

Duplex sonography phlebologically accentuated*

M. Marshall
Tegernsee/Planegg

Keywords

Doppler sonography, colour duplex sonography, vein disorders, pathophysiology, deep vein thrombosis, insufficiency of the deep veins, insufficiency of the superficial veins

Summary

Without any doubt colour duplex sonography was an enormous progress in angiological and/or phlebological diagnostics. Starting with the directional Doppler sonography, the large spectrum of phlebological diagnostics by colour duplex sonography is presented. Colour duplex sonography is used for a) the fundamental, morphologically and haemodynamically based diagnostics of deep vein thrombosis, of the insufficiency of subfascial and epifascial veins and for differential diagnostic delimitations (of arterial disorders, lip- and lymphedema, Baker-cysts, haematomas and so on), b) intrainterventional controls (steering of endovenous catheters and of foam sclerotherapy), c) the postinterventional assessment of results and disease course (definitively successful elimination of refluxes, relapses, complications as deep vein thrombosis and so on). Finally, the optimal position of the patient for duplex examination – supine or standing – is discussed, and methodical developments of the angiologic-phlebological diagnostics with ultrasound devices are described. **Conclusion:** In many cases duplexsonography avoids invasive examinations. It is part of the obligatory medical education in the field of phlebology.

Schlüsselwörter

Duplexsonographie, Farb-Duplexsonographie, Venenerkrankungen, Pathophysiologie, tiefe Venenthrombose, Leitveneninsuffizienz, Stammveneninsuffizienz

Zusammenfassung

Die Farb-Duplexsonographie erbrachte wegen ihrer universellen Verfügbarkeit in der Praxis und am Patientenbett, ihrer Risikolosigkeit, ihrer optimalen Kosten-Nutzen-Aufwand-Relation und ihrer speziell hämodynamisch-funktionell ausgerichteten Information sicherlich einen Quantensprung in der angiologisch-phlebologischen Diagnostik. Den Weg dorthin bereitete die directionale Doppler-sonographie. Die Duplexsonographie sollte im Rahmen einer Stufendiagnostik eingesetzt werden, an deren Beginn weiterhin Anamnese und körperliche Untersuchung stehen. Die directionale Doppler-sonographie als relativ einfache und kostengünstige angiologisch-phlebologische Grunduntersuchung sollten alle phlebologisch tätigen Ärzte beherrschen und regelmäßig einsetzen. Die Farb-Duplexsonographie ist zur Abklärung differenzierter phlebologischer Fragestellungen unverzichtbar und stellt eine wesentliche Voraussetzung für die Indikationsstellung zu varizenausschaltenden Maßnahmen dar, z. B. zur Schaumverödung großkalibriger Varizen. **Schlussfolgerung:** Bei zahlreichen angiologischen Fragestellungen – speziell im Bereich der Phlebologie – macht die Duplexsonographie invasive Untersuchungen überflüssig. Sie wurde in der Weiterbildung für den Bereich Phlebologie verankert.



**Prof. Dr. med. Dr. habil.
Markward Marshall,**
Tegernsee/Planegg

Die Duplexsonographie stellt nach der Phlebographie einen Quantensprung in der angiologisch-phlebologischen Diagnostik dar. Die Gründe dafür sind:

- ständige Verfügbarkeit in der Praxis und am Patientenbett,
- Risikolosigkeit,
- optimale Kosten-Nutzen-Aufwand-Relation und
- speziell hämodynamisch-funktionell ausgerichtete Information.

Den Weg dorthin bereitete die directionale Doppler-sonographie.

Doppler-Analyse

Da die Doppler-Analyse der intelligente, hämodynamisch begründete Teil der Duplexsonographie ist, sei ihre Beschreibung vorangestellt. Bezüglich der physikalischen und technischen Grundlagen der Doppler- und B-Bild-Sonographie sei auf die Ausführungen in Lehrbüchern verwiesen (2,

Correspondence to:

Prof. Dr. med. Dr. habil. Markward Marshall
Michael-Dengg-Weg 6, 83684 Tegernsee
Tel. 080 22/101 30, Fax 080 22/188 42 62

Duplexsonographie venös-betont

Phlebologie 2010; 39: 139–151
Received: January 4, 2010
accepted: January 4, 2010

* Herrn Prof. Wolfgang Hach, einem der großen Förderer der wissenschaftlichen Phlebologie, einem vorbildlichen Kollegen und zuverlässigen Freund zum 80. Geburtstag gewidmet.

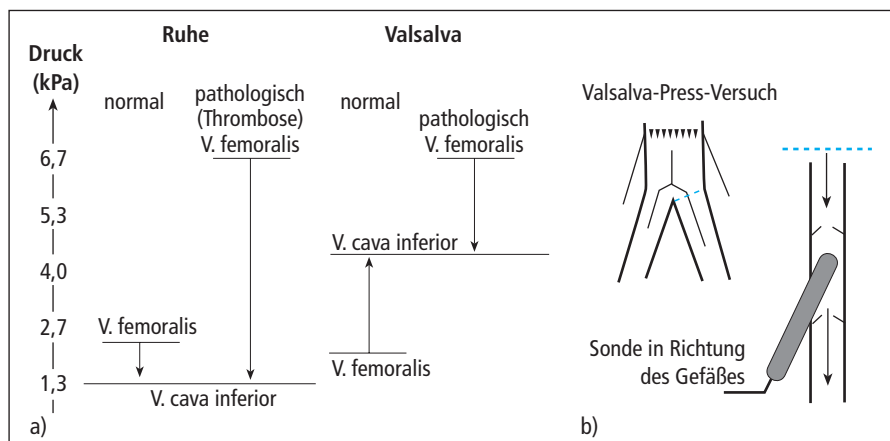


Abb. 1 Valsalva-Pressversuch nach Marshall (17)

a) Mittlere Druckgradienten zwischen Vena femoralis und Vena cava inferior bei normalen Gefäßverhältnissen und bei Beckenvenenthrombose in Ruhe und bei Valsalva-Pressversuch. Bei pathologisch erhöhtem Femoralvenendruck infolge einer frischen Beckenvenenthrombose bleibt auch während des Pressversuchs ein Druckgradient und eine herzwärts gerichtete Blutströmung bestehen.

b) Funktionsprüfung der proximalen Venenklappen durch Valsalva-Pressversuch (hier Reflux bei proximaler Leitveneninsuffizienz, z. B. postthrombotisch).

12, 16, 17, 19). Hier sollen die Besonderheiten der direktionalen Doppler-Untersuchung und -Befunderhebung bei Venenerkrankungen kurz dargestellt werden. Wie bei den Arterienerkrankungen ist die Doppler-Untersuchung des venösen Systems in außerordentlicher Weise mit der Physiologie und Pathophysiologie dieses Systems verbunden, so dass sie über die diagnostische Aussage hinaus entscheidend zum Verständnis der Pathophysiologie venöser Erkrankungen beiträgt.

Das periphere venöse System ist vergleichbar gut dem Ultraschall-Doppler-Verfahren zugänglich wie das arterielle. Es sind jedoch die z. T. erheblichen Unterschiede in der Physiologie und Pathophysiologie der beiden Systeme zu beachten (Stichworte: Hochdruck-, Niederdrucksystem). Die Blutströmung in den peripheren Venen wird stark von Bewegungen der Extremität und vom Atemzyklus beeinflusst: Während der Inspiration senkt sich das Diaphragma, der intraabdominelle Druck steigt und entsprechend auch der Druck in der Vena cava inferior, und der venöse Rückstrom von den unteren Extremitäten nimmt dadurch ab bis zum Strömungsstopp (►Abb. 1a). Bei Expiration nimmt der venöse Rückfluss entsprechend den sich verändernden Druckverhältnissen wieder zu. Weiterhin lässt sich im Gegensatz zum arteriellen Blutfluss die venöse

Strömung in typischer Weise manipulieren. Komprimiert man z. B. ein Glied distal der Doppler-Untersuchungsstelle, so wird proximal die venöse Blutstromgeschwindigkeit herzwärts kurz erhöht (A-Signal) (►Abb. 2). Ein entsprechender Effekt tritt auch ein, wenn die Kompression eines Gliedes proximal des Schallkopfs gelöst wird (Dekompressions-A-Signal).

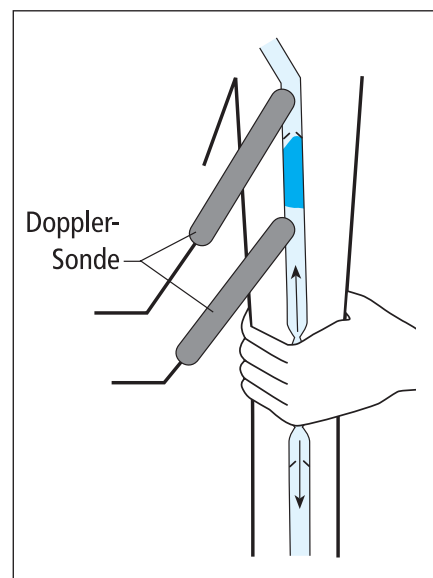


Abb. 2 Auslösung von A-Signalen bzw. fehlender Auslösbarkeit bei verschließender Venenthrombose (Beschallung proximal des Thrombus z. B. bei Oberschenkel-, distal z. B. bei Beckenvenenthrombose) nach Marshall (17)

Eine weitere Eigenheit des venösen Systems sind die Venenklappen, die physiologischerweise keinen Rückfluss des Blutes zulassen. Ihre Funktionsfähigkeit kann einfach geprüft werden, indem proximal des Doppler-Schallkopfs der Venendruck erhöht wird. Bei funktionstüchtigen Venenklappen unterbleibt der venöse Rückfluss. Vor allem das Valsalva-Manöver eignet sich gut, um die Funktion der Venenklappen zu prüfen (►Abb. 1b).

Die wichtigsten Erkrankungen der peripheren Venen sind die

- tiefe Phlebothrombose,
- primär degenerative und sekundäre venöse Klappeninsuffizienz.

Die tiefe Phlebothrombose führt meist zum völligen Verschluss der betroffenen Leitvenen und zu einem ausgeprägten Kollateralkreislauf. Eine Venenklappeninsuffizienz erlaubt den venösen Blutrückfluss in die Peripherie bei proximalem Druckanstieg (►Abb. 1b).

Um diese Erkrankungen orientierend zu diagnostizieren, reicht oft ein nicht-direktionales Dopplergerät. Durch einfache Tests (Kompression von Gliedmaßen oder Valsalva-Manöver) lassen sich zusätzliche diagnostische Informationen gewinnen.

Der entscheidende Vorteil des direktionalen Doppler-Systems besteht darin, dass ein venöser Reflux nach Richtung, Dauer und Ausmaß eindeutig dargestellt und dokumentiert werden kann.

Methodisches Vorgehen

Die beschriebene Methodik gilt auch für die Duplexsonographie. Der Patient wird für die Grunduntersuchung entspannt in Rückenlage mit gering angehobenem Oberkörper untersucht. Der Raum sollte angenehm warm sein (23–25°C), um Vasokonstriktionen zu vermeiden. Zum Aufsuchen der peripheren Venen orientiert man sich an den entsprechenden Arterien, die anhand ihres typischen pulssynchronen Geräusches rasch gefunden werden können.

Üblicherweise beginnt die Untersuchung in der Leistenbeuge (►Abb. 6a). Die Vena femoralis communis liegt medial der entsprechenden Arterie. Normalerweise

Tab. 1 Befunde bei der Ultraschall-Doppler-Untersuchung des Venensystems in der Leistenbeuge nach Marshall (17)

Manöver	normale Verhältnisse	tiefe Thrombose (Beckenvenen)	Klappeninsuffizienz
Atemabhängigkeit der Doppler-Signals	+	fehlt	bei postthrombotischem Syndrom oft verminderte Atemabhängigkeit
Valsalva	Sistieren der venösen Blutströmung	Strömung herzwärts anhaltend	Rückstrom
Valsalva mit Tourniquet distal der Einmündung der V. saphena magna	Sistieren der venösen Blutströmung	*	Rückstrom nur bei Insuffizienz der tiefen Venen
A-Signale bei Kompression	+	fehlend*	(retrograder Fluss über insuffiziente Perforansvenen)
S-Signale in Kollateralvenen	0	+ (nach wenigen Stunden; in V. saphena magna umgehend)	(bei schlecht kompensiertem postthrombotischen Syndrom Fortbestehen von Kollateralvarizen)

* **cave:** keine intensiven Manipulationen am erkrankten Bein!

se kann man das Venensignal, das mit der Atmung zu- und abnimmt, rasch finden. Es ähnelt dem Heulen oder Brausen des Windes. Mit Hilfe des Valsalva-Manövers wird die Schlussfunktion der Ventilkappen der Vena iliaca externa und femoralis (communis) geprüft (►Abb. 1b). Anschließend prüft man die Verstärkung des venösen Flusses durch Ober- und Unterschenkelkompression (►Abb. 2) (2, 17, 19).

Die Vena poplitea wird am besten in Seiten- oder Bauchlage untersucht mit leicht angewinkeltem Knie. Die Funktionstüchtigkeit der Venenklappen und die Verstärkung des venösen Blutflusses im Sinne der freien Passage wird in gleicher Weise wie in der Leistenbeuge geprüft.

Die Venae tibiales posteriores können hinter dem Malleolus medialis leicht aufgefunden werden, wobei eine dauernde Überlagerung durch das Signal der Arteria tibialis posterior unvermeidbar ist. Durch Fußkompression kann der unbehinderte Abstrom in diesen Venen, durch proximale Kompression ein Reflux (distale Leitveneninsuffizienz) geprüft werden. Die durch distale Kompression verstärkten venösen Signale (A-Signale) sind ein gutes Zeichen für eine freie Durchgängigkeit in diesem Bereich. Verminderte oder fehlende A-Signale weisen auf ein Abstromhindernis im Rahmen einer Unterschenkelvenenthrombose (17).

Die tiefe Bein- und Beckenvenenthrombose

Der Valsalva-Pressversuch führt beim Gesunden meist nach einem ganz kurzen

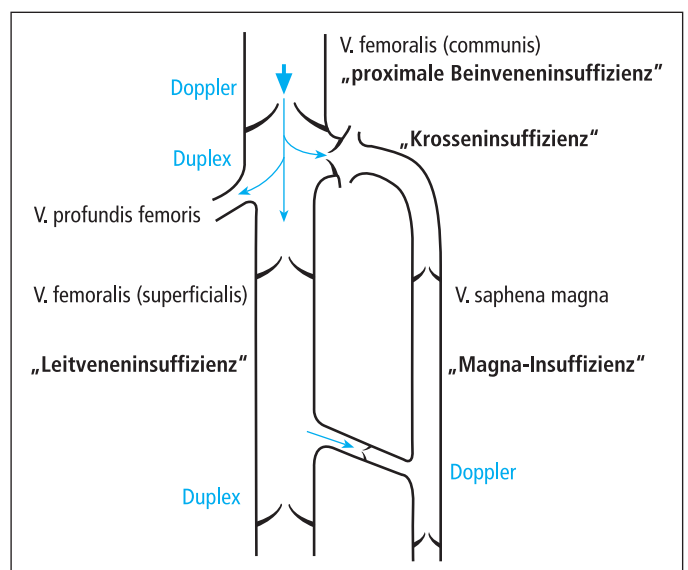
initialen Rückstrom ($< 0,5$ s) zum Sistieren der Femoralvenenströmung. Bei der Beckenvenenthrombose bestehen pathologisch erhöhte Drücke in den gestauten vorgeschalteten Beinvenen, was zur deutlichen Abschwächung bis Aufhebung der typischen Atemmodulation des Signals in der Vena femoralis führt; selbst beim Valsalva-Manöver hält der herzwärts gerichtete Blutstrom über Kollateralen an (►Abb. 1a). Bei hochgradigen Beckenvenenstenosen ist die Atemmodulation des Signals der Vena femoralis communis im Seitenvergleich vermindert (z. B. bei ausgeprägtem Beckenvenensporn). Die Treffsicherheit dieser Untersuchung in der Diagnostik von proximalen tiefen Venenthrombosen liegt bei ca. 90% (2, 17, 19). Thrombosen im Bereich der Unterschenkelvenen können weit

weniger zuverlässig erfasst werden. Sie sind inzwischen eine Domäne der Farb-Duplexsonographie.

Durch dosierte manuelle Kompression des Beins distal der Untersuchungsstelle lässt sich, wie bereits dargestellt, eine plötzliche Verstärkung des venösen Doppler-Signals (d. h. eine verstärkte orthograde venöse Strömung) induzieren (►Abb. 2). Dieser Befund wird als A-Signal bezeichnet (nach „angehoben“ oder „augmented sound“). Treten herzwärts keine oder nur sehr schwache A-Signale auf, liegt ein venöses Abstromhindernis vor.

Mit der Verminderung oder dem Fehlen von A-Signalen können nur verschließende Thromben nachgewiesen werden.

Abb. 3 Differenzierung der „proximalen Beinveneninsuffizienz“ (in Insuffizienz der Vena femoralis, der Krosse, der Vena profunda femoris, der Vena femoralis plus Perforansvene und in kombinierte Formen)



Tab. 2 Indikationen zur Duplexsonographie bei venösen Gefäßerkrankungen

primär phlebologische Indikationen	• Thrombosedagnostik und Thrombusaltersbestimmung (auch Nachweis stenosierender und „flottierender“ Thromben) • Nachweis und exakte Lokalisierung insuffizienter Perforansvenen einschl. Mündungsinsuffizienz der Stammvenen • genaue Bestimmung der Refluxstrecke bei Stammveneninsuffizienz mit Festlegung des „distalen Insuffizienzpunktes“ • Darstellung der Mündungsvarianten der V. saphena parva vor varizenchirurgischen Eingriffen • Differenzierung der – „proximalen Beinveneninsuffizienz“ (Leit-, Stamm-, Muskelveneninsuffizienz, kombinierte Formen) und – Leitveneninsuffizienz (dilatativ oder postthrombotisch) • Indizierung und Überprüfung therapeutischer Maßnahmen – Sklerotherapie (z. B. Nachweis von Rekanalisation) – Varizenchirurgie – Thrombolyse, Thrombektomie, Thrombusrekanalisation u.a.
Differenzialdiagnostik	• Arterienerkrankungen • zystische Gefäßwanddegenerationen • Baker-Zysten mit und ohne Kompression der Leitvene • Leistenhernien • postthrombotisches Syndrom, Lymphödem, Lipödem • sonstige Weichteil-, arthrogene und ossäre Erkrankungen
wissenschaftliche Untersuchungen	• quantitative strömungsfunktionelle Untersuchungen – medikamentöse Venentonisierung mit Steigerung der Strömungsgeschwindigkeit – venöse Hämodynamik in der Schwangerschaft (z. B. uterovaskuläres Syndrom) • morphologische Untersuchungen – Verlauf der therapeutischen Verödungsreaktion – Thrombusmorphologie – sonographische „Morphologien“ bei postthrombotischem Syndrom, Lymphödem, Lipödem – normale und pathologische Venendurchmesser und sonographische „Wandstrukturen“ u.a.

Stenosierende Thromben, die noch einen ausreichenden Reststrom zulassen, verhindern das Auftreten von A-Signalen nicht. A-Signale können mitunter auch noch im Vena-cava-Bereich rechts des Nabels nachgewiesen werden. Das Fehlen von A-Signalen würde auf einen Beckenvenenverschluss hindeuten. Auch dies ist eine Domäne der Farb-Duplexsonographie.

Ein weiteres Zeichen für ein schwerwiegendes Beckenvenen-Strombahnhindernis sind die relativ hochfrequenten, etwas atemabhängigen, spontanen (nicht induzierten) S-Signale (S = spontan). Derartige S-Signale entstehen bei Beckenvenenthrombosen durch beschleunigte Strömung in subkutanen inguinalen oder abdominellen Kollateralvenen.

Eine **frische tiefe Phlebothrombose** ist also charakterisiert durch

- fehlende venöse Strömung am Ort des Verschlusses,
- ein weitgehend kontinuierliches, kaum atemabhängiges Strömungsgeräusch peripher der venösen Obstruktion,
- fehlende Strömungsverstärkung bei distaler Kompression,
- pathologischen Ausfall des Valsalva-Manövers und
- ggfs. durch beschleunigte Strömung in Kollateralvenen, z. B. auch in der Vena saphena magna (oder parva) bei segmentalen Beinvenenthrombosen (► Tab. 1).

Vergleichbare Befunde finden sich bei Arm- und Schultergürtelvenenthrombosen (17, 21).

Venenklappeninsuffizienz

Bei intaktem Venenklappenapparat führt ein Valsalva-Manöver nach einem ganz kurzen initialen Rückstrom ($< 0,5$ s) zu einem abrupten Stopp des Blutstroms in der V. femoralis communis, sobald die Venenklappen geschlossen und die proximalen Venenanteile gefüllt sind. Sind die Klappen hingegen insuffizient, kommt es beim Pressversuch zu einem deutlichen, anhaltenden Blutrückstrom, der in Dauer und Intensität mit der Schwere der Klappeninsuffizienz korreliert und in bester Weise mit der direktionalen Doppler-Analyse zu erfassen ist. Durch Kompression der oberflächlichen Stammvenen mit einer elastischen Binde lässt sich zusätzlich unterscheiden, ob die tiefen oder die oberflächlichen Venen insuffizient sind. Bei Insuffizienz der tiefen Venen (Leitveneninsuffizienz) bleibt trotz oberflächlicher Kompression ein Rückstrom erhalten (► Tab. 1). Diese Befunde können sich mit den hämodynamischen Effekten bei tiefer Venenthrombose überlagern (8).

Die Insuffizienz des Saphena-Systems ist der direkten Doppler-Untersuchung unmittelbar zugänglich (8- bis 10-MHz-Sonde), aber durch die Duplexsonographie wesentlich differenzierter zu beurteilen (► Abb. 4).

Insuffizienz der Perforansvenen

Klappensuffiziente Venae perforantes können mit Hilfe der Ultraschall-Doppler-Methode beim Valsalva-Pressversuch nicht erkannt werden. Das Doppler-Signal über einer intakten Perforansvene fehlt auch dann, wenn die Extremität proximal komprimiert wird. Erst beim Lösen der Kompression erzeugt das gestaute und nun rasch in die Tiefe abfließende Blut ein orthograd gerichtetes Doppler-Signal (De-kompressions-A-Signal). Dagegen lassen sich insuffiziente Venae perforantes mit dieser Methode erfassen: Bei Klappeninsuffizienz führt die proximale Kompression unmittelbar zu einem Doppler-Signal mit umgekehrter Ausschlagrichtung, da das Blut retrograd an die Oberfläche gepresst wird. Aber auch diese Untersuchung sollte heute der Farb-Duplexsonographie vorbehalten bleiben, da die Perforansvene

mit ihrem Fasziendurchtritt visualisiert werden kann und Verwechslungen mit Varixknoten so vermieden werden (►Abb. 5c).

Bei Venenerkrankungen ist die Farb-Duplexsonographie die weiterführende Untersuchung nach der (orientierenden) direktionalen Doppler-Sonographie. Auf sie sollte bei relevanten phlebologischen Befunden nie verzichtet werden.

Duplexsonographie bei Venenerkrankungen

Die Diagnostik venöser Erkrankungen und Normabweichungen hat mit der Duplexsonographie eine neue Dimension gewonnen (►Tab. 2, ►Tab. 3) (1, 7, 12, 16, 18). Die Schwierigkeit, eine bestimmte Vene bei der Doppler-Untersuchung sicher zu identifizieren und die Hämodynamik an entscheidenden Punkten zu beurteilen – auch quantitativ, geht mit der Duplexsonographie auf ein Minimum zurück. Während viele Venen der Doppler-Sonographie nur zugänglich sind, wenn man Kompres-

Tab. 3 Vorteile der Duplexsonographie gegenüber der cw-Doppler-Sonographie in der Phlebologie

- rasche Identifizierung von durchströmten und thrombosierte Venen
- fehlende Komprimierbarkeit einer Vene als zusätzliches Thrombosezeichen
- Erkennung nicht vollständig obstruierender Thromben (z. B. „flottierende Thromben“, Thromben in den Klappensinus) und Nachweis von Muskelvenenthrombosen
- Altersbestimmung von Thrombosen
- Thrombusreste in rekanalisierter Vene
- Differenzierung intraluminaler Abflusshindernisse von komprimierenden Lymphknoten oder ummauernden Tumoren
- Einschenkelthrombose bei mehrfach angelegten Venen
- Zuordnung eines Refluxsignals zur Klappeninsuffizienz
 - der tiefen Venen
 - der Stammvenen (V. saphena magna und parva)
 - ihrer Seitenäste
 - von Muskelvenen oder
 - von Perforansvenen

zusätzliche Vorteile der Farb-Duplexsonographie

- Erkennen sehr echoarmer Thromben
- Längenbestimmung des Refluxjets an insuffizienten Klappen

sionsmanöver anwendet, können mit dem Duplexverfahren die Venen im gesamten Verlauf ohne besondere Kunstkniffe dargestellt und die Strömungsverhältnisse analysiert werden.

Ein wichtiger Vorteil der Duplexsonographie ist weiterhin, dass manche Probleme und „Fallgruben“ der continuous-wave

(cw = kontinuierliche Schallaussendung)-Doppler-Sonographie durch das zusätzliche B-Bild unmittelbar ausgeräumt werden. Zu diesen leicht behebbaren Schwierigkeiten zählen anatomische Varianten (z. B. hypoplastische oder mehrfach angelegte Gefäße) oder Anlagevarianten der V. saphena magna (3) (►Abb. 4), aber auch

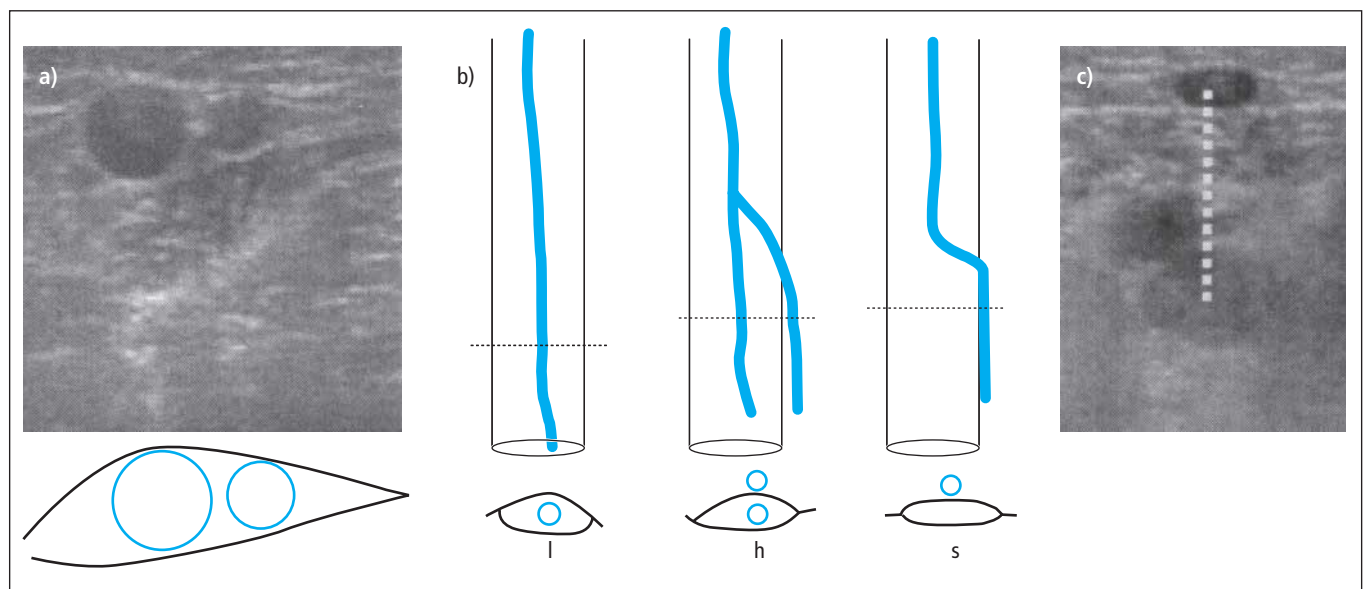


Abb. 4 Beinvenenbefunde nach Cavezzi et al. (3)

a) gedoppelte Vena saphena magna am Oberschenkel im Querschnitt (beide Schenkel in einer Faszienduplikatur, „ägyptisches Auge“ mit doppelter Iris – seltener Befund)

b) (Duplex-)sonographisch erfassbare Varianten der V. saphena magna:

Typ I: typischer langstreckig intrafasziärer Verlauf; **Typ h:** intrafasziärer

Magna-Verlauf mit von extrafasziell einmündendem Ast (oder Astvarize);

Typ s: Nur proximal intrafasziär verlaufende V. saphena magna, in die ein extrafasziärer Ast transfasziell einmündet; distal davon im intrafasziellen Kompartiment keine Stammvene.

c) „Alignment sign“: topografische Zuordnung der V. saphena accessoria anterior zur V. femoralis (alignment = Ausrichtung)

Tab. 4 Ansatzpunkte zur sonographischen und duplexsonographischen „Altersbestimmung“ einer (venösen) Thrombose nach Marshall (16)

sonographischer Befund	Beurteilung	klinische Konsequenz
oft echofrei bzw. -arm, deutlich vermindert kompressibel; keine spontanen und induzierten Flusssignale; Vene dilatiert; (Wandverdickung, -ödem)	üblicherweise frische Thrombose	wahrscheinlich lysierbar
meist vermehrt Binnenechos; nicht kompressibel; keine Flusssignale; Wandkontur unregelmäßigkeiten, Wandverdickung	in Organisation befindliche Thrombose	nur in etwa 50% der Fälle (teil-)lysierbar (ggfs. sehr kritische Indikationsstellung)
zahlreiche, dichte Binnenechos (echofreie bzw. -arme zentrale Bezirke möglich – ohne Flusssignale); Gefäßwand nicht abgrenzbar	ältere = organisierte Thrombose	nicht lysierbar, Thrombektomie nicht sinnvoll

beidseitige pathologische Veränderungen sowie verminderte Strömungsgeschwindigkeiten infolge Gefäßdilatationen oder wegen eines geringen Herzzeitvolumens. Besonders wertvoll ist auch, dass Umgebungsstrukturen im Bereich der Gefäße beurteilt werden können („der Blick nach rechts und links“; z. B. Muskelhämatome, Baker-Zysten, Tumore, Lip- und Lymphödeme) (►Abb. 5c) (18).

Die Frequenzspektrumanalyse (18) erbringt in der Routinediagnostik der Venenerkrankungen keine zusätzlichen diagnostischen Informationen.

Die Differenzierung einer „proximalen Beinveneninsuffizienz“ (= relevanter Reflux in der Vena femoralis communis) als Insuffizienz der Vena femoralis (superficialis) (Leitveneninsuffizienz), der Vena saphena magna, der Krosse oder einer Muskelvene (z. B. der V. profunda femoris) gelingt mit Hilfe der Duplexsonographie einzigartig (►Abb. 3). Auch die häufigen und prognostisch wichtigen Kombinationen der genannten Veneninsuffizienzen lassen sich ausgezeichnet nachweisen.

Bei einer venösen Abflussbehinderung kann man mit dem Duplexverfahren gut

unterscheiden, ob die Vene selbst verengt bzw. verlegt ist oder ob sie von außen komprimiert wird. Zu den intraluminalen Venenstenosen zählen teilrekanalisierte Thrombosen. Diese können so weit rekanalisiert sein, dass sie keine dopplersonographisch nachweisbaren Veränderungen der orthograden Hämodynamik bewirken. Der Nachweis von Thrombusresten im B-Bild ist trotzdem wichtig, weil sie langfristig zum postthrombotischen Syndrom führen können. Auch kann das Ausmaß der Rekanalisation die Festlegung der Dauer einer Antikoagulation beeinflussen. Ob ein Thrombus für eine Lysebehandlung in Frage kommt, hängt vom Thrombusalter ab. Dieses kann mit vielen Einschränkungen durch die Duplexsonographie eingegrenzt werden (►Tab. 4).

Mit dem Duplexverfahren lassen sich anatomische Varianten gut erkennen wie doppelt und mehrfach angelegte Venen in der Kniekehle oder am Oberschenkel (►Abb. 5a). Eine Venendoppelung erlangt klinische Bedeutung, wenn nur einer der beiden Venenschenkel thrombosierte ist. Der thrombosierte Abschnitt einer doppelt angelegten Vena femoralis (superficialis)

wird durch den offenen zweiten Venenschenkel kollateral überbrückt, so dass im tiefen Venensystem keine relevante Strömungsbehinderung entsteht und der Blutfluss in der oberflächlichen Vena saphena magna allenfalls während der ersten Krankheitstage beschleunigt ist. Danach normalisiert sich die Strömung in der Vena saphena magna; die Einschenkelthrombose der gedoppelten tiefen Vene kann z. B. mit der cw-Doppler-Sonographie nicht mehr nachgewiesen werden. Mit der Duplexsonographie ist die Diagnose aber dann immer noch zu stellen (16, 18).

Das Erkennen der Einschenkelvenenthrombose ist wichtig, weil sie sich nach proximal und distal ausdehnen und Lungenembolien auslösen kann, so dass sie eine Antikoagulanzenbehandlung erfordert.

Entsprechendes kann auch für Muskelvenenthrombosen gelten.

Die exakte Zuordnung des Verlaufs der V. saphena magna und parva innerhalb einer Faszien Duplikatur und von einmündenden extrafaszialen Venenästen bzw. Astvarizen erlaubt möglicherweise sehr spezifizierte Strategien für varizenausschaltende Maßnahmen festzulegen (►Abb. 4).

Farb-Duplexsonographie

Bei der Farb-Duplexsonographie wird dem zweidimensionalen B-Bild in einem gewählten Ausschnitt (Farbfenster) ein farbiges Bild überlagert, das die Strömung (Doppler-Frequenzverschiebung) der in dieser Schnittebene beschallten Blutpartikel wiedergibt (►Abb. 5). Die Informationen für den farbigen Bildanteil werden nach dem gepulsten Doppler-Verfahren gewonnen. Blut, das auf den Schallkopf zu strömt, wird nach der Gerätegrundeinstellung rot, Blutfluss von der Schallsonde weg blau kodiert. Die Strömungsgeschwindigkeit wird durch die Helligkeit der Farbe kodiert; je höher die Geschwindigkeit, desto heller der Farbton. Da das Gerät nur die Strömungsrichtung in Relation zur Schallsonde identifiziert, muss der Untersucher gegebenenfalls die Farbkodierung invertieren, um Arterien typischerweise rot und orthograd durchströmte Venen blau zu dokumentieren.

Tab. 5 Befunde der Farb-Duplexsonographie an viszerale Venen

Vene	Befund
Vena cava inferior	Thrombosen meist zuverlässig nachweisbar, mitunter auch Tumordinfiltrationen
Pfortader	- Thrombosen von Pfortader, Milzvene oder Vena mesenterica superior, - verlangsamte oder retrograde Strömung bei Pfortaderhochdruck
Nierenvene	Thrombose inkl. Tumorthrombose: Farb-Duplex ist Nachweismethode der Wahl.

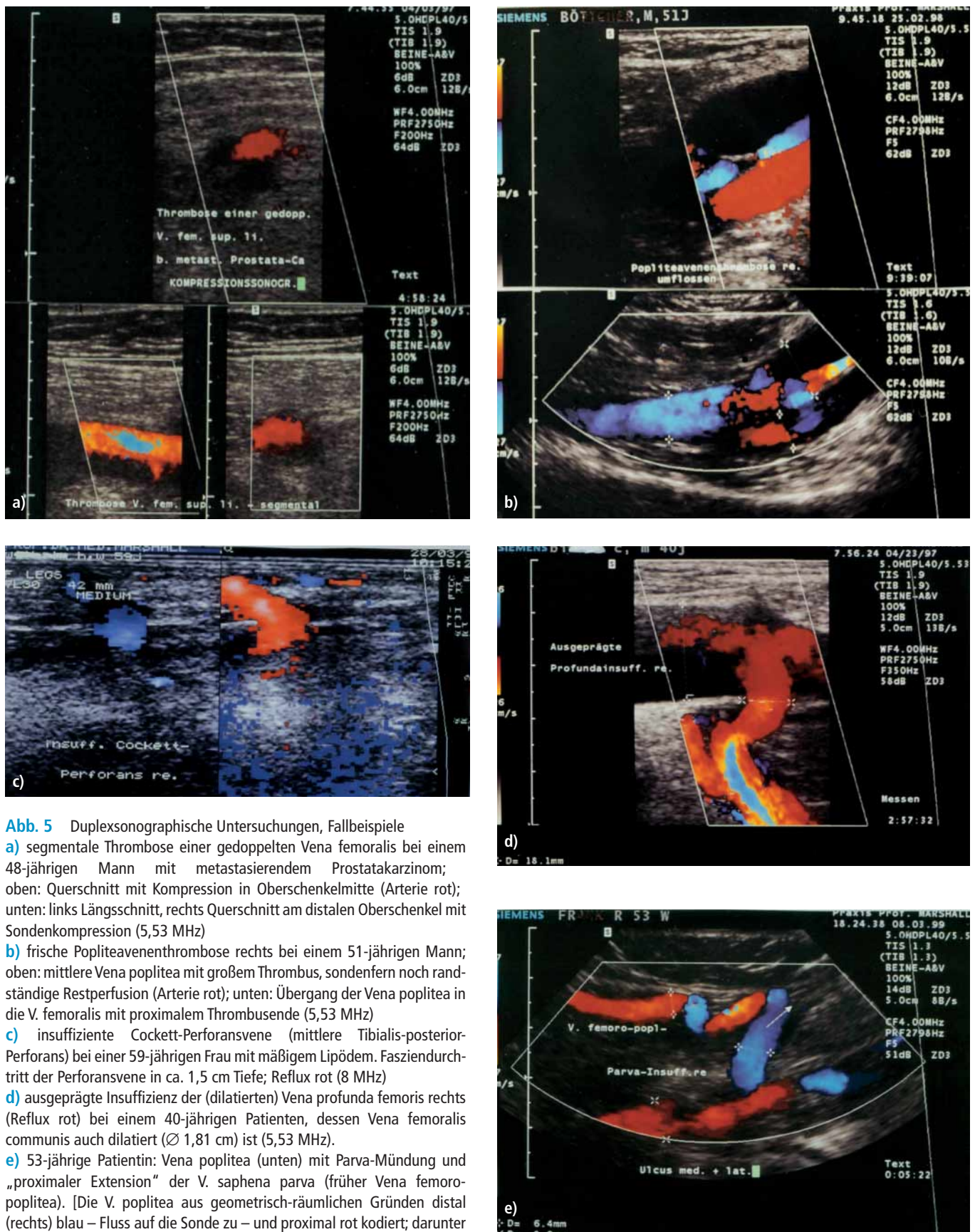


Abb. 5 Duplexsonographische Untersuchungen, Fallbeispiele

a) segmentale Thrombose einer gedoppelten Vena femoralis bei einem 48-jährigen Mann mit metastasierendem Prostatakarzinom; oben: Querschnitt mit Kompression in Oberschenkelmitte (Arterie rot); unten: links Längsschnitt, rechts Querschnitt am distalen Oberschenkel mit Sondenkompression (5,53 MHz)

b) frische Popliteavenenthrombose rechts bei einem 51-jährigen Mann; oben: mittlere Vena poplitea mit großem Thrombus, sondenfern noch randständige Restperfusion (Arterie rot); unten: Übergang der Vena poplitea in die V. femoralis mit proximalem Thrombusende (5,53 MHz)

c) insuffiziente Cockett-Perforansvene (mittlere Tibialis-posterior-Perforans) bei einer 59-jährigen Frau mit mäßigem Lipödem. Faszien durchtritt der Perforansvene in ca. 1,5 cm Tiefe; Reflux rot (8 MHz)

d) ausgeprägte Insuffizienz der (dilatierten) Vena profunda femoris rechts (Reflux rot) bei einem 40-jährigen Patienten, dessen Vena femoralis communis auch dilatiert ($\varnothing$ 1,81 cm) ist (5,53 MHz).

e) 53-jährige Patientin: Vena poplitea (unten) mit Parva-Mündung und „proximaler Extension“ der V. saphena parva (früher Vena femoro-poplitea). [Die V. poplitea aus geometrisch-räumlichen Gründen distal (rechts) blau – Fluss auf die Sonde zu – und proximal rot kodiert; darunter am Rand des Farbfensters die Arterie] (5,5 MHz).

Bei Untersuchung mit einem Sektorschallkopf kann sich die Besonderheit ergeben, dass ein Gefäß im linken (kranialen) Bildanteil rot und im rechten Abschnitt blau oder umgekehrt erscheint. Dieses Phänomen tritt auf, wenn der im mittleren Bildteil gelegene Gefäßabschnitt der Duplexsonde am nächsten liegt bzw. senkrecht beschallt wird. Dann bewegt sich das Blut im kranialen Gefäßanteil z. B. auf die Sonde zu und im kaudalen Abschnitt von der Sonde weg. In Wirklichkeit fließt das Blut natürlich überall in der gleichen Richtung (Geometrieartefakt) (16) (►Abb. 5e).

Der wichtigste Fortschritt gegenüber der Schwarz/weiß-Duplexsonographie liegt darin, dass man auf einen Blick das Verhalten aller Blutströmungen in der gesamten gewählten Schnittfläche sieht. Die hämodynamische Information ist also nicht mehr auf ein kleines Gefäßsegment beschränkt, das man gezielt anwählen muss. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, wie beim Schwarz/weiß-Duplexgerät das Frequenzspektrum des Doppler-Signals aus einem bestimmten Untersuchungsbereich (sample volume) darzustellen und damit venösen Blutfluss – z. B. auch Reflux – über mehrere Sekunden zu dokumentieren oder Blutströmungsgeschwindigkeiten genau zu bestimmen (die Farbkodierung zeigt nur den Medianwert der Blutströmungsgeschwindigkeit).

Im Vergleich zur Schwarz/weiß-Duplexsonographie bietet die Farbkodierung keine grundlegend neue Information, aber sie erleichtert, beschleunigt und verbessert den Untersuchungsablauf (11, 13, 16, 17, 19).

Dadurch wird die Diagnostik insgesamt sicherer, was speziell auf die venöse Thrombose- und Refluxdiagnostik zutrifft (►Abb. 5a–d). Aus diesen Gründen kann die Schwarz/weiß-Duplexsonographie im kassenärztlichen Bereich nicht mehr als Duplexsonographie abgerechnet werden.

Thrombotische Verschlüsse der Leit- und Muskelvenen und der oberflächlichen Stammvenen werden anhand der fehlenden Farbkodierung – evtl. bei einem noch perfundierten Randsaum – und der verminderten bis fehlenden Komprimierbarkeit (Kompressionssonographie) mit außerordentlich hoher Sensitivität nachgewiesen (►Abb. 5a,b). Ein dieser Untersuchung optimal zugängliches Krankheitsbild ist die ascendierende bzw. mündungsnahe Magnaphlebitis mit der Gefahr der saphenofemorale Thrombose mit drohender großer Lungenembolie. Entsprechendes gilt für die mündungsnahe Parvaphlebitis.

Auch Reflux bei insuffizienten Venenklappen lassen sich farbduplexsonographisch rasch und zuverlässig darstellen (►Abb. 5c,d). Dies gilt besonders für die weitere Differenzierung der „proximalen Beinveneninsuffizienz“ in Leitvenen-, Magna- und Muskelveneninsuffizienz und in die kombinierten Insuffizienzformen (►Abb. 3) – auch bei kleinen Refluxvolumina – und für den Nachweis der Insuffizienz von Perforansvenen (►Abb. 5c).

Farb-Echokardiographie

Auch wenn die Farb-Echokardiographie nicht Gegenstand dieser Ausführungen sein soll, so sei doch auf phlebologisch speziell wichtige Anwendungen hingewiesen:

- Bei Verdacht auf **paradoxe Embolien**, die ausgehend von einer Bein- oder Beckenvenenthrombose (auch der Vena iliaca interna) via oft nur druckabhängig offenem Foramen ovale bevorzugt zu zerebralen Ischämien führen, ist die Farb-Echokardiographie entscheidender Teil der diagnostischen Abklärung.
- Bei einer hämodynamisch bedeutsamen **Lungenembolie** kommt es zur enddiastolischen Erweiterung des rechten Ventrikels und Verminderung des linksventrikulären Durchmessers. Oft kommt es auch zu einer paradoxen Bewegung des Herzseptums, was durch echokardiographische Untersuchung zu erfassen ist.

Abdominelle und transthorakale Farb-Duplexsonographie

Hier sei nur darauf verwiesen, dass sich mit der abdominalen Farb-Duplexsonographie neben den hochwertigen arteriellen Indikationen Thrombosen viszeraler Venen (►Tab. 5), besonders der Vena cava inferior oder Kompressionen durch Tumore oder Aortenaneurysmata meist gut erkennen lassen. In der Vena portae können Thrombosen, verlangsamter Fluss oder Strömungsumkehr gut mit der Farbduplexsonographie analysiert werden (14, 16, 26). Die Duplexsonographie bereichert die Diagnostik des Pfortaderhochdrucks.

Mit der transthorakalen (Farb-Duplex-)Sonographie können periphere Lungenarterienembolien und Lungeninfarkte mit hoher Spezifität (94%) und mäßiger Sensitivität (74%) erfasst und von Pneumonien und Pleuritiden abgegrenzt werden (23).

Lagerung und Befunddokumentation

Eine viel diskutierte Frage ist die nach der „richtigen“ Lagerung des Patienten zur

Venen		Innendurchmesser in mm	
		Männer (n = 33)	Frauen (n = 33)
Halsgefäß	Vena jugul. int.	12,9±3,0	11,6±2,9
Armgefäß	Vena brachialis	5,0±1,1	4,0±1,0
Bein- gefäße	V. iliaca externa	16,2±1,5	14,9±2,2
	V. fem. communis	16,0±1,2	14,5±1,9
	V. fem. (superficialis)	8,4±1,4	7,3±1,3
	V. poplitea	8,8±1,0	7,3±1,3
	Vena saphena magna		
	Mündung	9,0±1,9	7,8±1,6
	Krosse	7,4±1,3	6,4±1,3
	proximal	5,3±1,0	4,5±0,7

Tab. 6

Die Unterschiede zwischen Männern zu Frauen bzgl. der sonographisch bestimmten Innendruckmessern (in mm) sind statistisch signifikant.

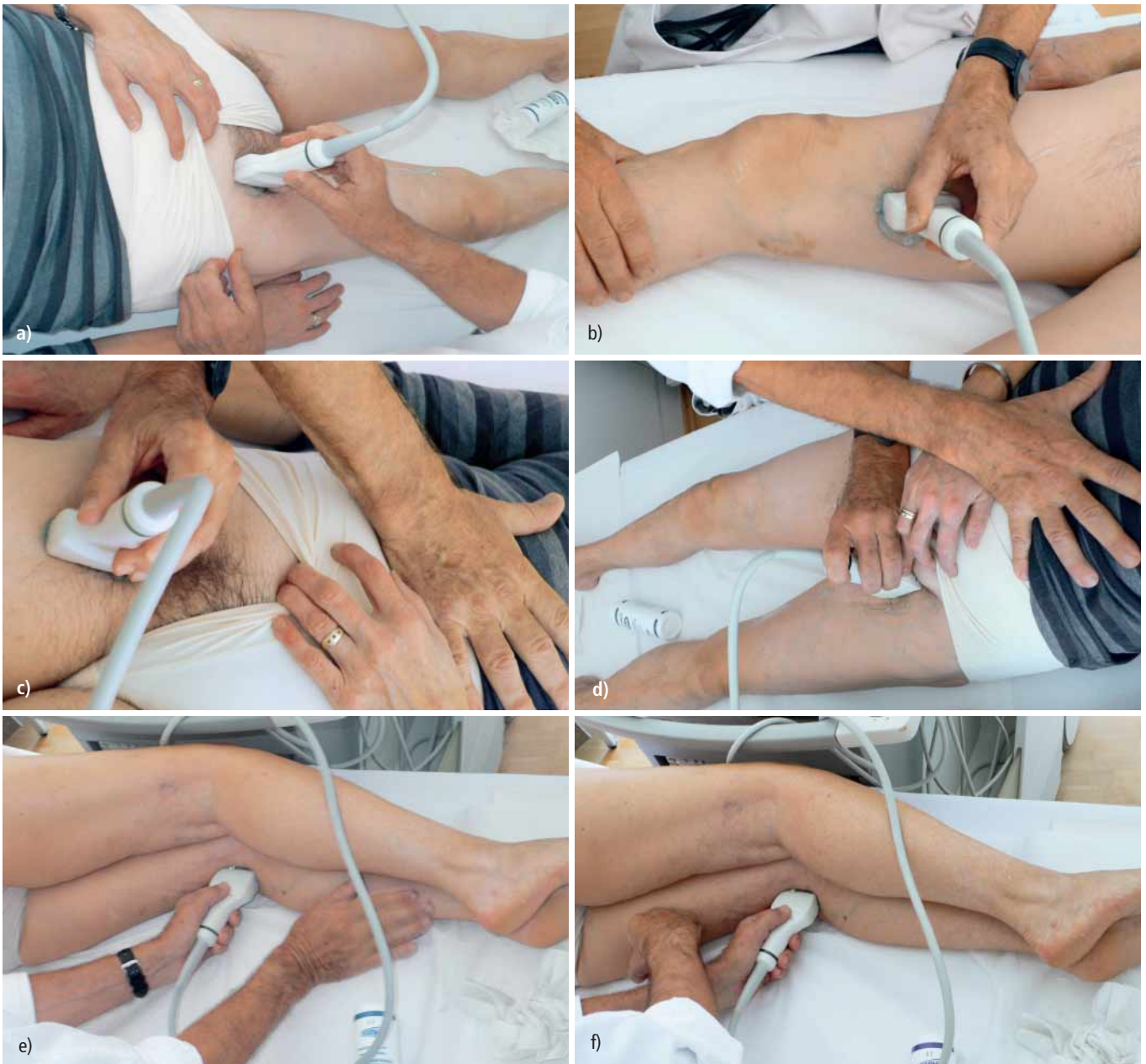


Abb. 6 Duplex-Untersuchung der Beingefäße (Originalaufnahmen während der Untersuchung)

a) Untersuchungsstart; Patient/in liegend, Oberkörper leicht angehoben; Darstellung der distalen A. iliaca externa und der A. femoralis communis mit Bifurkation; 5-MHz-Sonde

b) Kontinuierliche Darstellung der A. und V. femoralis (superf.) bis zur Regio poplitea; anschließend sorgfältige Darstellung der V. femoralis (superf.) nach proximal mit Auslösung von A-Signalen durch Handkompressionen und mit Prüfung auf Kompressibilität; 5-MHz-Sonde

c) Refluxprüfung in der proximalen V. femoralis (superf.) durch eingeübtes, handgesteuertes Valsalva-Manöver; Patient liegend, 5-MHz-Sonde

d) Einstellung der Magna-Kresse mit Refluxprüfung durch Valsalva-Manöver; ggfs. Refluxstrecke verfolgen; Patient liegend, 7,5-MHz-Sonde

e) Untersuchung der A. poplitea und der V. poplitea (mit Parva-Mündung – ggfs. im Querschnitt prüfen); Patient in Links-Seitenlage mit leicht abgewinkelten Knien; hier distale Kompression zur Auslösung von A-Signalen, 5-MHz-Sonde

f) (wie e) proximale Kompression zur Prüfung auf Reflux in der V. poplitea und ggf. in der Parva-Mündung einschließlich der proximalen Parva-Extension (V. femoro-poplitea), 5 MHz



g) Patient sitzend; Untersuchung der A. tibialis post. und der Vv. tibiales post. und von Cockett-Perforansvenen (Tibialis-posterior-Perforansvenen); distale Kompression mit Proflux in den Vv. tibiales post. (oft auch Vv. fibulares einstellbar) und ggf. in Perforansvenen, 7,5–9 MHz

h) (wie g) proximale Kompression zur Refluxprüfung (ggfs. auch an insuffizienten Perforansvenen)

i) Untersuchung am stehenden Patienten mit leicht abgewinkeltem Untersuchungsknie zur einfachen Darstellung der V. saphena parva mit Parva-Mündung; Auslösung von A-Signalen durch distale Kompression; Längsschnitt, 7,5 MHz

j) (wie i) Untersuchung im Querschnitt mit Verfolgung der V. saphena parva nach distal (auch Darstellung von Muskelvenen: proximal Gastrocnemius-Venen, in Wadenmitte Soleus-Venen)

Doppler- und Duplex-Untersuchung des Beinvenensystems. Während Dermatologen und z. T. Phlebochirurgen auf die Untersuchung im Stehen schwören, bevorzugt der Internist/Angiologe primär die Untersuchung im Liegen, um den Patienten nur bei untersuchungstechnischen Problemen aufzurichten (17, 19) (►Abb. 6).

Die Ursache dieses unterschiedlichen Vorgehens liegt sicherlich in der Zusammensetzung der Patientenkolllektive, d. h. der diagnostischen Fragestellung und der gewohnheitsmäßigen Untersuchungstechnik. So interessieren sich Dermatologe und Phlebochirurg besonders für Art und Ausprägung der oberflächlichen Varikose – ggfs. mit der Absicht, zu eliminierende Astvarizen gut markieren zu können. Der internistische Angiologe beginnt die Inspektion seines „Venienpatienten“ natürlich auch im Stehen (9), führt dann aber die körperliche Untersuchung des Patienten im Liegen weiter. Er soll bevorzugt Bein-

schwellungen und -schmerzen differenzialdiagnostisch abklären mit der häufigen Fragestellung nach tiefen Venenthrombosen und (zusätzlichen) arteriellen Erkrankungen. Selbstverständlich brauchen *alle* phlebologisch tätigen Ärzte Informationen über den arteriellen Einstrom, über obstruktive Veränderungen der Leitvenen und eine überaus exakte und differenzierte Refluxdiagnostik an den subfaszialen und epifaszialen Venen, so dass die Frage nach der optimalen Untersuchungstechnik berechtigt ist und nicht von eingefahrenen Gewohnheiten abhängig sein sollte.

In einem internistisch orientierten Lehrbuch der Duplexsonographie wird empfohlen, die Stammvenen im Stehen, die Leitvenen im Liegen mit leicht angehobenem Oberkörper und die Unterschenkelvenen im Sitzen zu untersuchen (12). Zur bloßen Darstellung der Stammvenen mit grober Insuffizienz-Prüfung kann diesem Vorschlag sicherlich gefolgt werden,

nicht aber für eine differenzierte Refluxdiagnostik. Die Untersuchung im Sitzen ist

- zur guten Darstellung gesunder Unterschenkelvenen günstig (►Abb. 6g),
- zum Nachweis von Thromben nicht erforderlich und
- für die differenzierte Refluxdiagnostik nachteilig.

Doppler- und duplexsonographische Untersuchung im Liegen?

Was spricht dagegen?

Im Stehen sind die prall gefüllten Stammvenen und Varizen gut zu sehen und daher mühelos mit der Ultraschall-Sonde aufzufinden (►Abb. 6i,j). Für die Farb-Duplexsonographie sind auch die prall gefüllten Leitvenen vom Becken bis zur Unterschenkeletage leicht zu visualisieren. Dies gilt entsprechend für Muskel- und Per-

foransvenen. Eine grobe Refluxdiagnostik ist durch distale Kompression mit folgender Dekompression gut möglich. Es gab Ansätze, diese „Kompressionsmethode“ durch Einsatz von Manschetten mit großkalibrigen Luftschläuchen und einem automatischen Blasebalg zu standardisieren (28) – ein Aufwand, der überflüssig und für die tägliche Praxis ungeeignet ist.

Was spricht dafür?

Ganz allgemein eine bessere „Untersuchungshygiene“, denn die Untersuchung im Liegen ist für Patient und Arzt einfacher und angenehmer:

- Der Patient ist keinem Kollapsrisiko ausgesetzt (ohne oder mit Podest),
- der Arzt muss nicht in Bück- oder Hockstellung bodennah unergonomisch untersuchen und das aufgestellte Patientenbein etwas mühsam zum Beispiel in Außenrotation bringen (►Abb. 6i,j).

Entscheidend erscheint aber ein physiologisch-pathophysiologisches Argument:

Um Refluxes nach Dauer, Intensität, Ausdehnung und ggfs. Volumen (14) beurteilen zu können, muss der potenzielle Refluxweg in den tiefen und/oder oberflächlichen Venen möglichst frei sein.

Eine Prallfüllung der Venen unter Orthostasedruck lässt diese differenzierte Beurteilung nicht zu (ein volles Gefäß kann nicht weiter gefüllt werden). Auch der Einwand, dass der durch Valsalva-Manöver oder proximale kräftige Kompression erzeugbare Refluxdruck nicht ausreichen würde, eine „relative“ Klappeninsuffizienz im Gegensatz zum Orthostasedruck bei Untersuchung im Stehen nachzuweisen, stimmt nach unseren Erfahrungen nicht. Ein untrainierter Patient erreicht beim Valsalva-Manöver im Liegen einen intraabdominellen Druckzuwachs von ca. 30–50 mmHg, ein kräftiger Patient deutlich mehr.

Standardisierung des Valsalva-Manövers

Wir führen grundsätzlich ein durch Handdruck des Untersuchers unterstütztes Val-



Abb. 7 Panoramabildverfahren
oben links: typische „Schlüsselloch-Darstellung“ der dilatierten Magna-Krosse mit ausgeprägtem Reflux beim Valsalva-Pressversuch; darunter: Darstellung der Vena saphena magna mit dem Panoramaverfahren (extended field of view) von der Krosse bis zum distalen Insuffizienzpunkt am Unterschenkel

salva-Bürger-Pressmanöver durch, das gegebenenfalls eingeübt wird (►Abb. 6c,d). Für wissenschaftliche Untersuchungen verwendeten wir ein an ein Mundstück angeschlossenes Manometer und arbeiteten für standardisierte Messungen mit einem Pressdruck von 30 mmHg (6, 10, 18). Tiecks et al. (27) setzten für eine ganz andere wissenschaftliche Fragestellung ein gleichartiges Vorgehen ein, wobei sie einen Pressdruck von 40 mmHg wählten. Bei Untersuchungen zur Belastung der Bruchpforte nach Leistenhernien-Operation wurde unter einem Valsalva-Manöver ein durchschnittlicher intraabdomineller Druckanstieg von 32 mmHg gemessen (22).

Auch kurzstreckige postthrombotische Teilstreckeninsuffizienzen der Leitvenen oder frühe Teilstreckeninsuffizienzen der V. saphena magna vom proximalen Nebenast- oder Perforanstyp, die oft eine „Startzeit“ von mehreren Sekunden beim Pressversuch haben, werden durch eine orthostatische Prallfüllung der Beinvenen überdeckt. Bereits die Art, wie der Stammvenenreflux beim Valsalva-Manöver im Liegen einsetzt, lässt weitreichende Schlüsse über Herkunft und Weg des Refluxes zu:

- schlagartig einsetzend bei Magna-Insuffizienz vom Mündungstyp,
- Dauer und Intensität abhängig von der Refluxstrecke (Hach II–IV),
- Nachweis und Lokalisation einer zusätzlichen Insuffizienz vom Perforanstyp durch Magna-Kompression in verschiedenen Höhen,
- allmähliches, oft deutlich verzögertes Einsetzen des Refluxes bei Magna-Teilstreckeninsuffizienz vom proximalen Nebenast- oder Perforanstyp bei suffizienter Magna-Mündungsklappe und fehlender proximaler Leitveneninsuffizienz.

Diese Refluxes sind mitunter sehr diskret je nach Vorliegen oder Fehlen einer proximalen Leitveneninsuffizienz (frühe Inkompetenz).

Schließlich ist es im Stehen untersuchungstechnisch nicht in angemessener Weise möglich, A-Signale der Leitvenen in Knöchelhöhe auszulösen und ihre Erschöpfbarkeit zum Ausschluss oder Nachweis einer venösen Stauung zu prüfen, wie auch eine (meist postthrombotische) distale Leitveneninsuffizienz in dieser Höhe durch proximale Wadenkompression so

nicht zuverlässig nachweisbar ist. Da über die klappenlosen Kuster-Perforansvenen in den Venen im Fesselbereich auch Profluxe bei Wadenkompression auftreten können, sind optimale Applikationsbedingungen in diesem Bereich unerlässlich.

Wenn auch Unterschenkelvenen, Parvamündung und Perforansvenen im Stehen gut darzustellen sind, lassen sich Thrombosen der Leitvenen gerade im Liegen nach Lokalisation und Ausdehnung gut abgrenzen und Insuffizienzen der Parvamündung und von Perforansvenen durch getrennte Darstellung von Re- und Proflux zweifelsfrei dokumentieren (►Abb. 5c,e).

Frühe, geringgradige (postthrombotische) Perforansinsuffizienzen sind so zuverlässig dokumentierbar. Die Kompressionssonographie an ungünstigen Stellen (Adduktorenkanal) und die Darstellung nur stenosierender Thromben gelingt einfach und zuverlässig, wenn die Leitvenen nicht unter Orthostasedruck und -füllung stehen.

Auch der oft sehr unterschiedlich ausgeprägte kollaterale Proflux in der V. saphena magna (May-Kollaterale) bei tiefer Venenthrombose lässt sich – zumindest bei schwacher Ausprägung – nur im Liegen zuverlässig nachweisen, wobei hier differenzierte Befunde beurteilt werden müssen:

- fehlender Kollateralfluss bei frischer Beteiligung der Magnakrosse am thrombotischen Geschehen,
- allmählich – im Seitenvergleich – zunehmender Proflux bei fortschreitender proximaler Kollateralisation oder Rekanalisation der Magnakrosse.

Für die einfache Durchmesserbestimmung (z. B. der V. femoralis communis) bedarf es standardisierter Untersuchungsbedingungen (►Tab. 6). Für diese Fragestellung bietet die Untersuchung im Stehen Vorteile, da ein relativ gleichartiger, relativ hoher Orthostasedruck auf die V. femoralis communis einwirkt. Allerdings haben eigene Untersuchungen ergeben, dass eine gute Übereinstimmung der Durchmesser im Liegen und Stehen bei Anwendung des von uns eingeübten, durch die Hand des Untersuchers gesteuerten Valsalva-Manövers gegeben ist. Diesbezüglich gibt es unterschiedliche Ergebnisse anderer Untersucher, die entsprechend unseren Unter-

suchungen eine signifikante Durchmesserzunahme der V. femoralis communis bei maximalem Valsalva-Manöver im Liegen gegenüber Ruhestellung (10) oder aber einen um 50% größeren Durchmesser der V. femoralis communis beim stehenden Probanden unter Valsalva-Manöver als beim liegenden fanden (persönliche Mitteilung). Eigene korrigierte Messungen der Durchmesser der V. femoralis communis an Phlebogrammen von auf dem Kipptisch aufgerichteten venengesunden Patienten (Thromboseausschluss) ergaben wesentlich kleinere Werte ($10,8 \pm 1,6$ mm) (16) als Messungen unter streng standardisierten Bedingungen an Gesunden im Liegen mit dem von uns geübten Valsalva-Manöver (Männer: $16 \pm 1,2$; Frauen: $14,5 \pm 1,9$ mm) (20). Da nach Untersuchungen der eigenen Arbeitsgruppe der Durchmesser der V. femoralis communis ein wichtiger diagnostischer und prognostischer Parameter für die chronische Veneninsuffizienz (5) und ein wichtiger Prädiktor einer venös bedingten Schwellneigung (4) zu sein scheint, ist die Standardisierung dieser Durchmesserbestimmung von Bedeutung. In ►Tabelle 6 sind die Durchmesser wichtiger Venen, die unter streng standardisierten Bedingungen gemessen wurden, aufgeführt (18).

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass eine einheitliche Untersuchungstechnik bei diesen Fragestellungen anzustreben wäre, da z. B. die Refluxdauer in der V. femoralis communis bei druckentlastetem vorgeschalteten (peripheren) Venensystem länger sein kann als unter orthostatischem hohen Druck und Prallfüllung, andererseits die Abgrenzung eines noch physiologischen Initialrefluxes ($< 0,5$ oder < 1 s) vom pathologischen Reflux ($> 0,5$ oder 1 oder 2 s) gerade von dieser Refluxdauer abhängig gemacht wird (10). Alternativ müssten solche Definitionen unter entsprechendem Hinweis von der Untersuchungstechnik abhängig gemacht werden. Unseres Erachtens wäre eine gut standardisierte Untersuchung im Liegen die Lösung dieses Problems; vgl. Jeanneret et al. (9, 10): „The described standardised Valsalva manoeuvre ... can be recommended ... as a routine procedure for the assessment of venous reflux.“

Gerätetechnische Weiterentwicklungen

Die aktuelle Geräteentwicklung bei der Duplexsonographie geht in Richtung kompakter, preisgünstiger Farb-Duplexgeräte (portable Geräte). Die technischen Weiterentwicklungen der sonografischen Gefäßdiagnostik sind vielfach an hochpreisliche Geräte gebunden und haben daher kaum Eingang in die Routinediagnostik gefunden. Sie seien kurz vorgestellt:

- Farbkodierte Power-mode-Darstellung: Die Blutströmungs-Dopplersignale werden nicht Frequenz- sondern Häufigkeits-gewichtet (Frequenzdichtespektrum) dargestellt. So können sehr langsame Blutströmungen bis hin zu Parenchymperfusionen visualisiert werden.
- Ultraschall-Kontrastmittel: Durch intravenöse Applikation echoanhebender Substanzen können sehr schwache Doppler-Signale verstärkt und trotz eingeschränkter Untersuchungsbedingungen ausgewertet werden (transkranielle und abdominelle Duplexsonographie, „Phlebokontrastsonographie“, Tumorperfusionen).
- Linear-Array-Schallköpfe mit großer Bandbreite haben den Vorteil einer hohen axialen Auflösung und können multifrequenz betrieben werden (z. B. bei einer Nennfrequenz von 7,5 MHz Sende- und Empfangsfrequenzwahl zwischen 5 und 9 MHz). Durch einen elektronischen Zeilenschwenk können neben dem rechteckigen Schnittbild breite Trapezbilder erzeugt werden (etwa Verdoppelung der Bildbreite an der breitesten Stelle).
- Harmonic imaging: Bei Entfernung der Fundamentalfrequenz durch Hochpassfilter oder ein Doppelpuls-Phasen-Inversionsverfahren mit Erhalt aller harmonischen Signale (harmonische Obertöne) kann eine detailliertere Gewebebeurteilung erreicht werden. In Kombination mit Echokontrastmitteln (contrast harmonic imaging) können zusätzlich Perfusionsmuster in parenchymatösen Organen aufgedeckt werden.
- Panorambildverfahren: Dabei wird die Schallsonde ohne Positionssensor ent-

lang der interessierenden Ebene geführt. Unter Verwendung eines Hochleistungsbildprozessors werden durch komplexe Analyse Echtzeitschnittbilder beliebiger Körperregionen bis zu 60 cm Länge erstellt (►Abb. 7). Beim Farb-Panoramabildverfahren werden diese Grauwertbilder mit der Power-Doppler-Darstellung kombiniert (Sono-Arteriographie bzw. Sono-Phlebographie) (►Abb. 7) (19).

- 3D-Verfahren mit verschiedenen 3D-Optionen:
 - Pseudo-3D-Verfahren aufgrund eines mathematischen Modells,
 - systematisches 3D-Verfahren (Schrittmotor, Matrix-Array),
 - Freihand-3D-Verfahren (sensorgestützt, mathematische Korrelation): Damit lassen sich ausgehend vom Farb-Panoramabildverfahren Gefäßpathologien eindrucksvoll dreidimensional dokumentieren.
- Photopic Ultrasound Imaging (Tageslichtsonographie), ein Echtzeit-Verfahren zur adaptiven Kontrastoptimierung des Ultraschallbildes durch Anhebung von Helligkeit und Kontrast in einen für photopisches Sehen optimalen Bereich mit Grauwertumwandlung in monochromatische Farbwerte.
- Intravaskuläre Sonographie: Dazu werden miniaturisierte Sonden mit einem rotierenden Schallkopf an der Spitze mit sehr hohen Schallfrequenzen (bis 20 MHz) eingesetzt.

Schlussfolgerung

Cw-Doppler- und Duplexsonographie sollen im Rahmen einer Stufendiagnostik eingesetzt werden, an deren Beginn Anamnese und körperliche Untersuchung stehen.

Die cw-Doppler-Sonographie als relativ einfache und kostengünstige angiologisch-phlebologische Grunduntersuchung sollten alle phlebologisch tätigen Ärzte beherrschen und regelmäßig einsetzen. Die Duplexsonographie wurde in der Weiterbil-

dungsordnung für den Bereich Phlebologie verankert. Sie ist zur Abklärung differenzierter phlebologischer Fragestellungen unverzichtbar und stellt eine wesentliche Voraussetzung zur Indikationsstellung zu varizenausschaltenden Maßnahmen dar, z. B. zur Sklerosierungsbehandlung großkalibriger Varizen mit der Schaumverödung (18, 19). Bei zahlreichen angiologischen Fragestellungen – speziell im Bereich der Phlebologie – macht die Duplexsonographie invasive Untersuchungen überflüssig (17, 18, 25).

Danksagung

Diese überarbeitete, ergänzte und aktualisierte Arbeit basiert auf dem Beitrag von Marshall M. „Duplexsonographie der peripheren Venen“. In: Hübner K (Hrsg.). Praktische Sklerotherapie. Essen: Viavital 2008. Der Autor dankt dem Viavital-Verlag für die freundliche Genehmigung der teilweisen Übernahme einiger Abbildungen und Tabellen.

Literatur

1. Barber F, Baker D, Nation A et al. Ultrasonic duplex echo-Doppler scanner. *IEEE Trans Biomed Eng* 1974; 21: 109.
2. Barnes RW. Doppler ultrasonic examination of venous disease. In: De Vlieger, Holmes, Kazner et al. (eds). *Handbook of Clinical Ultrasound*. New York, Toronto: Wiley 1978.
3. Cavezzi A, Labropoulos N, Partsch H et al. Duplex ultrasound investigation of the veins in chronic venous disease of the lower limbs – UIP Consensus Document. Part II. Anatomy. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2006; 31: 288–299.
4. Dyszynska A, Dyszynski T, Marshall M. Bedeutung des Diameters der Vena femoralis communis für die Manifestation eines Phlebödems. *Phlebologie* 2006; 35: A 14.
5. Dyszynski T, Marshall M, Lewandowski Z. Innendurchmesser der Vena femoralis communis als diagnostischer und prognostischer Parameter für die CVI. *Phlebologie* 1999; 28: 126–131.
6. Fäustle S. Diameterwerte wichtiger Arterien und Venen einschließlich des Intima-Media-Komplexes bei Gesunden und Hochleistungssportlern. Inaug.-Dissertation. München 2002.
7. Grant EG, White EM (eds). *Duplex sonography*. Springer 1988.

8. Hach W. Das postthrombotische Syndrom. *Phlebologie* 2010; 39: 88–102.
9. Jeanneret C. Varikose, venöser Reflux und Valsalva. *Schweiz Med Forum* 2002; 28: 679–686.
10. Jeanneret C, Labs KH, Aschwanden M, Bollinger A et al. Physiological reflux and venous diameter change in the proximal lower limb veins during a standardised Valsalva manoeuvre. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1999; 17: 398–403.
11. Klews P-M. Methode und Technik der Angiodiagnostik. *Das Krankenhaus* 1989; 6: 339.
12. Kubale R, Stiegler H (Hrsg.). *Farbkodierte Duplexsonographie*. Stuttgart: Thieme 2002.
13. Landwehr P, Tschammler A, Höhmann M. Gefäßdiagnostik mit der farbkodierten Duplexsonographie. *Dtsch Med Wschr* 1990; 115: 343.
14. Lotz R, Mildenerberger P, Kreitner K-F, Rambow A, Schiedermeier P, Staritz M. Duplexsonographie der Pfortader. *Fortschr Med* 1989; 107: 330.
15. Marshall M. Differenzierte Beurteilung der „proximalen Beinveneninsuffizienz“ durch die Duplex-Sonographie. *Perfusion* 1991; 6: 191–197.
16. Marshall M. *Praktische Duplexsonographie*. Berlin, Heidelberg: Springer 1993.
17. Marshall M. *Praktische Doppler-Sonographie*. Berlin, Heidelberg: Springer 1996.
18. Marshall M, Breu FX (Hrsg.). *Handbuch der Angiologie*. Landsberg: ecomed 1999 (Ergänzungslieferungen bis 2007).
19. Marshall M, Breu FX. Leitveneninsuffizienz (LVI). In: Marshall M, Breu FX (Hrsg.). *Handbuch der Angiologie*. Landsberg: ecomed 1999, 7. Erg.-Lfg. 12/02.
20. Marshall M, Fäustle S, Breu FX. Diameterwerte wichtiger Arterien und Venen zur Bewertung hypoplastischer und dilatierender Gefäßerkrankungen. *Perfusion* 1999; 12: 352–358.
21. Marshall M, Schwahn-Schreiber C. Die tiefe Venenthrombose im Schultergürtel- und Armbereich. *Vasomed* 2009; 21: 128–132.
22. Peiper C, Junge K, Fütting A et al. *Der Chirurg* 1998; 69: Abstract 10.
23. Reißig A, Görg C, Mathis G. Transthorakale Sonografie bei der Diagnostik pulmonaler Erkrankungen: ein systematischer Zugang. *Ultraschall in Med* 2009; 30: 438–458.
24. Schlüter M, Hinrichs A, Bleifeld W. Farbkodierte Doppler-Echokardiographie. *Dtsch Med Wschr* 1986; 111: 3.
25. Seifert H, Jäger K, Jöhl H, Bollinger A. Kann die Duplex-Sonographie die Arteriographie ersetzen? *VASA* 1987; 20 (Suppl): 171.
26. Seitz K, Kubale R. *Duplexsonographie der abdominalen und retroperitonealen Gefäße*. Weinheim, Basel: edition medizin 1988.
27. Tiecks FP, Lam AM, Matta BF et al. Effects of the Valsalva manoeuvre on cerebral circulation in healthy adults. A transcranial Doppler study. *Stroke* 1995; 26: 1386.
28. Van Bemmelen P, Bedford G, Beach K, Strandness D. Quantitative segmental evaluation of venous valvular reflux with duplex ultrasound scanning. *J Vasc Surg* 1989; 10: 425–431.