

Leitlinien zur peripheren Gefäßdiagnostik mit der **direktionalen continuous-wave (CW) Doppler-Sonographie**

H. Gerlach, T. Hertel, B. Kahle, H. G. Kluess, M. Marshall, E. Rabe

Leitlinien sind systematisch erarbeitete Empfehlungen, um Kliniker und Praktiker bei Entscheidungen zur Versorgung ihrer Patienten im Rahmen spezifischer Umstände zu unterstützen. Leitlinien gelten für »Standardsituationen« und berücksichtigen die aktuellen, zu den entsprechenden Fragestellungen zur Verfügung stehenden wissenschaftlichen Erkenntnisse. Leitlinien bedürfen der ständigen Überprüfung und eventuell der Änderung auf dem Boden des wissenschaftlichen Erkenntnisstandes und der Praktikabilität in der täglichen Anwendung. Leitlinien entbinden den Arzt nicht von seiner Sorgfaltspflicht und der Beachtung der individuell angepassten diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen. Leitlinien erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Phlebologie 2000; 29: 142–5

Unberührt von diesen Leitlinien bleiben die KV-Richtlinien (Ultraschall-Vereinbarung vom 10. Februar 1993).

Definition

Bei der Doppler-Sonographie handelt es sich um ein Untersuchungsverfahren, bei dem mittels Ultraschall das Strömungsverhalten in den Blutgefäßen auf der Grundlage des Doppler-Prinzips beurteilt wird (14, 39).

Dabei erfahren durch die Haut ausgesandte Ultraschallwellen, die von den korpuskulären Elementen des strömenden Blutes (im wesentlichen den Erythrozyten) reflektiert werden, eine Frequenzänderung gemäß dem Doppler-Gesetz. Diese Frequenzverschiebung (»Doppler-Shift«) ist der Geschwindigkeit der Blutströmung proportional und in ihrer absoluten Dimension abhängig vom Kosinus des Einfallswinkels des Ultraschallstrahls und von der gewählten Beschallungsfrequenz. Eingesetzt wird eine kontinuierliche Schallaussendung mit getrenntem Sende- und Empfangskristall (CW = continuous wave-Doppler-Sonographie).

Indikationen

Venöse Gefäße der unteren und oberen Extremitäten

Abklärung der Strömungsverhältnisse im oberflächlichen und tiefen Venensystem im Hinblick auf die folgenden Fragestellungen (17, 27, 37, 45, 52):

- Nachweis eines freien bzw. behinderten Abstroms im Rahmen der Thrombose-diagnostik

- Refluxdiagnostik mit topographischer Zuordnung und Schweregradbeurteilung (primäre und sekundäre Varikose, primäre und sekundäre Leitveneninsuffizienz, Perforansveneninsuffizienz)
- Nachweis und Beurteilung von arteriovenösen Kurzschlussverbindungen

Arterielle Gefäße der unteren und oberen Extremitäten

- Nachweis, Schweregradbeurteilung und Etagezuordnung arterieller Durchblutungsstörungen
- Nachweis einer arteriellen Hyperzirkulation
- Differenzierung organischer und funktioneller Durchblutungsstörungen
- Vaskuläre Kompressionssyndrome
- Nachweis und Beurteilung von arteriovenösen Kurzschlussverbindungen

Kontraindikationen

Kontraindikation sind keine bekannt. Angaben über die Auslösung einer Lungenembolie durch die untersuchungstechnischen Manipulationen konnten in der Literatur nicht gefunden werden.

Durchführung

Art und Umfang der Untersuchung richten sich nach der klinischen Fragestellung.

Sondenwahl

Tiefer gelegene Gefäße: 4 (3-6) MHz
Oberflächlicher gelegene Gefäße:
8 (8-10) MHz
(17, 27, 32, 45, 51)

Untersuchung der peripheren Venen

Die Untersuchung erfolgt je nach Indikation am liegenden, sitzenden oder stehenden Patienten (23) bei entspannter Extremität (5). In aufrechter Körperhaltung sind wegen der verlangsamten venösen Strömungsgeschwindigkeit periphere manuelle Kompressionen erforderlich. Ein Seitenvergleich ist empfehlenswert. Beim Aufsetzen der Doppler-Sonde ist darauf zu achten, dass möglichst kein Druck ausgeübt wird, da sonst vor allem oberflächliche Venen sehr leicht komprimiert werden und damit unzutreffenderweise nicht beschallbar sein können (32). Der Ableitungswinkel zwischen Sonde und angenommenem Gefäßverlauf (um 45 Grad) ist bis zur Erzielung eines optimierten Signals zu korrigieren. Leitstruktur für die subfaszialen Venen ist die jeweilige Arterie. Die venöse Strömungsbeurteilung erfolgt während ruhiger und forcierter Atmung und kurzfristiger intraabdomineller Druckerhöhung (Valsalva-Pressversuch, Husten) des Patienten; des Weiteren unter gezielter Kompression und Dekompression proximal bzw. distal der Ableitungsstelle (2, 40, 42, 49, 51). Das Kniegelenk sollte bei Untersuchung der V. poplitea leicht gebeugt sein, um eine überstreckungsbedingte Einengung des Gefäßes zu vermeiden (13, 21, 34). Für die Untersuchung der Kniekehlengefäße empfiehlt sich dabei eine Bauch- oder Seitenlagerung des Patienten (45) oder die Untersuchung am stehenden Patienten mit leicht gebeugtem Kniegelenk (34).

Thrombosedagnostik (27, 46):

Die Untersuchung erfolgt im Liegen zur Beurteilung von A- und S-Signalen am tiefen Venensystem (31) und über den oberflächlichen Venen zur Beurteilung eines eventuellen Kollateralfusses (S-Signal).

Zeichen einer Thrombose sind:

- Fehlendes Strömungssignal an typischer Lokalisation
- Aufhebung oder Einschränkung der Atemmodulation in den tiefen Venen
- Gesteigerter Spontanfluss in den oberflächlichen Venen (S-Signal)
- Fehlende Strömungsbeschleunigung bei peripherer Kompression (A-Signal)
- Fehlende Erschöpfbarkeit des A-Signals bei wiederholter Vorfußkompression

Refluxdiagnostik

Die Untersuchung erfolgt vorwiegend am stehenden oder sitzenden Patienten. Bei Durchführung im Liegen sind forcierte Valsalvamanöver bzw. proximale Kompression erforderlich.

Dabei erfolgt die Beurteilung von:

- Pathologischem Reflux (Refluxdauer ≥ 1 s) in der V. femoralis communis
- Refluxstrecke(n) im oberflächlichen und tiefen Venensystem
(6, 20, 28, 32, 41)

Untersuchung der peripheren Arterien

Die Untersuchung erfolgt am liegenden Patienten nach einer ausreichenden Ruhephase in einem wohltemperierten Raum (ca. 24 Grad). Zur Schweregradbeurteilung der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit ist die periphere Druckmessung in Ruhe und ggfs. nach Belastung die Basisuntersuchung (27, 36).

An folgenden Arterien werden, zumindest bei der Erstuntersuchung, grundsätzlich im Seitenvergleich die Dopplerkurven abgeleitet:

- An der unteren Extremität: A. femoralis communis, A. tibialis anterior, A. tibialis posterior, ggfs. ergänzend A. poplitea, A. fibularis
- An der oberen Extremität: A. brachialis, A. radialis, A. ulnaris, ggfs. ergänzend A. subclavia, Hand-, Fingerarterien und Funktionstests

Parameter

Venöses System

- S-Signal (spontaneous): Alle spontanen venösen Strömungssignale unter Beachtung ihrer Atemabhängigkeit (30, 48).
- A-Signale (augmented): Venöse Strömungssignale bei manueller Kompression distal und bei Aufhebung der Kompression proximal der Sonde bzw. nach Valsalvamanöver (»overshoot«) (22, 27)
- Reflux (retrogrades A-Signal): Nachweis retrograder Strömung bei fehlenden bzw. insuffizienten Venenklappen unter intraabdomineller Druckerhöhung (z. B. Valsalvamanöver), proximaler Kompression oder distaler Dekompression

Arteriell System

- Periphere Druckmessung: Vergleich gefäßindividueller peripherer systolischer Druck zu systolischem Armarteriendruck
- Kurvenformanalyse: Systolische Anstiegszeit, Systolische Vorwärtsflusszeit, Systolische Amplitudenhöhe, Frühdiastolische Strömungsumkehr, Diastolische Strömungsgeschwindigkeit

Dokumentation

Graphische Registrierung, aus der die Kurvenform, die Strömungsrichtung und die Reaktion auf die jeweiligen Provokationsmanöver hervorgehen. Hierzu eignet sich jede Form einer Online-Registrierung mit dauerhafter Datenspeicherung.

Fehlermöglichkeiten

Allgemeine Fehlermöglichkeiten:

- Falscher Beschallungswinkel
- Zu hoher Sondenandruck
- Artefaktsignale, z. B. durch Manipulationen zu nahe an der Sonde.

- Ungeeignete Sondenfrequenz für die untersuchte topographische Region
- Anatomische Bedingungen (Distanzprobleme, Variationen) und Fehlinterpretation der topographischen Zuordnung (27, 45, 53)

Spezifische Fehlerquellen bei venösen Gefäßen

- Nichtokkludierende Thromben
- Fehlerhaftes Provokationsmanöver (z. B. Pseudovalsalva: vorwiegend thorakaler Druckanstieg)
- Thorakaler Atemtyp (7, 13)
- Mangelnde Patientenmitarbeit
- Einseitige Hyperzirkulation (z. B. bei peripherer Entzündung)
- Funktionelle Einengung der V. poplitea durch Kniegelenksüberstreckung
- Erhöhter/verminderter arterieller Zustrom
- Venenkompression von außen (z. B. Baker-Zyste)

Spezifische Fehlerquellen bei arteriellen Gefäßen

- Zu kurze Ruhezeiten (prolongierte reaktive Weitstellung der peripheren Arterien bei pAVK)
- Monophasige Deformierung bei funktioneller Hyperzirkulation
- Kompression der distalen A. tibialis anterior bei starker Plantarflexion bzw. der distalen Unterarmarterien bei Hyperextension der Hand
- Bei Druckmessung: z. B. Mediasklerose, Manschettenfehler, massives Ödem, falscher Vergleichsdruck am Oberarm

Aussagefähigkeit und Grenzen der Methode

Mit der *nichtdirektionalen* Dopplersonographie, die Blutströmungssignale aku-

stisch wiedergibt, ohne eine Richtungsfeststellung oder Dokumentation zu ermöglichen (»Taschendoppler«), lassen sich die periphere Druckmessung zur Schweregradbeurteilung bei arteriellen Durchblutungsstörungen durchführen und, bei entsprechender Erfahrung, venöse Reflux (18, 24, 47) erkennen oder die erste Verdachtsdiagnose einer Venenthrombose im Becken-Oberschenkel-Bereich stellen (3). Differenzierte Fragestellungen bedürfen immer einer weitergehenden Diagnostik mit Dokumentationsmöglichkeit.

Venöse Diagnostik

Für ein Thrombosescreening ist die Aussagefähigkeit der CW-Dopplersonographie an der oberen Extremität und im Beckenbereich als gut bis sehr gut einzustufen; die Sensitivität wird hierfür in der Literatur zwischen 90 und 98% angegeben (9, 33, 55). Je weiter distal eine Thrombose lokalisiert ist, um so geringer wird die Treffsicherheit der Dopplersonographie (2, 4, 10, 12, 15, 16, 19, 25, 41, 42, 43, 49, 50, 56).

Das Verfahren ist somit allenfalls für ein Screening ausreichend (1). Für den Nachweis einer TVT ist ein bildgebendes Verfahren erforderlich (9, 38) – siehe Leitlinien zur Thrombosedagnostik, Duplexsonographie und Phlebographie.

Die Feststellung von Refluxen ist mit der CW-Dopplersonographie sowohl an den Leitvenen als auch im epifaszialen Venensystem zuverlässig möglich (8, 11, 26, 28, 35, 41, 54). Problematisch ist mitunter die anatomische Zuordnung der Befunde und damit die fehlende morphologische Beurteilbarkeit, die gegebenenfalls einer bildgebenden Diagnostik bedarf (29, 55).

Arterielle Diagnostik

Es können nur hämodynamisch wirksame Strombahnhindernisse nachgewiesen werden. Hämodynamisch wirksam in diesem Sinne sind unter Ruhebedingungen Stenosen ab über 70% Querschnittseinengung und unter Belastung ab über 50% Querschnittseinengung (Seitenvergleich). Geringergradige Stenosen (unter 50%) kön-

nen nur als Zufallsbefund bei direkter Beschallung gefunden werden (27). In Ergänzung zur peripheren Dopplerdruckmessung lässt die Kurvenbeurteilung eine zusätzliche Etagenlokalisierung im Becken-Aorten- und Schultergürtelbereich zu.

Literatur

1. Anderson DR, Lensing AW, Wells PS, Levine MN, Weitz JH, Hirsh J. Limitations of impedance plethysmography in the diagnosis of clinical suspected deep-vein thrombosis. *Ann Intern Med* 1993.
2. Barnes RW, Rusell HE, Wu KK, Hoak JC. Accuracy of Doppler ultrasound in clinically suspected venous thrombosis of the calf. *Surg Gynecol Obstet* 1976.
3. Barnes RW, Wu KK, Wilson MR. Doppler ultrasonic evaluation of venous disease: A programmed audiovisual instruction. 2nd edition. Iowa City: University of Iowa Press 1976.
4. Bendick PJ, Glover JL, Holden RW, Dillely RS. Pitfalls of the Doppler examination for venous thrombosis. *Amer Surg* 1983.
5. Belcaro G, Labropoulos N, Christopoulos D, Vasdekis S, Laurora G, Cesarone MR, Nicolaides A. Noninvasive tests in venous insufficiency. *J Cardiovasc Surg* 1993.
6. Bjordal RJ. Die Zirkulation in insuffizienten Vv. perforantes der Wade bei venösen Störungen. In: *Venae perforantes*. May R, Partsch H, Staubesand J (Hrsg.). München: Urban & Schwarzenberg 1981.
7. Bollinger A, Mahler F, De Sepibus G. Diagnostik peripherer Venenerkrankungen mit Doppler-Strömungsdetektoren. *Dtsch med Wschr* 1968.
8. Chan A, Chishom I, Royle JP. The use of directional Doppler ultrasound in the assessment of saphenofemoral incompetence. *Aust NZ J Surg* 1983.
9. Diehm C, Stammler F, Amendt K. Die tiefe Venenthrombose. *Diagnostik und Therapie*. Dt Ärztebl 1997.
10. Dosick SM, Blakemore WS. The role of Doppler ultrasound in acute deep vein thrombosis. *Amer J Surg* 1978.
11. Fischer M, Wuppermann T. Einführung in die Doppler-Sonographie. München: Urban & Schwarzenberg 1985.
12. Flanigan PD, Goodreau JJ, Burnham JS, Bergan JJ, Yao STJ. Vascular-laboratory diagnosis of clinically suspected acute deep-vein thrombosis. *Lancet* 1978.
13. Folse R, Alexander H. Directional flow detection for localizing venous valvular incompetence. *Surgery* 1970.
14. Franklin DI, Schlegel W, Rushmer RF. Blood flow measurement by Doppler frequency shift of backscattered ultrasound. *Science* 1961.
15. Grüntzig A, Bollinger A, Zehender G. Möglichkeiten und Grenzen der qualitativen Venendiagnostik mit Doppler-Ultraschall (Ergebnisse einer Blindstudie). *Klin Wschr* 1971.

16. Hanel KC, Abbott WM, Reidy NC, Fulchino D, Miller A, Brewster DC, Athanasoulis CA. The role of two noninvasive tests in deep venous thrombosis. *Ann Surg* 1981.
17. Hennerici M, Neuerburg-Heusler D. Gefäßdiagnostik mit Ultraschall-Doppler- und B-mode-Sonographie (Grundlagen, Atlas, Glossar). 2. Aufl. Stuttgart: Thieme 1995.
18. Hoare MC, Royle JP. Doppler ultrasound detection of saphenofemoral and saphenopopliteal incompetence and operative venography to ensure precise saphenopopliteal ligation. *As NZ J Surg* 1985.
19. Holmes MCG. Deep venous thrombosis of the lower limb diagnosed by ultrasound. *Med J Aust* 1973.
20. Hübner HJ, Schultz-Ehrenburg U. Paradoxical refluxes in Doppler ultrasound examination of the leg veins. *VASA* 1985.
21. Kohler TR, Strandness DE. Noninvasive testing for the evaluation of chronic venous disease. *World J Surg* 1986.
22. Köhler M, Neuerburg D. Recherche de la fonction valvulaire a l'aide de la technique ultrasonique et de l'auscultation pendant la manoeuvre de valsalva. *Phlebologie* 1978.
23. Kriessmann A, Bollinger A (Hrsg.). *Ultraschall-Doppler-Diagnostik in der Angiologie*. Stuttgart: Thieme 1987.
24. Lewis JD, Parsons DCS, Needham T. The use of venous pressure measurement and directional Doppler recordings in distinguishing between superficial and deep valvular incompetence in patients with deep venous insufficiency. *Br J Surg* 1973.
25. Lensing AWA, Hirsh J, Buller HR. Diagnosis of venous thrombosis. In: Hemostasis and thrombosis: Basic principles and clinical practice. Colman RW, Hirsh J, Marder VJ, Salzman EW (eds). 3rd. ed. Philadelphia: Lippincott 1994.
26. Mahler F, Oesch A. *Ultraschall-Doppler-Untersuchungen an den Venen des Unterschenkels*. In: Aktuelle Probleme in der Angiologie: 44. Der Unterschenkel. Brunner U (Hrsg.). Bern: Huber 1988.
27. Marshall M. *Praktische Doppler-Sonographie*. 2. Aufl. Berlin: Springer 1996.
28. McIrvine AJ, Corbett CRR, Aston NO, Sherriff EA, Wiseman PA, Jamieson CW. The demonstration of saphenofemoral incompetence; Doppler ultrasound compared with standard clinical tests. *Br J Surg* 1984.
29. O'Donnell J, Burnand KG, Clemenson K. Doppler examination vs clinical and phlebographic detection of the location of incompetent perforating veins. *Arch Surg* 1977.
30. Partsch H, Löffler O. Untersuchungen des venösen Rückstroms aus der unteren Extremität mit einem directionalen Ultraschall-dopplerdetektor. *Wien klin Wschr* 1971.
31. Partsch H. »A-sounds« or »S-sounds« for Doppler ultrasonic evaluation of pelvic vein thrombosis. *VASA* 1976.
32. Partsch H. Primäre Varikose der Vena saphena magna und parva. In: *Praxis der Doppler-Sonographie*. Kriessmann A, Bollinger A., Keller H (Hrsg.). Stuttgart: Thieme 1982.
33. Partsch H. Laboratory evaluation of the patient with chronic venous insufficiency. In: *Ambulatory treatment of venous disease – an illustrative guide*. Goldman MP, Bergan JJ (eds.). St Louis: Mosby 1996.
34. Rabe E. (Hrsg.). *Grundlagen der Phlebologie*. Bonn: Karger 1994.
35. Ratte J. Reflux femoral et insufficiency ostiale de la saphene interne (etude ultrasonographique et anatomique). *Union Med Can* 1979.
36. Rudofsky G. *Ultraschalltechniken am peripheren arteriellen System*. Internist 1994.
37. Ruland O (Hrsg.). *Dopplersonographische Diagnostik*. 2. Aufl. Köln: DÄV 1993.
38. Salles-Cunha SX, Beebe HG. Direct noninvasive tests (duplex scan) for evaluation of acute venous disease. In: *Handbook of venous disorders*. Gloviczki P, Yao JST (eds). London: Chapman & Hall 1996.
39. Satomura S, Koneko Z. Ultrasonic blood rheography. In: *Proceedings of the 3rd. international conference of medical electronics*. London: IEE 1960.
40. Schultz-Ehrenburg U. Refluxdiagnostik des postthrombotischen Syndroms. *Phlebol u Proktol* 1985.
41. Sigel B, Felix RW jr, Popky GL. Diagnosis of lower limb venous thrombosis by Doppler ultrasound technique. *Arch Surg* 1972.
42. Sigel B, Popky GL, Wagner DK, Boland JP, McMapp DE, Feigl P. Comparison of clinical and Doppler ultrasound evaluation of confirmed lower extremity venous disease. *Surgery* 1986.
43. Strandness DE, Sumner DS. Ultrasonic velocity detector in the diagnosis of thrombophlebitis. *Arch Surg* 1972.
44. Strandness DE jr, Langlois Y, Cramer M, Randlett A, Thiele BL. Longterm sequelae of acute venous thrombosis. *JAMA* 1983.
45. Straub H, Ludwig M. *Der Doppler-Kurs - Doppler-Sonographie der peripheren Arterien und Venen (Grundkurs)*. 2. Aufl. München: Zuckschwerdt 1992.
46. Sumner DS. Diagnosis of deep venous thrombosis. In: *Vascular surgery*. Rutherford RB (ed.) 4th ed. Philadelphia: Saunders 1995.
47. Sumner DS. Direct noninvasive tests for the evaluation of chronic venous obstruction and valvular incompetence. In: *Handbook of venous disorders*. Gloviczki P, Yao JST (eds.). London: Chapman & Hall 1996.
48. Sumner DS, Baker DW, Strandness DE Jr. The ultrasonic velocity detector in a clinical study of venous disease. *Arch Surg* 1968.
49. Sumner DS, Lambeth A. Reliability of Doppler ultrasound in the diagnosis of acute venous thrombosis both above and below the knee. *Amer J Surg* 1979.
50. Weinmann EE, Salzmann EW. Deep-vein thrombosis. *N Eng J Med* 1994.
51. Weiss RA. Evaluation of the venous system by Doppler ultrasound and photoplethysmography or light reflection rheography before sclerotherapy. *Semin Dermatol* 1993.
52. Weiss RA, Weiss MA. Continuous wave venous Doppler examination for pretreatment diagnosis of varicose and telangiectatic veins. *Dermatol Surg* 1995.
53. Wells PS, Forgie MA. Diagnosis of deep vein thrombosis. *Biomed&Pharmacother* 1996.
54. Wuppermann T, Exler U, Mellmann J, Kestila M. Non-invasive quantitative measurement of regurgitation in insufficiency of the superior saphenous vein by Doppler-ultrasound: a comparison with clinical examination and phlebography. *VASA* 1981.
55. Wuppermann T. *Doppler- und Duplexsonographie der Venen*. Internist 1994.
56. Yao JST, Gourmos C, Hobbs JT. Detection of proximal vein thrombosis by Doppler ultrasound flow-detection method. *Lancet* 1972.

Diese Leitlinien wurden im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für Phlebologie (DGP) von einer Expertengruppe ausgearbeitet (Mitglieder der Expertengruppe: H. Gerlach, T. Hertel, B. Kahle, H. G. Kluess, M. Marshall, E. Rabe) und vom Vorstand und dem Wissenschaftlichen Beirat der DGP am 4.12.1999 verabschiedet. Diese Leitlinien berücksichtigen den aktuellen Stand der Literatur, jedoch nicht die in jedem Land unterschiedlichen Zulassungsbestimmungen für verschiedene diagnostische und therapeutische Verfahren. Die Entwicklung der Leitlinien wurde komplett durch die DGP finanziert. Eine Fremdfinanzierung erfolgte weder durch medizinische bzw. industrielle Einzelpersonen noch durch Verbände bzw. Firmen.