

Zur Schlaganfall-Vorbeugung: Welches sind die besten Methoden zur Fahndung auf Carotis-Stenosen?

H. H. Kornhuber und B. Widder

Kopf- und Nervenzentrum der Universität, Abteilung für Neurologie, Steinhövelstr. 9,
D-7900 Ulm/Donau, Federal Republic of Germany

The Prevention of Strokes: Which Are the Best Methods to Detect Carotid Stenoses?

Summary. A stroke is often caused by extracranial stenosis of the carotid artery. Since strokes may be prevented by surgery, early diagnosis of carotid stenosis is essential. The following methods for the noninvasive detection of carotid stenosis have been compared in a group of 550 patients: auscultation for bruit in the neck, plate thermography, Doppler sonography of the medial frontal artery, Doppler sonography and Doppler angiography of the carotid bifurcation, supraorbital plethysmography, ophthalmodynamometry, ophthalmodynamography, and measurement of the arm-retina-time. The results show that only Doppler sonography and Doppler angiography yield accurate results in more than 80% of the cases in comparison to radiologic angiography (113 cases). If the time and cost of the methods are also evaluated, the following sequence is recommended for mass screening: For general practitioners, auscultation and plate thermography of the forehead (an inexpensive and easy method); for practicing neurologists and other physicians with a high proportion of cerebrovascular risk patients, Doppler sonography of the medial frontal artery and simple direct manual application of the Doppler ultrasound method on the carotid bifurcation (in addition to auscultation and plate thermography); for hospitals, noninvasive Doppler angiography is also recommended.

Key words: Ultrasound – Doppler sonography – Doppler angiography – Plate thermography – Stroke – Carotid stenoses.

Zusammenfassung. Die frühzeitige Diagnostik von Stenosen und Verschlüssen im extrakraniellen Teil der A. carotis ist aufgrund der großen Häufigkeit des damit verbundenen Krankheitsbilds „Schlaganfall“ und der Möglichkeit einer chirurgischen Therapie von großer Bedeutung für die Vorsorgemedizin. Acht ausgewählte Verfahren zur *unblutigen, risikolosen Früherfassung von oblite-*

rierenden Prozessen der A. carotis wurden in einer direkten Vergleichsuntersuchung an 550 Patienten auf ihre Brauchbarkeit untersucht. Es waren dies Auskultation, Plattenthermographie, Doppler-Sonographie der A. frontalis medialis, Doppler-Sonographie und -Angiographie der Carotisbifurkation, supraorbitale Plethysmographie, Ophthalmodynamometrie und -graphie sowie Arm-Retina-Zeitmessung. Die Ergebnisse zeigen ausschließlich für die Doppler-sonographischen und -angiographischen Verfahren eine Treffsicherheit von mehr als 80% bei Vergleich der Ergebnisse mit den Resultaten von insgesamt 113 meist beidseitig angiographierten Fällen. Aus Kosten- und Zeitgründen wird eine Untersuchungs-Trias für verschiedene diagnostische Einheiten empfohlen: Auskultation und Plattenthermographie als Zusatz zur allgemeinen Vorsorgeuntersuchung für den Allgemeinarzt, zusätzlich Doppler-Sonographie der A. frontalis medialis und manuelle Direktbeschallung der Carotisbifurkation zum Stenoseausschluß für niedergelassene Ärzte mit größerem Schlaganfall-Patientengut sowie die genauere Abklärung mit durch Registrierung ergänzter Doppler-Angiographie in Krankenhäusern und Kliniken mit neuroradiologischer Abteilung.

Schlüsselwörter: Ultraschall – Doppler-Sonographie – Doppler-Angiographie – Plattenthermographie – Schlaganfall – Carotisstenosen.

Einleitung

Die rechtzeitige Erkennung von Carotisstenosen ist eine wichtige Aufgabe der präventiven Medizin geworden. Etwa ein Drittel aller Schlaganfälle haben ihre Ursache in extrakraniellen Carotisstenosen, die erfolgreich gefäßchirurgisch behandelt werden können [11]. Die Angiographie ist zwar vor operativen Eingriffen nach wie vor die Methode der Wahl zur Feststellung von Lokalisation, Ausdehnung und Morphologie solcher Gefäßprozesse, der Aufwand, die Belastung des Patienten und das Risiko sind dabei aber so erheblich, daß sie für Vorsorgeuntersuchungen nicht in Frage kommt. In den letzten Jahren wurden deshalb Methoden entwickelt, um auf unblutige Weise Carotisstenosen und -verschlüsse zu erkennen.

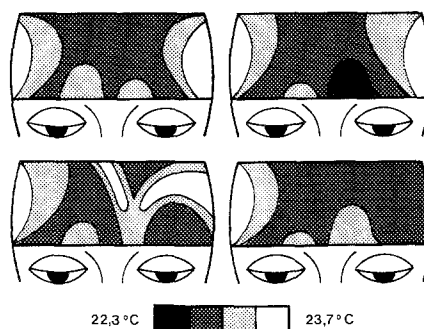
Da diese Verfahren in Abhängigkeit vom Untersucher und dem verwendeten Patientengut bei verschiedenen Autoren zum Teil stark unterschiedliche Ergebnisse brachten, wurden acht dieser Methoden in einer direkten Vergleichsuntersuchung am selben Patientengut angewandt, um die Methode oder die Methodenkombination mit der besten diagnostischen Treffsicherheit zu finden. Dabei wurden nur solche Verfahren angewandt, die für den Patienten wenig belastend, beliebig oft wiederholbar und hinsichtlich des Anschaffungspreises und des Zeitaufwands auch für den niedergelassenen Arzt interessant sind.

Methodik

1. Auskultation

Stenosen mit einer Lumeneinengung von 50–90% zeigen im allgemeinen relativ hochfrequente, charakteristische Zischgeräusche über der betroffenen Stelle, Verschlüsse und oft auch subtotale

Abb. 1. Plattenthermographie. Links oben: normale Temperaturverteilung auf der Stirn; rechts oben: hochgradige Stenose oder Verschluß der linken A. carotis interna; links unten: Kollateralversorgung von beiden Aa. temporales superfic. zur linken A. ophthalmica; rechts unten: Stenose oder Verschluß der linken A. carotis externa



Stenosen sind jedoch auskultatorisch stumm. Es wurde der manuellen Auskultation der Vorzug gegeben, da eine elektronische Aufzeichnung der Geräusche [8] keine wesentlichen Vorteile bietet. Auskultiert wurde am Hals entlang der Carotisbifurkation, im Bereich der Supraclaviculargrube sowie über dem Aortenbogen, um vom Herzen fortgeleitete Geräusche zu erkennen. Bewertet wurde weniger die Geräuschintensität als die Frequenzhöhe, da eine direkte Proportionalität zwischen Stenosierungsgrad und Frequenz besteht [5].

2. Platten-Thermographie

Die medial-supraorbitalen Bereiche der Stirn werden im allgemeinen von Endästen der A. ophthalmica versorgt, die Oberflächentemperatur dieses „Woodschen Dreiecks“ [15] liegt im Normalfall deutlich höher als die der übrigen, von Endästen der A. carotis externa versorgten Stirn. Deshalb kommt es bei einem Strömungshindernis im Bereich der A. carotis interna zu einer Abkühlung im medial-supraorbitalen Bereich, die im Seitenvergleich bewertet wird (Abb.1). Im Extremfall, bei hochgradigem Strömungshindernis oder Verschluß der A. carotis interna proximal des Ophthalmica-Abgangs, kann eine „Ophthalmica-Kollaterale“, d.h. eine Versorgung der intrakraniellen Endäste der A. carotis interna über Hautäste der A. carotis externa, an dem auftretendem Temperaturmuster erkannt werden [12]. Obwohl die Infrarot-Thermographie in der Beurteilung der Kollateralversorgung bessere Ergebnisse bringt, wurde die Plattenthermographie nach Tricoire [10] aus Kostengründen vorgezogen. Hierbei wird die Eigenschaft bestimmter Flüssigkristalle benutzt, bei verschiedenen Temperaturen in verschiedenen Farben zu erscheinen. Im neurologisch-angiologischen Anwendungsfall sind die Flüssigkristalle auf dünnen Kunststoffolien aufgetragen und werden auf die Stirn des Patienten gelegt. Die Plattenthermographie erschien auch einer punktförmigen Temperaturmessung überlegen, da diese nur nach einer großen Anzahl von relativ umständlichen Temperaturmessungen einen ausreichenden Überblick über die Temperaturversorgung der Stirn liefert.

3. Doppler-Sonographie der A. frontalis medialis

Der Doppler-Effekt beschreibt die Frequenzänderung, die bei einer Relativbewegung eines Schallempfängers zum Schallsender auftritt. Er kann zur transcutanen Messung der Blutflußgeschwindigkeit in Blutgefäßen verwendet werden, da die roten Blutkörperchen den Ultraschallstrahl reflektieren. Die Ultraschallsonde mit nebeneinanderliegendem Sender- und Empfängerkristall wird dabei in einem möglichst spitzen Winkel zu dem untersuchten Gefäß unter Ankoppelung mit einem Kontaktgel auf die Haut gesetzt (Abb. 2). Die am Empfänger ankommende Frequenz ist um einen der Geschwindigkeit des Blutes proportionalen Betrag verändert, der im Bereich hörbarer Schallfrequenz liegt und so je nach Phasenlage zum Ausgangssignal einen Fluß zur Sonde hin oder von der Sonde weg anzeigt. Da der Winkel zwischen Blutgefäß und Sonde in die Proportionalitätsbeziehung zwischen Frequenzänderung und Flußgeschwindigkeit ebenfalls eingeht, sind Absolutmessungen der Strömung nur mit weit aufwendigeren Geräten möglich.

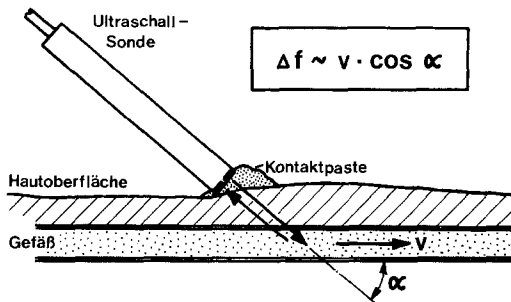


Abb. 2. Prinzip der Ultraschall-Doppler-Sonographie (f : Ultraschall-Frequenz, v : Blutströmungsgeschwindigkeit, α : Winkel zwischen Ultraschall-Sonde und Blutfluß-Richtung)

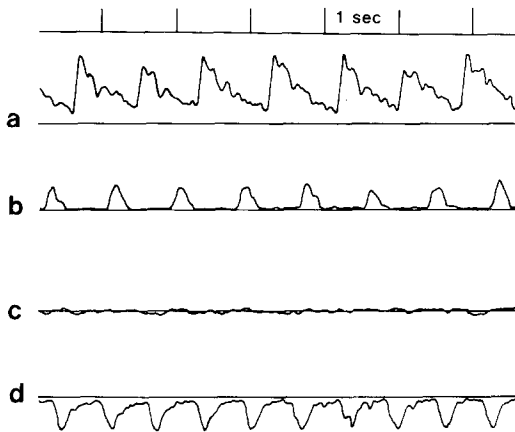


Abb. 3a—d. Typische Flußkurven der A. frontalis medialis. **a**: normales orthogrades Signal; **b**: vermindertes Signal mit enddiastolischer Stase; **c**: vollständige arterielle Stase; **d**: retrograder Fluß bei „Ophthalmica-Kollaterale“

Die A. ophthalmica anastomosiert u.a. über die im medialen Augenwinkel gelegene A. frontalis medialis mit Endästen der A. carotis externa. Im Normalfall besteht zwischen den Anastomosen ein dynamisches Gleichgewicht, wobei die A. frontalis medialis von innen nach außen (orthograd) durchströmt wird. Typische Aufzeichnungen des pulsilen Strömungssignals der A. frontalis medialis zeigt Abb. 3. Verwertet werden dabei die Kurvenform (orthograd/retrograd, hoher/niedriger enddiastolischer Durchfluß) sowie die Strömungsamplitude im Seitenvergleich (Amplitudendifferenzen bis 40% gelten als normal). Zur Sicherung des Befunds erfolgt die Kompression der palpierbaren Äste der A. carotis externa (A. facialis, A. temporalis superficialis) während der Doppler-sonographischen Ableitung: Im Normalfall kommt es während der Kompression zu einem leichten Anstieg der orthograden Durchströmung. Bei retrogradem Durchfluß aufgrund einer Carotis-Interna-Stenose mit Kollateralenbildung über die A. ophthalmica verschwindet bei Kompression der Externa-Äste das Signal oder ergibt sogar eine Umkehr zu geringer orthograder Strömung.

4. Direktbeschallung der Carotisbifurkation und Doppler-Angiographie

Neben der indirekten Untersuchung von Endästen der A. carotis interna gibt es die Möglichkeit der direkten Doppler-sonographischen Untersuchung der Carotisäste am Hals. Während die A. carotis communis immer leicht aufzufinden ist, ergeben sich manchmal Schwierigkeiten bei der Ableitung der A. carotis interna und externa. Die Differenzierung dieser Gefäße wird jedoch wesentlich dadurch erleichtert, daß die A. carotis interna bei seitlicher Sicht praktisch immer dorsal der A. carotis externa abgeht, wobei die Gefäße sich allerdings am Abgang oft stark überdecken. Weiterhin zeigen die Äste der Carotidgabel normalerweise typische Flußkurven, an denen sie erkannt werden können (Abb. 4). So liegt der enddiastolische Durchfluß in der

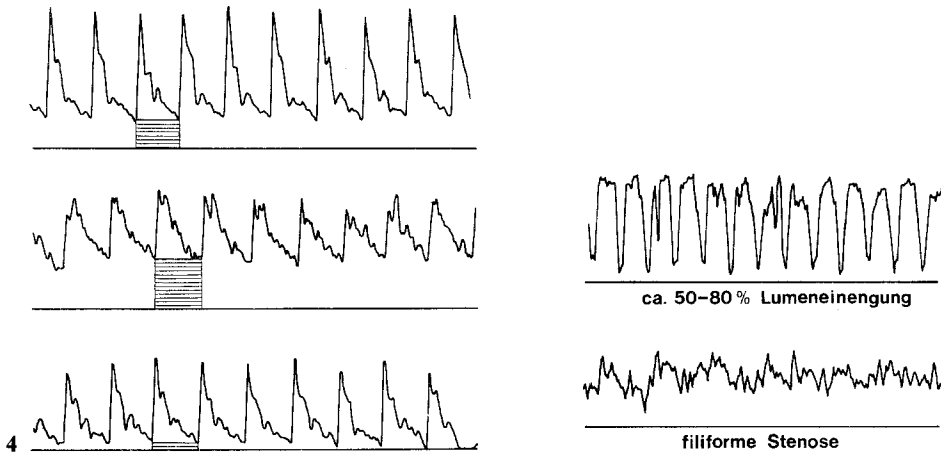


Abb. 4. Typische Flußkurven der Carotisbifurkation. Oben: A. carotis communis; Mitte: A. carotis interna; unten: A. carotis externa

Abb. 5. Turbulente Strömung im Stenosebereich der A. carotis interna

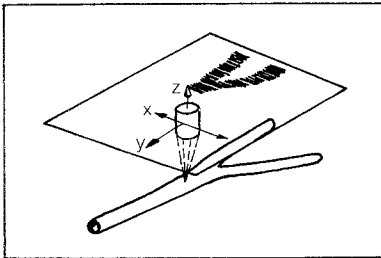


Abb. 6. Prinzip der Doppler-Angiographie; Erläuterungen siehe Text

A. carotis interna deutlich über, der in der A. carotis externa deutlich unter dem der A. carotis communis, was sich auch akustisch im Lautsprecher des Doppler-Sonographie-Geräts in einem weichen, zischenden bzw. in einem harten, peitschenden Geräusch ausdrückt [4]. Bei Stenosen mit einer Lumeneinengung über 50% ergeben sich über der stenosierte Stelle zunächst eine Strömungsbeschleunigung, bei höherem Stenosegrad typische Turbulenzgeräusche mit einer Umkehrung der systolischen Spitzen in der Sonogramm-Kurve (Abb. 5). Mit weiter zunehmender Stenosierung verschwinden die nach unten gerichteten Zacken und ergeben im Falle einer subtotalen Stenose ein hochfrequentes, nicht mehr pulsierendes Zischgeräusch.

Da die manuelle Direktbeschallung der Carotisbifurkation zuweilen unklare und schwer zu interpretierende Befunde ergibt, wurde in allen unklaren und pathologischen Fällen zusätzlich die Doppler-Angiographie der Carotisbifurkation angewandt, für die ein einfaches Gerät entwickelt wurde [13]. Sie gibt ein zweidimensionales Strömungsbild der Carotidgabel und ermöglicht die Unterscheidung zwischen einer Überlagerung von Gefäßen und dem Verschluss eines Gefäßes; ferner eignet sie sich zur Dokumentation von Gefäßprozessen.

Bei der Doppler-Angiographie wird ein Doppler-Schallkopf mit stark focussierter Abstrahlung in einem nach X- und Y-Koordinaten verschiebbaren Gestell langsam manuell entlang der A. carotis am Hals hin- und hergeführt (Abb. 6). Liegt der Schallkopf über einem Gefäß, wird dies auf einer Schreibfläche lagerichtig markiert. Punkt für Punkt entsteht so ein nahezu anatomisch richtiges Strömungsbild der Carotidgabel. Abb. 7 und 8 zeigen Beispiele pathologischer Doppler-Angiogramme.

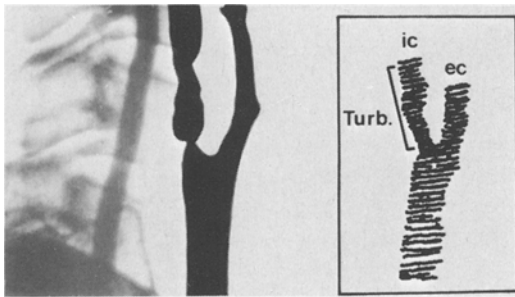


Abb. 7. H.K., 6.3.20: hochgradige Stenosierung der rechten A. carotis interna im Doppler-Angiogramm (rechts)

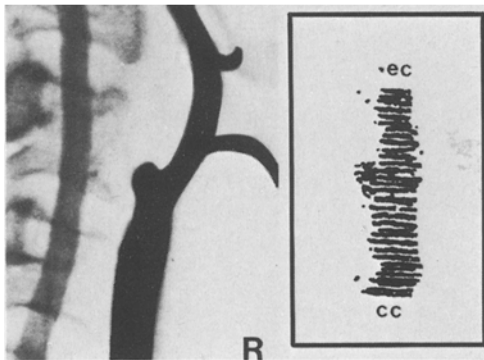


Abb. 8. E.F., 4.12.18: Verschuß der rechten A. carotis interna im Doppler-Angiogramm (rechts)

5. Arm-Retina-Zeitmessung

Hierbei wird eine 5%ige Fluorescein-Lösung in die Armvene injiziert und die Zeit bis zum Erscheinen des Farbstoffes in der A. centralis retinae gemessen. Die Messung erfolgte photometrisch mit zwei elektronischen Photodetektoren [9]. Im Normalfall erscheint der Farbstoff nahezu gleichzeitig in beiden Augen nach 10–20 s. Zeitunterschiede bis ca. 0,3 s gelten als normal; gelangt die Fluorescein-Lösung mit einer größeren zeitlichen Verzögerung in die A. centralis retinae, so ist auf der Seite der Verlangsamung ein Strömungshindernis der A. carotis anzunehmen.

6. Ophthalmodynamometrie (ODM)

Diese seit über 50 Jahren bekannte Methode ermöglicht die Bestimmung des Blutdrucks der A. ophthalmica mit Hilfe eines kalibrierten Federdruckmanometers, dessen Fühlstift auf den anaesthetisierten Augenbulbus aufgesetzt wird [3]. Gleichzeitig werden die Pulsationsphänomene am Augenhintergrund mit Hilfe eines Augenspiegels kontrolliert. Der diastolische Netzhautarteriendruck entspricht dabei den deutlich sichtbaren Pulsationen, der systolische deren Erlöschen. Die Beurteilung erfolgt im Seitenvergleich, wobei Seitendifferenzen von mehr als 20% als pathologisch gelten. Die Ergebnisse der Ophthalmodynamometrie und Arm-Retina-Zeitmessung wurden dankenswerterweise von Herrn Prof. U. Laux (Universitäts-Augenklinik Ulm) zur Verfügung gestellt.

7. Ophthalmodynamographie (ODG)

Diese Modifikation der Ophthalmodynamometrie ermöglicht die gleichzeitige Messung an beiden Augen. Verwendet werden pneumatische Augendruckkapseln, die zunächst auf einen übersystolischen Druck gebracht werden. Bei langsamem Ablassen des Drucks werden die auf-

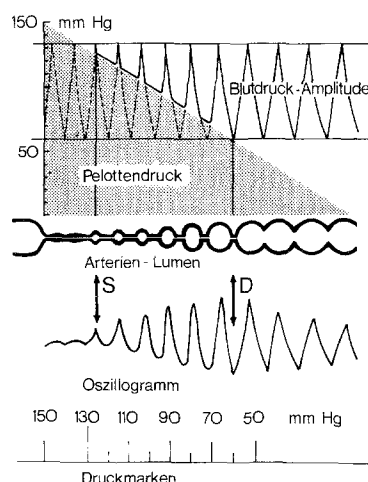


Abb. 9. Prinzip der Ophthalmodynamographie:
Messung der Pulsationen beim langsamen Absenken
des Pelottendrucks

tretenden Pulsationen mittels Druckaufnehmern elektronisch gemessen (Abb. 9). Die Beurteilung erfolgt wieder im Seitenvergleich sowie im Vergleich zu den mitregistrierten Brachialisdruckwerten [6].

8. Supraorbitale Plethysmographie

Bei Ausschreibung der ophthalmodynamographisch gewonnenen Oscillationen mit erhöhter Papiergeschwindigkeit können die Pulsationsamplituden sowie die Pulskurvenform im Seitenvergleich bewertet werden [6]. Die Ableitung der Pulscurve erfolgte in der vorliegenden Vergleichsuntersuchung außer nach dieser Methode noch mit elektronischen Photo-Plethysmographen [2]. Hierbei liegen zwei Reflexions-Lichtschranken auf den medial-supraorbitalen Bereichen der Stirn. Durch die pulsierende Blutversorgung des darunterliegenden Gewebes wird das abgestrahlte Lichtsignal in ein pulsierendes Signal umgewandelt, das von dem Photoaufnehmer registriert und aufgezeichnet werden kann.

Ergebnisse

550 Patienten mit Verdacht auf cerebrale Durchblutungsstörungen wurden mit den genannten Methoden untersucht [14]. Von diesen Patienten wurden 113 zumeist beidseitig angiographiert. Carotisverschlüsse sowie Stenosen mit einer Lumeneinengung über 50% im Angiogramm wurden als pathologisch bewertet. Abbildung 10 zeigt die Ergebnisse nach pathologischen und Normalbefunden aufgeschlüsselt. Ophthalmodynamographie und Plethysmographie wurden dabei nicht über den gesamten Untersuchungszeitraum durchgeführt; für die Ophthalmodynamographie lag der Grund darin, daß diese Methode sich nur in der Hälfte der Fälle anwenden ließ, da bei hypertonen Patienten eine Ableitung für die Patienten zu schmerzhaft war und das Verfahren somit von vornherein ausschied. Im Fall der Plethysmographie wurde das Verfahren abgesetzt, da sich sehr häufig ein falsch-positiver Befund bei angiographisch unauffälligen Patienten ergab. Die zur weiteren Abklärung dieser Fälle notwendige Kompression der A. carotis communis wurde wegen des vorhandenen Risikos dieser Manipulation

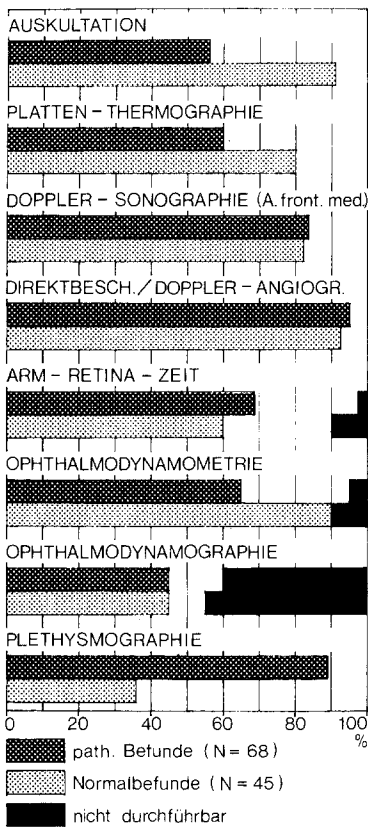


Abb. 10. Treffsicherheit der acht untersuchten Methoden im Vergleich zur Kontrast-Angiographie bei 113 Patienten mit Verdacht auf cerebrale Durchblutungsstörungen. Die Gesamtzahl der pathologischen und normalen Befunde ist jeweils als 100% gerechnet. Eine Untersuchung wurde als undurchführbar gewertet, wenn sie aus technischen Gründen keine verwertbaren Ergebnisse brachte oder für den Patienten zu sehr belastend war

(Carotissinus-Syndrom, Loslösung von arteriosklerotischen Plaques) nicht durchgeführt [7]. Bei der Ophthalmodynamometrie und der Arm-Retina-Zeitmessung konnten aus Transportgründen vorwiegend nur die angiographisch gesicherten pathologischen Fälle untersucht werden, die Angaben für Normalbefunde beziehen sich lediglich auf 13 angiographierte Fälle. In Abbildung 10 wurde ein pathologischer Befund dann als richtig beurteilt angenommen, wenn bei dem Patienten der Verdacht auf einen Gefäßprozeß der A. carotis gestellt wurde, der dann seine angiographische Bestätigung erhielt — und zwar ohne Berücksichtigung einer richtigen Seitendiagnose. Untersucht man zusätzlich die Fälle, in denen jeweils auch die richtige Seite als betroffen angegeben wurde, nimmt die Aussagekraft der einzelnen Methoden mit Ausnahme der Doppler-sonographischen Direktbeschallung der Carotidbifurkation im Mittel um 10% ab, da bilaterale Stenosen mit den anderen Methoden meist nicht als solche erkannt werden.

Die Prüfung, ob durch Kombination mehrerer Untersuchungsmethoden eine Verbesserung der Treffsicherheit zu erreichen ist, ergab mit einer Ausnahme keine statistisch signifikanten ($P > 0,05$) Ergebnisse: Nur bei Kombination von Auskultation und Plattenthermographie erhöhte sich die Treffsicherheit für pathologische Fälle auf rund 80% ($P < 0,01$), damit verbunden war allerdings eine relativ hohe falsch-positive Quote von annähernd 30%.

Diskussion

Mit Ausnahme der Doppler-Sonographie der A. frontalis medialis und der Direktbeschallung/Doppler-Angiographie der Carotisbifurkation [4, 13, 14] liegt die Treffsicherheit aller anderen Methoden unter 70%, so daß sie praktisch nicht für eine sinnvolle Schlaganfall-Vorsorgeuntersuchung in Frage kommen. Andererseits erfordern die Doppler-sonographischen Methoden einige Übung des Untersuchers und einen in Abhängigkeit davon zum Teil erheblichen Zeitaufwand, so daß eine Dreiteilung der Schlaganfall-Vorsorgeuntersuchung für verschiedene diagnostische Einheiten zu empfehlen ist (Tabelle 1). Für den Allgemeinarzt bleibt demnach als Methode der Wahl weiterhin die Auskultation und beidseitige Blutdruckmessung (Verdacht auf Subclavian-Steal-Effekt bei Blutdruckdifferenz von mehr als 30 mm Hg zwischen linkem und rechtem Arm). Neu hinzu kommt als für die Allgemeinpraxis verwendbare Methode die Platten-Thermographie [12]. Die dadurch entstehende höhere Zahl falsch-positiver Ergebnisse erweist sich in der Praxis als vertretbar, da bedeutend weniger pathologische Fälle — einschließlich akut aufgetretener Carotisverschlüsse — übersehen werden und falsch-positive Befunde ohne Schwierigkeit in der zweiten Stufe des Vorsorgemodells erkannt werden können. Diese zweite Stufe besteht in der Anwendung der Doppler-Sonographie der A. frontalis medialis sowie der manuellen Direktbeschallung der Halsgefäße. Dieses Verfahren eignet sich beim gegenwärtigen Stand der Dinge besonders für niedergelassene Neurologen und Internisten. In über 70% aller Fälle genügt die für je nach Übung 5—10 min dauernde Untersuchung zum Ausschluß eines haemodynamisch relevanten Strömungshindernisses in der A. carotis. Die genauere Abklärung in Zweifels- und Verdachtsfällen dürfte vorwiegend aus Zeit- und Kostengründen Krankenhäusern und Kliniken vorbehalten bleiben, wo auch die Möglichkeit zur Doppler-Angiographie besteht. Diese ist von Interesse bei pathologischem Befund über der A. frontalis medialis und/oder der Carotisbifurkation sowie in den Fällen, wo durch die manuelle Beschallung der Carotidgabel keine sichere Unterscheidung der einzelnen Gefäßteile möglich ist oder die einzelnen Gefäße nicht auf ihrer

Tabelle 1

Allgemeinarzt	Vorsorgeuntersuchung	Auskultation Palpation bds. Blutdruckmessung Platten-Thermographie
Neurologe Internist	Ausschluß einer Carotisstenose	Doppler-Sonographie der A. front. medialis + Direktbeschallung der Carotisbifurkation
Krankenhaus mit Neuroradiologie	Abklärung einer Carotisstenose bzw. eines Subclavian-Steal- Effects	Doppler-Angiographie der Carotisbifurkation Vertebral-Sonogramm bei V.a. Subclavian Steal

ganzen Länge am Hals verfolgt werden können. Ein „Doppler-Angiogramm“, d. h. die Bilddarstellung von Abb. 6 und 7, dauert je nach Erfahrung und Übung des Untersuchers 10—15 min und gibt bei Operationsfähigkeit des Patienten im allgemeinen die Indikation zur weiteren angiographischen Abklärung. Eine Indikation zur Angiographie besteht außer bei Doppler-sonographischen Stenosebefund nur noch bei Patienten ohne großes Angiographierisiko mit reversiblen ischaemischen Attacken (Stadium II) [11] sowie beim sogenannten „Progressive Stroke“ (Stadium III); denn hämodynamisch nicht sicher relevante, geringgradige Stenosierungen unter 50% Lumeneinengung, die als Streuherd für Emboli dienen können, sowie Knickstenosen werden mit den obengenannten Verfahren im allgemeinen nicht erkannt.

In die vorliegende Vergleichsuntersuchung nicht einbezogen wurde die auch auf längere Sicht einzig überlegene Technik der Verbindung von Ultraschall-B-Bild und Doppler-Sonographie, die auch die Erkennung von ulzerierten Gefäßwänden und aufgelagerten Plaques ermöglicht [1]. Sie befindet sich derzeit noch im Erprobungsstadium und bleibt aufgrund ihrer sehr hohen Anschaffungskosten einstweilen großen Kliniken vorbehalten. Für eine allgemeine Schlaganfall-Vorsorgeuntersuchung kommt sie derzeit nicht in Frage.

Literatur

1. Barber, F. E., Baker, D. W., Nation, A. W., Strandness, D. E. Jr., Reid, J. M.: Ultrasonic Duplex Echo-Doppler Scanner. *IEEE Trans. Biomed. Eng.* Vol. BME-21, 2, 109 (1974)
2. Barnes, R. W., Clayton, J. M., Bone, G. E., Slaymaker, E. E., Reinertson, J.: Supraorbital photoplethysmography. *J. Surg. Res.* 22, 319 (1977)
3. Bettelheim, H.: Der Wert der Ophthalmodynamometrie für die Diagnostik der Carotis-thrombose. *Wien. Klin. Wochenschr.* 76, 217 (1964)
4. Büdingen, H. J., von Reutern, G. M., Freund, H. J.: Die Differenzierung der Halsgefäße mit der directionellen Doppler-Sonographie. *Arch. Psychiat. Nervenkr.* 222, 177 (1976)
5. Duncan, G. W., Gruber, J. O., Dewey, C. F., Myers, G. S., Lees, R. S.: Evaluation of carotid stenosis by phonoangiography. *New England J. Med.* 27, 1124 (1975)
6. Finke, J.: Grundlagen der Ophthalmodynamographie. In: *Ophthalmodynamographie*, J. Finke (Hrsg.), II. Internat. Symposium 1972. Stuttgart-New York: F. K. Schattauer 1974
7. Greenwood, R. J., Dupler, D. A.: Death following carotid sinus pressure. *JAMA* 181, 605 (1962)
8. Kartchner, M. M., Mc Rae, L. P., Morrison, F. D.: Noninvasive detection and evaluation of carotid occlusive disease. *Arch. Surg.* 106, 528 (1973)
9. Laux, U.: Erste klinische Erfahrungen mit der Bestimmung der Arm-Retina-Zeit zur Diagnostik von Carotisverschlüssen. *Herz/Kreislauf* 9, 267 (1977)
10. Tricoire, J.: La thermographie en plaque: technique nouvelle d'utilisation des cristaux liquides. *Presse Med.* 78, 2481 (1970)
11. Vollmar, J.: *Rekonstruktive Chirurgie der Arterien*. Stuttgart: Georg Thieme 1975
12. Widder, B.: Auskultation und Plattenthermographie: Sich ergänzende Methoden in der Früherkennung von drohenden Schlaganfällen. *Nervenarzt* 49, 189 (1978)
13. Widder, B.: Ein vereinfachtes Doppler-Angiographie-Gerät zur unblutigen Diagnostik von Karotis-Stenosen. *Nervenarzt* 48, 397 (1977)
14. Widder, B.: Entwicklung und Vergleich verschiedener Methoden zur unblutigen Vorsorgeuntersuchung auf operable Stenosen der A. Carotis. Dissertation, Ulm 1977
15. Wood, E. H.: Thermography in the diagnosis of cerebrovascular disease. *Radiology* 85, 270 (1965)