

5 Doppler- und duplexsonographische Untersuchungstechnik der extrakraniellen Hirnarterien (Normalbefunde und Fehlermöglichkeiten)

Gerhard-Michael von Reutern und Hans Joachim von Büdingen

Die Untersuchung mit den Doppler- und Duplexverfahren gilt als schwierig. Das Umsetzen einer akustischen Information in eine bestimmte Handbewegung, um z.B. die Sondenposition zu optimieren, ist ungewohnt. Die Untersuchungstechnik ist aber bei geeigneter Anleitung gut erlernbar. Die Beschreibung kann eine persönliche Anleitung nicht ersetzen, aber auf wichtige Punkte hinweisen. Nebensächlich wirkende Details, wie die Position des Untersuchers gegenüber dem Patienten, sind entscheidend für die Durchführbarkeit einiger Hilfsmanöver. Die Kompressionstests werden mit der Dopplersonographie besprochen, haben aber genauso Bedeutung für die Duplexsonographie.

5.1 Dopplersonographie

Wir empfehlen weiterhin die Erlernung und den regelmäßigen Einsatz der Dopplersonographie trotz der technischen Überlegenheit der immer weiter verbreiteten Farbduplexsonographie. Beide Methoden ergänzen sich. Die Vorteile der Duplexsonographie müssen nicht gesondert hervorgehoben werden. Die cw-Dopplersonographie hat folgende Vorteile:

- der Freiheitsgrad der Sondenpositionierung (Beschallungswinkel und -richtung) ist größer,
- das Signal ist relativ stabil,
- der Untersucher kann sich auf die Analyse der Strömungsinformation (Hämodynamik) konzentrieren, ohne durch die notwendigen Kontrollen vielfältiger Einstellparameter der Farbduplexsonographie abgelenkt zu werden,
- die Endäste der A. ophthalmica, die Äste der A. carotis externa (z. B. A. occipitalis) oder der Vertebralisabgang sind leichter und schneller mit der Dopplersonographie zu untersuchen. Untersucher, die nur die Duplexsonographie einsetzen, tendieren dazu, diese Bereiche in der Routine auszulassen.

5.1.1 Allgemeines zur Untersuchungstechnik

Untersucherposition

Für die Untersuchung hat sich die Position des Untersuchers hinter dem Kopf des auf einer Liege oder einem „Zahnarztstuhl“ liegenden Patienten bewährt. Dadurch können beide Hände symmetrisch eingesetzt werden. Der Hals des Patienten sollte sich etwa in Nabelhöhe des Untersuchers befinden, dessen Arme dann eine entspannte Position einnehmen (Abb. 5.1). Die Sonde wird in der Regel für die rechte Seite mit der rechten Hand, für die linke Seite mit der linken Hand geführt. Die gegenseitige Hand bzw. der Arm wird für Kompressionstests und Stabilisierung des Kopfes eingesetzt. Die Schallsonde wird am besten in ihrer ganzen Länge zwischen Daumen und den übrigen Fingerspitzen in leicht supinierter Handstellung gehalten. Die Spitze des Kleinfingers überragt die Sondenspitze etwas (Abb. 5.2) und wird dazu benutzt, die Arterie zu tasten und, falls mobil, zu fixieren. Hierdurch wird auch der Druck des oft scharfkantigen Sondenrands etwas geschwächt. Zusätzlich werden störende Dopplersignale aus oberflächlich gelegenen Venen unterdrückt.



Abb. 5.1 Untersucherposition. Der Arm des hinter dem Kopf sitzenden Untersuchers soll sich in einer entspannten Mittelstellung befinden. Der Kopf ruht auf einer Kopfstütze ähnlich einem Zahnarztstuhl. Dadurch ist die Halspartie auch von dorsolateral untersuchbar (aus von Reutern 1987).



Abb. 5.2 Sondenführung. Die Sonde wird in ihrer ganzen Länge zwischen Daumen und Endgliedern der übrigen Finger gehalten. Die Kleinfingerkuppe kann die Sondenspitze etwas überragen. Für die Untersuchung der ACC wird die Sonde dann mit mäßigem Druck in die Nähe der Arterie geführt. Die Kleinfingerkuppe in der Nähe der Sondenspitze verbreitert die Auflagefläche, sodass die Sondenkante weniger unangenehm empfunden wird (aus von Reutern 1987).

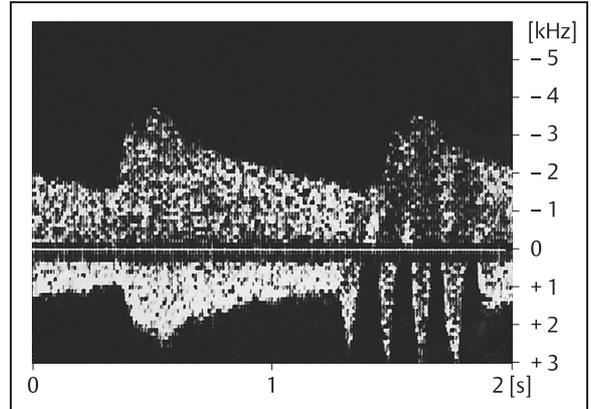


Abb. 5.4 Beschallung zweier Arterien. Vom Schallstrahl wird die ACI und die A. occipitalis erfasst. Letztere war wegen eines proximalen Verschlusses der ACE retrograd durchströmt (Strömung auf die Sonde zu [positive Dopplerfrequenzverschiebung]). Oszillierende Kompression der A. occipitalis führte nur in dieser Arterie zu einem Kompressionseffekt (cw-Dopplersonographie, $f_0 = 4$ MHz).

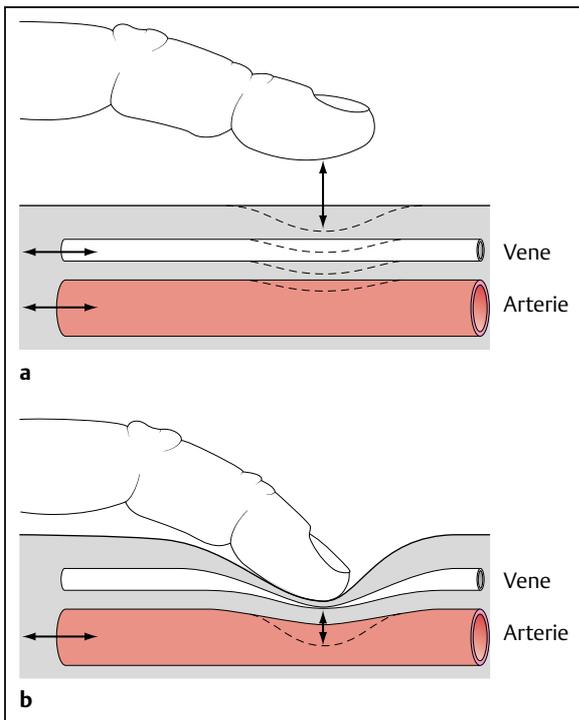


Abb. 5.3a u. b Korrekte Kompressionstechnik (nach von Reutern 1987).

- a** Falsch: Beklopfen der Hautoberfläche führt zu mechanischen Artefakten. Außerdem wird nicht nur in den Arterien, sondern auch in den benachbarten Venen ein Kompressionseffekt ausgelöst, der sich einem Arteriensignal überlagern kann (Abb. 5.5a).
- b** Richtig: Die Fingerkuppe wird zunächst mit stetigem Druck gegen die Arterie geführt. Dabei können benachbarte Venen für die Dauer der gesamten Kompression verschlossen werden. Dann wird der Druck oszillierend verstärkt, was nur in der Arterie zum gewünschten Kompressionseffekt führt.

Kompressionsmanöver

Kompressionsmanöver zur Identifizierung extrakranieller Arterien werden immer distal vom beschallten Arterien-segment durchgeführt. Ein deutlicher Effekt der Kompression auf das abgeleitete Signal beweist, um welche Arterie es sich handelt oder beweist die Strömungsrichtung (AO).

Folgende 3 Arten der Kompression werden verwendet:

- Eine kurze, die Arterie für 2 oder 3 Herzzyklen verschließende Kompression (Abb. 5.10).
- Verschluss durch isometrische Muskelkontraktion (z. B. Faustschluss).
- Inkomplette, rasch repetitive Kompressionen (Oszillationen) mit dem palpierenden Finger (Abb. 5.3, Abb. 5.5). Repetitiver Fingerdruck auf eine Arterie führt zu einer Modulation des Strömungsspektrums, welches sowohl nach distal als auch nach proximal, also zum Ort der dopplersonographischen Untersuchung, fortgeleitet wird (Abb. 5.4, Abb. 5.5). Die Frequenz der Repetitionen mit dem deutlichsten Effekt liegt bei 3–5 Hz.

Der Effekt einer Zunahme der Strömung nach der Kompression ist am deutlichsten postischämisch. Dieser Test wird beim Subclavian-Steal-Syndrom bevorzugt eingesetzt. Sonst wird in der diagnostischen Routine die repetitive Kompression bevorzugt.

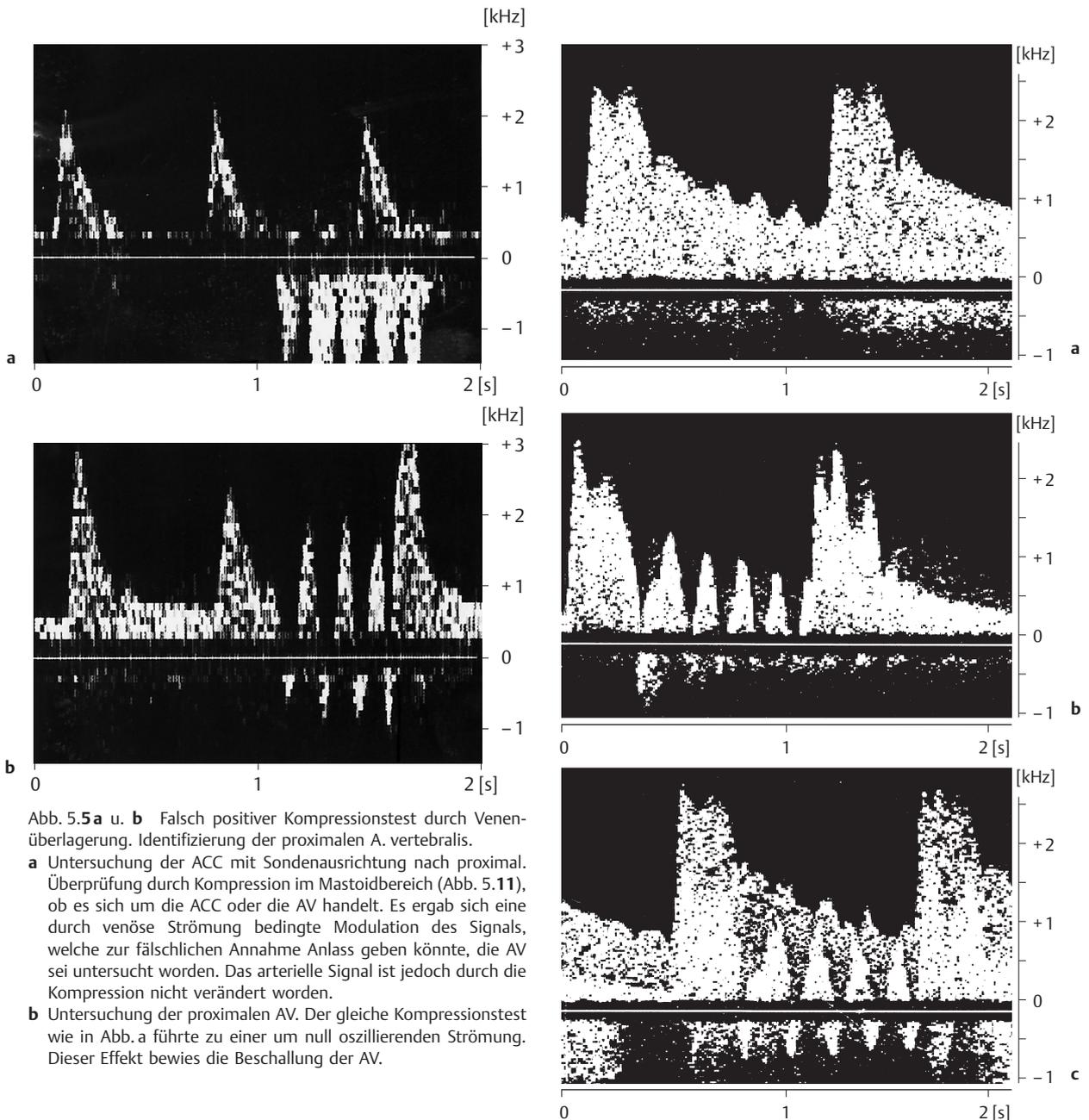


Abb. 5.5a u. b Falsch positiver Kompressionstest durch Venenüberlagerung. Identifizierung der proximalen A. vertebralis.

a Untersuchung der ACC mit Sondenausrichtung nach proximal. Überprüfung durch Kompression im Mastoidbereich (Abb. 5.11), ob es sich um die ACC oder die AV handelt. Es ergab sich eine durch venöse Strömung bedingte Modulation des Signals, welche zur fälschlichen Annahme Anlass geben könnte, die AV sei untersucht worden. Das arterielle Signal ist jedoch durch die Kompression nicht verändert worden.

b Untersuchung der proximalen AV. Der gleiche Kompressionstest wie in Abb. a führte zu einer um null oszillierenden Strömung. Dieser Effekt bewies die Beschallung der AV.

Abb. 5.6a–c Geringer Effekt der Externakompression auf die ACI.

a Untersuchung der ACI etwa 2 cm nach dem Abgang. Bei der Externakompression kommt es zu einer geringen Modulation der Hüllkurve des Spektrums in der Diastole.

b Untersuchung der ACE. Sehr kräftige kompressionsbedingte Oszillationen.

c Beschallung von ACI und ACE. Man erkennt, dass die kompressionsbedingten Oszillationen an beiden Arterien auftreten, in der ACI mit einer geringen Verzögerung. Es handelt sich in Abb. b also nicht um einen einfachen Überlagerungseffekt. Die Unterscheidung zwischen ACI und ACE bleibt anhand des unterschiedlichen Ausmaßes des Kompressionseffekts möglich.

Fallstricke bei der repetitiven Kompression

Artefakte können bei der repetitiven Kompression durch folgende Faktoren entstehen:

- Hautverschiebung,
- Kopfbewegung,
- Kompression benachbarter Venen.

Diese Artefakte können verhindert werden, wenn der Finger nicht auf die Haut hämmert, sondern zunächst mit kontinuierlichem Druck in die Nähe der Arterie geführt wird (Abb. 5.3). Der Druck ist abhängig von der Lage des Gefäßes. Er ist z. B.:

- sehr gering bei Kompression der A. temporalis superficialis,
- stark bei Kompression der AV im V₃-Abschnitt.

Dieser Druck wird dann oszillierend verstärkt. Mit dieser Technik werden nicht nur Artefakte vermieden, sondern auch ausgeprägte Veränderungen erreicht.

Fehlinterpretationen können dadurch entstehen, dass 2 Gefäße gleichzeitig beschallt werden und der Kompressionseffekt an einem der beiden Gefäße dem anderen zugeordnet wird. Dies zeigen Abb. 5.4 und Abb. 5.5. Die Spektrumanalyse demonstriert, welche der beiden Strömungssignale durch Kompression beeinflusst wurde. Der Erfahrene erkennt solche Mischsignale aber auch mit dem Gehör.

Die oszillierende Kompression sehr kräftig durchströmter Äste der ACE kann über die Karotisbifurkation auch zu geringen Effekten am Signal der ACI führen (Abb. 5.6), die täuschen können. Entscheidend ist dann der Vergleich der Effekte an den Aa. carotides interna und externa (bezüglich geringer, nicht verwertbarer Effekte vgl. auch ACC in Abb. 5.11).

Bei Kompressionen ist darauf zu achten, dass Erschütterungen und Bewegungsartefakte soweit als möglich vermieden werden. Deswegen ist jeweils gerade nur der Druck auf die Arterie auszuüben, der nötig ist, um sie temporär zu verschließen bzw. die erforderlichen Wandbewegungen auszulösen. Bewegungsartefakte werden weiterhin dadurch vermieden, dass der Kopf fixiert wird, und zwar entweder wie bei Untersuchung der Äste der AO mit dem die Sonde durchführenden Arm, in dem der Unterarm auf die Stirn gelegt wird oder dem die Kompression durchführenden Arm, der ebenfalls auf die Stirn des Patienten gelegt werden kann (Abb. 5.15a u. b)

5.1.2 Differenzierung der einzelnen Halsgefäße

Die Geräuschcharakteristika, z. B. der Aa. carotides interna und externa an der extrakraniellen Karotisbifurkation, sind derart unterschiedlich, dass dem Routinierten meist der akustische Eindruck ausreicht, um diese Gefäße voneinander abzugrenzen. Unsicherheiten der Untersuchung der

Halsarterien ergeben sich durch ihre Vielzahl und variable Lage.

Kriterien zur Identifizierung einer Arterie:

- Position der Sonde,
- Form der Pulscurve bzw. des Strömungsspektrums,
- Strömungsrichtung,
- Antwort auf geeignete Kompressionstests (Büdingen u. von Reutern 1976).

A. carotis communis (ACC)

Die Untersuchung der ACC macht aufgrund ihrer definierten Lage keine Schwierigkeiten. Abb. 4.17c zeigt die typischen Frequenzspektren (Strömungsspektren).

Strömungssignal. Die Schallkopfposition wird in Abb. 5.1 und Abb. 5.2 gezeigt. Auch am Ende der Diastole findet sich eine hinwärts gerichtete Strömung („Gleichstromkomponente“). Diese nimmt mit zunehmendem Alter ab (Abb. 4.13). Das Strömungssignal der ACC ist durch ein raues Geräusch charakterisiert. Eine Verwechslung mit

- der A. thyroidea superior (Ast der ACE),
- Ästen des Truncus thyrocervicalis oder
- der AV vor Eintritt in die Querfortsätze der Halswirbel kann durch kontinuierliche Untersuchung bei Kranialverschiebung der Schallsonde von supraklavikular bis zur extrakraniellen Karotisbifurkation vermieden werden.

Kompression. Bei der Untersuchung der ACC kann leichter bis mäßiger Sondendruck angewendet werden. Dies führt bei der sehr kräftigen Arterie nicht zu einer Einengung, sondern lediglich zu einer leichten Verlagerung. Gleichzeitig wird eine Verwechslung mit zervikalen Kollateralen vermieden, da sich diese durch Sondendruck leicht völlig okkludieren lassen.

A. carotis interna (ACI)

Strömungssignal. Im Normalfall wird sie anhand ihrer unverwechselbaren Geräuschcharakteristika identifiziert. Die entsprechenden typischen Strömungsspektren der ACI zeigt Abb. 4.17b. Auch am Ende der Diastole findet sich eine, bezogen auf die Systole, hohe Strömungsgeschwindigkeit. Dies wird durch den geringen intrakraniellen Strömungswiderstand erklärt. Akustisch imponiert das Strömungssignal der ACI als wenig pulsatile höherfrequentes Zischen; das Geräusch ist deutlich „weicher“ als das der ACC oder ACE. Im Bereich des Bulbus wird eine Abnahme der Dopplerfrequenzen registriert, welche einerseits durch die Gefäßerweiterung (verlangsamte Strömungsgeschwindigkeit und Ablösungszonen), andererseits aber durch einen ungünstigeren Beschallungswinkel bedingt sein kann (Abb. 5.7). Bezüglich der komplexen Strömungsverhältnisse am Abgang der ACI s. Abb. 5.23 u. 5.24.

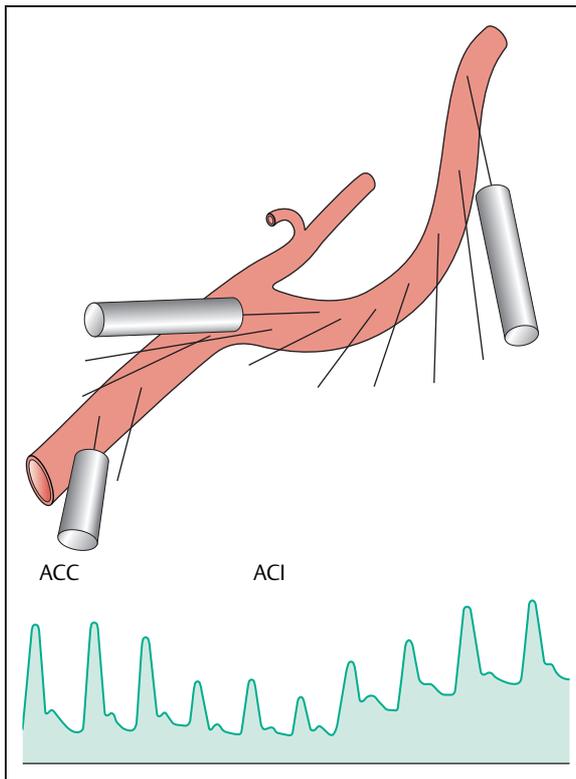


Abb. 5.7 Bewegliche Sondenerführung von der ACC zur ACI. Am Abgang der ACI sind die Strömungsgeschwindigkeiten langsamer wegen der hier größeren Gefäßweite. Die Sondenerführung wird dem Gefäßverlauf angepasst, sodass die Unterschiede in der registrierten Dopplerfrequenz relativ gering sind. Bei gleich bleibender Sondenausrichtung wie für die ACC würde sich im Abgangsbereich der ACI eine noch deutlichere Reduktion der Dopplerfrequenz ergeben, da das Gefäß dann in diesem Bereich nahezu im rechten Winkel beschallt würde (nach von Reutern 1987).

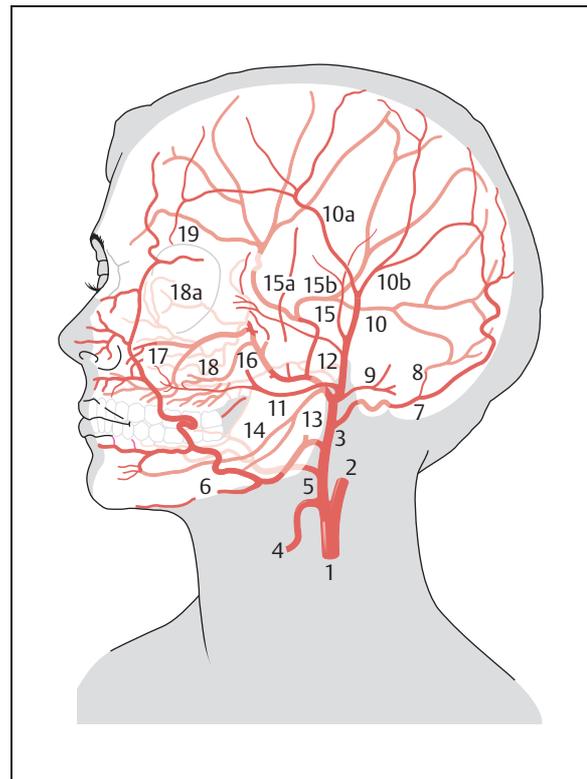


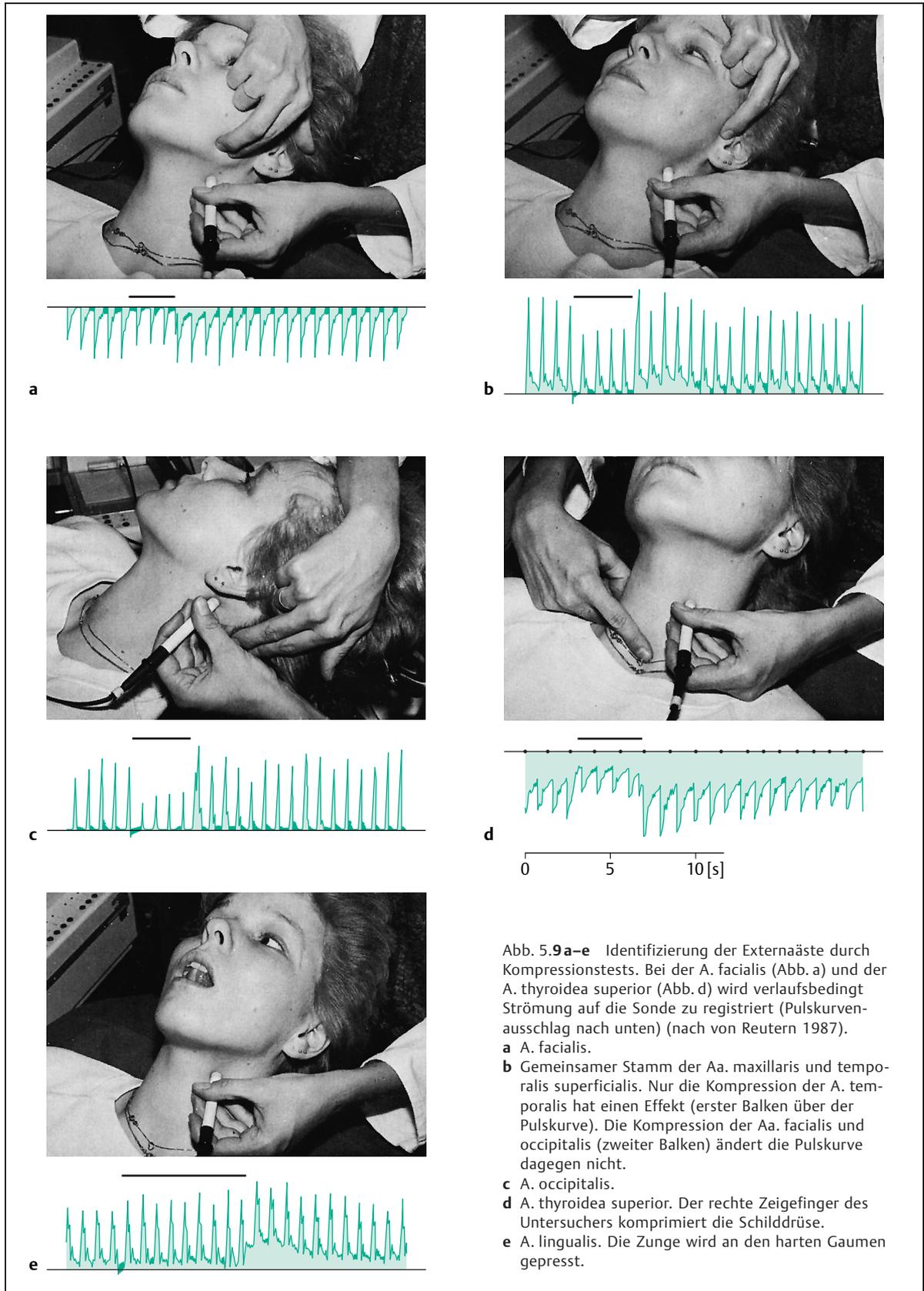
Abb. 5.8 Äste der ACE (nach Huber et al. 1979); 1 = ACC, 2 = ACI, 3 = ACE, 4 = A. thyroidea superior, 5 = A. lingualis, 6 = A. facialis, 7 = A. occipitalis, 8 = meningealer Ast der A. occipitalis, 9 = A. auricularis posterior, 10 = A. temporalis superficialis, 10a = frontaler Ast, 10b = parietaler Ast, 11 = A. transversa faciei, 12 = A. zygomaticoorbitalis, 13 = A. maxillaris, 14 = A. alveolaris inferior, 15 = A. meningea media, 15a = vorderer Ast, 15b = hinterer Ast, 16 = A. alveolaris superior posterior, 17 = A. infraorbitalis, 18 = A. sphenopalatina, 18a = ethmoidale Äste der A. sphenopalatina, 19 = A. supraorbitalis aus AO.

Kompression. Das Strömungssignal der ACI lässt sich durch Kompression von Ästen der ACE in der Regel nicht beeinflussen (Fehlermöglichkeiten sind in Abb. 5.3, Abb. 5.4 und Abb. 5.5 dargestellt). Durch Kompressionstests ist vor allem in pathologischen Fällen eine Möglichkeit der Abgrenzung gegenüber der ACE gegeben. Die ACI wird meist lateral der ACE gefunden, und fast immer gelingt es, sie kontinuierlich bis in ihren submandibulären Abschnitt zu verfolgen (Abb. 5.7). Hier ist allerdings eine Verwechslung mit der AV nicht ausgeschlossen, weshalb die kontinuierliche Untersuchung durch Kranialverschiebung der Schallsonde besonders wichtig ist.

Bei etwa 90% der untersuchten Normalpersonen ist die selektive Beschallung der ACI an der Karotisbifurkation von ventrolateral möglich. In den übrigen Fällen besteht eine Überlagerung mit dem Strömungssignal der ACE (dorso-mediale Lagevariante), wobei dann durch Beschallung von ventral, seltener von dorsolateral eine ausreichende Beurteilung möglich wird.

A. carotis externa (ACE)

Strömungssignal. Abb. 5.8 zeigt den Verlauf der Externa-äste. Die A. temporalis superficialis lässt sich am Ansatz der oberen Ohrmuschel über dem Jochbein und die A. facialis über der Mandibula vor dem Kieferwinkel manuell leicht komprimieren. Die Strömungsspektren der ACE und ihrer Äste sind durch eine relativ hohe systolische und geringe diastolische Strömungsgeschwindigkeit charakterisiert (Abb. 4.17a), was durch den hohen Strömungswiderstand dieser haut- und muskelversorgenden Arterien bedingt ist. Das Strömungssignal der ACE ist durch ein peitschendes Geräusch zu erkennen, das bei Kranialverschiebung der Sonde von der ACC über die Bifurkation in der Regel relativ plötzlich auftritt. Seltener ist der Abgang der ACE deutlich weiter als der distalere Abschnitt. Dann nimmt die Höhe des Ausschlags bei weiterer Kranialverfolgung des Gefäßes ebenso wie bei der ACI zu. Am Abgang sind beide Arterien dennoch an ihren unterschied-



lichen Strömungsspektren zu erkennen, sodass die Karotisbifurkation bei sorgfältiger Untersuchung zu lokalisieren ist. Bei Beschallung der ACE sind Effekte durch periphere Kompression leicht zugänglicher Äste regelmäßig und, wie in Abb. 5.9 dargestellt, zu registrieren.

Kompression. Wird der Stamm der ACE knapp kranial der Karotisbifurkation beschallt, führt eine gleichzeitige Kompression der A. temporalis superficialis und A. facialis immer zu einer auch akustisch wahrnehmbaren Abnahme der systolischen und diastolischen Strömungsgeschwindigkeit, wobei Letztere nach Ende der Kompression zunimmt (Hyperämieeffekt). Bei weiterer Kranialverschiebung der Schallsonde können einzelne Äste der ACE selektiv beschallt werden (Abb. 5.9).

Im Normalfall ist es nicht nötig, alle Externaäste selektiv zu beschallen. Wichtig ist die eindeutige Identifizierung der ACE an der Karotisbifurkation und ihre Abgrenzung gegenüber der ACI entweder durch klare akustische Charakteristik oder durch gleichzeitige Kompression der Aa. temporalis superficialis und facialis, was zu einer Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit führt.

Im pathologischen Fall sind Kompressionstests zur sicheren Abgrenzung von ACI und ACE immer nötig, da sich bei Verschlüssen der Karotiden und Vertebralarterien über die Aa. facialis, temporalis superficialis, maxillaris und occipitalis kollaterale Kreisläufe zur Hirnversorgung ausbilden können. Diese Arterien zeigen dann Veränderungen der Strömungsspektren entsprechend dem geringeren Strömungswiderstand.

A. facialis

Die A. facialis wird durch Kompression ihres Verlaufsabschnitts über dem Unterkiefer identifiziert, was zu einer deutlichen Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit führt (Abb. 5.9a). Der Ausschlag der Strömungskurven nach unten erklärt sich aus der Position der Schallsonde. Die A. facialis wurde hier submandibular in ihrem Verlauf gegen den Unterkiefer beschallt (Strömung gegen die Schallsonde).

A. temporalis superficialis und A. maxillaris

Im submandibulären Bereich, etwa in Höhe des Kieferwinkels, kann der gemeinsame Stamm dieser beiden Arterien selektiv beschallt werden. Die Identifizierung erfolgt durch Kontraktion der Massetermuskulatur (Zusammenbeißen der Zähne) oder Kompression der A. temporalis superficialis in ihrem Verlauf über das Jochbein vor dem Ohransatz (Abb. 5.9b).

Die A. temporalis superficialis kann auch in ihrem peripheren Verlauf selektiv beschallt werden, was z. B. vor Biopsien von Bedeutung sein kann.

A. occipitalis

Der Abgang der A. occipitalis ist sehr variabel, z.T. kurz nach der Karotisbifurkation, z.T. erst wesentlich weiter kranial. Danach verläuft sie nach dorsal unter dem M. sternocleidomastoideus und zieht etwas kranialer als die Atlasschlinge über den Mastoidfortsatz nach dorsal. Hier wird sie am leichtesten aufgefunden. Die Sonde sollte nicht mit Druck aufgesetzt werden.

Die Identifizierung der A. occipitalis ist besonders wichtig, da sie im Bereich des Mastoids in unmittelbarer Nähe der Atlasschlinge der AV verläuft und mit ihr durch funktionell bedeutsame Anastomosen verbunden ist.

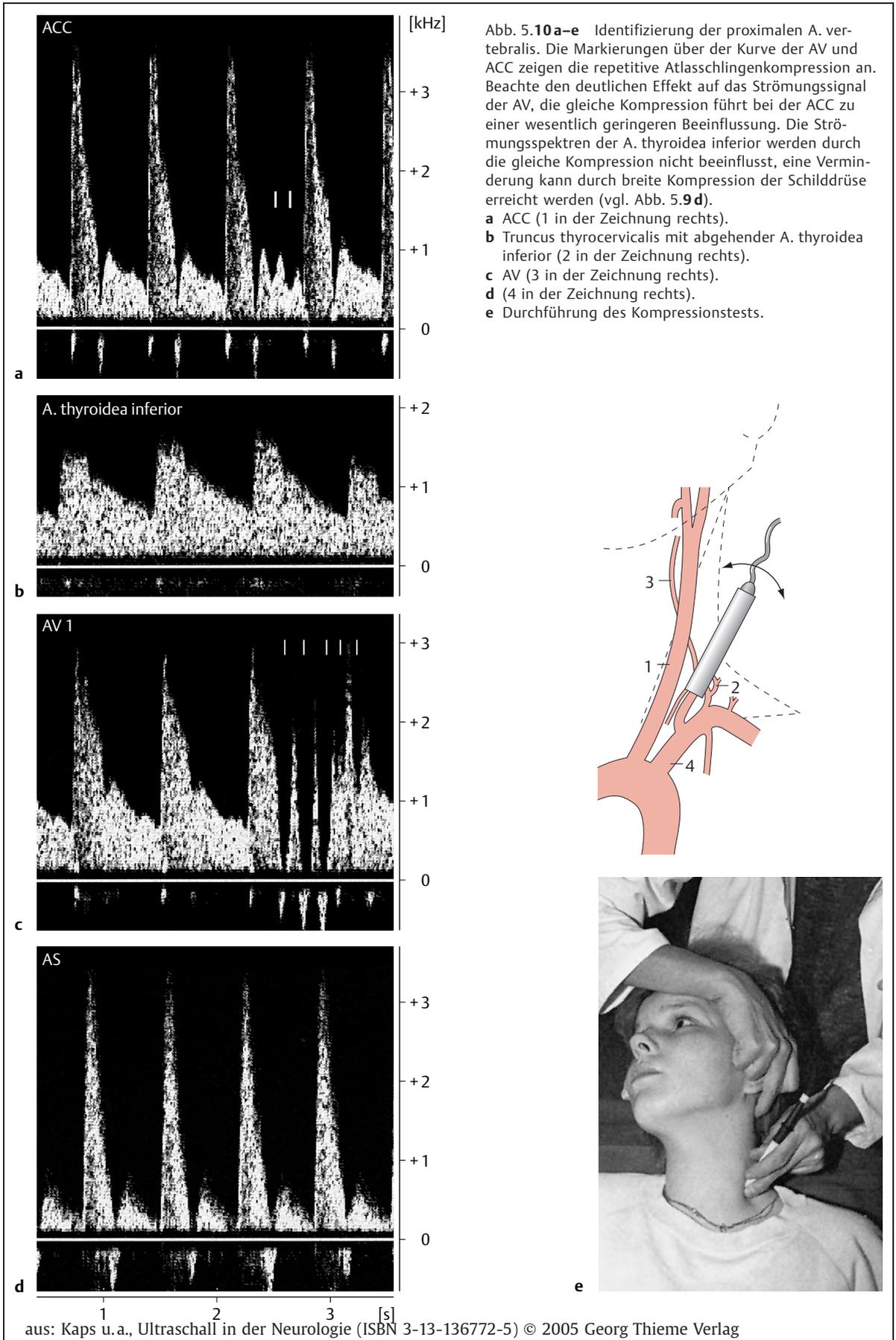
Eine breite manuelle Kompression des Versorgungsbereichs der A. occipitalis über der Hinterhauptschuppe führt zu einer deutlichen Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit (Abb. 5.9c). Ein anderes Unterscheidungskriterium zur Abgrenzung gegenüber der AV ist die fehlende oder gering ausgeprägte diastolische Strömungsgeschwindigkeit in der A. occipitalis. Wird bei der routinemäßigen Kompression der Aa. temporalis superficialis und facialis zur Identifikation der ACE kein sicherer Effekt erreicht, ist zu prüfen, ob ein solcher durch Kompression der A. occipitalis erreicht wird, da Letztere häufig auch schon ventral des M. sternocleidomastoideus aufgefunden werden kann.

A. thyroidea superior

Als erster Ast der ACE verläuft sie entweder zuerst noch eine kurze Strecke nach kranial oder gleich nach kaudal und kann medial des Abgangs der Aa. carotides externa und communis beschallt werden. Manchmal entspringt diese Arterie auch dem Endabschnitt der ACC.

Strömungssignal. Bei der in Abb. 5.9d angegebenen Sondenposition findet sich meist eine gegen die Schallsonde gerichtete Strömung (Ausschlag nach unten) mit relativ hoher diastolischer Strömungsgeschwindigkeit. Der kurze, nach kranial verlaufende Abschnitt kann in einigen Fällen auch untersucht werden und zur Verwechslung mit einer medial der ACE abgehenden ACI Anlass geben, da sich die Strömungscharakteristika der ACI und der A. thyroidea superior ähneln. Die A. thyroidea superior versorgt ein parenchymatöses Organ mit geringem Strömungswiderstand. Bei hoher Strömung in der A. thyroidea superior kann es an der Umschlagstelle nach kaudal zu Beschleunigung und Strömungsinhomogenitäten kommen, sodass eine Verwechslung mit einer Stenose der ACI infrage kommt.

Kompression. Die Schilddrüsenarterie wird identifiziert, indem die Schilddrüse manuell komprimiert wird, wobei die Strömungsgeschwindigkeit deutlich abnimmt



(Abb. 5.9d). Hierdurch kann eine Verwechslung mit der ACI sicher vermieden werden.

A. lingualis

Die Zungenarterie kann medial des Abgangs der ACE selektiv beschallt und dopplersonographisch durch Anpressen der Zungenspitze an den harten Gaumen bei entspannter Kaumuskulatur erkannt werden (Abb. 5.9e). Wesentliches Merkmal ist die deutliche Zunahme der diastolischen Strömungsgeschwindigkeit nach der Zungenkontraktion, bedingt durch reaktive Hyperämie.

A. pharyngea ascendens

Die A. pharyngea ascendens versorgt die obere Schlundmuskulatur. Schlucken führt zu einem deutlichen Anstieg der diastolischen Strömungsgeschwindigkeit. Da Schluckbewegungen meist zu einer erheblichen Dislokation der Gefäße und damit der Beschallungssituation führen, ist dieser Effekt hier nicht gezeigt. In diesem Fall ist die akustische Information verlässlicher als die Spektrumdarstellung. Diese Arterie wird in der Regel, wie auch die A. lingualis, keinen Anlass zur Verwechslung mit der ACI geben.

A. vertebralis (AV)

Untersuchung der AV

- Die AV muss dopplersonographisch im Atlasschlingen- und Abgangsbereich untersucht werden.
- Die Identifikation der proximalen AV erfordert einen speziellen Kompressionstest (Abb. 5.10).

Das Strömungsspektrum der AV zeigt, ähnlich wie das der ACI, eine geringe Pulsatilität (Abb. 4.17d, Abb. 5.10c). Akustisch ist das Strömungssignal durch ein wenig frequenzmoduliertes weiches Zischen charakterisiert, wodurch sich diese Arterie im Normfall eindeutig von der A. occipitalis oder der AS unterscheidet. Schwieriger ist die Erkennung dieser Arterie allein anhand der Strömungscharakteristika bei ausgeprägter Hypoplasie oder distaler Strömungsbehinderung. Hier müssen folgende Kriterien herangezogen werden:

- Sondenposition,
- Verlaufs- und Strömungsrichtung (Atlasschlingenbereich, s. Abb. 2.4 und Abb. 2.5),
- Kompressionstest (Abgangsbereich).

Die Untersuchung der AV ist nur dann diagnostisch aussagekräftig, wenn sie sowohl im Abgangsbereich als auch im Atlasschlingenbereich durchgeführt wird.

Abgangsbereich der A. vertebralis (V_0 , V_1)

Auffinden der Arterie. Die Beschallung erfolgt in der Fossa supraclavicularis mit Sondenausrichtung nach kaudal. Abhängig von der Beschallungsrichtung können dabei ACC, A. thyroidea inferior, AV oder der proximale Anteil der AS beschallt werden (Abb. 5.10). Es ist hilfreich, zunächst die am weitesten medial gelegene und konstant auffindbare ACC zu suchen. Dabei ist die Sonde nach ventromedial und kaudal gerichtet. Dann kann bei unveränderter Kontaktstelle auf der Haut die AV durch leichtes „Aufrichten“ der Sonde aufgefunden werden. Die Sonde weist jetzt etwas mehr in kaudodorsale Richtung. Meist muss ein deutlicher Sondendruck eingesetzt werden, um in die Nähe der Arterie zu gelangen. Die AV muss in der Regel umso weiter lateral der A. carotis gesucht werden, je älter der Patient ist.

Repetitive Kompression. Die Identifikation der AV erfolgt durch repetitive Kompression der Atlasschlinge. Die korrekte Durchführung dieser Kompression und die Beachtung der Fehlermöglichkeiten (Abb. 5.3) sind diagnostisch entscheidend. Sie sind am besten durch praktische Anleitung vermittelbar, die durch die folgende Beschreibung nicht ersetzt werden kann. Die Kuppe des Zeige- oder Mittelfingers wird zwischen Mastoidspitze und Atlasquerfortsatz bzw. leicht dorsal davon, wo bei schlanken Personen eine Grube zu tasten ist, mit starkem Druck aufgesetzt. Das Fingerendglied des komprimierenden Fingers muss angewinkelt werden, um den Druck auf eine möglichst kleine Fläche einwirken zu lassen. Dieser Druck wird dann oszillierend verstärkt. In der Regel führt erst diese oszillierende Verstärkung zu einem deutlichen Effekt auf die Strömung in der proximalen AV. Der zuvor ausgeübte kontinuierliche Druck dient dazu, den Finger in die Nähe der Arterie zu bringen. Er führt nur bei schlanken Patienten mit ausladender Atlasschlinge zu einer die Strömung reduzierenden Kompression der AV. Bewegungsartefakte werden einmal dadurch vermieden, dass mit Vordruck gearbeitet wird und der Finger nicht hämmert, zum anderen dadurch, dass der zum komprimierenden Finger gehörige Unterarm auf der Stirn des Untersuchten ruht und dadurch den Kopf fixiert (Abb. 5.3, Abb. 5.10).

Der Effekt dieser Kompression ist eine eindeutige Signalmodulation der AV. Bei einem diagnostisch sicheren Effekt kommt es in der Diastole zu Schwingungen, die die Nulllinie erreichen oder unterschreiten (Abb. 5.5b, Abb. 5.10c). Bei sehr muskelkräftigen Patienten und tief liegenden Arterien kann der Effekt geringer ausfallen. Wichtig ist, dass durch gleichzeitige Kompression der A. occipitalis auch ein geringer Effekt auf die Strömung der ACC festzustellen ist, der jedoch immer viel schwächer ausfällt als bei der AV. Daher sollte der Kompressionstest der Atlasschlinge vergleichend bei der ACC und der AV durchgeführt werden.

Abgangsbereich der Arterie. Ist die AV aufgefunden, sollte sie nach kaudal verfolgt werden. Man führt die

Sonde so lange nach kaudal, bis nur noch Signale der ACC und der AS aufzufinden sind. Dies ist nötig, weil die AV häufig nicht aus dem Gipfelpunkt des Subklaviabogens abgeht, sondern weiter proximal und dann noch eine Strecke parallel zur AS nach kranial zieht (Abb. 2.1). Im Abgangsbereich ergeben sich regelmäßig Mischsignale von AV und AS. Bestehen Unsicherheiten über die Zuordnung einzelner Anteile des Strömungssignals, können diese durch sukzessive Kompression der AV im Bereich der Atlasschlinge und der A. brachialis am Oberarm unterschieden werden.

Ableitung vor der Pars transversaria. Die AV kann auch mit Sondenausrichtung nach kranial in ihrem Verlauf kurz vor der Pars transversaria (V_2) abgeleitet werden, jedoch nur über eine kurze Strecke. Allerdings findet sich in diesem Bereich in der Regel keine Stenosierung, sodass die Untersuchung mit Sondenausrichtung nach kaudal in der Routine ausreicht.

Differenzierung von der A. thyroidea inferior. Die A. thyroidea inferior wird bei einer etwa gleichen Sondenausrichtung wie für die Untersuchung der AV aufgefunden. Sie entspringt dem Truncus thyrocervicalis (lateral der AV) und wendet sich dann in der Regel nach kaudal, um hier medial der AV zu verlaufen. Dementsprechend können Strömungssignale dieser Arterie auf die Sonde zu und von der Sonde weg registriert werden. Das Strömungsspektrum gleicht dem der AV, ist jedoch häufig noch geringer pulsatil. Bei Strumapatienten können viele Äste der A. thyroidea inferior mit hoher Strömungsgeschwindigkeit die Signale der AV „verdecken“. Eine Differenzierung zwischen AV und A. thyroidea inferior ist leicht durch Kompression der Schilddrüse möglich (Abb. 5.10d).

Weitere Äste. Im Einzelnen nicht weiter differenzierbare zervikale Äste der Trunci thyrocervicalis und costocervicalis können bei weiter lateraler Sondenausrichtung inkonstant nachgewiesen werden. Diese Möglichkeit spielt vor allem bei Verschlüssen der AV eine Rolle. Die AS ist durch die typischen Spektren mit frühdiastolischer Umkehr leicht von den übrigen Arterien dieser Region zu unterscheiden.

A. vertebralis im Atlasabschnitt (V_3)

Hierzu wird die Sonde in Höhe der Spitze des Processus mastoideus aufgesetzt und gering nach vorn und oben ausgerichtet, etwa in Richtung zwischen kontralateralem Ohr und Auge. Bei dieser Beschallungsrichtung wird Strömung von der Sonde weg registriert. Aufgrund der geringen Ausrichtung nach ventral ist eine Verwechslung mit einer stark nach dorsal verlaufenden ACI möglich. Daher ist die Registrierung der AV mit Strömung auf die Sonde zu eine zusätzliche Absicherung. Hierzu wird die Sonde in die Horizontalebene gekippt und allenfalls gering nach kaudal verschoben. Sie muss jetzt auch nicht mehr nach ventral ausgerichtet werden, sondern kann eine Mittelstellung einnehmen oder, wenn die Sonde leicht

ventral des Mastoidfortsatzes aufgesetzt wird, sogar etwas nach dorsal weisen. Dabei wird nicht der Abschnitt um das Foramen transversarium des Atlasquerfortsatzes beschallt (Abb. 5.11), sondern das nach lateral konvexbogige Segment in Höhe des 2. HWK. Der Untersuchungspunkt für die AV liegt 1–2 cm tiefer als der für die A. occipitalis.

A. subclavia

Abb. 5.11 zeigt die Sondenposition zur Untersuchung der distalen AS in der Fossa supraclavicularis etwas dorsal der Clavicula. Die Sonde wird nach laterokaudal gerichtet, abgeleitet werden die Strömungssignale nach Abgang der AV und der Trunci costo- und thyrocervicalis. Die Strömungsspektren der AS (Abb. 4.17e, Abb. 5.10d) sind durch eine hohe systolische Strömungsgeschwindigkeit und eine kurz dauernde Rückstromphase während der frühen Diastole charakterisiert, bedingt durch den Schluss der Aortenklappe.

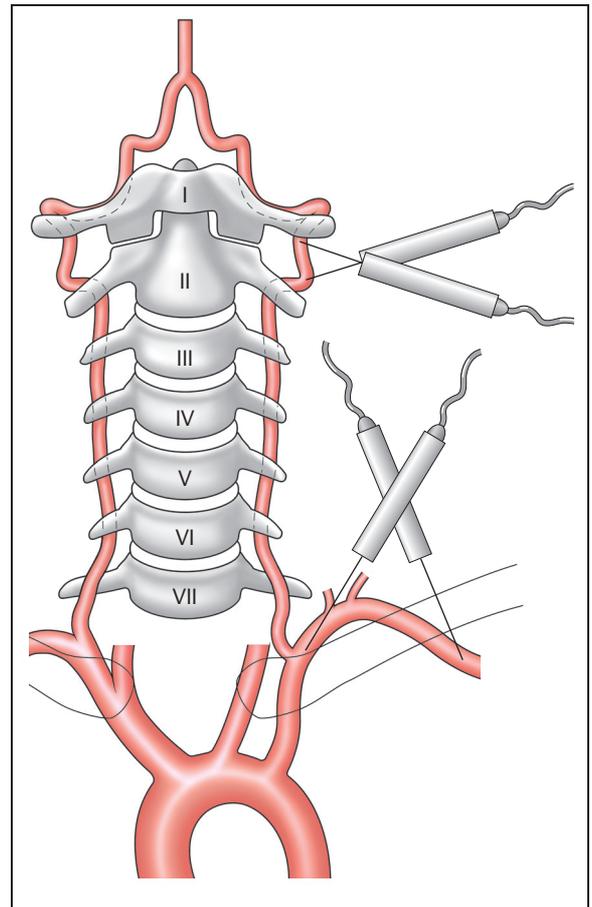


Abb. 5.11 Sondenposition bei Ableitung der AV im Atlasabschnitt (V_3) sowie der AS. Schematische Darstellung des Verlaufs der AV durch die Foramina costotransversaria. Strömung auf die Sonde zu wird in der Regel von dem Abschnitt registriert, welcher in Höhe des 2. HWK nach lateral verläuft.

Eine Verwechslung mit anderen Arterien ist im Normalfall nicht möglich. Die sichere Identifizierung gelingt durch Erhöhung des peripheren Strömungswiderstands (Kompression des ipsilateralen Oberarms oder Faustschluss) mit einer deutlichen Abnahme der systolischen Strömungsgeschwindigkeit, ausgeprägter diastolischer Rückströmung und während der postischämischen Hyperämie auch während der Diastole armwärts gerichteter Strömung.

Mit nach mediokaudal gerichteter Schallsonde wird der proximale Abschnitt der AS bzw. auf der rechten Seite auch der Truncus brachiocephalicus untersucht. Jenseits der Fossa supraclavicularis, in ihrem distalen Verlauf, wird die AS auch im Trigonum deltoideopectorale (Fossa infraclavicularis) aufgefunden.

Identifizierung venöser Halsgefäße

Bei der Beschallung venöser Gefäße finden sich, entsprechend der kontinuierlicheren venösen Strömung, im Allgemeinen geringere Schwankungen der Strömungssignale (Abb. 5.12).

Die proximale V.jugularis interna zeigt relativ hohe, atemabhängig modulierte Strömungsgeschwindigkeiten. Prinzipiell ergeben sich keine Schwierigkeiten bei der Unterscheidung von Arterien. Nicht selten werden bei der Dopplersonographie die Strömungssignale der Halsarterien durch oberflächlich gelegene Venen überlagert. Meist gelingt es aber, durch leichte und breite Kompression der proximalen Halsregion mit dem Zeigefinger oder vermehrten Druck mit der Schallsonde (direkte Venenkompression) die venöse Überlagerung zu beseitigen.

Der Valsalva-Versuch führt zu einem weitgehenden Sistieren der venösen Strömung, was im Zweifelsfall als Kriterium zur Abgrenzung gegenüber einer arteriellen Strömung verwertet werden kann. Das Ultraschallschnittbild zeigt während dieses Versuchs eine deutliche Erweiterung der V. jugularis (Abb. 5.12c).

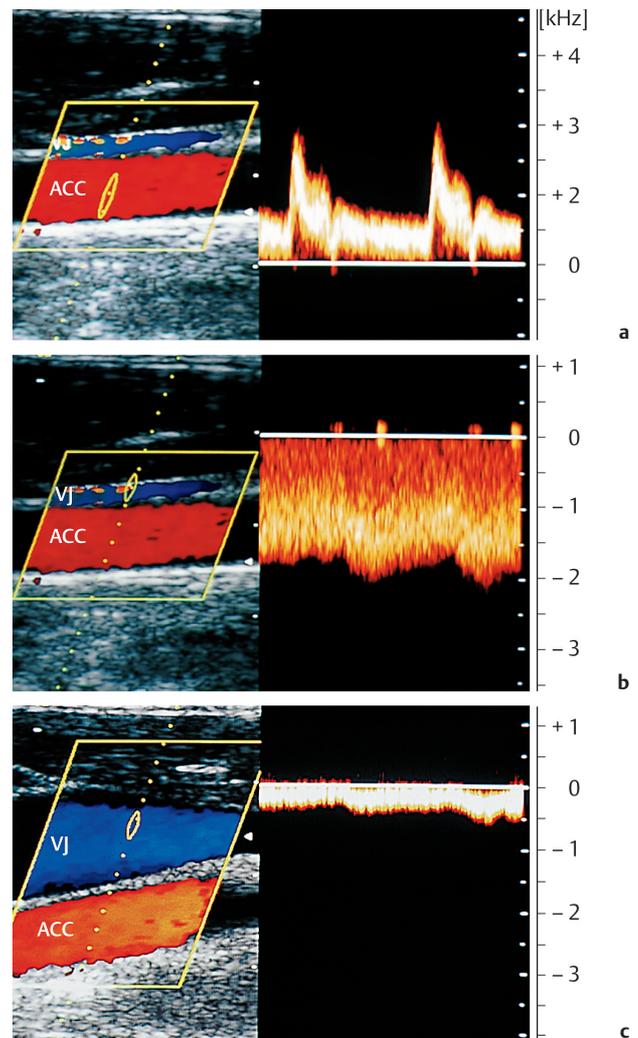


Abb. 5.12a–c Untersuchung der V. jugularis.

a A. carotis communis (ACC) mit Strömung auf die Sonde zu.

b V. jugularis (VJ) der ACC direkt anliegend. Relativ hohe, gering pulsatile Strömung bei geringem Gefäßkaliber.

c V. jugularis (VJ) unter Valsalva-Manöver. Das Kaliber nimmt zu, die Strömungsgeschwindigkeit deutlich ab.

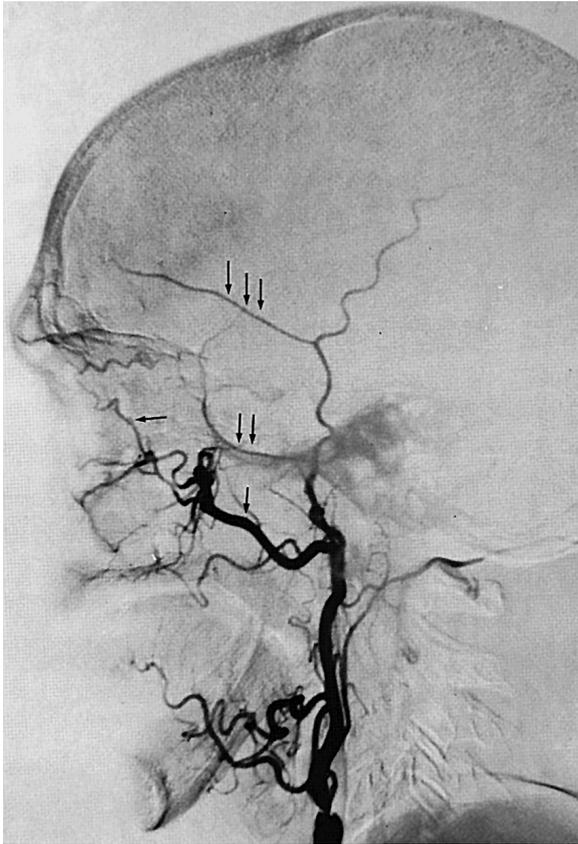
Äste der A. ophthalmica

Indikation

Bei hochgradiger Stenose oder Verschluss der proximalen ACI kann es zu einer retrograden Durchströmung der ipsilateralen AO kommen, was sich angiographisch gut demonstrieren lässt (Abb. 5.13). Die retrograde Durchströmung erfolgt über vorgebildete Anastomosen zwischen Ästen der ACE und AO, u. a. über die AST und ASO (Abb. 2.3, Abb. 5.13). Werden diese Arterien im Bereich des medialen Augenwinkels dopplersonographisch untersucht, kann damit indirekt die Durchgängigkeit der ACI zwischen extrakranieller Karotisbifurkation und Abgang der AO aus dem Karotissiphon beurteilt werden.

Die Ergebnisse von Müller (1971) und anderen zeigten, dass eine Strömungsrichtung von extra- nach intraorbital

vorwiegend bei Verschluss der ACI gefunden wird (Abb. 5.14, Keller et al. 1973, Büdingen et al. 1976). Wie in den hämodynamischen Grundlagen bereits festgestellt wurde, ist ein lokaler Stenosegrad der ACI von > 70% nötig, damit der Druck poststenotisch abfällt und sich somit eine die Strömung in der nachgeschalteten AO oder ihren Endästen ändert. Eine Verschiebung der Wasserscheide im Anastomosengebiet zwischen Ästen der ACE und Ästen der AO von extra- nach intraorbital ist demnach erst bei höhergradiger Obstruktion der proximalen ACI und nur dann zu erwarten, wenn nicht zusätzlich eine hämodynamisch wirksame Stenose der ACE vorliegt. Daraus wird verständlich, dass durch alleinige Unter-



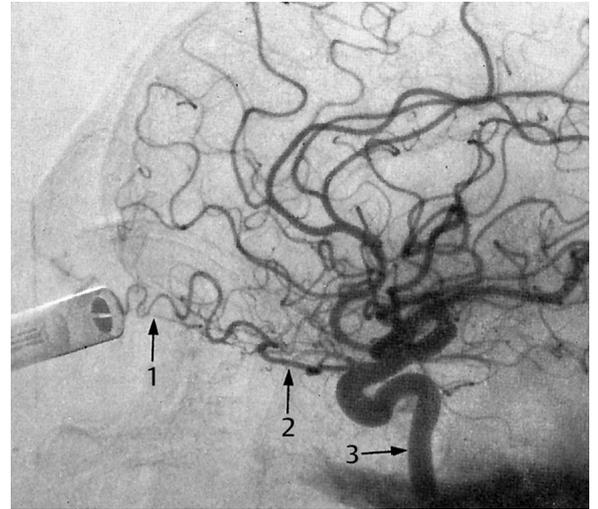
a

Abb. 5.13a u. b Retrograde AO-Durchströmung bei Verschluss der ACI. Seitliches Karotisangiogramm.

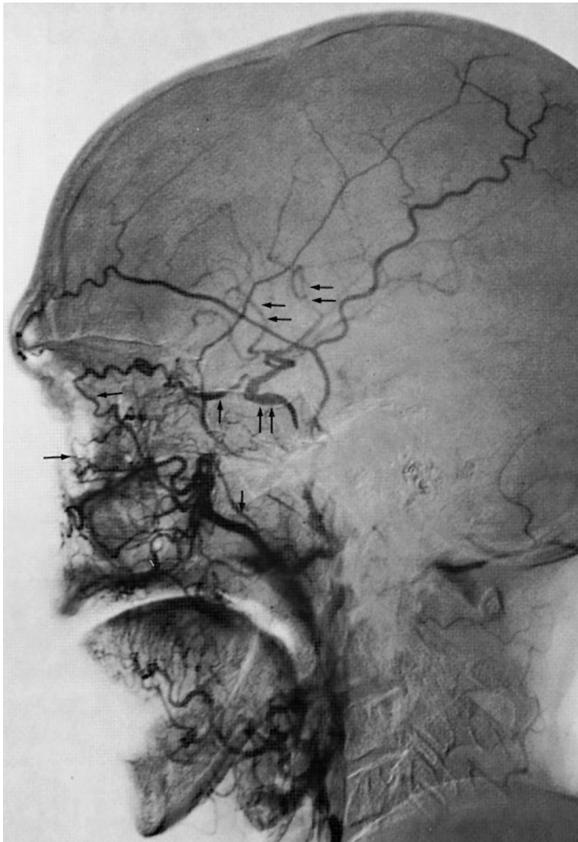
a Frühe arterielle Phase. ↓ = A. maxillaris, ↓ ↓ = frontaler Ast der A. meningea media, ↓ ↓ ↓ = frontaler Ast der A. temporalis superficialis.

b Späte Phase mit Darstellung der AO (↑) und des über sie gefüllten Karotissiphons. Über die Ophthalmikakollaterale wurden auch Mediaäste dargestellt. Bei diesem Patienten waren Äste der A. maxillaris wesentlich an der Füllung der AO beteiligt (Neuroradiologie Ravensburg).

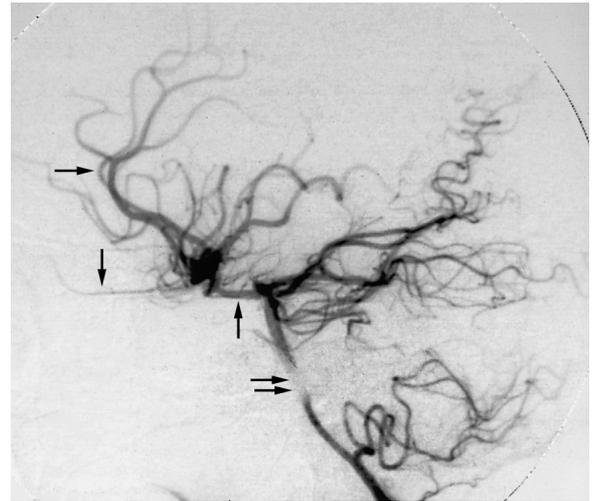
◁



a



b



b

Abb. 5.14a u. b Orthograde AO-Durchströmung im Normalfall (a) und bei ACI-Verschluss (b).

a Seitliches Karotisangiogramm bei Beschallung der AO-Endäste. Links im Bild stellt sich die Schallsonde dar, die im medialen Augenwinkel aufgesetzt ist (Neuroradiologie Ravensburg); 1 = AST mit mehrfacher Schlingenbildung; 2 = AO; 3 = ACI.

b Orthograde Füllung der AO über den Circulus Willisi bei Internaverschluss. Injektion in die AV rechts mit Füllung der AB (⇒) und des R. communicans (↑). Hierüber auch Anfärbung des Karotissiphons und der AO (↓) sowie der Mediagruppe und der Aa. cerebri anteriores (←) (Dr. Grau, Neuroradiologie Ev. Krankenhaus Duisburg-Nord).

suchung der AST und ASO gering- und mittelgradige Stenosen der ACI nicht erfasst werden.

Die eigenen Erfahrungen und Ergebnisse stützen sich vorwiegend auf die Untersuchung der AST im medialen Augenwinkel. In Zweifelsfällen wurde auch die ASO beschallt. Die Beurteilung der Strömung im frontoorbitalen Anastomosenbereich erfolgte durch Kompression der gleich- und gegenseitigen Aa. temporalis superficialis und facialis.

Untersuchung der AO-Äste

- Unverzichtbarer Baustein der Ultraschalldiagnostik hirnversorgender Arterien, vergleichbar dem Knöchelarteriendruck für die Verschlusskrankheit an den Beinen.
- Hochgradige extrakranielle Verschlussprozesse der ACI oder ACC führen zu einer Strömungsumkehr in der AO (Suchttest).
- Unterscheidung hochgradiger von mittelgradiger Stenose der ACI.
- Bestimmung der Strömungsrichtung in der AO nur mit Kompressionstests möglich.

Untersuchungsgang

1. Schallsonde ohne Druck im Bereich des medialen Augenwinkels aufsetzen (Abb. 5.15);
2. Unter akustischer Kontrolle Position und Winkel der Sonde so lange ändern, bis das größte Strömungssignal abgeleitet werden kann;
3. Registrierung im unbeeinflussten Zustand;
4. Mit der freien Hand die gleich- oder gegenseitige A. temporalis superficialis (über dem Jochbein am Ansatz der oberen Ohrmuschel) und die A. facialis in ihrem Verlauf über dem Unterkiefer vor dem Kieferwinkel komprimieren.

Bei der Kompression ist darauf zu achten, dass sich weder die Lage des Kopfes noch des Schallkopfes ändert, weil das Strömungssignal dann verändert würde. Die Kompression an der richtigen Stelle erfordert keinen großen Druck. Der Handgelenk-Unterarm-Bereich des Arms, der die Sonde führt, wird auf die Stirn-Schläfen-Seite des Patienten gelegt und dient bei der Kompression als Widerlager, d.h. bei Untersuchung des linken inneren Augenwinkels und linksseitiger Externaastkompression wird die Sonde mit der rechten Hand geführt. Bei Untersuchung der gleichen Seite, jedoch kontralateraler, rechtsseitiger Externaastkompression wird die Sonde dagegen mit der linken Hand geführt (Abb. 5.15).

Normalbefunde

Abb. 5.16 zeigt typische Registrierbeispiele der Strömungskurven der AST. Die Richtungsanzeige des Dopplergeräts ist in diesem Beispiel so gewählt, dass bei Strömung in der AST gegen die Schallsonde (positive Dopplerfrequenzverschiebung) der Ausschlag der Pulscurve nach unten erfolgt. Dies ist in der Regel bei physiologischer Strömung der Fall. Die durchgezogene Linie bezeichnet die zur Beurteilung wichtige Strömungsgeschwindigkeit null. Kompressionsmanöver sind durch Balken über den Pulscurven markiert.

Strömungssignal. Da die AST normalerweise Haut und Muskulatur mit hohem peripherem Strömungswiderstand versorgt, findet sich meist eine nur geringe oder keine enddiastolische Strömungsgeschwindigkeit. Mäßige Seitenunterschiede des Strömungssignals bestehen häufig, können aber beim Gesunden auch über 50% betragen und sind somit diagnostisch nur unsicher zu verwerten.

Kompression. Bei Kompression der ipsilateralen Aa. temporalis superficialis und facialis kommt es im Normalfall,

Abb. 5.15 **a** u. **b** Untersuchung der AST im medialen Augenwinkel. Die Sonde kann am zuführenden Kabel gehalten werden (**a**) oder locker auf den Fingern liegen (**b**).

- a** Ipsilaterale Externaastkompression. Mit Daumen, Zeige- und Mittelfinger werden einzeln oder gleichzeitig die A. temporalis superficialis und die A. facialis komprimiert. Der Kopf wird durch den Unterarm des gegenseitigen Arms fixiert.
- b** Durchführung der kontralateralen Externaastkompression (z. B. bei ipsilateralem Verschluss der ACC). Gleiche Sondenposition wie in Abb. a, die die Sonde führende und die die Kompression durchführende Hand werden jedoch vertauscht.



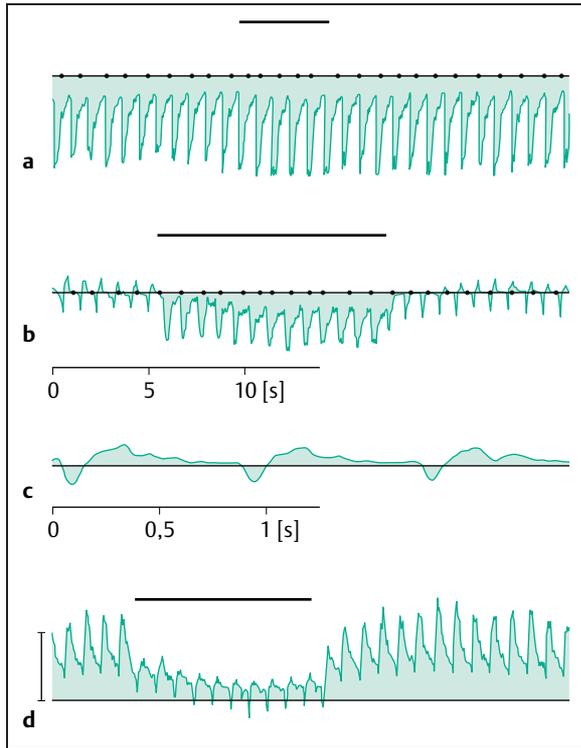


Abb. 5.16a–d Verschiedene Befunde bei Beschallung der AST. Pulskurvenauschlag nach unten entspricht einer Strömung auf die Sonde zu (positive Frequenzverschiebung).

- Orthograde Strömung. Bei Kompression der ipsilateralen Externaäste (Balken) nur geringe Zunahme des Strömungssignals.
- Pendelströmung als Zeichen des Strömungsgleichgewichts zwischen Externa- und Internakreislauf. Kompression führt hier zu orthograde Strömung (Balken).
- Gleiche Situation wie in Abb. b ohne Kompression. Durch die schnellere Zeitachse wird die Pendelströmung mit kurzer orthograde (Systole) und längerer retrograder (Diastole) Strömung deutlicher.
- Retrograde Strömung mit deutlicher Minderung bis zur Pendelströmung bei ipsilateraler Externaastkompression.

bedingt durch den verminderten Gegendruck im Wasserscheidenbereich, zu einer mehr oder weniger ausgeprägten Zunahme der systolischen und/oder diastolischen Strömungsgeschwindigkeit (Abb. 5.16a). Die isolierte Kompression der A. facialis beeinflusst meist das Strömungssignal der AST deutlicher als die isolierte Kompression der A. temporalis superficialis. Letztere beeinflusst dagegen das Strömungssignal der ASO deutlicher.

Abnorme Befunde

Eine Lumeneinengung der ACI vor Abgang der AO führt, in Abhängigkeit vom Stenosegrad, zu einer Verschiebung des Wasserscheidengleichgewichts zwischen Interna- und Externakreislauf. Bei Verschluss der ACI werden die AO und ihre Endäste in der Regel retrograd über die Äste der ACE

versorgt. Alle Übergänge von ortho- zu retrograder Strömung sind möglich. Sie sollen in der Reihenfolge abnehmender diagnostischer Zuverlässigkeit im Folgenden besprochen werden.

Retrograde Strömung in der A. supratrochlearis. Die retrograde Strömung wird durch den Ausschlag der Pulskurve nach oben angezeigt (Abb. 5.16d; Strömung von der Sonde weg, negative Dopplerfrequenzverschiebung). Die Richtung des Pulskurvenauschlags ist jedoch nicht beweisend für retrograde Strömung.

Der Nachweis erfolgt durch Kompression der Externaäste, die bei retrograder Strömung zu Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit, Pendelströmung (Abb. 5.16d), Nullfluss oder Umkehr der Strömungsrichtung führt.

Außerdem findet sich bei retrograder Strömung meist eine erhöhte enddiastolische Strömungsgeschwindigkeit bzw. geringere Pulsatilität, da die AST nun zur Hirnversorgung mit entsprechend geringerem Strömungswiderstand beiträgt.

Die retrograde Strömung in der AST ist zu etwa 60% durch einen Internaverschluss bedingt, zu etwa 40% durch hochgradige Stenosen (Abb. 5.17, Abb. 5.18) (Spencer u. Reid 1979, Krapf u. Widder 1998).

Bei sicherem Nachweis einer retrograden Durchströmung der AST ist mit einer Wahrscheinlichkeit von 99% eine hochgradige Lumeneinengung der proximalen ACI, der ACC oder des Truncus brachiocephalicus anzunehmen. Die wichtigste Frage, ob eine hochgradige Stenose oder ein Verschluss vorliegt, kann allerdings nur durch direkte Untersuchung der Karotiden entschieden werden.

Fallstricke bei retrograder Strömung

- Retrograde Strömung kann vorgetäuscht werden, wenn eine Schlinge (Abb. 5.14) beschallt wird, die Blut von der Schallsonde wegführt und somit einen Pulskurvenauschlag nach oben bedingt. In dieser Situation wird meist schon durch eine kleine Änderung des Beschallungswinkels die andere Richtung mit Ausschlag der Pulskurven nach unten gefunden. Nimmt die Strömungsgeschwindigkeit bei Externaastkompression zu, ist orthograde Durchströmung anzunehmen.
- Lässt sich ein retrograder Fluss nicht durch Kompression der ipsilateralen Externaäste beeinflussen, ist an das Vorliegen einer kombinierten Interna- und Externaobstruktion zu denken, worauf der Palpationsbefund mit abgeschwächten oder fehlenden Pulsen der Aa. temporalis superficialis und facialis hinweist. Die retrograde Durchströmung erfolgt dann über Äste der kontralateralen ACE, und deren Kompression hat dann eine Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit oder eine Richtungsänderung der Strömung zur Folge. Gelegentlich sind auch die gegenseitigen Augenwinkelarterien über die A. dorsalis nasi am Kollateralkreislauf beteiligt.

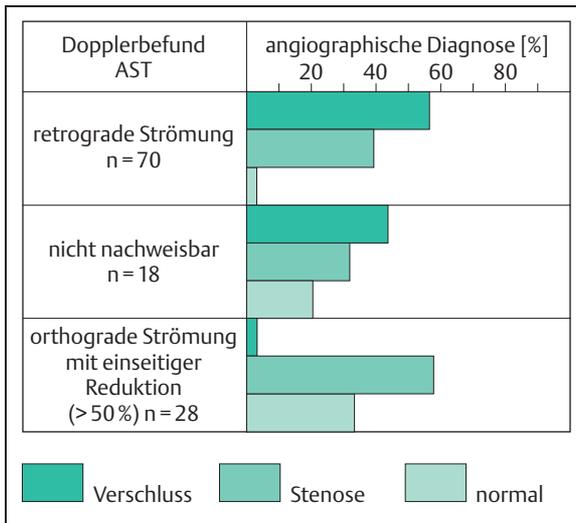


Abb. 5.17 Korrelation der Dopplerbefunde an der AST mit den angiographischen Diagnosen (nach von Büdingen HJ et al. 1976a).

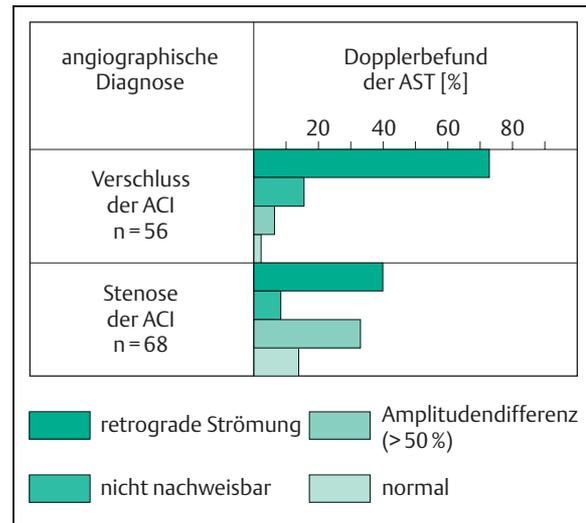


Abb. 5.18 Prozentuale Häufigkeit abnormer und normaler Dopplerbefunde an der AST bei angiographisch nachgewiesenen Verschlüssen und Stenosen der ACI (nach von Büdingen HJ et al. 1976a).

- Dieselben Überlegungen gelten auch für kaudal der Karotisbifurkation gelegene Obstruktionen wie hochgradige Stenosen oder Verschlüsse der ACC, die einen Druckabfall gleichermaßen für die ACI wie ACE bewirken. Die Durchströmung der AO-Äste erfolgt dann orthograd oder häufiger retrograd über die kontralaterale ACE.

Pendelströmung in der A. supratrochlearis. Eine Pendelströmung ist ein sicher pathologischer Befund und stellt eine Zwischenstufe von orthograde zu retrograde Strömung dar (Abb. 5.16b, c). Es handelt sich um eine spezifische Strömungsform im Bereich von Wasserscheiden und Kollateralen. Sie ist auch in der AST nachzuweisen, allerdings seltener als in der AV.

Pendelströmung kann bei retrograde Strömung auftreten, wenn Externaäste komprimiert werden (Abb. 5.16d) oder unbeeinflusst gefunden werden. In letzterer Situation kommt es bei Kompressionstests dann zu rein orthograde Strömung (Abb. 5.16b). Pendelströmung hat einen Vorhersagewert für Obstruktionen der ACI wie retrograde Strömung.

Nicht nachweisbare Strömung in der A. supratrochlearis. Gelegentlich kann im unbeeinflussten Zustand kein Strömungssignal erhalten werden. Nach Kompression der Aa. facialis und temporalis superficialis ist eine geringe orthograde Durchströmung nachweisbar. Die angiographische Untersuchung von 18 Patienten mit einseitig nicht messbarer Strömungsgeschwindigkeit in der AST ergab in 77% der Fälle den Nachweis einer Obstruktion der ACI (Abb. 5.17). In den übrigen Fällen war das Angiogramm ohne pathologischen Befund. Auch hier kann nach dem

Dopplerbefund nicht zwischen Stenose und Verschluss unterschieden werden; zudem ist die Gefahr falsch positiver Befunde bei Vorliegen einer Nullströmung relativ hoch.

Einseitig verminderte orthograde Durchströmung der A. supratrochlearis. Eine Seitendifferenz der Strömungssignale von mehr als 50% kann auch als Hinweis für das Vorliegen einer Internaobstruktion auf der Seite der verminderten Dopplerfrequenz gewertet werden. Die Wahrscheinlichkeit, durch eine Seitendifferenz des AO-Signals eine Internaobstruktion zu erfassen, liegt, wie in Abb. 5.17 wiedergegeben, bei etwa 60%. Die Gefahr falsch positiver Dopplerbefunde ist hier groß.

Fazit

Heute stellt die Untersuchung der Ophthalmikaäste nur noch einen kleinen Baustein für die Diagnose dar. Dennoch ist diese Untersuchung unverzichtbar, denn retrograde Strömung zeigt sicher

- eine hochgradige Obstruktion der ACI mit poststenotischem Druckabfall an und
- die klinisch wichtige Grenze einer hämodynamisch relevanten Stenose.

Eine ausgeprägte AO-Kollaterale geht häufiger mit einer ungünstigen hämodynamischen Situation infolge mangelnder Funktion des Circulus arteriosus einher (Krapf u. Widder 1998).