Gefäßchirurgie 2020 · 25:675–689
<https://doi.org/10.1007/s00772-020-00733-1>
Angenommen: 4. November 2020
Online publiziert: 26. November 2020
© Der/die Autor(en) 2020

Wissenschaftliche Leitung

M. Bischoff, Heidelberg
J. Hoffmann, Essen
A. Oberhuber, Münster

CME

Zertifizierte Fortbildung

Sonographische Bestimmung des Aortenaneurysmadurch- messers

Fehlermöglichkeiten und deren Konsequenzen für Patienten

W. Schäberle

Chirurgische Abteilung, Alb-Fils-Kliniken, Göppingen, Deutschland

Online teilnehmen unter:
www.springermedizin.de/cme

Für diese Fortbildungseinheit
werden 3 Punkte vergeben.

Kontakt

Springer Medizin Kundenservice
Tel. 0800 77 80 777
(kostenfrei in Deutschland)
E-Mail:
kundenservice@springermedizin.de

Informationen

zur Teilnahme und Zertifizierung finden
Sie im CME-Fragebogen am Ende des
Beitrags.

➔ Zusatzmaterial online

Die Onlineversion dieses Beitrags (<https://doi.org/10.1007/s00772-020-00733-1>) enthält Videos zur sonographischen Bestimmung des Aortenaneurysmadurchmessers. Beitrag und Zusatzmaterial stehen Ihnen auf www.springermedizin.de zur Verfügung. Bitte geben Sie dort den Beitragstitel in die Suche ein, das Zusatzmaterial finden Sie beim Beitrag unter „Ergänzende Inhalte“.

Zusammenfassung

Die exakte Messung des Aortendurchmessers ist wichtig im Screening, in der Bestimmung des Grenzdurchmessers zur Operationsindikation und in der Verlaufskontrolle nach endovaskulärer Aortenreparatur (EVAR). In vielen sonographischen wie auch computertomographischen (CT-) Studien erfolgen die Messungen des Aortendurchmessers nicht einheitlich, und genaue Angaben von Messebene, -achse und -kaliberpositionierung fehlen. Dies führt zu beträchtlichen Interobservervariabilitäten. Der Aortendurchmesser sollte beim Aneurysma orthogonal, achsenunabhängig am breitesten Durchmesser und mit der LELE („leading-to-leading-edge“)-Methode bestimmt werden, um reproduzierbare und in Studien vergleichbare, reelle Werte zu erhalten. Die systolisch-diastolische Durchmesserschwankung von bis zu 5 mm muss beim Aneurysmawachstum und bei Grenzdurchmessern zur Operationsindikation bedacht werden. Falsche Aneurysmadurchmesserbestimmungen können zu Überdiagnose und Übertherapie mit gravierenden Begleitmorbiditäten für Patienten führen.

Schlüsselwörter

Bauchaortenaneurysma · Orthogonale Messung · Pulsatile Durchmesserschwankung · Aortenscreening · LELE-Methode

Lernziele

Nach Absolvieren dieser Fortbildungseinheit ...

- wissen Sie, wie die Aorta abdominalis sonographisch untersucht und dargestellt wird.
- wissen Sie, wie ein abdominales Aortenaneurysma (AAA) unter adäquater Wahl von Messebene, Messachse und Kaliberpositionierung sowie unter Berücksichtigung der pulsilen Durchmesser Schwankungen korrekt vermessen wird.
- kennen Sie die Fehlermöglichkeiten in der Messung des Aneurysmadurchmessers und können die Konsequenzen in Screeningprogrammen, in der Therapieplanung des AAA und in der Verlaufskontrolle nach endovaskulärer Therapie (EVAR) bewerten und diskutieren.
- können Sie (wie hier exemplarisch beim AAA dargestellt) die weitreichenden Konsequenzen für Patienten reflektieren und verstehen, die sich aus Messwertdiskrepanzen durch eine unterschiedliche oder gar falsche Messmethodik ergeben, obwohl die Messung eigentlich so simpel erscheint.

Die exakte Bestimmung des maximalen Aortendurchmessers ist in der Aneurysmadiagnostik von großer Bedeutung. Die **Ultraschalldiagnostik** ist dabei die Methodik der ersten Wahl. Zunächst ist eine exakte Durchmesserbestimmung im Screening des abdominalen Aortenaneurysmas (AAA) notwendig, insbesondere um Screeningteilnehmer durch Überschätzung des Aortendurchmessers mit der Diagnose eines Aneurysmas nicht zu verunsichern.

Zweitens bildet eine exakte Bestimmung des Aneurysmadurchmessers die Basis, um die Rupturgefahr richtig einzuschätzen und die Indikation zur Operation adäquat zu stellen. Grundlage der Indikation zur Intervention beim AAA ist der Vergleich des spontanen **Rupturrisikos** mit dem Operationsrisiko (eingriffsspezifische Morbidität und Mortalität).

Drittens ist auch in der Verlaufskontrolle nach endovaskulärer Aneurysmaausschaltung („**endovascular aortic repair**“, **EVAR**) die Veränderung des Aneurysmaresackdurchmessers (Schrumpfung oder Wachstum) für weitere diagnostische und interventionelle Schritte von entscheidender Bedeutung.

Da mehr als 90 % der Aortenaneurysmen infrarenal lokalisiert sind, lässt sich durch eine sonographische Screeninguntersuchung bei meist asymptomatischen Patienten das Auftreten von Aneurysmarupturen reduzieren [1, 2]. Weitere Aortenerkrankungen wie Stenose bis hin zum akuten Verschluss (Leriche-Syndrom), Thrombus als Emboliequelle bei peripheren Verschlüssen, Dissektion und Aortitis werden meist aufgrund gezielter Fragestellung bei entsprechender Klinik beurteilt. Die sonographische Diagnostik der Aorta ist nebenwirkungsfrei, rasch durchführbar und kostengünstig. Dadurch wird eine breite Akzeptanz insbesondere im Screening des AAA erreicht. Die Methode hat bei entsprechender Ausbildung des Untersuchers eine steile Lernkurve; sie ermöglicht somit bei adäquatem Untersuchungsprotokoll mit hoher Treffsicherheit auch in der Breite und nicht nur in speziellen Zentren valide Untersuchungsergebnisse.

Allerdings werden in Studien Interobservervarianzen beschrieben, die von 1,3 mm bis 8 mm reichen und meist durch unterschiedliche oder oft nicht standardisierte Messmethoden verursacht sind. In einer Metaanalyse von 9 Studien zu **Interobservervariabilität**

Sonographic determination of aortic aneurysm diameter. Possible errors and their consequences for patients

Exact measurement of the diameter of the aorta is important in screening, in defining the size threshold for surgical repair and in the follow-up of patients after endovascular aortic repair (EVAR). In many studies with ultrasound (US) or computed tomography (CT), measurement of the diameter of the aorta was not carried out uniformly and exact details of the imaging plane, axis or caliber positions were lacking. This leads to considerable interobserver variability. The diameter of the aorta with an aneurysm should be measured orthogonally and independent of the axis at the widest diameter using the leading-edge to leading-edge (LELE) method to ensure reproducibility, real values and comparability between studies. The systolic-diastolic diameter variation is up to 5 mm, which must be taken into account when monitoring aneurysm growth over time and in defining the threshold for surgical repair. Errors in measuring the diameter of the aneurysm can lead to overdiagnosis and overtreatment with severe comorbidities for patients.

Keywords

Abdominal aortic aneurysm · Orthogonal measurement · Pulsatile diameter variation · Aortic screening · Leading-to-leading-edge method

bleiben 5 unter dem von in den Screeningprogrammen im Vereinigten Königreich (UK) und in den USA akzeptierten 5 mm, und 4 lagen zum Teil deutlich darüber (≤ 10 mm; [2, 3]).

Weil keine Bildgebung bisher verlässliche Daten zu Wandschwäche bzw. lokal degenerativen Wandprozessen mit Rupturpotenzial liefert, bleibt der Aneurysmadurchmesser bisher das einzige gesicherte, **prädiktive Maß** für eine Aneurysmaruptur. Das Rupturrisiko steigt exponentiell mit Zunahme des Aneurysmadurchmessers. Vor diesem Hintergrund wäre zu erwarten, dass die Messmethode standardisiert und klar definiert ist. Ein Vergleich der Studien (sowohl Vergleichsstudien mit Computertomographie [CT] als auch Screeningstudien sowie Empfehlungen in Guidelines) zeigt jedoch, dass methodisch sehr unterschiedlich vorgegangen wird und oft gar keine Aussage über die Messmethode getroffen wird [4, 5].

Gerätetechnische Voraussetzung und Patienten-vorbereitung

Voraussetzung für eine adäquate Aortendarstellung ist aufgrund der anatomischen Lage vor der Wirbelsäule eine adäquate Eindringtiefe. Hierzu werden niedrigfrequente „**curved transducer**“ mit einer Frequenz von 2–5 MHz verwendet. Bei sehr adipösen Patienten ist eine Frequenzerweiterung bis auf 1 MHz hilfreich.

Die Untersuchung erfolgt in Rückenlage des Patienten bei entspannter Bauchdecke mit Armlagerung parallel zum Körper. Weitere Patientenvorbereitungen sind normalerweise nicht notwendig. Durch dosierten Druck mit dem Schallkopf können störende Darmluftartefakte vermieden werden, weil die beweglichen Darmschlingen von medial nach lateral verdrängt bzw. luftgefüllte Anteile komprimiert werden. Weiterhin führt der dosierte Druck mit dem Transducer auch zu einer Verringerung des Abstands von der Haut zur Aorta und somit durch die geringere Eindringtiefe zu einer verbesserten Bildgebung. Diese Kompression ist ledig-

lich bei voroperierten Patienten mit ausgeprägten Verwachsungen schmerzbedingt eingeschränkt.

Untersuchungsablauf und spezielle Aspekte in der sonographischen Diagnostik des Aortenaneurysmas

Die Aorta wird im Querschnitt vom Zwerchfelldurchtritt bis zur Aortenbifurkation dargestellt, und der maximale Durchmesser (orthogonal) sowie die Konfiguration (fusiform, sakkulär, penetrierendes Aortenulcus) werden beschrieben. In detaillierteren, das Screening ergänzenden Untersuchungen werden in den Aa. iliaca communis, externa und interna im Längs- und Querschnitt die Ausdehnung und die Morphologie stenosierender und dilatativer Gefäßveränderungen beurteilt.

Die Vermessung der Längenausdehnung des Aneurysmas ist für die **Operationsindikation** nicht relevant und schafft eher Verwirrung im Zahlenspiel. Wichtig sind jedoch die Lokalisation des Aneurysmas mit Angabe von supra- oder infrarenalem Beginn und der infrarenale Abstand von den Nierenarterien sowie die Ausdehnung nach peripher, d. h. die Einbeziehung der A. iliaca communis und evtl. der A. iliaca interna. Neben diesen Angaben sind auch die Beschreibung der Aneurysmakonfiguration, der Halslänge, von intraluminalen Thromben sowie der Verlauf und der Durchmesser der Iliakalgefäße zur Indikationstellung für die Operationsmethode (endovaskuläres Vorgehen, Standard- oder Spezialprothese) relevant. Diese Angaben sind neben der Halskonfiguration und dem Vorliegen intraluminaler Plaque wichtig für die erste Beratung des Patienten hinsichtlich möglicher Therapiealternativen (offenes oder endovaskuläres Vorgehen, Standard- oder Spezialprothese).

B-Bild-Sonographie versus Farbduplexsonographie

In der Screeninguntersuchung des AAA ist die B-Bild-Sonographie (Grauwertsonographie in Echtzeitdarstellung) die Methode der Wahl. Die Treffsicherheit beträgt nahezu 100% [2, 3, 6, 7, 8, 9, 10].

Die Aorta wird im B-Bild orthogonal am größten Durchmesser in anterior-posteriorer (a.-p.) sowie in transversaler Achse gemessen.

Die Farbduplexsonographie ist nur in der Abgrenzung des durchflossenen Lumens von Wandthromben sowie in der Differenzialdiagnose von seltenen Befunden wie z. B. eines inflammatorischen Aortenaneurysmas und einer Aortitis notwendig. Sie erleichtert auch die topographische Zuordnung zu den Nierenarterien sowie bei erheblicher Längsausdehnung den Bezug zum Abgang der A. iliaca interna.

► Merke

Die Aorta wird im B-Bild orthogonal am größten Durchmesser in anterior-posteriorer (a.-p.) sowie in transversaler Achse gemessen.

Messmethodische Besonderheiten

Das AAA ist eine dreidimensionale Pathologie, oft mit exzentrischer Aussackung und elongiertem, zum Teil gedrehtem Verlauf der Aorta, deren reeller Durchmesser in Schnittbildverfahren zweidimensional möglichst genau und reproduzierbar abgebildet werden muss.

Abb. 1 ▲ Aortendurchmesser beim abdominalen Aortenaneurysma (AAA) mit Elongation nach links-lateral: Vergleich der axialen Messung im Oberbauchquerschnitt (links Durchmesser/D1 [in schräg transversaler Messachse] von 57 mm → Operationsindikation) mit der orthogonalen Messung, in welcher der Transducer an gleicher Stelle senkrecht zur Gefäßachse gedreht wurde (b/D2 von 47 mm und fast Rundstruktur → keine Operationsindikation). Diese orthogonale Durchmesserbestimmung (rechts) entspricht dem realen Durchmesser (vgl. Videoclip 1). Der anterior-posteriore (a.-p.) Durchmesser ist gleichbleibend (44 mm bzw. 45 mm in D3 und D4)

Die vorgestellten Messvarianten werden in verschiedenen Studien zum Teil unterschiedlich eingesetzt, die meisten treffen jedoch nur zu einzelnen Messparametern Aussagen, oder es werden gar keine Angaben zur eingesetzten Messmethode gemacht [4].

Zu einer standardisierten Messung mit Bestimmung des realen Aneurysmadurchmessers müssen folgende 4 Messparameter sowie die systolisch-diastolische Durchmesserschwankung beachtet werden:

1. Messebene: Der maximale Durchmesser kann in der axialen Ebene, also senkrecht zum Oberbauchquerschnitt, in der sagittalen Ebene oder orthogonal, also senkrecht zur Achse des Aortenverlaufs, bestimmt werden. Die in den verschiedenen Messebenen erhobenen Messwerte sind oft diskrepant, weil dilatative Prozesse der Aorta oft auch mit einer Elongation einhergehen und die Aorta dabei meist bogenförmig nach links-lateral oder selten auch nach ventral verlagert (**Abb. 1 und 2**).
2. Messachse: Der maximale Durchmesser kann standardisiert in a.-p.-Achse oder in Transversalachse gemessen werden, oder er kann achsenunabhängig (z. B. schräg getroffen) in der maximalen Ausdehnung bestimmt werden (**Abb. 2**).
3. Diameterbestimmung als Einzelwert oder Mittelwert: Es kann zwischen einem maximal messbaren Wert in der entsprechenden Achse oder einem Mittelwert aus Messungen in 2 Achsen gewählt werden.
4. Positionierung der Messkaliber: Sie können zur Durchmesserbestimmung entweder von Außenseite zu Außenseite („outer-to-outer edge“, OTO) des Wandreflexes (Außendurchmesser), vom lumennahen zum lumennahen („inner-to-inner edge“, ITI) Wandreflex (Innendurchmesser), in einer Messposition in Wandmitte oder nach der LELE („leading-to-leading-edge“-Me-

Abb. 2 ▲ Schemazeichnung zur adäquaten Durchmesserbestimmung beim abdominalen Aortenaneurysma (AAA) mit elongiertem Gefäßverlauf: Bei Messung im Abdomenquerschnitt wird durch den schräg geschnittenen Aneurysmasack ein falsch-erhöhter Durchmesser (D1) aus der Ellipsendarstellung ermittelt. Dieser Messwert ist oft auch schwer reproduzierbar, und so entstehen schlechte Inter- und Intraobservervarianzen. Zur adäquaten, auch reproduzierbaren Messung ist der Transducer im maximalen Durchmesserbereich so zu drehen, dass der reelle Aneurysmaquerdurchmesser (D2) senkrecht zur Gefäßachse entsteht (oft Rundstruktur)

Abb. 3 ▲ Schematische Darstellung der Messung nach der Außendurchmesserbestimmungs- („outer-to-outer edge“, OTO: schwarze Pfeile), der Innendurchmesserbestimmungs- („inner-to-inner edge“, IT: weiße Pfeile) und nach der LELE („leading-to-leading edge“-Methode (Außenwandreflex zu Innenwandreflex gegenüberliegende Aortenwand: rechter Bildabschnitt), um die sonographische Überschätzung der Gefäßdicke durch den Blooming-Effekt an Grenzflächen mit hohem akustischen Impedanzsprung (wie Gefäßwand/Blut) zu minimieren und zu standardisieren

Abb. 4 ▲ Systolisch-diastolische Durchmesserschwankung von systolisch 48 mm auf diastolisch 44 mm im Time-motion-Modus (LELE, „leading-to-leading edge“-Methode) dargestellt: Im B-Bild-Querschnitt (rechts) ist der Durchmesser mit 48 mm zufällig in der Systole dargestellt (vgl. Videoclip 2)

thode (Außenwandreflex zu Innenwandreflex der Gegenseite) gesetzt werden (**Abb. 3**).

- Pulsatile Durchmesserschwankung: Diameterbestimmung in der Systole, in der Enddiastole oder zufällige Messung in der Herzaktion (**Abb. 4**).

Messebene und multiplanare Rekonstruktion

Bis in die frühen Jahre dieses Jahrtausends war die **CT-Angiographie** (CTA) in axialer Ebene der Goldstandard. In sonographischen Studien wird meist die axiale Ebene angegeben, in wenigen die longitudinale Ebene, in einigen werden überhaupt keine Angaben gemacht, und in nur sehr wenigen wird angegeben an, dass orthogonal gemessen wird [2, 4, 5].

Gravierende Messfehler entstehen durch eine Oberbauchquerschnittmessung in axialer Ebene bei schräg getroffener Aortenachse. Die aneurysmatisch veränderte Aorta neigt mit zunehmender Größe auch zu einer Elongation, die meist zu einem bogenförmigen Verlauf nach links-lateral (**Abb. 1**), zum Teil auch nach ventral führt (**Abb. 5**). Der reelle maximale Aortenaneurysmadurchmesser kann sonographisch dann axial nicht adäquat im Oberbauchquerschnitt bestimmt werden. Dies führt, wie übrigens auch bei der axialen CT-Messung, zu einer Ellipsendarstellung mit falsch-hohen Messwerten (bis zu 1–2 cm höher) im Vergleich zum realen, multiplanar gemessenen Aneurysma (**Abb. 1** und **5**).

Wenn sich die Aorta bzw. das AAA axial nicht als Rundstruktur, sondern elliptisch darstellt oder die Lage vor dem Wirbelsäulenreflex nach links und rechts wechselt, muss der Verlauf der Aorta geprüft werden. Bei der häufigen Elongation nach links-lateral muss der Schallkopf im Bereich des maximalen Durchmessers so gedreht werden, dass er senkrecht zum Achsenverlauf der Aorta steht bzw. dass in diesem Bereich die als Ellipse geschnittene Aorta wieder möglichst rund wird (**Abb. 1** und **2**; Videoclip 1). Bei Elongation der Aorta im Verlauf nach ventral lässt sich der Durchmesser orthogonal am besten in der **Sagittalebene** messen (**Abb. 5**).

Abb. 5 ▲ Vergleich einer Messung des maximalen AAA (abdominales Aortenaneurysm)-Durchmessers (Elongation nach ventrolateral) von 62,6 mm (D1) im Abdomenquerschnitt in anterior-posteriorer (a.-p.) Ebene (rechts) mit der Messung in orthogonaler Ebene (senkrecht zur Gefäßachse, hier im Längsschnitt am besten darstellbar [links]): Hier liegt der reelle Aortendurchmesser nur bei maximal 45,5 mm (D4), am Messort der a.-p.-Ebene im Querschnitt beträgt er nur 39,7 mm (D3). Die Messung von 62,1 mm im Querschnitt (rechts) ist im Längsschnitt (links) ebenfalls mit Messkreuzen (D2) markiert. Die Durchmesserbestimmung in der a.-p.-Ebene im rechten Bildabschnitt entspricht der a.-p.-Messung in der Computertomographie (CT) in axialer Ebene (ohne Rekonstruktion)

Dreidimensionale (3-D-) sonographische Messungen oder die Bildfusion von Ultraschall und CT können hilfreich sein, um die Messgenauigkeit v. a. bei Verlaufuntersuchungen zu erhöhen [11, 12, 13]. In der Bestimmung des maximalen Durchmessers hat die **3-D-Sonographie** im Vergleich zu CT-Messungen jedoch keine signifikante Verbesserung der Messgenauigkeit gegenüber der 2-D-Sonographie in orthogonaler Messebene [13, 14] erreicht, und es wird eine gute Korrelation der AAA-Durchmesser zwischen 2-D- und 3-D-Ultraschall beschrieben [15]. Allerdings können die Aneurysmakonfiguration, das Aneurysmavolumen und das Volumen der Teilthrombosierung exakter bestimmt werden, wodurch sich Vorteile der 3-D-Sonographie ergeben [15], wenn weitere Untersuchungen zeigen, dass diese Faktoren prognoserelevant für die Rupturgefahr sind.

In Verlaufskontrollen nach EVAR zeigt die 3-D-Sonographie in Kombination mit **kontrastmittelverstärktem Ultraschall** („contrast-enhanced ultrasound“, **CEUS**) Vorteile im Lokalisieren von Endoleaks sowie in der Beurteilung von Ursprung und Therapiewürdigkeit gegenüber dem 2-D-Ultraschall [14].

Messachse

Für die Einschätzung des Rupturrisikos sollte der maximale Durchmesser achsenunabhängig bestimmt werden. Bei der anzustrebenden orthogonalen Ebene wird die axial oft ovaläre Struktur (bei Elongation nach links meist in transversaler Achse) mit Durchmesserüberschätzung zu einer Rundstruktur mit reellem Durchmesser und ohne die Gefahr der Fehlmessung durch die vorgegebene Wahl

der Messebene (**Abb. 1**). Dann erübrigt sich auch die Überlegung bezüglich eines Mittelwertes aus 2 Achsen.

Positionierung der Messkaliber bezüglich Wandreflex

Die beste Kaliberpositionierung (**Abb. 3**) ist in der Literatur umstritten. Die meisten Autoren von Studien in den 90er-Jahren bis 2010 verwenden den maximalen Außendurchmesser (**OTO**), der sich in einer der Messachsen zeigt [6, 16, 17, 18, 19, 20], selten auch als Durchschnitt aus a.-p.- und lateralem Diameter [21]. Andere Studien favorisieren den Innendurchmesser [22, 23, 24] oder machen keine Angaben [4, 7].

Vergleichsstudien beschreiben innerhalb einer Messmethode zwar eine relativ gute Inter- und Intraobservervariabilität [25], meist wird jedoch der OTO verwendet und auf die bessere Interobservervariabilität verwiesen [17, 26]. Kontrovers dazu wird der ITI eine bessere Reproduzierbarkeit bescheinigt [6, 23, 27], insbesondere wenn die Untersuchung durch Sonographen geschieht.

Zwangsläufig unterschätzt die ITI-Bestimmung den Durchmesser gegenüber der OTO-Bestimmung um etwa 4 mm [25], im Mittel werden nur 2,7 mm angegeben [6], und erstaunlicherweise wird sogar eine Differenz von 6–7 mm beschrieben [26].

Die normale Aortenwand zeigt anatomisch wie auch in Vergleichsstudien von **Magnetresonananzangiographie (MRA)** und Ultraschall eine Wanddicke von 1,5–2 mm [28, 29, 30], sodass sich bei Vergleich von ITI zu OTO eine Differenz von rund 4 mm ergeben müsste [31]. Abweichungen davon sind Messfehler infolge der limitierten sonographischen Auflösung in 6–10 cm Eindringtiefe (Haut bis Aorta).

Wenn wie in einigen Studien der Transversaldurchmesser bestimmt wurde, ist die Kaliberpositionierung durch die schlechte Ortsauflösung bei tangentialen Einfall des Schallstrahls auf die Gefäßwand fehlerbehaftet (**Abb. 1 und 5**). Dies verursacht transversal eine deutlich schlechtere Interobservervariabilität [3, 6, 17].

Aus Messreihen an anderen Gefäßen sowie an Ultraschallphantomen ist bekannt, dass die sog. **LELE-Methode** die treffsichersten Ergebnisse zeigt (**Abb. 3**), weil der **Blooming-Effekt** zu einer Überbetonung von Ultraschallreflexen an Grenzflächen mit hohen akustischen Impedanzsprüngen, wie sie Gefäßwände darstellen, führt [27, 32]. Danach wird vom Außenwandreflex zum gegenüberliegenden Innenwandreflex gemessen, d. h. vom äußeren Beginn des echoreichen Wandreflexes zum lumennahen Reflexpunkt der Gegenseite (**Abb. 1 und 3**). Ein Vergleich von OTO, ITI und LELE an 127 Patienten bestätigt auch bei Aortenaneurysmen, dass LELE die am besten reproduzierbaren Ergebnisse (geringste Interobservervariabilität) liefert, und zeigt auch die Differenzen in den Messergebnissen: 4,1 mm zwischen OTO und ITI sowie je 2 mm zwischen OTO und LELE bzw. zwischen ITI und LELE [31].

Auch die jüngste deutsche S3-Leitlinie zur Diagnostik und Therapie des AAA empfiehlt inzwischen die LELE-Methode [33]. Die Leitlinie der European Society for Vascular Surgery (ESVS; [2]) bietet diese Messmethode jedoch nur als Möglichkeit an und lässt eine Empfehlung offen.

Diameterschwankung in Abhängigkeit vom Herzzyklus

Bei einer exakten Durchmesserbestimmung ist zu bedenken, dass sowohl bei der unauffälligen Aorta als auch beim Aortenaneurysma systolisch-diastolische Durchmesserschwankungen bis zu 5 mm möglich sind (**Abb. 4**). Kaum eine sonographische Studie geht auf die herzyklusabhängigen Messwerte ein [34], und in CT-Aufnahmen zu einem zufälligen Zeitpunkt werden diese Schwankungen gar nicht berücksichtigt. Lediglich in wenigen CTA- und MRA-Studien wurde mittels eines speziellen Tracking-Systems insbesondere in Vorbereitungs- oder Verlaufsuntersuchungen bei EVAR über herzyklusabhängige Schwankungen von 1–5 mm berichtet [35, 36, 37, 38, 39]. Dabei wurde jedoch meist nur der Aneurysmahals für die richtige Wahl von Stentgraftgröße und -design und für die Risikoabwägung einer Stentmigration beurteilt [40]. Eine eigene sonographische Untersuchung zeigt bei 46 AAA am maximalen Aneurysmadurchmesser eine mittlere systolisch-diastolische Schwankung von 2,3 mm (1,1–4,6 mm; [32]). Eine mittlere Differenz von 1,94 mm zwischen Systole und Diastole wurde in einer Auswertung von sonographischen Videoclips festgestellt [34]. Differenzen sowohl in der Verlaufskontrolle als auch im Methodenvergleich lassen sich dadurch erklären. Als hilfreich wird hier eine EKG(Elektrokardiographie)-getriggerte Messung angesehen [41]. Diese ist jedoch weder im Screening noch bei routinemäßigen AAA-Verlaufskontrollen zu fordern oder durchführbar. Bei einer deutlichen Diameterzunahme um mehr als 3 mm in der halbjährlichen Verlaufsuntersuchung sollte jedoch die bei verschiedenen AAA sehr unterschiedliche **pulsatile Schwankung** in einer systolisch-diastolischen Vergleichsmessung bestimmt werden, die am einfachsten und zuverlässigsten im **Time-motion-Modus** an der Stelle mit breitem AAA-Durchmesser in orthogonaler Messebene durchzuführen ist (**Abb. 4**; Videoclip 2). Bei starker Pulsatilität muss die Diameterzunahme relativiert werden, und statt einer verführten Operationsindikation muss diese engmaschig systolisch-diastolisch verlaufskontrolliert werden.

► Merke

Bei einer exakten Durchmesserbestimmung ist zu bedenken, dass sowohl bei der unauffälligen Aorta als auch beim Aortenaneurysma systolisch-diastolische Durchmesserschwankungen bis zu 5 mm möglich sind.

Methodenvergleich von Sonographie und Computertomographie

Ein Methodenvergleich zwischen Ultraschall und CT zeigt in Studien zum Teil diskrepante Befunde im Durchmesser des AAA [42, 43], oft verursacht durch das Studiendesign [3, 44, 45]. Messfehler und Messwertdiskrepanzen zum Goldstandard CT entstehen aufgrund einer fehlenden einheitlichen Messmethodik (Außen-, Innendurchmesser, Messung in Systole oder Diastole, Messebene axial oder orthogonal), und zwar sowohl in CT- als auch Ultraschallstudien.

So enthalten von 23 Ultraschallstudien zum AAA [4] nur 40 % Angaben zur Schallebene, in der gemessen wurde. In lediglich 30 % wird die Positionierung der Messkreuze beschrieben, und nur in 10 % wurde nach der LELE-Methode gemessen.

Diese Auswertung von Ultraschall- und zum Teil CT-Studien ([4]; mit einigen auch älteren Studien, die zur Bestimmung der durchmesserabhängigen Rupturgefahr herangezogen werden) zeigt, wie oft keine oder wenig Angaben zur Messmethode gemacht wurden: Aus 4 Messvariablen (wie u. a. Messebene, Kaliberpositionierung) wurde eine Art Qualitätsscore zur Standardisierung der Studien bzw. zu den Angaben der Messmethodik errechnet. In Screeningstudien liegt der Score durchschnittlich bei 2,52 von möglichen 4 Punkten, in Guidelines zum Screening nur bei 1,66 und in Studien zur Therapieplanung (vorwiegend CT-Studien) nur bei 1,63 [4].

Auch bei CT-Messungen sind Messebene, Messachse und Messkaliberposition (Außen- oder Innendurchmesser) oft nicht definiert [4, 16], und die richtige Messmethodik wird selten diskutiert [46, 47]. Diese fehlende **Standardisierung**, auch in der CT [47, 48], führt zwangsläufig zu Messergebnissen mit schlechter Reproduzierbarkeit [2, 16, 22, 48], und Interobservervariabilitäten von bis zu 5 mm sind daher auch in der CT keine Seltenheit (in 17 % sogar 5 mm oder mehr; [16]). Wo überhaupt angegeben, erfolgte die Messung meist in axialer, selten in sagittaler und in einigen wenigen Fällen in orthogonaler Ebene [4].

Auffallend ist, dass in den Vergleichsstudien zum Goldstandard CT die Ultraschalldiagnostik oft geringere Werte bei der Bestimmung des maximalen Aortendurchmessers zeigt [16, 43, 49]. Zum Teil ist dies bedingt durch die Positionierung der Messkaliber, oft aber durch die unterschiedliche Wahl der Messebene (CT meist axial, selten orthogonal; [4, 43, 45, 49]). Eindrucksvoll dokumentiert wurde dieses messmethodische Problem 2003 und 2004 in 2 Studien von Sprouse [43, 50]. Der in der CT axial bestimmte Durchmesser ist durchschnittlich um fast 1 cm größer als der mittels orthogonalem Ultraschall gemessene. In einer Folgestudie war die mittlere Abweichung mit 0,8 mm zwischen nun orthogonal rekonstruierten CT-Werten und der Ultraschallmessung nicht signifikant. Der CT-interne Vergleich zeigt die Ursache mit axial (im Mittel 58 mm) signifikant höheren Werten als orthogonal (im Mittel 54,7 mm; $p < 0,05$). Je größer die aortale Angulation, desto höher war die Überbewertung in der axialen Messung.

Wegen geringerer Untersucherabhängigkeit und geringerer Fehleranfälligkeit durch schlechte Untersuchungsbedingungen wird allgemein die CT als Goldstandard angesehen. Die Diskussion um den **gerätetechnischen Goldstandard** in der Aneurysmadiagnostik ist bei Betrachtung der oben beschriebenen Messprobleme jedoch zweitrangig; wichtiger ist zunächst die Definition eines „**messmethodischen Goldstandards**“, nach dem einheitlich gemessen und verlaufskontrolliert wird und mit dem der reelle Aorten- bzw. Aneurysmadurchmesser am exaktesten erfasst wird (LELE-Methode, Messung einheitlich in Systole oder Diastole, orthogonale Messung). Diese messmethodischen Probleme finden nicht nur bei der Ultraschalluntersuchung, sondern auch bei der CT-Messung oft zu wenig Beachtung, sowohl im Alltag als auch in Studien [4].

► Cave

Messfehler und Messwertdiskrepanzen zum Goldstandard CT entstehen aufgrund einer fehlenden einheitlichen Messmethodik.

Besondere Brisanz der exakten Durchmesserbestimmung des AAA im Screening

Bei einem Aortendurchmesser zwischen 2 und 3 cm ist von einer **Ektasie** auszugehen. Ein AAA ist definiert als ein Durchmesser über 3 cm oder eine sprunghafte Verdopplung des Durchmessers. Dies ist insbesondere bei dünnlumigeren Aorten schlanker, oft weiblicher Personen relevant, bei denen bei Aortendurchmessern von weniger als 1,5 cm bei sprunghafter Verdopplung schon unterhalb von 3 cm von einem AAA auszugehen ist.

Im Rahmen von Screeningprogrammen (männlich, >65 Jahre, 1-malig) aufgefallene AAA sollten nach Leitlinie bei einem Durchmesser zwischen 3 und 4 cm alle 2 Jahre, zwischen 4 und 5 cm im Verlauf jährlich und zwischen 5 und 5,5 cm halbjährlich kontrolliert werden. Eine fehlerhafte Bestimmung bzw. Überbewertung des Aortendurchmessers führt zur **Überdiagnose** und ist auch unter ethischen Gesichtspunkten sehr kritisch zu werten, weil die einmal gestellte Diagnose eines Aortenaneurysmas nicht selten zu Verängstigung, Verunsicherung und zur Einschränkung der Lebensqualität führt [2, 51, 52, 53, 54, 55].

Insbesondere bei elongiertem Aortenverlauf (meist nach links-lateral) kann eine axial gemessene, ektatische Aorta fälschlicherweise als Aortenaneurysma (insbesondere bei Messung in transversaler Achse) diagnostiziert werden (Abb. 6; Videoclip 3).

Weil das Aortenaneurysma keine maligne Erkrankung ist und auch nicht zwangsläufig zum Aneurysmawachstum oder gar zur Ruptur führt, ist bei den durch vaskuläre Komorbiditäten oft multimorbiden Patienten die Operation von jedem Aneurysma, das nicht zur Ruptur geführt hätte, eigentlich als Übertherapie zu werten. Die evtl. daraus entstandene Morbidität (oder gar Mortalität) ist nach ethischen Gesichtspunkten sehr kritisch zu werten, insbesondere wenn das ganze Prozedere durch Screeningprogramme initiiert wurde, also der Patient gar nicht selbst mit einem Wunsch nach Diagnostik und Therapie an einen Arzt herangetreten ist.

Abb. 6 ▲ Ausgeprägte Aortenelongation bei einem Screeningpatienten: Der im Oberbauchquerschnitt gemessene Aortendurchmesser von 68 mm (axiale Ebene, transversale Achse gemessen) „schrumpft“ in orthogonaler Ebene (senkrecht zur Gefäßachse, transversale Achse gemessen) durch Drehen des Transducers auf den reellen Durchmesser von 28 mm (Aortenektasie; vgl. Videoclip 3)

► Merke

Bei durch vaskuläre Komorbiditäten oft multimorbiden Patienten ist die Operation von jedem Aneurysma, das überbewertet wurde und nicht zur Ruptur geführt hätte eigentlich als Übertherapie zu werten.

Die Screeningprogramme wurden bei Prävalenzen von 4–8 % (Datenerhebung der großen Multizenterstudien in den 90er-Jahren) bei über 65-jährigen Männern sinnvollerweise ins Leben gerufen [2, 18, 19, 23, 46, 56, 57, 58]. Bei inzwischen nur noch Prävalenzen von 1–2 % [59, 60, 61, 62, 63], v.a. bedingt durch eine geringere Raucherrate in der Bevölkerung, ist ein Screening in Zukunft vor dem Hintergrund der Folgen von Überdiagnosen nochmals selbstkritisch zu überdenken [52]. Insbesondere muss dann in Screeningprogrammen der Aortendurchmesser standardisiert und orthogonal exakt bestimmt und diese Messmethode in Screening-Guidelines publiziert werden. Ansonsten drohen Fehlinterpretationen wie beim Rückgang der Prävalenz von 4–8 % in den großen Multizenterstudien (oft in OTO gemessen; [18, 56, 57, 58]), welche zur Begründung von Screeningprogrammen zitiert wurden, auf 1,1 % in den NAAASP (National Abdominal Aortic Aneurysm Screening Programme)-Daten, die nach ITI gemessen wurden (Daten aus dem umgesetzten britischen Screeningprogramm; [59, 60, 61, 63]).

Aber auch die große Diskrepanz der Prävalenzdaten (4–8 %) kann zum Teil dadurch begründet sein, dass Studien mit **unterschiedlichen Messmethoden** (Werte bei OTO-Messung ca. 4 mm größer als bei ITI-Messung) arbeiten: Innendurchmesser (ITI) [23, 24] versus dem Außendurchmesser (OTO; [18, 19, 20, 57, 58]).

Screeningergebnisse aus skandinavischen Ländern (OTO oder LELE) und Großbritannien (oft von Sonographern gemessener ITI) sind somit schlecht miteinander vergleichbar, und Aortendurchmesser bei Männern von knapp unter 3 cm nach ITI werden im Gegensatz zur rund 4 mm höheren Messung nach OTO nicht als Aneurysma gewertet (ca. 4%; [6]).

Bei diesen durch die Messmethodik bedingten Diskrepanzen dürfen die Konsequenzen des Screenings nicht noch durch Messfehler verschärft werden: Nach den frühen Programmen in den Jahren von 1990 bis 2004 reduzierte das Screening zwar die durch Aneurysmaruptur verursachte Mortalität um 38–43 % [64], und die Notfalloperationen nehmen um 43 % ab, es entstehen jedoch auch 44 % mehr **elektive Operationen** [65]. Die **Gesamt mortalität** wurde nicht signifikant verändert. Auswertungen jüngerer Screeningdaten aus Schweden finden inzwischen nur noch eine geringe, nicht signifikante Reduktion der AAA-Mortalität. Sie berichten von 2 verhinderten Todesfällen pro 10.000 gescreenten Männern [52]. Andererseits zeigen die Auswertungen späterer Programme ein screeningbedingtes Mortalitätsrisiko (perioperativ) von 1 auf 10.000 zum Screening eingeladenen Männern [51]. Weiterhin werden 43 überdiagnostizierte pro 10.000 gescreente Männer angegeben, und für 19 wird eine vermeidbare Operation eingeräumt [52].

Millimeter entscheiden über die Operationsindikation

Bei einem Aneurysmadurchmesser von mehr als 5,5 cm bei Männern und mehr als 5–5,5 cm bei Frauen ist gemäß Leitlinie [33]

von einer Operationsindikation auszugehen. Die Operations- bzw. Interventionsindikation ist geprägt von der Abwägung zwischen dem Spontanverlauf mit Rupturrisiko und der perioperativen Mortalität sowie der eingriffsspezifischen Morbidität.

Metaanalysen und Studien zur Bestimmung des Grenzdurchmessers, der zur Operationsindikation führt [19, 46, 56, 66, 67, 68], zeigen, dass bei Werten unter 5 cm das Perforationsrisiko mit weniger als 1 % pro Jahr zu vernachlässigen ist.

Das Rupturrisiko von Aneurysmen im viel diskutierten Bereich von 5–6 cm zeigt gemäß Studien [46, 56, 66] starke Schwankungen (zwischen 1 und 11 %), in der Zusammenfassung und kritischen Wertung von Metaanalysen jedoch ein Rupturrisiko von 2–3 % [67, 68]. Bei Werten über 6 cm ist mit einer Rupturgefahr von mehr als 10 % pro Jahr die Operationsindikation durchmesserbezogen unumstritten gegeben (jedoch unter Berücksichtigung der individuellen Komorbiditäten).

Dies zeigt, wie Millimeter (neben Begleiterkrankungen, Operabilität, Operationsmethode, Aneurysmakonfiguration und nicht zuletzt Patientenwille) über eine **Operationsindikation** entscheiden und wie wichtig die exakte Bestimmung des realen AAA-Durchmessers ist. Selbst bei gradlinigen Aortenverläufen ohne wesentliche Elongation kann schon der schräge Verlauf vom Zwerchfelldurchtritt bis zu Bifurkation (von dorsal nach ventral) durch die Lendenlordose insbesondere bei schlanken Personen axial v. a. in der a.-p.-Ebene zu Überschätzungen von bis zu 1 cm führen (Abb. 7; Videoclip 4).

Bei der inzwischen favorisierten endovaskulären Therapie wird der Patient von seinem Aneurysmaleiden **nicht geheilt**, sondern das Aneurysma ist durch die Aortenprothese nur ausgeschaltet. Die bestechend geringe Mortalität von 1–2 % (in wenigen Studien sogar <1 %) gegenüber dem offen-chirurgischen Vorgehen mit

5–7 % [2, 46, 65] wird erkaufte mit einer **hohen Rate** an Spätkomplikationen, insbesondere durch **Endoleaks**. Ein 5-Jahres-Follow-up zeigt in bis zu 5 % der Fälle ein gefährliches, interventionsbedürftiges Typ-1-Endoleak [2], in bis zu 3 % ein Typ-3-Endoleak und in 20–40 % ein Typ-2-Endoleak (aus Lumbalarterien oder der A. mesenterica inferior), die in etwa der Hälfte revisionsbedürftig sind. In der Diskussion um die Herabsetzung des Grenzdurchmessers bei geringerer Krankenhausletalität nach EVAR ist zu bedenken, dass durch **Spätkomplikationen**, insbesondere durch Endoleaks, nach 3 bis 5 Jahren nach EVAR die eingriffsspezifische, frühe Mortalität der offenen Aortenrekonstruktion überschritten wird und dass in Langzeitbeobachtungen über 15 Jahre die durchschnittliche jährliche Rupturrate nach EVAR mit letalem Ausgang bei etwa 2 % [69] und somit nur gering unter der spontanen jährlichen Rupturrate von AAA zwischen 5 und 6 cm liegt [67, 68]. Die Eurostar-Registerstudie berichtet in einer Auswertung über 8 Jahre von einer Interventionsrate von jährlich 5 % meist wegen eines Endoleaks, und es werden durchschnittliche jährliche Rupturraten nach EVAR von 1 % [70, 71] erreicht.

Jüngere Registerdaten aus Deutschland beschreiben in 2018 eine Krankenhausletalität von nur 1,1 % nach EVAR ($n = 2800$) und 4,7 % offen-chirurgisch ($n = 895$) beim asymptomatischen AAA [65]. In dieser Registerstudie liegt jedoch der Median bei elektiven Operationen des AAA mittels EVAR bei 5,4 cm (Mittelwert: $5,48 \pm 11$ cm) und offen-chirurgisch bei 5,5 cm (Mittelwert: $5,63 \pm 12,3$ cm), also rund 50 % sind bei Messwerten unterhalb des in der Leitlinie vorgegebenen Grenzdurchmessers und 20 % sogar bei Werten unter 5 cm operiert worden; nur 20 % der Eingriffe sind bei einem AAA von mehr als 6 cm vorgenommen worden [65].

Besondere Brisanz erhält dieses Zahlenspiel um die Operationsindikation und die Komplikationen durch die Gefahr der Überbewertung des AAA-Durchmessers, wenn nicht orthogonal gemessen oder wenn einem Aneurysma ein Wachstum unterstellt wurde, das nur durch die systolisch-diastolische Schwankung oder durch fehlende Standardisierung der Messkaliberposition bedingt war.

Die jüngsten europäischen Leitlinien der ESVS [2] formulieren jedoch weiterhin nur, dass die AAA-Messung senkrecht zur Gefäßachse in Betracht gezogen werden kann, sie geben aber immer noch keine Empfehlung.

Weil in Studien zur Rupturgefahr (sowohl in der CT als auch sonographisch) früher oft axial (oder ohne genaue Angaben) gemessen [2, 4], also der Durchmesser gegenüber orthogonal eher überbewertet wurde [18, 19, 46, 67, 68], kann gegenüber der nun konsequent orthogonalen Messung der Grenzdurchmesser zur Rupturgefahr etwas zu klein angesetzt sein.

Über weitere Studien sollte jedoch mit standardisierter **orthogonaler** Messmethode der Grenzdurchmesser bestimmt werden, der eine Operationsindikation auch unter Abwägung von Spätmorbiditäten und -mortalität nach EVAR rechtfertigt.

Wenn in Studien zur Rupturgefahr die **Kaliberpositionierung** angegeben wurde, handelte es sich oft um den Außendurchmesser (OTO; [2, 4, 18, 19, 46]), oder es wurden keine genaue Angaben gemacht; der OTO-Messwert liegt natürlich gegenüber der LELE-Methode oder der Messung über den Innendurchmesser (ITI) wie in der MASS-Studie um 2–4 mm höher [23]. Diese unterschiedlichen Messergebnisse haben auch einen gravierenden Einfluss

Abb. 7 ▲ Die durch die Lendenlordose in ihrem Verlauf vom Zwerchfelldurchtritt zur Aortenbifurkation nach ventral verlagerte Aorta führt auch ohne wesentliche Aortenelongation zur Gefahr der Überschätzung des Aneurysmadurchmessers in der anterior-posterioren Messebene. Im Längsschnitt ist der Verlauf beurteilbar, und der Aortendurchmesser muss von axial 50 mm (D3) auf orthogonal reelle 41 mm (D1) korrigiert werden (vgl. Videoclip 4). Neben der Überschätzung des abdominalen Aortenaneurysmas (AAA) kann in axialer Messebene allein durch geringes kraniokaudales Kippen des Transducers auf der Haut eine erhebliche Inter- und Intraobservervariabilität entstehen

Abb. 8 **a** High-flow-Endoleak, farbduplexsonographisch dargestellt mit einer systolischen Spitzengeschwindigkeit („peak systolic velocity“, PSV) von >140 cm/s im Dopplerfrequenzspektrum (S Stentbeinchen) mit typischer Pendelströmung aus einer Lumbalarterie. **b** Die systolisch-diastolische Pulsation von >3 mm im Aneurysma-restsack drückt den Druckaufbau durch ein therapiebedürftiges Endoleak in einem durch EVAR („endovascular aortic repair“) ausgeschalteten AAA aus (Darstellung wie in **a**, nur etwas weiter kranial)

auf die individuelle Operationsindikation, und diese wäre bei der Durchmesserbestimmung nach ITI im Grenzbereich von 5,5 cm im Vergleich zu OTO in fast 10 % der Fälle nicht gestellt worden [6, 44].

► Cave

Bei Prüfung der Operationsindikation und der Komplikationen besteht die Gefahr der Überbewertung des AAA-Durchmessers:

- wenn nicht orthogonal gemessen wurde oder – wenn einem Aneurysma ein Wachstum unterstellt wurde, das nur durch die systolisch-diastolische Schwankung oder durch fehlende Standardisierung der Messkaliberposition bedingt war.

Restsackdurchmesser nach EVAR: therapierelevantes Endoleak?

Die Behandlungsbedürftigkeit von Typ-2-Endoleaks wurde in den letzten 20 Jahren kontrovers diskutiert [72, 73]. Langzeitverlaufsbeobachtungen sowie Reviews zeigen aber auch noch Jahre nach EVAR ein Auftreten von Endoleaks mit Restsackwachstum und eine Rupturrate bis 2 % jährlich [69], in einzelnen Studien sogar bis 5,4 % [74, 75, 76]. Metaanalysen an über 5000 eingeschlossenen Patienten nach EVAR ergaben, dass über 6 Monate bzw. 12 Monate persistierende Endoleaks und eine Zunahme des Restsacks von mehr als 5 mm im Verlauf einer Intervention zum Endoleak-Verschluss bedürfen [2, 77, 78]. Kleine Typ-2-Endoleaks ohne Wachstum des Restsacks können engmaschig verlaufsbeobachtet werden und verschließen sich zum Teil selbst [2].

Nicht nur ist die exakte und reproduzierbare Restsackvermessung nach EVAR Grundlage der Entscheidung über die weitere Diagnostik und Reintervention, sondern ein mangelndes Schrumpfen im ersten Jahr nach EVAR ist auch prognostisch negativ zu werten bzw. zeigt im weiteren Verlauf eine hohe Endoleak-Rate mit höherer **Reinterventionsrate** (Komplikationen und Ruptur-

gefahr; [79]). Dagegen führt ein anfänglich deutliches Schrumpfen des Restsacks um mehr als 5 mm zu einer signifikant geringeren Endoleak-Rate auch im weiteren Verlauf [80].

Die Entwicklung des Restsackdurchmessers ist Ausdruck von **Druckverhältnissen**, und somit kann ein Endoleak, abhängig von seiner Größe, zu einer Dilatation (bis zur Ruptur) durch den persistierenden oder steigenden Druck im Restsack führen.

Neben Versuchen, die Therapierelevanz durch die systolische Spitzengeschwindigkeit („peak systolic velocity“, PSV) ostiumnah in High-flow- und Low-flow-Endoleaks (Abb. 8a) zu quantifizieren [81], kann auch die im **Time-motion-Modus** nachgewiesene **Pulsation** im Restsack als Ausdruck des Druckaufbaus im Restsack durch ein therapiebedürftiges Endoleak gewertet werden (Abb. 8b).

► Merke

Noch Jahre nach EVAR treten Endoleaks mit Restsackwachstum und einer Rupturrate (tödlich verlaufend) von bis zu 2 % jährlich auf.

Fehlende Pulsationen des Restsacks sind insbesondere bei kleinen Endoleaks nicht selten, Pulsationen drücken jedoch einen Druck im Restsack aus und signalisieren eine Therapierelevanz.

In der obligaten halbjährlichen sonographischen Verlaufsbeobachtung ist bei einem **schrumpfenden Restsack** ein therapierelevantes Endoleak ausgeschlossen. Bei Zunahme des Aneurysma-restsacks ist von einem relevanten Endoleak auszugehen (außer Endotension), und das Endoleak muss mit allen diagnostischen Möglichkeiten gesucht und hinsichtlich seiner Rupturgefahr bewertet werden. Stufendiagnostisch ist zunächst mittels farbkodierter Dopplersonographie (FKDS) zu suchen, bei fehlendem Endoleak-Nachweis mit CEUS und bei weiter unklarem Befund mit CTA. Nach primärer Schrumpfung nach EVAR kommt es später oft zu einem reduzierten, aber dann nicht mehr wesentlich schrumpfenden Durchmesser. Bei fehlender primärer Schrumpfung kann ein gleichbleibender Durchmesser Ursache eines kleinen Endoleaks

sein, das gesucht und prognostisch bewertet werden muss (PSV im Endoleak, Endoleaktyp und Größe mit CEUS; [32, 81]).

Dieses differenzierte Vorgehen auf Basis der exakten Bestimmung des Restsackdurchmessers ist nur bei standardisierter, orthogonaler Messung mit methodisch, gerätetechnisch und personell nachgewiesener guter Reproduzierbarkeit möglich.

Differenzialdiagnose

Differenzialdiagnostisch müssen **retroperitoneale Prozesse** wie eine retroperitoneale Fibrose, Lymphome oder insbesondere am unteren Nierenpol gelegene Nierenzysten mit Kontakt zur Aorta oder zu Iliakalarterien beachtet werden, ebenso wie dilatative Prozesse bei **Aortitis** mit Wandverdickung oder einer distalen **Aortendissektion** oder einem penetrierenden Aortenulkus (Videoclips 5–7). Die Wandverdickung beim **inflammatorischen Aortenaneurysma** lässt sich vom AAA mit intraluminalen Thrombus differenzieren, indem versucht wird, die Intima durch sklerosebedingte Wandechos (**Abb. 9**) oder Plaque zu lokalisieren [32].

Die hier gezeigten Prinzipien und Messfehlermöglichkeiten bei der Bestimmung des Aortendurchmessers gelten auch für die Durchmesserbestimmung aller Gefäße und sind insbesondere auch für die Bestimmung des Flussvolumens bei **arteriovenösen (AV-) Fisteln** relevant.

Fazit für die Praxis

- Sowohl die Methode zur Messung des Aortendurchmessers als auch die Messebene müssen in Ultraschallmessungen und auch in der Computertomographie (CT) standardisiert sein, um Vergleichs- und valide Verlaufuntersuchungen zu ermöglichen.
- Der Aortendurchmesser sollte in der Aneurysmadiagnostik orthogonal (senkrecht zur Gefäßachse) im breitesten Durchmesser (ach-

Abb. 9 ▲ Bei Bestimmung des Aortendurchmessers ist die Wandverdickung beim inflammatorischen Aortenaneurysma anhand der echoreichen Reflexe der Intima mit Sklerose und Plaque von einem Aneurysma mit wandständigem Thrombus (innerhalb der Intima) zu differenzieren. Zur hier ausnahmsweise gezeigten Innendurchmesserbestimmung („inner-to-inner edge“, ITI) sollten (Risikoabschätzung) die inflammatorisch bedingte Wandverdickung (hier 9 mm) und die Messmethode angegeben werden

senunabhängig) mit der LELE („leading-to-leading edge“-Methode bestimmt werden, um reproduzierbare und in Studien vergleichbare, reelle Werte zu erhalten.

- Die Sonographie zeigt bei dieser standardisierten Messmethode auch im Methodenvergleich zur CT valide, reproduzierbare Ergebnisse und ist für Screeninguntersuchungen zum abdominalen Aortenaneurysma (AAA) die Methode der Wahl.
- Bei grenzwertigen Befunden, sowohl im Screening als auch in der Operationsindikation, und bei rascher Diameterzunahme in der Verlaufskontrolle sollte die systolisch-diastolische Schwankung bestimmt werden, um die gemessene Diameterschwankung adäquat zu bewerten.
- Die exakte Bestimmung des Aortendurchmessers ist enorm wichtig, um im Screening eine verunsichernde Überdiagnose zu vermeiden und um bei größeren AAA das Rupturrisiko adäquat abzuschätzen und eine Übertherapie mit beträchtlichen Komplikationsmöglichkeiten zu vermeiden.
- Viele Studien versuchen zu evaluieren, welche Messebene, welche Messachse und welche Positionierung der Messkaliber die besten Interobservervariabilitäten zeigt. Bei der zur Ermittlung des realen Aortendurchmessers notwendigen orthogonalen Messung erübrigen sich viele Fragestellungen zur Messachse, und achsenbedingte Messfehler werden reduziert. Ultraschallphänomene drängen zur LELE-Kaliberpositionierung.

Korrespondenzadresse

Dr. W. Schäberle

Chirurgische Abteilung, Alb-Fils-Kliniken
Eichertstr. 3, 73035 Göppingen, Deutschland
Wilhelm.Schaerberle@af-k.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. Gemäß den Richtlinien des Springer Medizin Verlags werden Autoren und Wissenschaftliche Leitung im Rahmen der Manuskripterstellung und Manuskriptfreigabe aufgefordert, eine vollständige Erklärung zu ihren finanziellen und nichtfinanziellen Interessen abzugeben.

Autoren. W. Schäberle: A. Finanzielle Interessen: W. Schäberle gibt an, dass kein finanzieller Interessenkonflikt besteht. – B. Nichtfinanzielle Interessen: Viszeral- und Gefäßchirurg, Oberarzt, Alb-Fils-Kliniken, Göppingen | Mitgliedschaften: DGG, DEGUM, DGAV, Ultraschallkommission der DGG (Vorsitzender), DEGUM (erweiterter Vorstand), Herausgeberboard Zeitschrift *Gefäßchirurgie*, Qualitätssicherungskommission der KV.

Wissenschaftliche Leitung. Die vollständige Erklärung zum Interessenkonflikt der Wissenschaftlichen Leitung finden Sie am Kurs der zertifizierten Fortbildung auf www.springermedizin.de/cme.

Der Verlag erklärt, dass für die Publikation dieser CME-Fortbildung keine Sponsorengelder an den Verlag fließen.

Für diesen Beitrag wurden vom Autor keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

- Hyhlik-Dürr A, Debus S, Eckstein HH et al (2011) Ultrasound screening in abdominal aortic aneurysm—numbers, data, facts. *Zentralbl Chir* 136(4):390
- Wanhainen A, Verzini F, Van Herzele I et al (2019) European society for vascular surgery (ESVS) 2019 clinical practice guidelines on the management of abdominal aorto-iliac artery aneurysms. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 57:8–93
- Beales L, Wolstenhulme S, Evans JA et al (2011) Reproducibility of ultrasound measurement of abdominal aorta. *Br J Surg* 98(11):1517–1525
- Long A, Rouet L, Lindholdt JS, Allaire E (2012) Measuring the maximum diameter of native abdominal aortic aneurysms: review and critical analysis. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 43:515–521
- Carino D, Sarac T, Ziganshin B et al (2018) Abdominal aortic aneurysm: evolving controversies and uncertainties. *Int J Angiol* 27:58–80
- Harthorne TC, McCollum CN, Earnshaw JJ et al (2011) Ultrasound measurement of aortic diameter in a national screening programme. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 42(2):195–199
- Lindholdt JS, Vammen S, Juul S et al (1999) The validity of ultrasonographic scanning as screening method for abdominal aortic aneurysm. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 17(6):472–475
- Vidakovic R, Feringa HH, Kuiper RJ et al (2007) Comparison with computed tomography of two ultrasound devices for diagnosis of abdominal aortic aneurysm. *Am J Cardiol* 100(12):1786–1791
- Mastracci TM, Cinà CS (2007) Screening for abdominal aortic aneurysm in Canada: review and position statement of the Canadian society for vascular surgery. *J Vasc Surg* 45(6):1268–1276
- Thanos J, Rebeira M, Shragge BW, Urbach D (2008) Vascular ultrasound screening for asymptomatic abdominal aortic aneurysm. *Health Policy* 4(2):75–83
- Bredahl K, Taudorf M, Long A et al (2013) Three-dimensional ultrasound improves the accuracy of diameter measurement of the residual sac in EVAR patients. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 46(5):525–532
- Pfister K, Kasprzak P, Apfelbeck H, Schäberle H et al (2014) Hochauflösende 3-D-Sonographie und Bildfusion mit der CT-Angiographie – Herausforderungen und Möglichkeiten. *Gefäßchirurgie* 19:422–428
- Bredahl K, Sandholt B, Lonn L et al (2015) Three-dimensional ultrasound evaluation of small asymptomatic abdominal aortic aneurysms. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 49:289–296
- Lowe C, Ghulam Q, Bredahl K et al (2016) Three-dimensional ultrasound in the management of abdominal aortic aneurysm: a topical review. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 52:466–474
- Long A, Rouet L, Debreuve A et al (2013) Abdominal aortic aneurysm imaging with 3-D ultrasound: 3-D-based maximum diameter measurement and volume quantification. *Ultrasound Med Biol* 39:1325–1336
- Lederle FA, Wilson SE, Johnson GR et al (1995) For the abdominal aortic aneurysm detection and management veterans administration cooperative study group. Variability in measure of abdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg* 21:945–952
- Ellis M, Powell JT, Greenhalgh RM (1991) Limitations of ultrasonography in surveillance of small abdominal aortic aneurysms. *Br J Surg* 78(5):616–616
- Lindholt JS, Juul S, Fasting H et al (2004) Screening for abdominal aortic aneurysm: single center randomized controlled trial. *BMJ* 330:1259–1262
- The UK Small Aneurysm Trial Participants. (1998) Mortality results for randomised controlled trial of early elective surgery or ultrasonographic surveillance for small abdominal aortic aneurysms. *Lancet* 352:1649–1655
- Pleumeekers HJ, Hoes AW, Mulder PG et al (1998) Differences in observer variability of ultrasound measurement of the proximal and distal aorta. *J Med Screen* 5(2):104–108
- Zöllner N, Zoller WG, Spengel F et al (1991) The spontaneous course of small abdominal aortic aneurysms. Aneurysmal growth rates and life expectancy. *Klin Wochenschr* 69:633–639
- Grimshaw GM, Docker MF (1992) Accurate screening for abdominal aortic aneurysm. *Clin Phys Physiol Meas* 13:135–138
- Multicentre Aneurysm Screening Study Group (2002) The multicentre aneurysm screening study (MASS) into the effect of abdominal aortic aneurysm screening on mortality in men: a randomized controlled trial. *Lancet* 360:1531–1539
- Lanne T, Sandgren T, Mangell P et al (1997) Improved reliability of ultrasonic surveillance of abdominal aortic aneurysms. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 13(2):149–153
- Chiu KW, Ling L, Tripathi V et al (2014) Ultrasound measurement for abdominal aortic aneurysm screening: a direct comparison of the three leading methods. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 47(4):367–373
- Thapar A, Cheal D, Hopkins T et al (2010) Internal or external wall diameter for abdominal aortic aneurysm screening? *Ann R Coll Surg Engl* 92:503–505
- Borgbjerg J, Bogsted M, Lindholt J et al (2018) Superior reproducibility of the leading to leading edge and inner to inner edge methods in the ultrasound assessment of maximum abdominal aortic diameter. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 37:3213–3221
- Li AE, Kamel I, Rando F et al (2004) AJR using MRI to assess aortic wall thickness in the multiethnic study of atherosclerosis: distribution by race, sex, and age. *AJRAm J Roentgenol* 182:593–597
- Timaran C, Rosero E, Clagett P et al (2006) Noninvasive vascular imaging: ultrasound and MRI abstract 2423: abdominal aortic wall-thickness by magnetic resonance imaging and cardiovascular disease in a multi-ethnic population-based study. *Circulation* 114:498
- Arko FR, Murphy EH, Davis CM 3rd et al (2007) Dynamic geometry and wall thickness of the aortic neck of abdominal aortic aneurysms with intravascular ultrasonography. *J Vasc Surg* 46:891–896 (discussion 896–7)
- Gürtelschmid M, Björck M, Wanhainen A (2014) Comparison of three ultrasound methods of measuring the diameter of the abdominal aorta. *Br J Surg* 101:633–636
- Schäberle W (2018) Ultrasonography in vascular diagnosis, 3. Aufl. Springer, Heidelberg, Berlin, S423–434
- Debus ES, Heidemann F, Gross-Fengels W et al (2018) Kurzfassung S3-Leitlinie zu Screening, Diagnostik, Therapie und Nachsorge des Bauchortenaneurysmas. *Gefäßchirurgie* 23:432–451
- Grondal N, Bramsen MB, Thomson MD et al (2012) The cardiac cycle is the major contributor to variability in size measurements of abdominal aortic aneurysms by ultrasound. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 43:30–33
- Laskowski I, Venhagen HJ, Gagne P et al (2007) Current safe of dynamic imaging in endovascular aortic aneurysm repair. *J Endovasc Ther* 14:807–812
- Teutellink A, Rutten A, Muhs BE et al (2006) Pilot study of dynamic cine CT angiography for evaluation of abdominal aortic aneurysms: implications for endovascular treatment. *J Endovasc Ther* 13:139–144
- van Hervaarden JA, Bartels LW, Muhs BE et al (2006) Dynamic magnetic resonance angiography of aneurysm neck: conformational changes during the cardiac cycle with possible consequences for endovascular sizing and future design. *J Vasc Surg* 44:22–28
- van Keulen JW, Prokop M, Moll FL et al (2009) Dynamics of the aorta before and after endovascular aneurysm repair. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 38:586–596
- Vos AW, Wisselink W, Marcus JT et al (2002) Aortic aneurysm pulsatile wall motion imaged by MRI: a tool to evaluate efficacy of endovascular aneurysm repair. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 23:158–161
- van Keulen JW, Moll FL, Barwegen GK et al (2010) Pulsatile distention of proximal aneurysm neck is larger in patients with stent graft migration. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 40:326–331
- Bredahl K, Eldrup N, Meyer C et al (2013) Reproducibility of ECG-gated ultrasound diameter assessment of small abdominal aortic aneurysms. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 45(3):235–240

42. Singh K, Jacobsen BK, Solberg S et al (2004) The difference between ultrasound and computed tomography (CT) measurements of aortic diameter increases with aortic diameter: analysis of axial images of abdominal aortic and common iliac artery diameter in normal and aneurismal aortas. The Tromsø study, 1994–1995. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 28:158–167
43. Sprouse LR, Meier GH, Lesar CJ et al (2003) A comparison of abdominal aortic aneurysm diameter measurements obtained by ultrasound and computerized tomography: is there a difference? *J Vasc Surg* 38(3):466–471
44. Foo FJ, Hammond CJ, Goldstone AR et al (2011) Agreement between computed tomography and ultrasound on abdominal aortic aneurysms and implications on clinical decisions. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 42:608–614
45. Jaakkola P, Hippeläinen M, Farin P et al (1996) Interobserver variability in measuring the dimension of the abdominal aorta: comparison of ultrasound and computed tomography. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 12:230–237
46. Moll FL, Powell JT, Fraedrich G et al (2011) Management of abdominal aortic aneurysms. Clinical practice guidelines of the European society of vascular surgery. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 41:51–58
47. Mora CE, Marcus CD, Barbe CM et al (2014) Measurement of maximum diameter of native abdominal aortic aneurysm by angio-CT: reproducibility is better with the semi-automated method. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 47:139–150
48. Mora CE, Marcus CD, Barbe CM et al (2015) Maximum diameter of native abdominal aortic aneurysm measured by angio-computed tomography: reproducibility and lack of consensus impacts on clinical decisions. *Aorta* 3:47–55
49. Manning BJ, Kristmundsson T, Sonesson B et al (2009) Abdominal aortic aneurysm diameter: a comparison of ultrasound measurements with those from standard and three-dimensional computed tomography reconstructions. *J Vasc Surg* 50:263–268
50. Sprouse LR, Meier GH, Parent FN et al (2004) Is ultrasound more accurate than axial computed tomography for determination of maximal abdominal aortic aneurysm diameter? *Eur J Vasc Endovasc Surg* 28:28–35
51. Svensjö S, Björck M, Wanhainen A et al (2014) Update on screening of abdominal aortic aneurysm. A topical review. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 48:659–667
52. Johansson M, Zuhl H, Siersma V et al (2018) Benefits and harm of screening men for abdominal aortic aneurysm in Sweden: a registry-based cohort study. *Lancet* 291:2441–2447
53. Johansson M, Hansson A, Brodersen J et al (2015) Estimating overdiagnosis in screening für abdominal aortic aneurysm: could a change in smoking habits and lowered aortic diameter tip the balance of screening towards harm? *BMJ* 350:h825
54. Wanhainen A, Rosen C, Rutegard J et al (2004) Low quality of life prior to screening of abdominal aortic aneurysm: a possible risk factor for negative mental effects. *Ann Vasc Surg* 18:287–293
55. Spencer C, Norman P, Jamrozik K et al (2004) Is screening for abdominal aortic aneurysm bad for your health and well-being? *ANZ J Surg* 74:1069–1075
56. Scott RA, Tisi PV, Ashton HA et al (1998) Abdominal aortic aneurysm rupture rates: a 7-year follow-up of the entire abdominal aortic aneurysm population detected by screening. *J Vasc Surg* 28:124–128
57. Singh K, Bonaa K, Jacobson G et al (2001) Prevalence et risk factors for abdominal aortic aneurysms in a population-based study: the Tromsø study. *Am J Epidemiol* 154:236–244
58. Normann P, Jamrozik K, Lawrence-Brown M et al (2004) Population based randomized controlled trial on impact of screening on mortality from abdominal aortic aneurysm. *BMJ* 329:1259–1262
59. Darwood R, Brooks M (2012) The impact of decreasing abdominal aortic aneurysm prevalence on a local aneurysm screening programme. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 44:45–50
60. Conway A, Malkawi A, Hinchcliffe R et al (2011) Early experience of the UK aneurysm screening programme. *Br J Surg* 98(S1):1–15
61. Forman C, Sales H, Trainor O et al (2011) Aneurysm screening results in North London—a world away from the MASS trial. *Br J Surg* 98(S1):1–15
62. Svensjö S, Björck M, Gurtelschmid M et al (2011) A low prevalence of abdominal aortic aneurysm among 65-year-old Swedish men indicates a change in the epidemiology of the disease. *Circulation* 124:1118–1123
63. NHS Abdominal Aortic Screening Programme (2009) NHS abdominal aortic aneurysm screening programme annual report 2009–10. 1010
64. Guirguis-Blake J, Beil T, Senger C et al (2019) Primary care screening for abdominal aortic aneurysm: a systematic evidence review for the U.S. Preventive services task force. Agency for healthcare research and quality (US) (Report No.:19-05253-EF-1)
65. Schmitz-Rixen T, Steffen M, Böckler D et al (2020) Versorgung des abdominalen Aortenaneurysmas (AAA) 2018. *Gefäßchirurgie* 25:105–113
66. Brown P, Zelt D, Sobolev B (2003) The risk of rupture in untreated aneurysms: the impact of size, gender and expansion rate. *J Vasc Surg* 37:280–284
67. Parkinson F, Ferguson S, Lewis P et al (2015) Rupture rates of untreated large abdominal aortic aneurysms in patients unfit for elective repair. *J Vasc Surg* 61:1606–1612
68. Powell J, Gotensparre S, Sweeting M et al (2010) Rupture rates of small aortic aneurysms: a systematic review. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 41:2–10
69. Patel R, Sweeting M, Powell J et al (2016) Endovascular versus open repair of abdominal aortic aneurysm in 15 years follow up of the UK endovascular aneurysm repair trial 1 (EVAR trial 1): a randomised controlled trial. *Lancet* 388:2366–2374
70. Miju B, Chung Woon S, Won Lee C et al (2017) A comparative study of abdominal aortic aneurysm: endovascular aneurysm repair versus open repair. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg* 50:263–269
71. Harris P, Vallabhaneni R, Desgranges P et al (2000) Incidence and risk factor of late rupture, conversion and death after endovascular repair of infrarenal aortic aneurysms: The EUROSTAR experience. *J Vasc Surg* 32:739–749
72. Schlosser FJ, Gusberg RJ, Dardik A, Lin PH, Verhagen HJ, Moll FL et al (2009) Aneurysm rupture after EVAR: can the ultimate failure be predicted? *Eur J Vasc Endovasc Surg* 37:15–22
73. Sidloff DA, Stather PW, Choke E, Bown MJ, Sayers RD (2013) Type II endoleak after endovascular aneurysm repair. *Br J Surg* 100:1262–1270
74. Schermerhorn M, Buck D, O'Malley A (2015) Long-term outcomes of abdominal aortic aneurysm in the medicare population. *N Engl J Med* 373:328–338
75. United Kingdom EVAR Trial Investigators, Greenhalgh R, Brown L, Powell J et al (2010) Endovascular versus open repair of abdominal aortic aneurysm. *N Engl J Med* 362:1863–1871
76. De Bruin J, Baas A, Buth J et al (2010) Long-term outcome of open or endovascular repair of abdominal aortic aneurysm. *N Engl J Med* 362:1881–1889
77. Deery S, Ergul E, Schermerhorn M et al (2018) Aneurysm sac expansion is independently associated with late mortality in patients treated with endovascular aneurysm repair. *J Vasc Surg* 67:157–164
78. Schanzer A, Greenberg R, Hevelone N et al (2011) Predictors of early or late aneurysm sac enlargement after endovascular repair. *Circulation* 123:2848–2855
79. Houbballah R, Majewski M, Becquemin JP (2010) Significant sac retraction after endovascular aneurysm repair is a robust indicator of durable treatment success. *J Vasc Surg* 52(4):878–883
80. Bastos Goncalves F, Baderkhan H, Verhagen H et al (2014) Early sac shrinkage predicts a low risk of late complications after endovascular aortic aneurysm repair. *Br J Surg* 101:802–810
81. Schäberle W, Heim GR, Leyerer L (2014) Hat die Farbduplexsonographie noch eine Bedeutung gegenüber der Kontrastmittelsonographie in der Endoleakdiagnostik nach EVAR. *Gefäßchirurgie* 19:47–52

Sonographische Bestimmung des Aortenaneurysmadurchmessers

Zu den Kursen dieser Zeitschrift: Scannen Sie den QR-Code oder gehen Sie auf www.springermedizin.de/kurse-gefaesschirurgie

? Welche der folgenden Aussagen zu Grenzdurchmessern ist bei der Beurteilung eines abdominalen Aortenaneurysmas (AAA) richtig?

- ☐ Von einem AAA spricht man bei einer sprunghaften Verdopplung des Aortendurchmessers im Verlauf oder einem Durchmesser >3 cm.
- ☐ Ein AAA beginnt bei Aortendurchmessern >3,5 cm.
- ☐ Bei Aortendurchmessern (AAA) >4,5 cm ist gemäß Leitlinien eine Operationsindikation gegeben.
- ☐ Ein Aneurysmawachstum von >5 mm in einem halben Jahr hat noch keinen Einfluss auf die Operationsindikation.
- ☐ Eine Operationsindikation besteht gemäß Leitlinien nicht bei Aneurysmadurchmessern <6 cm.

? Welche Aussage zu pulsatischen Schwankungen des Aortendurchmessers ist richtig?

- ☐ Die Aorta zeigt keine pulsatischen Schwankungen.
- ☐ Pulsatile Schwankungen bewegen sich bei Werten <1 mm und sind somit in Messungen irrelevant.
- ☐ Pulsatile Schwankungen sind sonographisch nicht darstellbar.
- ☐ Pulsatile Schwankungen sind im Time-motion-Modus darstellbar
- ☐ Pulsatile Schwankungen betragen häufig >5 mm.

? Welche Aussage zur Kaliberpositionierung ist richtig?

- ☐ Studien zeigen übereinstimmend, dass die OTO („outer-to-outer edge“-Messung die am besten reproduzierbare ist.
- ☐ Ein Vergleich der Messwerte von Innendurchmesserbestimmung („inner-to-inner edge“, ITI) mit Außendurchmessersbestimmung (OTO) zeigt beim abdominalen Aortenaneurysma (AAA) keine relevanten Diskrepanzen.
- ☐ Die LELE („leading-to-leading edge“-Methode sollte nur bei der Messung kleiner Gefäße angewandt werden.
- ☐ Bei der LELE-Methode wird in anterior-posteriorer Ebene von der Aortenaußenwand des schallkopfnahen Aortenwandreflexes zur Aorteninnenwand des schallkopfernen Aortenwandreflexes gemessen.
- ☐ Bei derartig großen Gefäßen wie der Aorta hat der Blooming-Effekt keine Bedeutung.

? Welche Aussage zur Messmethodik ist richtig?

- ☐ Die zuverlässigsten und am besten reproduzierbaren Messergebnisse erhält man, wenn in axialer Ebene ein Mittelwert des Durchmessers aus anterior-posteriorer Achse und aus Transversalachse genommen wird.
- ☐ Am besten reproduzierbar ist die AAA(abdominales Aortenaneurysma)-Messung axial in der Transversalachse.
- ☐ Die Messebene hat wenig Einfluss auf die Messgenauigkeit.

- ☐ Die orthogonale Ebene ist senkrecht zur Gefäßachse gemessen.
- ☐ In orthogonaler Ebene wird der AAA-Messwert im Vergleich zur axialen Ebene meist größer.

? Welche Aussage zur Messebene ist richtig?

- ☐ Wegen häufig vorkommender Aortenelongation sollte der AAA(abdominales Aortenaneurysma)-Durchmesser in Longitudinalebene bestimmt werden.
- ☐ Bei der Bestimmung des AAA-Durchmessers spielt die Messebene axial oder orthogonal keine Rolle.
- ☐ In den meisten Screeningstudien wird der AAA-Durchmesser in orthogonaler Ebene bestimmt.
- ☐ Alle Screeningstudien bestimmen den AAA-Durchmesser in axialer Ebene.
- ☐ Die AAA-Messung in orthogonaler Ebene ist v. a. bei Aortenelongation bedeutungsvoll.

? Welche Aussage zur Messachse ist richtig?

- ☐ Die Messkaliber sollten in transversaler Achse gesetzt werden, weil an der seitlichen Wand die Ortsauflösung am höchsten ist.
- ☐ An der seitlichen Aortenwand spielt der Blooming-Effekt keine Rolle.
- ☐ Die Messung in anterior-posteriorer Achse zeigt durch die sonographisch höhere Ortsauflösung (bei senkrechtem Auftref-

Informationen zur zertifizierten Fortbildung

Diese Fortbildung wurde von der Ärztekammer Nordrhein für das „Fortbildungszertifikat der Ärztekammer“ gemäß § 5 ihrer Fortbildungsordnung mit 3 Punkten (Kategorie D) anerkannt und ist damit auch für andere Ärztekammern anerkennungsfähig.

Anerkennung in Österreich und der Schweiz: Für das Diplom-Fortbildungs-Programm (DFP) werden die von

deutschen Landesärztekammern anerkannten Fortbildungspunkte aufgrund der Gleichwertigkeit im gleichen Umfang als DFP-Punkte anerkannt (§ 14, Abschnitt 1, Verordnung über ärztliche Fortbildung, Österreichische Ärztekammer (ÖÄK) 2013). Die Schweizerische Gesellschaft für Gefäßschirurgie vergibt 3 Credits für die zertifizierte Fortbildung in „Gefäßschirurgie“.

Hinweise zur Teilnahme:

- Die Teilnahme an dem zertifizierten Kurs ist nur online auf www.springermedizin.de/cme möglich.
- Der Teilnahmezeitraum beträgt 12 Monate. Den Teilnahmeschluss finden Sie online beim Kurs.
- Die Fragen und ihre zugehörigen Antwortmöglichkeiten werden online in zufälliger Reihenfolge zusammengestellt.

- Pro Frage ist jeweils nur eine Antwort zutreffend.
- Für eine erfolgreiche Teilnahme müssen 70% der Fragen richtig beantwortet werden.
- Teilnehmen können Abonnenten dieser Fachzeitschrift und e.Med-Abonnenten.

fen des Schallstrahls auf die Aortenwand) genauere Messergebnisse als die Messung des Aortendurchmessers in transversaler Achse (an seitlicher Wand der Aorta).

- In transversaler Messachse sind die Messergebnisse nach Studien am besten reproduzierbar.
- Bei orthogonaler Messung braucht man nicht nach der LELE („leading-to-leading edge“-Methode) zu messen.

? Welche Aussage zum Vergleich von Computertomographie-Angiographie (CTA) und Ultraschall ist richtig?

- Die CTA ist der Goldstandard bei der AAA(abdominales Aortenaneurysma)-Messung, weil Interobservervariabilitäten bedeutungslos sind.
- Ultraschallmessungen und Messungen mit der CTA zeigen eine gute Korrelation, durchschnittlich zeigt der Ultraschall aber in vielen Studien durchschnittlich geringere Messwerte.
- Bei AAA-Messungen durch die CTA wird grundsätzlich der Messwert in der Systole festgehalten.
- Vergleichsmessungen zwischen sonographischer AAA-Messung und Messungen mit der CTA zeigen eine schlechte Korrelation.
- Im Gegensatz zu Ultraschallmessungen spielt in der CTA die Positionierung der Messkaliber bezüglich der Aortenwand keine Rolle.

? Welche Aussage bezüglich der exakten Bestimmung des Aortendurchmessers ist richtig?

- In Screeningprogrammen sollte der Aortendurchmesser eher großzügig bestimmt werden, um sicherheitshalber auch alle grenzwertigen Befunde in die Verlaufsbeobachtung einzuschleusen.
- Das Problem der Überdiagnose spielt in AAA(abdominales Aortenaneurysma)-Screeningprogrammen keine Rolle.
- Bedingt durch die geringe Mortalität nach EVAR („endovascular aortic repair“), kann der operationsrelevante AAA-Durchmesser bei Männern gemäß Leitlinie auf <5 cm herabgesetzt werden.

- Das Problem der Übertherapie ist aus ethischen Gründen bei der Behandlung des AAA nicht relevant.
- Die Diagnose eines AAA kann zu einer Verunsicherung und einer Einschränkung von Lebensqualität führen, daher sollte in Screeningprogrammen der Aortendurchmesser möglichst exakt bestimmt werden.

? Welche Aussage bezüglich der sonographischen Verlaufskontrolle nach EVAR („endovascular aortic repair“) ist richtig?

- Pulsatile Durchmesserschwankungen des Restsacks werden nicht beobachtet.
- Durchmesser-messungen sind für die Prognose irrelevant.
- Gemäß Übereinstimmung aller Studien sind bei sinkendem Durchmesser bei Messung ein halbes Jahr nach EVAR keine weiteren Verlaufskontrollen mehr nötig.
- Bei steigenden Restsackdurchmessern muss unbedingt nach einem Endoleak gesucht werden.
- Sonographische Durchmesserbestimmungen sind im Allgemeinen nicht sinnvoll. Es sollte immer halbjährlich mit CEUS („contrast-enhanced ultrasound“) oder Computertomographie-Angiographie (CTA) kontrolliert werden.

? Welche Aussage ist hinsichtlich der Bewertung der Operationsindikation beim abdominalen Aortenaneurysma (AAA) richtig?

- Bei fraglicher Operationsindikation sollte ein Mittelwert des Durchmessers aus axialer und transversaler Achse herangezogen werden.
- Pulsatile Schwankungen spielen keine Rolle.
- Sonographisch sollte bei Werten um 5,5 cm der Außenwanddurchmesser („outer-to-outer edge“, OTO) herangezogen werden, weil sonst die Rupturgefahr unterschätzt wird.
- Bei operationsrelevanten Diskrepanzen sollte immer die Computertomographie(CT)-Messung als Referenz genommen werden, weil die Messebene in der CT keine Rolle spielt.

- Gemäß deutschen Leitlinien besteht bei Männern eine Operationsindikation bei einem Durchmesser >5,5 cm (gemessen nach der LELE („leading-to-leading edge“-Methode)).

Hier steht eine Anzeige.