

---

# Röntgen-Blätter

---

Praxis und Klinik

---

*Herausgeber:*

E. Bücheler, Hamburg  
G. Friedmann, Köln  
H.-St. Stender, Hannover

*Beirat:*

A. Breit, Passau  
W. Dihlmann, Hamburg  
K.-D. Ebel, Köln  
O. Fishedick, Dortmund  
F. Gudden, Erlangen  
D. Harder, Göttingen  
G. H. J. Heuser, Köln  
F. Jensen, Hamburg  
H. Pokieser, Wien  
E. Scherer, Essen  
F. E. Stieve, Neuherberg  
E. Voegeli, Bern  
H.-G. Vogelsang, Hannover  
K. zum Winkel, Heidelberg

**Sonderdruck**

© Georg Thieme Verlag Stuttgart · New York  
*Nachdruck nur mit Genehmigung des Verlags*

## Diagnostik von Veränderungen der supraortalen extrakraniellen Gefäße mit besonderer Berücksichtigung der Kollateralwege – Echtzeitsonographie, Doppler-Ultraschall, Angiographie

W. Horvath

Aus der Röntgenabteilung des Krankenhauses der Barmherzigen Brüder Linz (Vorstand: Prim. Dr. F. Tomschi)

### Diagnosis of Alterations of the Supraaortal Extracranial Vessels with Special Regard to Collateralization – Real-Time-Sonography, Doppler-Ultrasound, Angiography

High-resolution real-time sonography combined with continuous-wave Doppler for non-invasive screening of the supraaortal extracranial arteries was performed in 1133 patients during the last 13 months. The results of these techniques with regard to diagnosis of stenosis  $\geq 50\%$ , complete occlusions and collateralization, are given and compared with 134 cerebral angiograms. The diagnostic information obtained can be used to differentiate between potentially surgically correctable lesions from those that require other medical therapy.

#### Zusammenfassung

Es wird über die Anwendung der Echtzeitsonographie mit hochauflösendem Schallkopf kombiniert mit dem continuous-wave-Doppler-Ultraschallverfahren als nichtinvasive Screeninguntersuchung der supraortalen extrakraniellen Arterien an 1133 Patienten berichtet. Die Ergebnisse dieser Methoden betreffend die Diagnose von Stenosen  $\geq 50\%$ , kompletten Verschlüssen und Kollateralwegen werden aufgeschlüsselt und mit 134 zerebralen Angiographien verglichen. Die gewonnenen diagnostischen Informationen erlauben eine Unterscheidung zwischen chirurgisch korrigierbaren Läsionen und solchen, die einer anderen Therapie bedürfen.

Im Lauf der letzten Jahre gewannen die nichtinvasiven Methoden der Gefäßuntersuchung mit Ultraschall zunehmend an Bedeutung und können heute der Angiographie vergleichbare Resultate in der Erkennung von Stenosen und Verschlüssen hirnvorsorgender Arterien liefern (1, 2, 3, 4, 15, 16), auf einzelnen Gebieten wie etwa diskreten Wandveränderungen übertreffen sie sogar fallweise die angiographischen Aussagen (5, 7, 10, 25). Die Erfahrung, daß ein Drittel bis die Hälfte aller ischämischen Attacken des Zerebrums durch Veränderungen extrakranieller Gefäße verursacht werden (21, 23), steigert noch den Wert diesem als Screeninguntersuchungen

Tab. 1 Verteilung der Patienten in Altersgruppen.

bis 1900	54
1901 – 1910	310
1911 – 1920	297
1921 – 1930	236
1931 – 1940	138
ab 1941	98

geeigneten Methoden. Der vorliegende Beitrag berichtet über die Kombination von Echtzeitsonographie mit hochauflösendem Schallkopf und bidirektionaler continuous-wave-Doppler-Sonographie mit Frequenzanalyse und sog. „mapping“ der Karotiden, in einem Teil der Fälle ergänzt durch Angiographie, und schlüsselt die erzielten Ergebnisse auf.

#### Patientengut

Die Indikation zur zerebrovaskulären Ultraschalluntersuchung mit den beschriebenen Methoden wurde bewußt weit gestellt. So kamen nicht nur Patienten mit dem Verdacht auf zerebrale Minderdurchblutung (etwa nach transitorischen ischämischen Attacken), sondern auch solche mit Risikofaktoren (Hypertonie, koronare Herzkrankheit, Claudicatio intermittens, Diabetes mellitus etc.) und solche mit relativ unspezifischen Beschwerden zur Auswertung. Im Lauf der letzten 13 Monate wurden an unserer Abteilung insgesamt 1133 Patienten sonographisch bezüglich supraortaler Arterien untersucht, die genauere Aufteilung in Altersgruppen ist aus Tab. 1 zu entnehmen.

Zum Vergleich konnten wir im gleichen Zeitraum 134 zerebrale Angiographien anfertigen und auswerten, die jeweils vorhergehenden Aortenbogenangiographien nicht mitgerechnet. Bezüglich der Diagnostik nichtstenosierender Wandveränderungen erscheint auch uns das real-time-Verfahren mit hochauflösendem Schallkopf dem konventionellen Röntgen teilweise überlegen, so daß hier die Angiographie nicht als Referenzmethode herangezogen werden konnte.

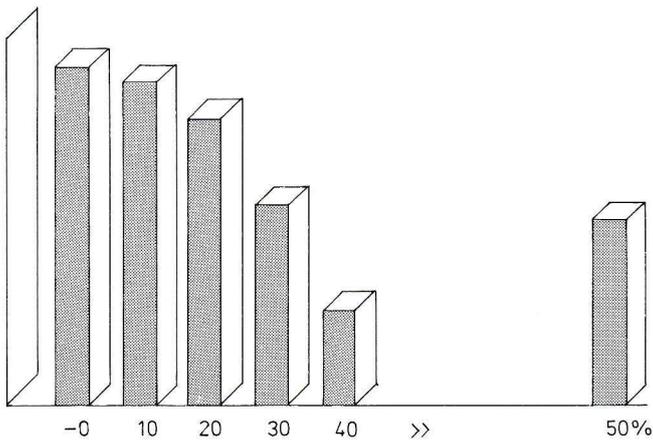
#### Untersuchungstechnik

Nach Erhebung der Anamnese und des klinischen Status wird eine Blutdruckmessung an beiden oberen Extremitäten ausgeführt, nicht nur orientierend zur Feststellung der Blutdrucklage, sondern insbesondere zum eventuellen Nachweis einer Blutdruckseitendifferenz. Die physikalische Untersuchung umfaßt weiters die Auskultation des oberen Thorax und des Halses zur Erfassung von Gefäßgeräuschen.

Die Ultraschalluntersuchung der supraortalen extrakraniellen Arterien beginnen wir mit der Echtzeitsonographie der Halsgefäße in mehreren Ebenen, wobei nicht nur die Karotiden, sondern auch die erreichbaren Abschnitte der Arteria subclaviae, vertebrales und des Truncus brachiocephalicus dargestellt werden. Es wird ein hochfrequenter small-parts-Schallkopf mit hoher Auflösung verwendet.

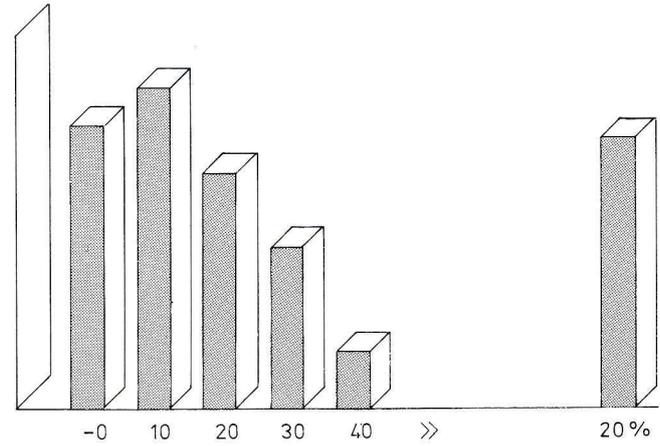
Anschließend folgt die Doppler-Sonographie der Karotiden mit x-y-Positionsangabe („mapping“), Flußgeschwindigkeitskodierung und Frequenzanalyse. Dazu steht ein 5-MHz-Schallkopf mit continuous-wave-Technik zur Verfügung. Mit demselben Schallkopf wird das Strömungssignal der Arteria ophthalmica abgeleitet und vor allem hinsichtlich der Strömungsrichtung untersucht. Es folgt die Exploration der periorbitalen Gefäße mit einer 10-MHz-Schallsonde, wobei hier die Kompressionstests der Äste der Arteria carotis externa nach bekanntem Muster (24, 29) vorgenommen werden. Ergänzende Kompressionen, etwa der gegenseitigen Arteria carotis communis erfolgen bei Bedarf.

**Tab. 2a** Prozentuelle Verteilung der pathologischen Ultraschallbefunde in Altersgruppen: Kalkhaltige Plaques



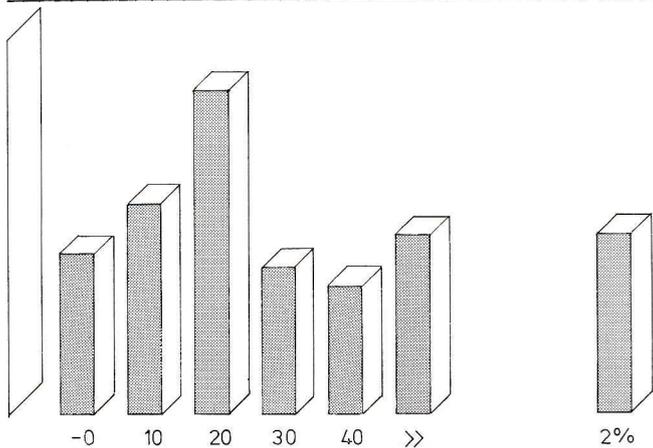
Jeweils rechter Balken = Skalenwerte

**Tab. 2b** Prozentuelle Verteilung der pathologischen Ultraschallbefunde in Altersgruppen: Stenosen  $\geq$  50 %



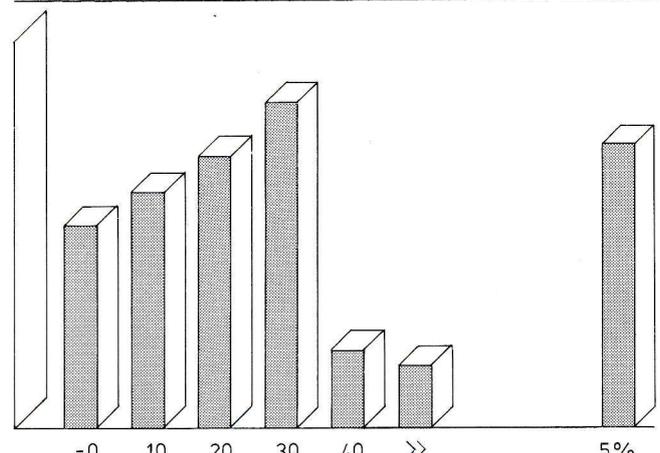
Jeweils rechter Balken = Skalenwerte

**Tab. 2c** Prozentuelle Verteilung der pathologischen Ultraschallbefunde in Altersgruppen: Verschlüsse



Jeweils rechter Balken = Skalenwerte

**Tab. 2d** Prozentuelle Verteilung der pathologischen Ultraschallbefunde in Altersgruppen: Kollateralwege



Jeweils rechter Balken = Skalenwerte

Die Strömungssignale der Arteriae vertebrales werden an ihrem Abgang aus der Arteria subclavia mit dem 10-MHz-Schallkopf, an der Schädelbasis mit der 5-MHz-Sonde hinter dem Processus mastoideus aufgesucht und beurteilt. Fallweise wird auch ein „mapping“ vorgenommen. Kompressionsversuche der Karotiden bei Ableitung des Vertebralissignals helfen in Einzelfällen weiter.

Außerdem werden die Doppler-Signale von Arteriae subclaviae und axillares untersucht, ebenfalls sowohl hinsichtlich Amplitude und Frequenzverteilung, als auch hinsichtlich der Kurvenform.

Bei verdächtigen Befunden, etwa bei Blutdruckseitendifferenzen von mehr als 10 mmHg an den Armen, bei pathologischen Doppler-Signalen der Arteria subclavia oder axillaris, entsprechenden Gefäßgeräuschen, Symptomen der vertebrobasilären Insuffizienz, Beschwerden an der oberen Extremität bei Belastung etc., wird außerdem ein Subclavian-steal-Test (24, 29) durchgeführt. Dazu wird eine Blutdruckmanschette am Oberarm der entsprechenden Seite angelegt, deren Druck etwa 20 mm über den systolischen Druck erhöht und einige Minuten belassen. Während der Patient Faustschlüsse durchführt, wird das Vertebralissignal beobachtet, ebenso nach Entlastung der Manschette. Jede Änderung des Vertebralissignals während der gesamten Manöver ist als pathologisch zu betrachten.

Als ergänzende Maßnahmen sind noch die Ableitung des Vertebralissignals bei verschiedenen Kopfhaltungen, insbesondere bei Retroflexion zu erwähnen, wodurch man Hinweise auf Alterationen des Gefäßes durch degenerative Halswirbelsäulenveränderungen erhalten kann.

Die Angiographie, welche bei verdächtigem oder pathologischem Ultraschallbefund, aber auch bei entsprechender Klinik folgt, wird als transfemorale Katheterangiographie ausgeführt. Zunächst erfolgt eine Untersuchung des Aortenbogens mit seinen Ästen, gefolgt von der selektiven Darstellung der zerebralen GefäÙe einschließlich HalsgefäÙe in zwei Ebenen.

Als Röntgenkontrastmittel verwenden wir das nichtionische Jopamidol\*, bei Aortenbogenangiographien in einer Gesamtmenge von 50 ml und einer Konzentration von 300 mg J/ml, verabreicht über einen in die Aorta ascendens eingebrachten Pigtailkatheter mit einem Flow von 24 ml/sec. Bei der zerebralen Angiographie injizieren wir 8 ml Jopamidol in einer Konzentration von 200 mg J/ml händisch über Sidewinder oder Headhunterkatheter. Durch die Verwendung dieses nichtionischen Kontrastmittels gelingt eine weitgehende Reduzierung der Schmerzreaktionen und des Hitzegefühls (6, 17, 18, 20). Vorteilhaft sind weiters die geringe Neurotoxizität dieses Mittels (9, 26), ein Faktor, der uns besonders bei Vertebralisangiographien im Vergleich zu den früher verwendeten ionischen Kontrastmitteln auffiel, die verminderte Endothelschädigung (8, 19) und die weniger veränderte Mikrorheologie des Blutes (22) durch die niedrige Osmolarität von Jopamidol. Die Patienten werden weiters in die Lage versetzt, unwillkürliche Bewegungen während der Angiographieserie weitgehend zu vermeiden, wodurch eine unproblematische Weiterverarbeitung der

\*Jopamiro®, Gerot-Pharmazeutika Wien

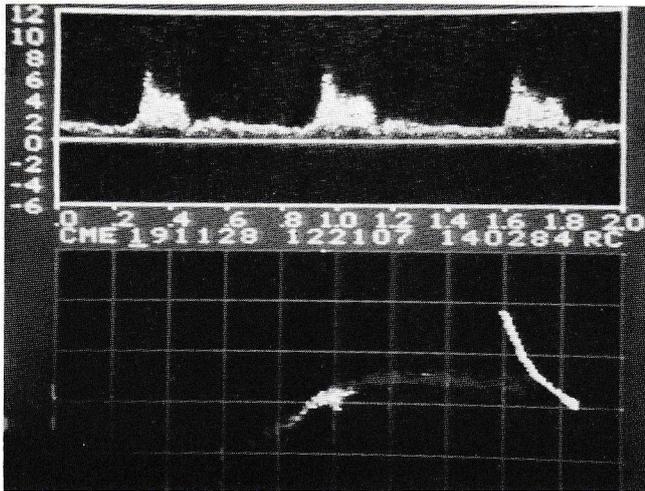


Abb. 1a

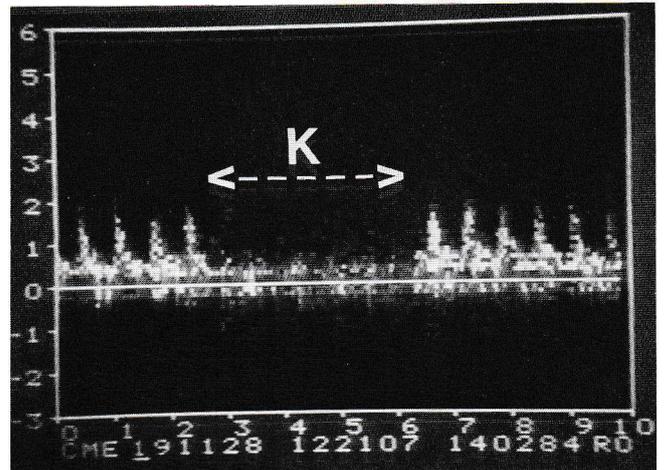


Abb. 1b

Abb. 1a–c Verschluß der Arteria carotis interna am Abgang mit Umgehung über die „Ophthalmikaanastomose“. a) Doppler-Sonogramme der Karotiden im Halsabschnitt mit „mapping“. Darstellung eines Gefäßes mit externaähnlicher Kurve und mäßigen Frequenzerhöhungen in der Gegend der ehemaligen Bifurkation. b) Doppler-Sonogramm der Arteria ophthalmica mit inverser Strömungsrichtung (von der Sonde weg) und positivem Externakompressionstest (K). c) Seitliches Angiogramm mit farbiger Phasendifferenzdarstellung. Verspätete Füllung des Karotissiphons über die Arteria ophthalmica.

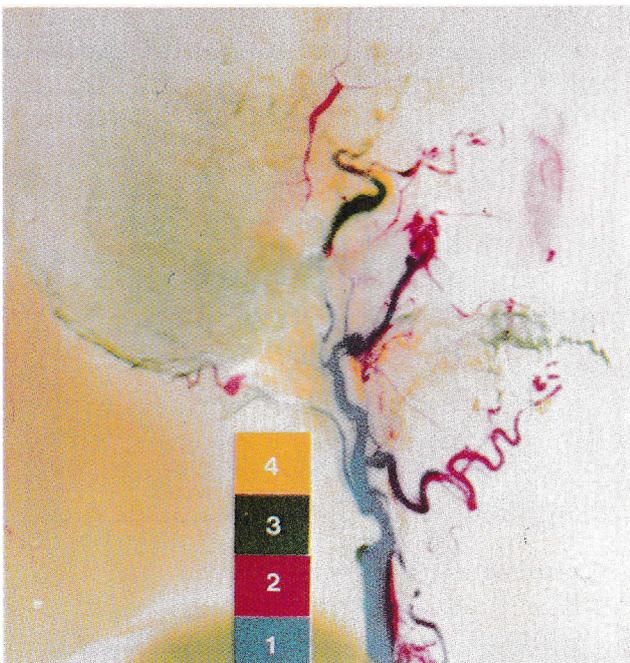


Abb. 1c

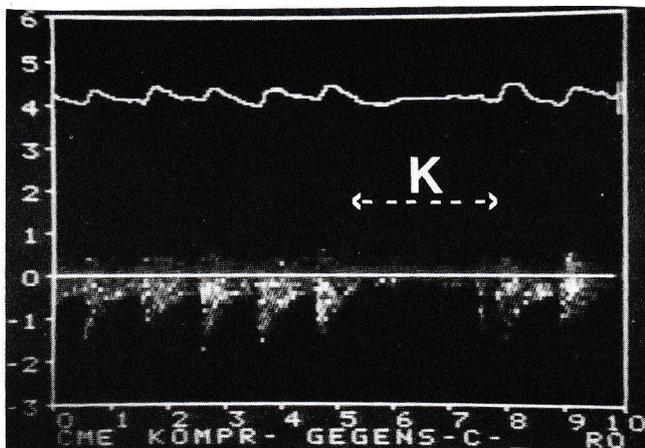


Abb. 2a Dopplersonogramm der Arteria ophthalmica mit normaler Strömungsrichtung, aber positivem Kompressionstest (K) der gegenseitigen Arteria carotis communis.

Abb. 2 Verschluß der rechten Arteria carotis interna am Abgang mit Umgehung über den Ramus communicans anterior („interhemispheric steal“).

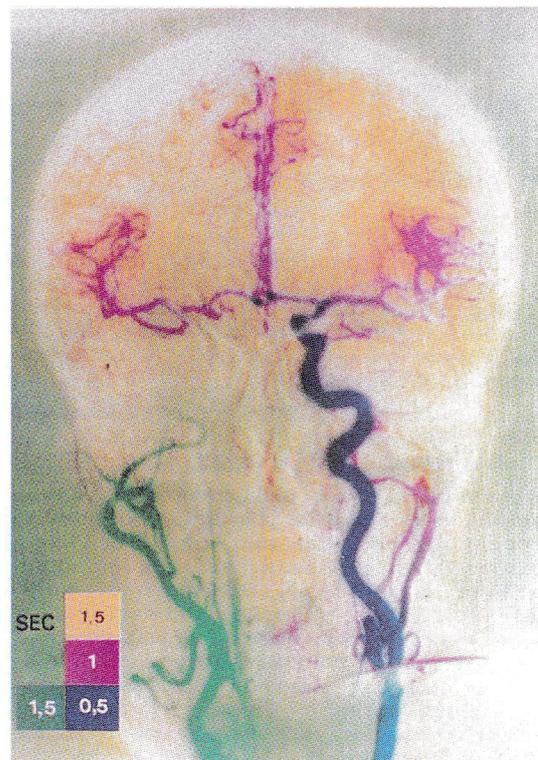
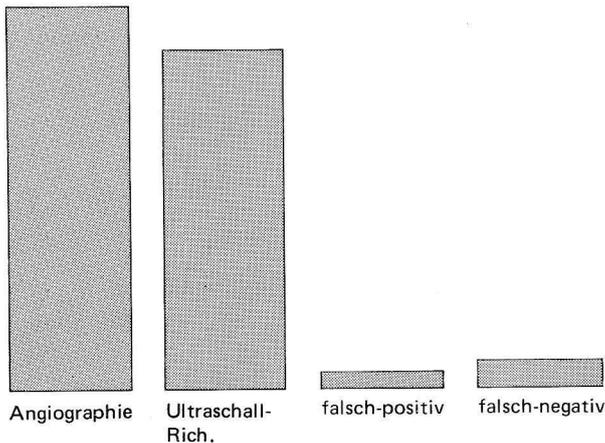


Abb. 2b Zeitgenormtes Kombinationsbild von rechts- und linksseitiger Karotisangiographie.

**Tab. 3** Vergleich von Angiographie- und Ultraschallbefunden



Aufnahmen mittels fotografischer Filmsubtraktion ermöglicht wird. Dies wiederum gestattet die oben erwähnte niedrige Kontrastmitteldosierung hinsichtlich Menge und Konzentration.

In einem Teil der Fälle werden außerdem noch funktionell ausgerichtete Kombinationsbilder mit unterschiedlicher Farbgebung und zeitlicher Normierung der Phasendifferenzen (11, 13) durch Mehrfachbelichtung eines fotografischen Farbpapiers nach der Methode der polychromen Phasensummutation (12) angefertigt.

**Ergebnisse**

Das im real-time-Verfahren nachweisbare Auftreten kalkhaltiger Plaques korrelierte mit dem Alter der Patienten, bei den etwa Fünfzigjährigen fanden wir sie in ca. 25% der Fälle, bei den Sechzigjährigen bereits in 50% und bei den Siebzigjährigen in fast 80% (Tab. 2a).

Insgesamt zeigten sich 126 Stenosen an Arteria carotis interna und communis, die 50% des Gefäßquerschnitts oder mehr betrafen. In 21 Fällen war es zum Internaverschluß gekommen. Weiters wurden 46 stärkere Externastenosen und in 11 Fällen eine höhergradige Stenose oder ein Verschluß der Arteria subclavia diagnostiziert. In 47 Fällen war der sonographische Nachweis von Kollateralwegen möglich, in 8 Fällen wurde ein positiver Steal an der Arteria vertebralis nachgewiesen. Die Verteilung der genannten Alterationen in Prozent innerhalb der einzelnen Altersgruppen ist in Tab. 2b bis d dargestellt.

Beim Vergleich der Ultraschalluntersuchungen mit den Ergebnissen der Angiographien (Tab. 3) zeigte sich in etwa 90% eine völlige Übereinstimmung. Die falsch-negativen Befunde überwogen die falsch-positiven leicht, obwohl es sich dabei meist um Mehrfachläsionen handelte und die Indikation zur Angiographie prinzipiell richtig gestellt worden war.

**Diskussion**

Die Kombination von hochauflösendem Echtzeitsonogramm mit der Doppler-Ultraschalluntersuchung ergänzt sich in mehrfacher Hinsicht. So wird nicht nur eine Diagnostik hinsichtlich morphologischer Wandveränderungen, sondern auch bezüglich der Hämodynamik ermöglicht. Die Resultate an 1133 Patienten erbringen eine Vielzahl pathologischer Befunde, von denen die 147 höhergradigen Stenosen und Verschlüsse

an Arteriae carotis internae und communes eine besondere Bedeutung hinsichtlich des weiteren Vorgehens besitzen. Bei der Verteilung der krankhaften Veränderungen in den einzelnen Altersgruppen (Tab. 2) fällt besonders das relativ häufigere Auftreten von Kollateralen bei jüngeren Patienten auf, nämlich in einem Alter, in welchem sich die Arteriosklerose bereits manifestiert, andererseits aber noch die Fähigkeit zur Kompensation durch Umgehungen besteht. Daß aber auch hier therapeutisch eingegriffen werden sollte, läßt die Verteilung der Veränderungen in den weiteren Altersstufen erahnen. Die untersuchten Geburtsjahrgänge vor 1900 zeigen zwar in einem höheren Prozentsatz kalkhaltige Plaques, aber weniger Stenosen als die etwas Jüngeren; ähnlich liegen die Verhältnisse beim Befund Stenose und Verschluß ein Dezennium früher. Die Spitze der einzelnen Kurven läßt somit Rückschlüsse auf die dem jeweiligen Befund entsprechend erhöhte Mortalität zu; eine Spontanheilung ist wohl nicht anzunehmen und operierte Patienten schieden aus der weiteren Auswertung aus.

Die Zuverlässigkeit der Ultraschalluntersuchung mit den beschriebenen Methoden im Vergleich zur Angiographie entspricht den bekannten Ergebnissen für Doppler-Sonographie (1, 2, 3, 4, 15, 16, 24), ergänzt hinsichtlich der Möglichkeiten der Diagnostik nichtstenosierender Wandveränderungen durch real-time-Sonographie (5, 7, 25, 30), ähnlich wie beim Duplex-Verfahren (10, 14, 28). Durch das „mapping“ der Karotiden (Abb. 1a) wird nicht nur eine übersichtlichere Darstellung erzielt, sondern auch sichergestellt, daß wirklich alle Gefäßabschnitte mit der Doppler-Sonde abgefahren wurden.

Die Exploration der Arteria ophthalmica und ihrer Endäste mit den entsprechenden Kompressionen gestattet außerdem einen indirekten Hinweis auf die Durchblutung der Arteria carotis interna (Abb. 1 u. 2), wobei besonders über die hämodynamische Wirksamkeit von Stenosen (auch im Siphonbereich) und über die Art der Kollateralisation bei Verschlüssen Aussagen ermöglicht werden. Zu beachten ist dabei, daß besonders die Kompressionstests der Arteria carotis communis nicht völlig risikofrei sind, die Unterbrechung der Blutzirkulation muß daher so kurz wie möglich gehalten werden. Dies geschah beim Beispiel auf Abb. 2a durch Anlegen eines Ohrpulsabnehmers (obere Kurve) auf der zu komprimierenden Seite, wodurch das Ausmaß der Kompression und die Dauer klar ersichtlich sind.

Die Untersuchung der Arteria vertebralis mit Durchführung des Subclavian-steal-Tests gestattet in vielen Fällen eine Diagnose (Abb. 3 u. 6). Das häufige Vorliegen einer Hypo- oder Aplasie einer Arteria vertebralis erschwert jedoch in manchen Fällen die Diagnostik hinsichtlich eines Verschlusses dieses Gefäßes und macht dann auch die Durchführung des Brachialiskompressionstests unmöglich. Wenn ein Vertebralissignal nicht abgeleitet werden kann, ist man auf die direkte Aufzeichnung der Subclavia- und Axillarissignale beschränkt, die bei stärkeren Veränderungen dieser Gefäße jedoch typische Bilder liefern (Abb. 4). Auch der Abgang der Arteria vertebralis aus der Arteria subclavia ist nicht in allen Fällen auffindbar, auch hier sind Variationen häufig (Abb. 6). Fehlbeefunde entspringen aus diesen Faktoren (ein Großteil der falsch-negativen Befunde unserer Untersuchungsreihe waren darauf zurückzuführen und betrafen Mehrfachläsionen) und

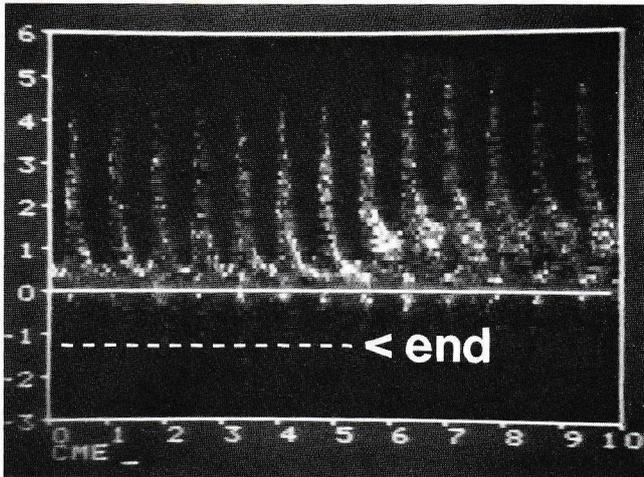


Abb. 3a

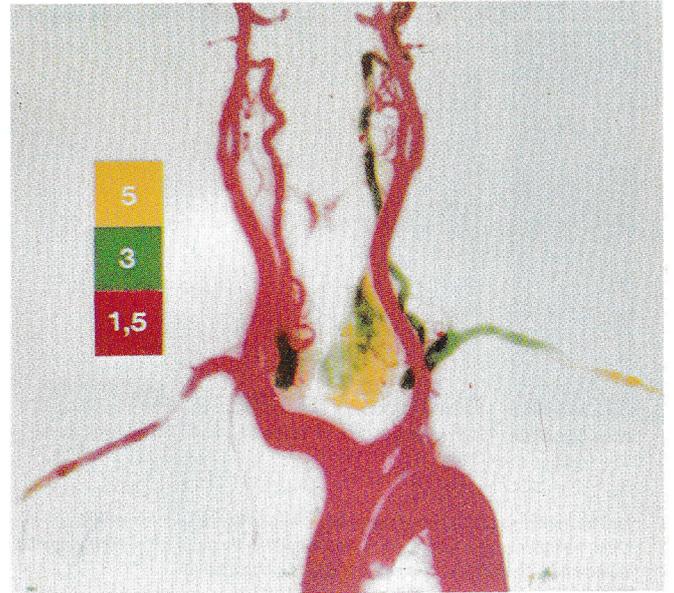


Abb. 3b

**Abb. 3a–b** Aortennaher Verschuß der linken Arteria subclavia mit Subclavian-steal vom vertebrovertebralen Typ. **a)** Subclavian-steal-Test der linken Arteria vertebralis mit vermehrter Strömung nach Ende der Brachialiskompression. **b)** Die Aortenbogenangiographie zeigt anhand der Phasendifferenzen die retrograde Strömung in der linken Arteria vertebralis.

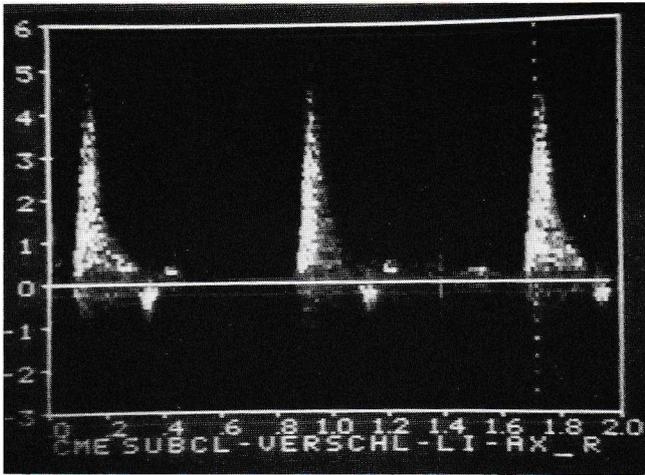


Abb. 4a

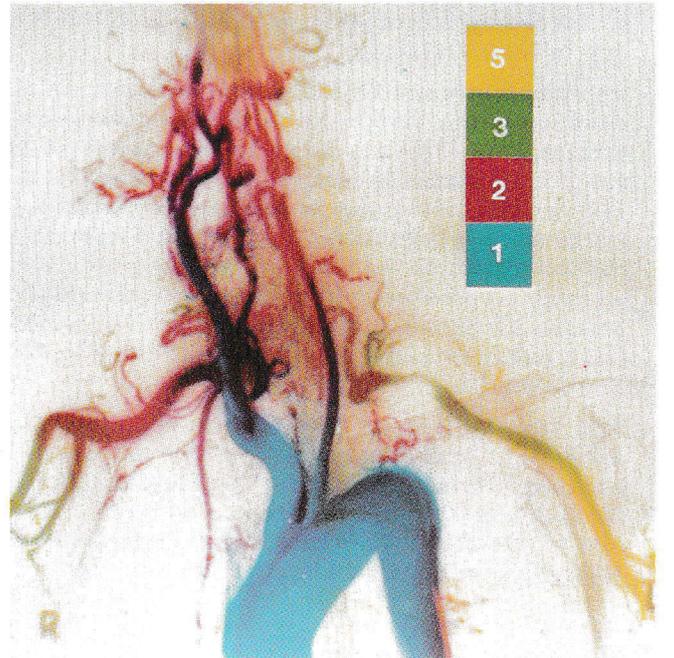


Abb. 4c

**Abb. 4a–c** Verschuß der linken Arteria subclavia am Abgang, keine linke Arteria vertebralis. Umgehungen vorwiegend über zervikale Kollateralen. **a)** Normales Doppler-Sonogramm der rechten Arteria axillaris. **b)** Pathologische monophasische Kurve der linken Arteria axillaris. **c)** Aortenbogenangiographie: verzögerte Durchblutung der linken Arteria axillaris, Karotisstenosen.

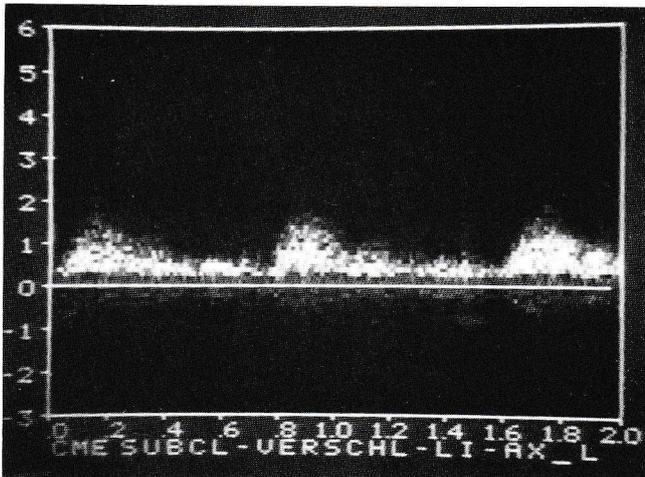
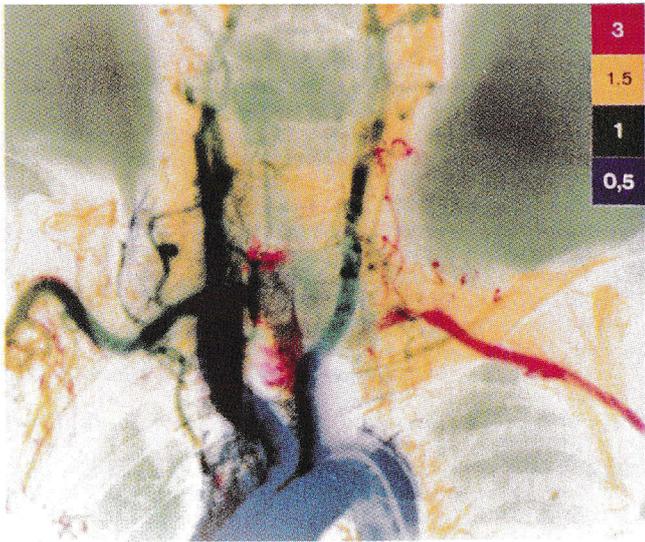
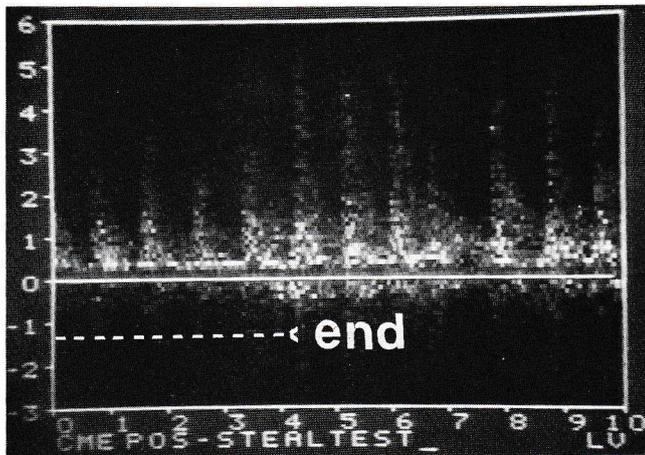


Abb. 4b



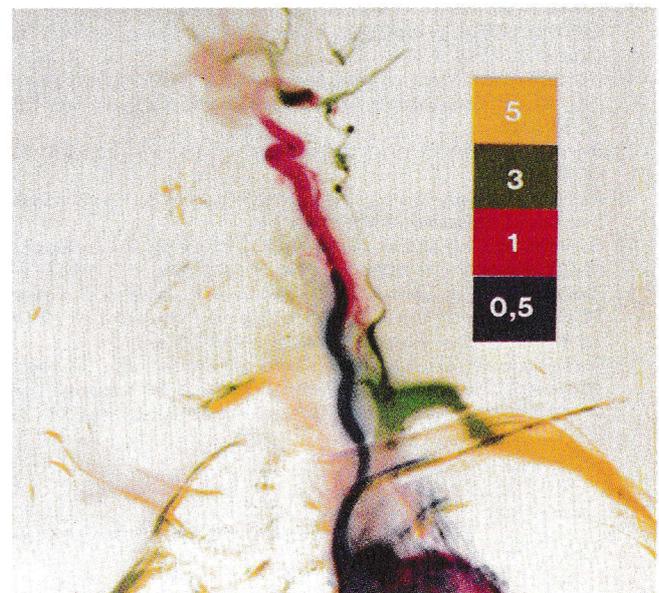
**Abb. 5** Subklaviaverschluß links mit zervikalen Kollateralen aus der Arteria carotis externa, keine linke Arteria vertebralis.



**Abb. 6a**

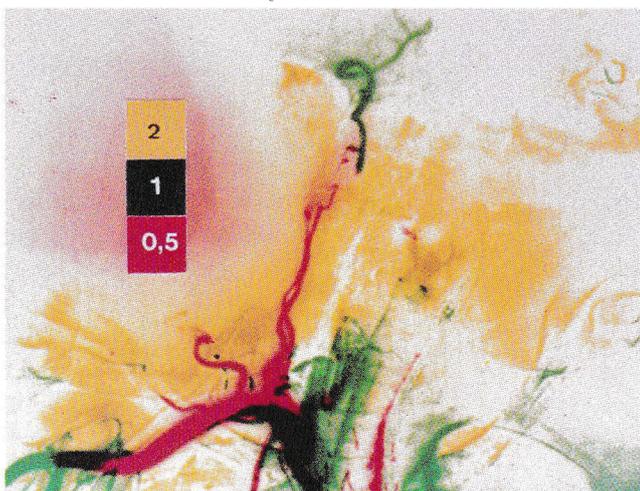
sind letztlich nicht völlig vermeidbar. Abb. 7 gibt ein Beispiel einer solchen mit Doppler-Ultraschall schwer diagnostizierbaren Veränderung. Andererseits sind auch die gefäßchirurgischen Konsequenzen im Vertebralisgebiet beschränkt (27) und so ist auch die sonographische Diagnostik dieser Gefäßprozesse von zweitrangiger Bedeutung (29).

Zusammenfassend ist somit festzuhalten, daß die Ultraschalluntersuchung der supraaortalen extrakraniellen Gefäße als nichtinvasive und daher unbelastende, billige und beliebig wiederholbare Methode bestens als Screeninguntersuchung geeignet ist. Sie kann aber auch bei der Abklärung von symptomatischen Patienten durchaus der Angiographie vergleichbare Resultate liefern, sowohl hinsichtlich des Lokalbefunds mit Diagnose von Plaques, Stenosen und Verschlüssen, als auch hinsichtlich der daraus resultierenden veränderten Hämodynamik und der Kollateralwege. Sie ist daher aus einem modernen Krankenhausbetrieb nicht mehr wegzudenken.



**Abb. 6b**

**Abb. 6a—b** Subklaviaverschluß links mit Umgehungen über Muskeläste der Arteria vertebralis, Arteria cervicalis ascendens und profunda. **a)** Positiver Brachialiskompressionstest. **b)** Farbige Phasendifferenzdarstellung. Abgangs anomalie der linken Arteria vertebralis aus dem Aortenbogen, Förderung größerer Blutmengen über die beschriebenen Kollateralen.



**Abb. 7** Sonographisch schwer diagnostizierbarer Verschluß der proximalen rechten Arteria vertebralis mit Umgehung über zervikale Kollateralen.

## Literatur

- 1 Barnes, R.W., H.E. Russell, G.E. Bone, E.E. Slaymaker: Doppler cerebrovascular examination: improved results with refinements in technique. *Stroke* 8 (1977) 468
- 2 Blackwell, E., J. Merroy, J.F. Toole, W. McKinney: Doppler ultrasonic scanning of the carotid bifurcation. *Arch. Neurol.* 34 (1977) 145
- 3 Bone, G.E., R.W. Barnes: Clinical implications of the Doppler cerebrovascular examination: a correlation with angiography. *Stroke* 7 (1976) 271
- 4 Büdingen, H.J., G.M. von Reutern, H.J. Freund: Doppler Sonographie der extrakraniellen Hirnarterien. Thieme, Stuttgart 1982
- 5 Edwards, J.H., I.I. Kricheff, T. Riles, A. Imparato: Angiographically undetected ulceration of the carotid bifurcation as a cause of embolic stroke. *Radiology* 132 (1979) 369
- 6 Fletcher, E.W.L.: A comparison of iopamidol and diatrizoate in peripheral angiography. *Brit. J. Radiol.* 55 (1982) 36
- 7 Gompels, B.M.: High definition imaging of carotid arteries using a standard commercial „B“ scanner. *Brit. J. Radiol.* 52 (1979) 608
- 8 Gottlob, R., G. Knapp, K. Porschinski, F. Saghir: Untersuchungen über den Mechanismus von Kontrastmittelschäden, die Bedeutung der Lipophilie. *Fortschr. Röntgenstr.* 132 (1980) 204
- 9 Hammer, B.: Neuroradiologische Erfahrungen mit Iopamidol, einem neuen nicht-ionischen wasserlöslichen Kontrastmittel. *Radiologie* 21 (1981) 274
- 10 Hennerici, M.: Nicht-invasive Diagnostik des Frühstadiums arteriosklerotischer Karotis-Prozesse mit dem Duplex-System. *Vasa* 12 (1983) 228
- 11 Horvath, W.: Das farbige Phlebogramm. *Phlebol. u. Proktol.* 12 (1983) 81
- 12 Horvath, W.: Polychrome Phasensummutation in der Angiographie. *Fortschr. Röntgenstr.* 136 (1982) 321
- 13 Horvath, W.: Zur Dokumentation hämodynamischer Parameter an Umgehungskreisläufen. *Fortschr. Röntgenstr.* 138 (1983) 179
- 14 James, A.E., B.A. Carroll, G.A. Thieme, R.R. Price, A.C. Fleischer: Studies of Blood Flow Employing Duplex, Pulsed Doppler Real-Time Sonography. *Europ. J. Radiol.* 3 (1983) 268
- 15 Kaliman, J., M. Lederbauer, J. Fuchs, M. Deutsch, E. Valencak: Falsch-negative und falsch-positive Ergebnisse der Karotis-Doppler-sonographie- Häufigste Fehlinterpretationen. *Ultraschall* 2 (1981) 141
- 16 Kornhuber, H.H., B. Widder: Zur Schlaganfallvorbeugung: Welches sind die besten Methoden zur Fahndung auf Carotis-Stenosen? *Arch. Psychiat. Nervenkr.* 228 (1980) 11
- 17 Lange, S.: Die lokale Schmerzreaktion bei der Extremitätenarteriographie und ihre Abhängigkeit von der Kontrastmittelkonzentration. *Röntgen-BI.* 34 (1981) 231
- 18 Molyneux, A.J., P.W.E. Sheldon: A randomized blind trial of Iopamidol and meglumine calcium metrizoate (Triosil 280, Isonaque Cerebral) in cerebral angiography. *Brit. J. Radiol.* 55 (1982) 117
- 19 Nyman, V., T. Almen: Effects of contrast media on aortic endothelium. *Acta Radiol.* 362 (1980) 65
- 20 Partridge, J.B., P.J. Robinson, C.M. Turnbull, J.B. Stroker, R.M. Boyle, G.W. Morrison: Clinical cardiovascular experiences with Iopamidol: A new non-ionic contrast medium. *Clin. Rad.* 32 (1981) 451
- 21 Rützler, M., G. Weimann: Die cerebrovaskuläre Doppler-Ultraschalluntersuchung. *Biomed* 6 (1982) 62
- 22 Schmid-Schönbein, H., P. Teitel, H. Malotta, A. Özlen, G. Tietz: Einfluß eines nicht-ionischen Röntgenkontrastmittels (Iopamidol) auf die Mikrorheologie des Blutes. *Röntgenpraxis* 36 (1983) 421
- 23 Sergay, S.M.: Non-invasive carotid artery testing and the asymptomatic bruit. *Primary care* 7 (1980) 13
- 24 Spencer, M.P., J.M. Reid: Cerebrovascular evaluation with Doppler ultrasound. Nijhoff Boston 1981
- 25 Terwey, B., H. Gahbauer: Die Untersuchung der extrakraniellen Arteria carotis mit einem hochauflösenden B-Bildverfahren. *Fortschr. Röntgenstr.* 135 (1981) 524
- 26 Thun, F.: Erste Erfahrungen mit Solustrast, einem neuen Kontrastmittel zur Myelographie. *Röntgen-BI.* 36 (1983) 6
- 27 Vollmar, J.: Rekonstruktive Chirurgie der Arterien. Thieme, Stuttgart 1975
- 28 Wetzner, S.M., L.C. Kiser, J.S. Bezreh: Duplex Ultrasound Imaging: Vascular Applications. *Radiology* 150 (1984) 507
- 29 Widder, B., H.H. Kornhuber: Zuverlässigkeit und Grenzen doppler-sonographischer Untersuchungen der kranialen Arterien. *Fortschr. Röntgenstr.* 135 (1981) 80
- 30 Wolverson, M.K., E. Heiberg, M. Sundaram, S. Tantanavirviangse, J.B. Shields: Carotid Atherosclerosis: High-Resolution Real-Time Sonography Correlated with Angiography. *AJR* 140 (1983) 355