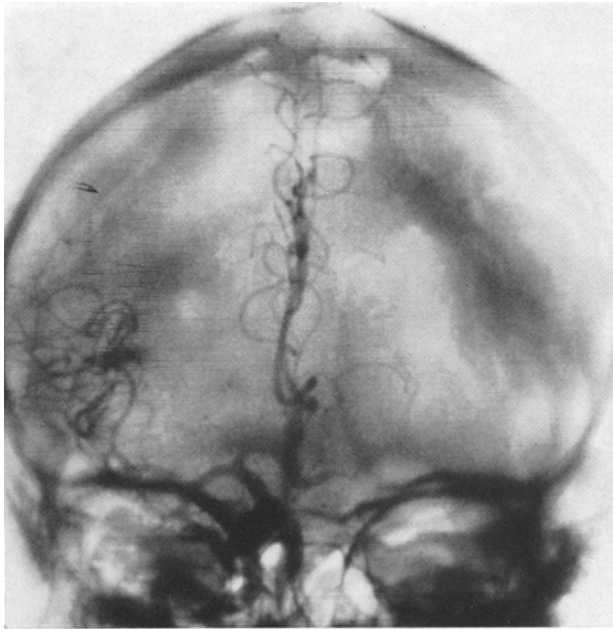
In einigen Fällen war die Ophthalmicakollaterale erst bei Reangiographie zu sehen. Dies kann verschiedene Ursachen gehabt haben, z. B. Rekanalisation des Siphons, langsam entstandene Insuffizienz des Kollateralkreislaufs der Gegenseite oder Ablauf einer bestimmten Mindestzeit bis zur ausreichenden Erweiterung der Externa-Anastomosen. Wenn die Ophthalmicakollaterale erst nach Tagen bis Wochen aus-

reichend funktionierte, wäre sie bei raschem Eintritt des Carotisverschlusses nicht verfügbar. Dann könnte aus den Symptomen des Patienten nicht auf den hämodynamischen Effekt der voll ausgebildeten Kollaterale geschlossen werden. Gegen diese Annahme [47] gibt es mehrere Argumente, die in der Einleitung zur vorliegenden Arbeit (vgl. S. 208) zu finden sind. Selbst wenn diese Argumente nicht zutreffen würden, so wäre nach dem Ergebnis der Tab. 2 dennoch anzunehmen, daß die Ophthalmicakollaterale erst bei Insuffizienz des Kollateralkreislaufs der Gegenseite auftritt, sei es mit oder ohne größere Latenz. Daß sich die Fälle mit Ophthalmicakollaterale bezüglich Symptomen und Prognose im Durchschnitt nicht von vergleichbaren Fällen ohne diese Kollaterale unterscheiden, kann nicht als Hinweis auf relative Bedeutungslosigkeit der Ophthalmicakollaterale gewertet werden. Tab. 2 zeigt nicht, wie oft Anastomosen mit dem vertebrobasilären System in Funktion waren bzw. wie oft beim Fehlen der Ophthalmicakollaterale Verschuß der A. cerebri media vorlag; man weiß also nicht, welche schlimmeren Ausfälle durch die Ophthalmicakollaterale verhütet worden sein können. Indirekt kann man aber aus der Tab. 2 folgern, daß die Ophthalmicakollaterale im Durchschnitt nicht wirksamer zu sein scheint als der Kollateralkreislauf des vertebrobasilären Systems. Nach eigenen Ergebnissen bei bilateralem Carotisverschuß [44] besteht der Verdacht, daß sie ihm sogar unterlegen ist. Dies war auch aus den eingangs erwähnten Affenversuchen [28] hervorgegangen.

c) *Kollateralkreislauf via Ramus communicans posterior.* SANGUINETTI et al. [38] fanden, daß dieser Kollateralkreislauf bei Carotisverschuß fehlte, wenn die Prognose ungünstig war. Die anderen Kollateralen waren in derartigen Fällen nicht häufiger zu sehen als bei günstiger Prognose. Wenn dieses Ergebnis sich bestätigt, so scheint folgende Aussage möglich: Der kollaterale Beitrag des vertebrobasilären Systems ist bei Carotisverschuß relativ klein und erreicht bei Anstieg der Widerstände im Carotisgebiet (z. B. Hirnödem) oder bei Absinken des mittleren arteriellen Blutdrucks in der Aorta besonders rasch die Nullgrenze. Damit wäre eines der Ergebnisse von MEYER et al. [28] vielleicht auch beim Menschen gültig. Eigene Ergebnisse zum Kollateralkreislauf des vertebrobasilären Systems liegen, mit Ausnahme der bereits erwähnten Hinweise, nicht vor.

d) *Leptomeningeale und seltene andere Anastomosen.* Leptomeningeale Anastomosen sieht man sehr häufig bei Verschuß der A. cerebri media oder ihrer größeren Äste (vgl. S. 211). Bei unilateralem Carotisverschuß sieht man gelegentlich retrograde Füllung von Ästen der A. cerebri media über leptomeningeale Anastomosen, die das Kontrastmittel aus der A. cerebri anterior (Angiographie der Gegenseite) oder aus der A. cerebri posterior (supraclinoidaler Verschuß) abzweigten. Bei bi-

lateralem Verschluß kann man auch Anastomosen zwischen den Aa. cerebri posterior und anterior beobachten. In der vorliegenden Serie wurde lediglich geprüft, ob die Darstellung der A. cerebri media über leptomeningeale Anastomosen bei Carotisverschluß auf zusätzlichen Verschluß der A. cerebri media oder ihrer Äste hinweist. Das Ergebnis war: Fälle, in denen Mediaverschluß als möglich angesehen werden mußte, zeigten mehr als doppelt so häufig leptomeningeale Anastomosen als Fälle mit sicher durchgängigem Mediastamm. Bei einem Patienten aus eigenem Material war durch den Nachweis leptomeningealer Anastomosen ursprungsnaher Verschluß der A. cerebri media gesichert (Abb. 2).



a

Abb. 2a—c. Kontralaterales Angiogramm bei Verschluß der A. carotis interna mit zusätzlichem Verschluß der A. cerebri media am Ursprung. Möglicherweise handelte es sich um Propagation der Carotisthrombose. Schwere neurologische Ausfälle ohne Remission innerhalb einer mehrwöchigen Beobachtungszeit. Die Diagnose des Verschlusses der A. cerebri media basiert darauf, daß diese Arterie sich über leptomeningeale Anastomosen mit der A. cerebri anterior zunehmend gefüllt hat, obwohl das Kontrastmittel auf dem kürzeren anterograden Weg nicht über die pars horizontalis der A. cerebri anterior hinausgekommen ist

In anderen Fällen kamen sie jedoch — wie aus dem erwähnten Korrelationsergebnis hervorgeht — bei zweifellos durchgängigem Mediastamm vor. Mediaastverschlüsse mögen dennoch bestanden haben, in den eigenen Fällen waren sie möglich bis wahrscheinlich. Beim Affen traten corticale Anastomosen in Funktion, ohne daß zusätzlich Äste der Carotis interna verschlossen werden mußten [46].

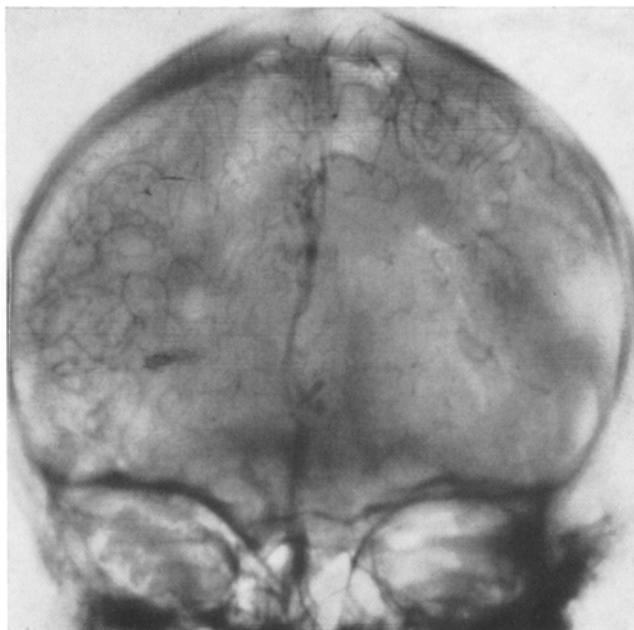


Abb. 2b

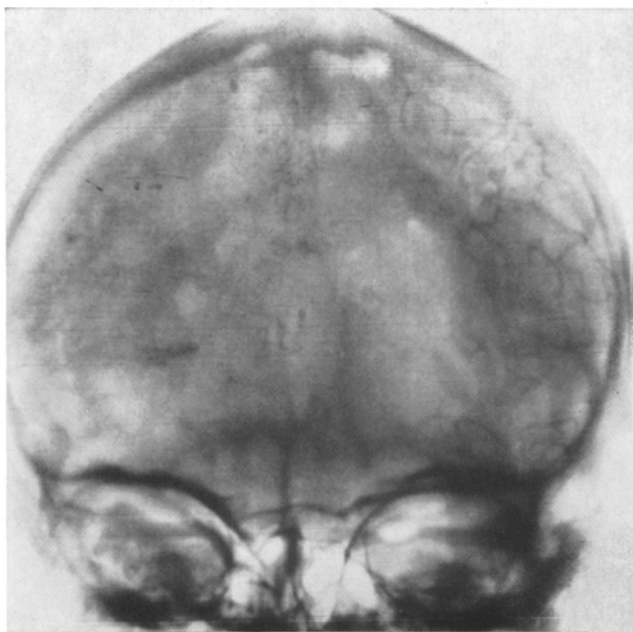


Abb. 2c

Rete-mirabile-Anastomosen habe ich selbst nur zweimal gesehen. Ihre Darstellung gehört immer noch zu den seltenen angiographischen Befunden. Über ihre funktionelle Bedeutung sind bisher keine Aussagen möglich.

Occipitalis-Vertebris-Anastomosen interessierten in dieser Arbeit nur, wenn Kontrastmittel aus der A. occipitalis in die A. vertebralis und von dort ins Schädelinnere floß. Dies ist meist in Fällen mit Carotisverschluß gesehen worden [39]. Da das Kontrastmittel auf dem Weg über die Carotis externa zur Atlasschlinge der A. vertebralis größere Widerstände zu überwinden hat als auf dem direkten Weg durch eine normalkalibrige A. vertebralis, wäre es denkbar, daß bei Fällen mit angiographischer Darstellung der Occipitalis-Vertebris-Anastomosen der mittlere arterielle Druck in der Atlasschlinge relativ zu niedrig ist. Aus dieser Sicht wäre es bemerkenswert, wenn sich auch in noch größeren Serien bestätigen würde, daß die Occipitalis-Vertebris-Anastomosen bei bilateralem Carotisverschluß (pro verschlossene Carotis) häufiger auftreten als bei unilateralem.

e) *Verschluß der Aa. carotis interna und cerebri media.* Nach einer Zusammenstellung von LUESSENHOP [26] fand sich in Autopsie-Serien verschiedener Autoren bei 31–46% der Patienten mit Carotisverschluß Ausdehnung der Thrombose über den Circulus arteriosus hinaus nach distal. Diesen hohen Prozentsatz muß man vielleicht unter dem Gesichtspunkt der negativen Auslese gestorbener Patienten sehen. Am Lebenden sind die Möglichkeiten, in Fällen von Carotisverschluß durch Angiographie zusätzlichen Verschluß der A. cerebri media zu erkennen, auf Ausnahmefälle mit besonderen Befunden beschränkt. Amerikanische Autoren glauben, daß bei Patienten mit sogenanntem „progressive stroke“ die Thrombose in den Circulus arteriosus reicht. Darüber scheint es aber noch keine ausreichende Statistik zu geben.

Wenn man bei doppelseitig angiographierten Fällen mit unilateralem Carotisverschluß und ohne anterograde Darstellung der A. cerebri media via Gegenseite oder Ophthalmicakollaterale retrograde Füllung von Mediaästen über leptomeningeale Anastomosen (von der A. cerebri anterior zur A. cerebri media) sieht, dann ist Verdacht auf Mediaverschluß nicht mehr unbegründet. Bewiesen ist Mediaverschluß damit nicht. Es kann z.B. Atresie der pars horizontalis der A. cerebri anterior vorliegen und ein guter Kollateralkreislauf des vertebrobasilären Systems bestehen. Dieser Kollateralkreislauf scheidet bei supraclinoidalem Carotisverschluß für anterograde Füllung aus. Füllt sich hier die A. cerebri media nicht über den Kollateralkreislauf der Gegenseite anterograd, so ist ihr Verschluß (auch ohne Nachweis leptomeningealer Anastomosen) wahrscheinlicher als in den Fällen, deren Carotis interna schon unterhalb

des Siphons undurchgängig ist. Berücksichtigt man, daß unter 15 Patienten mit supraclinoidaler Verschlußkonfiguration (vgl. S. 209 und 211) nur 8 (53%) anterograde kollaterale Darstellung der A. cerebri media zeigten, während von 55 Patienten mit Verschluß schon unterhalb des Siphons 42 (76,4%) anterograde Füllung dieser Arterie über irgendwelche Kollateralen erkennen ließen, dann scheint die Folgerung nicht unberechtigt, daß bei supraclinoidalem Carotisverschluß die A. cerebri media häufiger mitverschlossen ist als bei infraclinoidalem oder daß einige Fälle mit der angiographischen Diagnose eines supraclinoidalen Carotisverschlusses überhaupt nur Verschluß der A. cerebri media bei Varianten im vorderen Teil des Circulus arteriosus hatten.

Zusammenfassung

An bilateral angiographierten Patienten mit unilateralem Verschluß der A. carotis interna wurden die Befunde über Kollateralen miteinander, mit dem Schweregrad der klinischen Symptome und mit prognostischen Daten korreliert. Die Ergebnisse waren folgende: Der Kollateralkreislauf über die kontralaterale Carotis war in Neunzehnteln der Fälle nachweisbar, wenn auch unterschiedlich ausgeprägt. Auch nach Eliminierung der Möglichkeit zusätzlichen Verschlusses des Stammes der A. cerebri media blieb der Einfluß des Kollateralkreislaufs der Gegenseite auf den Schweregrad der Symptome und auf die Prognose unverkennbar. Hirnarterienfüllung über die Ophthalmicakollaterale war um so häufiger und ausgeprägter, je insuffizienter der Kollateralkreislauf der Gegenseite und je ungünstiger Symptome und Prognose waren. Die Annahme, daß, die Ophthalmicakollaterale erst nach Wochen ausreichend funktioniere, konnte jedoch schon in einer früheren Arbeit des Autors nicht bestätigt werden. Der Kollateralkreislauf über das vertebrobasiläre System scheint der Ophthalmicakollaterale im Durchschnitt nicht unterlegen zu sein. Diese Folgerung basiert nicht auf direkter Beobachtung. Zusätzlicher Verschluß des Stammes der A. cerebri media läßt sich angiographisch nur in Ausnahmefällen diagnostizieren, es gibt aber Kriterien, deren Zusammentreffen für zusätzlichen Mediaverschluß spricht. Patienten, bei denen supraclinoidaler Carotisverschluß diagnostiziert wird, scheinen entweder häufiger zusätzlichen Verschluß der A. cerebri media zu haben als Patienten mit infraclinoidalem Carotisverschluß oder die Diagnose Carotisverschluß müßte bei ihnen öfters eine Fehldiagnose sein.

Summary

Collateral circulation in carotid artery occlusive disease has been studied by comparison of angiographical and clinical data in patients with unilateral carotid artery occlusion and bilateral angiography. Results were as follows: Cross-filling from the contralateral carotid was present

in $\frac{9}{10}$ th of the cases, however, to a varying degree. Diminished cross-flow was connected with an increase in neurological deficit and unfavorable prognosis. This was statistically significant. Results remained nearly unchanged after elimination of cases, where additional occlusion of the origin and proximal parts of the middle cerebral artery could not be excluded by angiography. Increasing insufficiency of opposite carotid collateral circulation and increasing deficit with unfavorable prognosis were paralleled by an increase in frequency and extensiveness of ophthalmic artery collateral circulation. Former results of the author did not support, however, the conclusion that the ophthalmic artery collateral circulation requires weeks for its development. Vertebrobasilar collateral circulation seems not to be less efficient than the ophthalmic artery collateral. This conclusion has not been drawn from direct observation. Additional occlusion of the origin and proximal parts of the middle cerebral artery can be diagnosed only exceptionally by means of angiography. If some not rarely found criteria come together, suspicion of middle cerebral artery occlusion seems not unjustified. Occlusion of the supraclinoid portion of the internal carotid artery either includes a relatively high probability of additional middle cerebral artery occlusion or the whole diagnosis must be wrong in some cases, also if cautious observation has been applied.

Literatur

- [1] ALAJOUANINE, TH., P. CASTAIGNE, F. LHERMITTE, J. CAMBIER et J.-C. GAUTIER: Les obstructions bilatérales de la Carotide interne. *Sem. Hôp. Paris* **35**, 1149—1160 (1959).
- [2] — I. BERTRAND, P. CASTAIGNE, F. LHERMITTE, J. CAMBIER et J.-C. GAUTIER: Les necroses ischémiques dans les obstructions bilatérales de la carotide interne. *Rev. neurol.* **102**, 113—129 (1960).
- [3] ALPERS, B. J., and R. G. BERRY: Circle of Willis in cerebral vascular disorders. *Arch. Neurol. (Chic.)* **8**, 398—402 (1963).
- [4] ARNOULD, G., P. TRIDON, J. SCHMITT et O. GUERCI: Thrombose carotidienne bilatérale. *Rev. méd. Nancy* **86**, 710—714 (1961).
- [5] BATLEY, E.: Bilateral internal carotid artery thrombosis. *Brit. J. Radiol.* **28**, 472—473 (1955).
- [6] BERGLEITER, R.: Umkehr des Blutstromes in der A. ophthalmica nach artefizielllem Internaverschluß. *Fortschr. Röntgenstr.* (in Vorbereitung).
- [7] BOSSI, R., and C. PISANI: Circulation through the ophthalmic artery and its efficiency in internal carotid occlusion. *Brit. J. Radiol.* **28**, 462—469 (1955).
- [8] CHAMBERS, W. R.: Acute occlusion of the internal carotid artery. *Surgery* **36**, 980—985 (1954).
- [9] DONIGER, D. E.: Bilateral complete carotid and basilar artery occlusion in a patient with minimal deficit. *Neurology (Minneapolis)* **13**, 673—678 (1963).

- [10] ETHELBERG, S.: On changes in circulation through the anterior cerebral artery. *Acta psychiat. scand. Suppl.* 75, 166 (1951).
- [11] FIELDS, W. S., P. C. SHARKEY, E. S. CRAWFORD, and G. C. MORRIS: Correlation of neurologic syndromes with lesions found angiographically. *Neurology (Minneap.)* 10, 431—438 (1960).
- [12] — W. H. EDWARDS, and E. S. CRAWFORD: Bilateral carotid artery thrombosis. *Arch. Neurol. (Chic.)* 4, 369—383 (1961).
- [13] FISCHER-BRÜGGE, E.: Der persistierende Hirnprolaps nach Schußverletzungen. *Zbl. Neurochir.* 9, 18—45 (1949).
- [14] GUND, A.: Die Klinik des Carotisverschlusses. *Wien. klin. Wschr.* 68, 962—966 (1956).
- [15] GURDJIAN, E. S., D. W. LINDNER, W. G. HARDY, and L. M. THOMAS: "Completed stroke" due to occlusive cerebrovascular disease. *Neurology (Minneap.)* 11, 724—733 (1961).
- [16] HAUGE, T.: Vertebralis angiografi, Kliniske iakttagelser over kontraststoffenes virkning. *Nord. Med.* 47, 682—683 (1952).
- [17] HERMANN, E., u. W. GRÜTER: Neuroradiologischer Beitrag zu den Bildungsvarianten und Anomalien des arteriellen cerebralen Gefäßsystems. *Dtsch. Z. Nervenheilk.* 185, 203—214 (1963).
- [18] HUMPHREY, J. G., and T. H. NEWTON: Internal carotid artery occlusion in young adults. *Brain* 83, 565—578 (1960).
- [19] KORBIN, M. A.: Thrombosis of the internal carotid artery within the neck. *Bull. Los Angeles neurol. Soc.* 21, 146—149 (1956).
- [20] KŘČŮ, K.: Beitrag zur Problematik des beiderseitigen Carotisverschlusses. *Zbl. Neurochir.* 17, 92—99 (1957).
- [21] KRIEG, W.: Kollateralkreislaufentwicklung bei Durchblutungsstörungen des Gehirns im arteriographischen Bild: Eine pathogenetische Betrachtung. *Zbl. Chir.* 11, 562—578 (1939).
- [22] LAFON, R., C. GROS, J. MINVILLE et B. VLAHOVITCH: Problèmes de Physiopathologie vasculaire, posés par quelques cas de thrombose de la carotide interne. *V. Congrès neurologique internat., Lisboa, III*, 123—125 (1953).
- [23] LASCELLES, R. G., and E. H. BURROWS: Occlusion of the middle cerebral artery. *Brain* 88, 85—96 (1965).
- [24] LIN, P. M., and M. SCOTT: Collateral circulation of the external carotid artery and the internal carotid artery through the ophthalmic artery in cases of internal carotid artery thrombosis. *Radiology* 65, 755—761 (1955).
- [25] LINDGREEN, S. O.: Spontaneous occlusions of carotid and middle cerebral arteries. *Confin. neurol. (Basel)* 19, 351—382 (1959).
- [26] LUESSENHOP, A. J.: Occlusive disease of the carotid artery. Observations on the prognosis and surgical treatment. *J. Neurosurg.* 16, 705—730 (1959).
- [27] MARX, F.: An angiographic demonstration of collaterals between internal and external carotid arteries. *Acta radiol. (Stockh.)* 31, 155—160 (1949).
- [28] MEYER, J. S., J. HANDA, P. HUBER, and K. YOSHIDA: Effect of hypotension on internal and external carotid blood flow. *J. Neurosurg.* 23, 191—198 (1965).
- [29] MILLIKAN, C. H., and R. G. SIEKERT: Studies in cerebrovascular disease. IV. The Syndrome of intermittent insufficiency of the carotid arterial system. *Proc. Mayo Clin.* 30, 186—191 (1955).

- [30] MOUNT, L. A., and J. M. TAVERAS: Arteriographic demonstration of the collateral circulation of the cerebral hemispheres. *Arch. Neurol. Psychiat. (Chic.)* **78**, 235—253 (1957).
- [31] MURPHEY, F., and J. SHILLITO: Avoidance of false angiographic localization of the site of internal carotid occlusion. *J. Neurosurg.* **16**, 24—31 (1959).
- [32] NADJMI, M.: Zur Diagnose der Carotisthrombose unter besonderer Berücksichtigung der Angiographie. *Nervenarzt* **30**, 448—451 (1959).
- [33] OJEMANN, R. G., and H. W. MOSER: Acute bilateral internal carotid artery occlusion. *Neurology (Minneap.)* **14**, 565—568 (1964).
- [34] PITTS, F. W.: Variations of collateral circulation in internal carotid occlusion. *Neurology (Minneap.)* **12**, 469—471 (1962).
- [35] RANEY, R., A. H. RANEY, and J. M. SANCHEZ-PEREZ: The role of complete cerebral angiography in neurosurgery. *J. Neurosurg.* **6**, 222—237 (1949).
- [36] RIISHEDE, J.: Cerebral apoplexy. *Acta psychiat. scand.* **32**, Suppl. 118 (1957).
- [37] SANABRIA, J.: La thrombose bilatérale des artères carotides internes. *Acta neurol. belg.* **64**, 867—874 (1964).
- [38] SANGUINETTI, J., D. ZERBI, A. PIATTI et L. MIRA: Contribution de l'angiographie au problème de la suppléance circulatoire du cerveau dans la thrombose de la carotide interne. *Rev. neurol.* **112**, 131—136 (1965).
- [39] SCHECHTER, M. M.: The occipital-vertebral-anastomosis. *J. Neurosurg.* **21**, 758—762 (1964).
- [40] SCHULZE, H. A. F., u. A. SAUERBREY: Zur Frage der Anastomose zwischen der A. vertebralis und der A. occipitalis. *Zbl. Neurochir.* **16**, 76—80 (1956).
- [41] SEDZIMIR, C. B.: Head injury as a cause of internal carotid thrombosis. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.* **18**, 293—296 (1955).
- [42] SHAPIRO, S. K., and W. T. PEYTON: Spontaneous thrombosis of the carotid arteries. *Neurology (Minneap.)* **4**, 83—100 (1954).
- [43] SILVERSTEIN, A., and S. HOLLIN: Occlusion of the supraclinoid portion of the internal carotid artery. *Neurology (Minneap.)* **13**, 679—685 (1963).
- [44] SINDERMAN, F.: Krankheitsbild und Kollateralkreislauf bei einseitigem und doppelseitigem Carotisverschuß. *J. neurol. Sci.* **4** (1967) (im Druck).
- [45] STRULLY, K. J., E. S. HURWITT, and H. W. BLANKENBERG: Thrombo-endarterectomy for thrombosis of the internal carotid artery in the neck. *J. Neurosurg.* **10**, 474—482 (1953).
- [46] SYMON, L., I. SUSUMU, and J. S. MEYER: Cerebral arterial pressure changes and development of leptomeningeal collateral circulation. *Neurology (Minneap.)* **13**, 237—250 (1963).
- [47] TAVERAS, J. M., and E. H. WOOD: *Diagnostic Neuroradiology*, p. 1712. Baltimore: The Williams & Wilkins Co. 1964.
- [48] THIÉBAUT, F., D. PHILIPPIDÈS, R. STEINLÉ, F. ISCH et P. A. LOBSTEIN: Les possibilités d'anastomose et de circulation de suppléance dans les thromboses de la carotide interne. *Rev. Oto-neuro-ophtal.* **27**, 269—276 (1955).
- [49] THOMSON, J. L. G.: Thrombosis of major cerebral arteries. *Brit. J. Radiol.* **27**, 553—564 (1954).

- [50] TORKILDSEN, A., and K. KOPPANG: Notes on the collateral cerebral circulation as demonstrated by carotid angiography. *J. Neurosurg.* 8, 269—278 (1951).
- [51] TOTI, A.: Considerazioni sulla trombosi della carotide al collo (con particolare riguardo al circolo collaterale). *Radiol. med. (Torino)* 41, 321—338 (1955).
- [52] WALSH, F. B., and G. W. SMITH: The ocular complications of carotid angiography. The ocular signs of thrombosis of the internal carotid artery. *J. Neurosurg.* 9, 517—537 (1952).
- [53] WISOFF, J. S., N. Y. YONKERS, and A. B. ROTHBALLER: Cerebral arterial thrombosis in children. *Arch. Neurol. (Chic.)* 4, 258—267 (1961).

Dr. F. SINDERMANN
Neurolog. Klinik der Univ. mit
Abt. für Neurophysiologie
78 Freiburg i. Br., Hansastr. 9a