

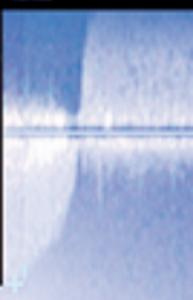
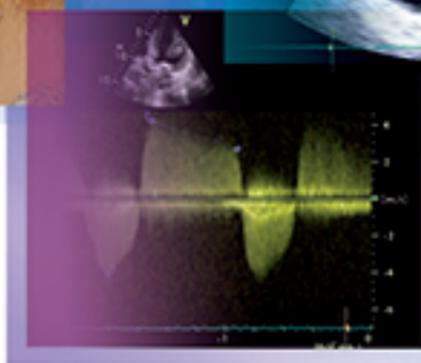
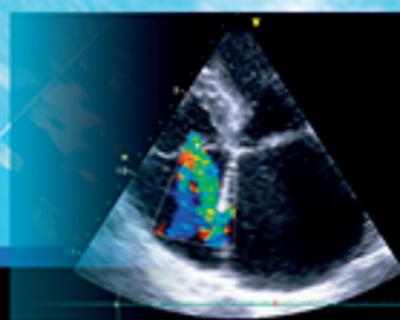
Transthorakale Echokardiografie

für Anästhesisten und Intensivmediziner

Fotios Kefalianakis
Gerhard Wagner
Matthias Hansen



10



 Thieme

Transthorakale Echokardiografie

für Anästhesisten
und Intensivmediziner

Fotios Kefalianakis
Gerhard Wagner
Matthias Hansen

270 Abbildungen
6 Tabellen

Georg Thieme Verlag
Stuttgart · New York

*Bibliografische Information
der Deutschen Nationalbibliothek*

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2011 Georg Thieme Verlag KG
Rüdigerstraße 14
70469 Stuttgart
Deutschland
Telefon: +49/(0)711/8931-0
Unsere Homepage: www.thieme.de
Printed in Germany

Lektorat: Elisabeth Dominik, Stockach
Zeichnungen: Karin Baum, Paphos, Zypern
Umschlaggestaltung: Thieme Verlagsgruppe
Satz: stm|media GmbH, Köthen
gesetzt aus Adobe InDesign CS5
Druck: Offizin Andersen Nexö Leipzig GmbH,
Zwenkau

ISBN 978-3-13-154281-6 1 2 3 4 5 6

Auch erhältlich als E-Book:
eISBN (PDF) 978-3-13-166151-7

Wichtiger Hinweis: Wie jede Wissenschaft ist die Medizin ständigen Entwicklungen unterworfen. Forschung und klinische Erfahrung erweitern unsere Erkenntnisse, insbesondere was Behandlung und medikamentöse Therapie anbelangt. Soweit in diesem Werk eine Dosierung oder eine Applikation erwähnt wird, darf der Leser zwar darauf vertrauen, dass Autoren, Herausgeber und Verlag große Sorgfalt darauf verwandt haben, dass diese Angabe **dem Wissensstand bei Fertigstellung des Werkes** entspricht.

Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag jedoch keine Gewähr übernommen werden. **Jeder Benutzer ist angehalten**, durch sorgfältige Prüfung der Beipackzettel der verwendeten Präparate und gegebenenfalls nach Konsultation eines Spezialisten festzustellen, ob die dort gegebene Empfehlung für Dosierungen oder die Beachtung von Kontraindikationen gegenüber der Angabe in diesem Buch abweicht. Eine solche Prüfung ist besonders wichtig bei selten verwendeten Präparaten oder solchen, die neu auf den Markt gebracht worden sind. **Jede Dosierung oder Applikation erfolgt auf eigene Gefahr des Benutzers.** Autoren und Verlag appellieren an jeden Benutzer, ihm etwa auffallende Ungenauigkeiten dem Verlag mitzuteilen.

Geschützte Warennamen (Warenzeichen) werden **nicht** besonders kenntlich gemacht. Aus dem Fehlen eines solchen Hinweises kann also nicht geschlossen werden, dass es sich um einen freien Warennamen handelt.

Das Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Geleitwort

Die in der Medizin einsetzbaren Ultraschallverfahren haben in den letzten 15–20 Jahren eine solche technische Perfektionierung erfahren, dass uns heute weitestgehend ausgereifte Ultraschallgeräte Einblicke in bisher verborgene Strukturen erlauben. In Anästhesie und Intensivmedizin brachte uns vor allem die Echokardiografie – ob transösophageal oder transthorakal – als intraoperatives und perioperatives Monitorverfahren mit riesigen Schritten voran.

Binnen kurzer Untersuchungszeit können so wesentliche intensivmedizinische Differenzialdiagnosen wie Hypovolämie, Flüssigkeitsüberladung, Kontraktilitätsstörung oder dekompensiertes Klappenvitium bzw. Perikardtampnade geklärt werden. Diese Technik nimmt bei der genannten Fragestellung heute eine einzigartige Position ein, weil der Einsatz der Echosonde in der Hand des Geübten von unschlagbarer Bedeutung bezüglich zeitlichem Vorteil und medizinischer Aussagekraft ist. Und gerade die transthorakale Echokardiografie ist eine außerordentlich wertvolle noninvasive Methode, weil sie bei fast allen Patienten unmittelbar am Bett auf der Intensivtherapiestation eingesetzt werden kann. Somit müssen sowohl transthorakale wie auch transösophageale Echokardiografie auf unseren Intensivtherapiestationen gelehrt und regelmäßig eingesetzt werden. Wer heute auf der Intensivtherapiestation erfolgreich arbeiten möchte, muss in der Lage sein, binnen kurzer Zeit eine verlässliche Differenzialdiagnose hämodynamischer Instabilitäten durchzuführen.

Ein wesentlicher Faktor bei transthorakaler (und transösophagealer) Echokardiografie ist und bleibt der Untersucher. Eine standardisierte Weiterbildung mit täglicher Übung und täglichem Einsatz der Methode ist der beste Garant für die erfolgreiche Anwendung der Methode. Da im deutschen Sprachraum und für Anästhesie/Intensivmedizin bisher ein praxisbezogenes Buch über den Einsatz der transthorakalen Echokardiografie fehlte, haben die Autoren Kefalianakis, Hansen und Wagner konsequenterweise angesetzt, diese Lücke zu schließen. Ich kenne die Autoren aus der täglichen Praxis persönlich und bringe ihrer Fachkompetenz die erforderliche Achtung entgegen. Mit dem vorliegenden Buch haben sie auch noch bewiesen, dass sie didaktisch erfolgreich sein können.

In diesem Sinne wünsche ich den Autoren, dass sich das Buch möglichst weit verbreiten möge und der nachwachsenden Generation von Ärzten wünsche ich, dass sie intensiv den Einsatz von ultraschallbasierten Geräten verfolgt.

Geleitwort

V

Die transthorakale Echokardiografie spielt als orientierendes Verfahren eine wesentliche Rolle in der heutigen Intensivmedizin. Sie wird heute multidisziplinär eingesetzt und ist in ihren Grundzügen rasch erlernbar. Wie alle Ultraschallverfahren erfordert sie aber doch ein erhebliches Maß an anatomischem und funktionellem Verständnis, viel Übung und handwerkliches Geschick. Für den Interessierten liegt hier ein didaktisch gut durchdachtes und übersichtliches Buch vor, mit dem die Einarbeitung in die transthorakale Echokardiografie leicht fallen sollte. Das Buch wird die praktische Übung erfolgreich begleiten können, ersetzt diese aber nicht. Daher sollte auch auf den Intensivstationen nur der Geübte und Erfahrene Diagnosen aus der transthorakalen Echokardiografie ableiten, die ja zum Teil für das weitere Management des Patienten entscheidend sein können. Gerade bei eingeschränkter Bildqualität, wie sie oft bei älteren und beatmeten Patienten zu beobachten ist, sollte im Zweifelsfalle die transösophageale Echokardiografie zusätzlich zum Einsatz kommen. Nicht zu vergessen ist, dass wir heute mit dem Herz-CT ein gerade auch für Intensivpatienten sehr brauchbares, schnelles Instrument zur Verfügung haben, um Bilder in hervorragender Qualität vom Herzen und vom Thorax zu gewinnen.

Es darf auch nicht vergessen werden, dass gerade auf Intensivstationen die Interdisziplinarität oft große Vorteile für den Patienten hat. So sind heute in den meisten Krankenhäusern auch internistisch-kardiologisch tätige Kollegen erreichbar, die die Echokardiografie zu einem zentralen Bestandteil ihrer beruflichen Tätigkeit gemacht haben. In schwierigen Situationen kann es sinnvoll sein, einen solchen Kollegen hinzuzuziehen.

Den Autoren dieses nützlichen Büchleins gratuliere ich zu dem gelungenen Werk, dem ich viel Erfolg wünsche.

Im April 2011

Prof. Dr. U. Sechtem

Vorwort

V

Die Echokardiografie hat in der Anästhesie und Intensivmedizin einen festen Platz eingenommen. Insbesondere die transösophageale Echokardiografie ist in der Kardioanästhesie als ideales Monitoring nicht mehr wegzudenken. Seit geraumer Zeit hat sich der transthorakale Zugang der Echokardiografie als wertvolle Ergänzung im Rahmen der Anästhesie und Intensivmedizin gezeigt. Die Non-Invasivität und die sehr schnelle Verfügbarkeit der transthorakalen Echokardiografie stellen herausragende Vorteile dar.

Für Anästhesisten und Intensivmediziner sind die Fragestellungen bezüglich der Anwendung der transthorakalen Echokardiografie relativ klar umrissen und, verglichen mit der rein kardiologischen Anwendung, auf verhältnismäßig wenige und überschaubare Indikationen beschränkt.

Die Absicht der Autoren ist es, dem klinisch tätigen Anästhesisten und Intensivmediziner einen kommentierten Taschenatlas zur Hand zu geben, welcher – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – anhand transthorakaler echokardiografischer Befunde die wichtigsten Fragestellungen und Krankheitsbilder beschreibt. Ein großer Teil der vorliegenden Abbildungen ist bei beatmeten Patienten auf einer Intensivstation oder präoperativ entstanden. Es sind also für den Anästhesisten/Intensivmediziner unter realen Bedingungen zu erreichende Bilder.

Es ist die Hoffnung der Autoren, anhand der Darstellung einer strukturierten Vorgehensweise zur Akquirierung transthorakaler Bilder Kolleginnen und Kollegen für eine nahezu schonende Technik begeistern zu können. Eine regelmäßige Anwendung der Technik ist, wie bei allen bildgebenden Verfahren, elementar zur sicheren Wertung und Interpretation von Befunden.

Im April 2011

*Fotios Kefalianakis
Gerhard Wagner
Matthias Hansen*

Anschriften

Dr. med. Matthias Hansen
Robert-Bosch-Krankenhaus
Abteilung für Anästhesie
Auerbachstr. 110
70376 Stuttgart

Dr. med. Fotios Kefalianakis
Rems-Murr-Klinik Schorndorf
Klinik für Anästhesie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie
Schlichtener Str. 105
73614 Schorndorf

Dr. med. Gerhard Wagner
Robert-Bosch-Krankenhaus
Abteilung für Anästhesie
Auerbachstr. 110
70376 Stuttgart

Inhaltsverzeichnis

1	Grundsätzliches zur Echokardiografie	1
2	Indikation der transthorakalen Echokardiografie in Anästhesie und Intensivmedizin	5
3	Standardschnitte	7
3.1	Parasternale Position des Schallkopfes	8
3.2	Apikale Position des Schallkopfes	14
3.3	Subcostale Position des Schallkopfes	18
4	Anatomie	23
4.1	Linker Vorhof (LA)	24
4.2	Linker Ventrikel (LV)	26
4.3	Rechter Vorhof (RA)	30
4.4	Rechter Ventrikel (RV)	33
4.5	Aortenklappe (AK)	35
4.6	Mitralklappe (MK)	44
4.7	Trikuspidalklappe (TK)	50
4.8	Pulmonalklappe (PK)	53
5	Krankheitsbilder	59
5.1	Pumpfunktion linker Ventrikel	59
5.2	Krankheitsbilder Aortenklappe	67
5.3	Krankheitsbilder Mitralklappe	90
5.4	Krankheitsbilder Trikuspidalklappe	108
5.5	Krankheitsbilder Pulmonalklappe	120
5.6	Volumenstatus	124
5.7	Kardiale Raumforderungen	130
5.8	Sonstige Krankheitsbilder	142
5.9	Intrakardiale Fremdkörper	160
5.10	Transösophageale Echokardiografie	170
A	Anhang	175
	Weiterführende Literatur	175
	Sachverzeichnis	177

„ΚΑΤΕΥΘΥΝΙ ΔΕ ΚΑΡΔΙΑΣ ΚΥΡΙΟΣ“

„Der Herr prüft die Herzen“

Sprüche 21,2

1 Grundsätzliches zur Echokardiografie

Die Risiken einer transthorakalen Echokardiografie (TTE) sind sehr gering. Eine Schädigung durch Ultraschall erfolgt nur bei einer sehr hohen Energieabgabe auf eine Stelle über eine sehr lange Zeit. Diese Wirkung wird bei einer normalen Untersuchung sicher nicht erreicht. Es gibt deshalb auch keine Kontraindikationen für die TTE.

Mit etwas Übung kann in sehr kurzer Zeit eine TTE durchgeführt werden. Bei einigen Patienten sind jedoch keine hinreichenden Schallbedingungen zu erreichen. Die Schallbedingungen und damit die Aussagefähigkeit müssen neben dem eigentlichen Untersuchungsergebnis immer dokumentiert werden. Es ist ein gravierender Unterschied, ob eine Pathologie nicht vorhanden oder nicht zu sehen ist. Dieser Unterschied führt in der täglichen Routine leider immer wieder zu gravierenden Fehleinschätzungen. Ein Beispiel: Eine relevante Aortenklappenstenose wird bei schlechten Schallbedingungen nicht gesehen, jedoch werden im Befund die schlechten Schallbedingungen und die damit nicht beurteilbare Aortenklappenfunktion nicht vermerkt. Viele Kollegen, die den Patienten danach behandeln, gehen dann davon aus, dass ein Normalbefund vorhanden ist. Ein anderes Beispiel ist ein (bei schwierigen Schallbedingungen) übersehener mechanischer Klappenersatz und das Absetzen der Blutverdünnung bei einer Sturzneigung. Es ist durchaus möglich, dass man bei einer Untersuchung keine ausreichenden Sichtbedingungen erhält, die fehlende Dokumentation dieser Tatsache ist jedoch ein Fehler. Das Hinzuziehen eines Kollegen mit größerer Expertise oder eine Untersuchung mit der TEE (transösophageale Echokardiografie) sind eine Alternative und immer eine Option, wenn durch eine TTE-Untersuchung keine ausreichende Klärung einer Fragestellung erreicht wird.

Schallkopf (Transducer) Es gibt verschiedene Arten von Schallköpfen. Zur TTE werden fast immer Sektorschallköpfe verwendet. Je kleiner der jeweilige Sektor gewählt wird, desto besser ist die zeitliche Auflösung. Linearschallköpfe sind vor allem bei geringer Eindringtiefe und hoher Bildfrequenz sinnvoll. Es werden verschiedene Scannerarten verwendet. Die meisten zurzeit verwendeten Schallköpfe für die Echokardiografie sind Phased Array Scanner. Dabei werden 64 bis 256 Einzelkristalle parallel angeordnet und können „elektronisch“ geschwenkt werden. Mechanisch bewegte Schallköpfe sind eine Ausnahme.

Wellenlänge des Ultraschalls Ultraschall wird für die Echokardiografie meist mit Wellenlängen von 2,5 bis 7,5 MHz eingesetzt. Hohe Frequenzen (7,5–10 MHz) bieten eine hohe Detailauflösung bei gleichzeitig geringer Eindringtiefe und niedrigere Frequenzen eine hohe Eindringtiefe bei geringer Auflösung. Die im modernen Schallkopf eingesetzten Piezokristalle werden sowohl als Sender wie auch als Empfänger verwendet.

B-Mode, Brightness-Mode: Zweidimensionale Schnittbilddarstellung, die Intensität der reflektierten Signale wird in Graustufen dargestellt.

(T)M-Mode, (Time) Motion-Mode: Eindimensionale Ultraschallmessung mit zeitlicher Auflösung, ideal zur Erkennung von schnell beweglichen Strukturen (z. B. Herzklappen, Herzklappenersatz, Wandbewegungen) und zur zeitlichen Zuordnung einer Bewegung.

Dopplermessverfahren (Abb. 1.1) Die Schallwellenfrequenz ändert sich bei Bewegung der Reflexionsquelle oder der Schallquelle. Bei der Echokardiografie wird die Bewegung der Blutzellen oder von Herzstrukturen (z. B. Wandbewegungen) gemessen. Der dabei zu berücksichtigende Messfehler hängt vom Anschlagwinkel ab (Abb. 1.1 a). Messungen mit einem Winkel größer als 25° sind bedingt durch Messfehler problematisch. Moderne Geräte bieten eine automatische Winkelkorrektur ($v \times \cos \alpha$) an.

Mit dem **CW-Mode (Continuous Wave)** – einem kontinuierlichen Messverfahren – können auch hohe Flussgeschwindigkeiten bestimmt werden. Es werden dabei alle Geschwindigkeiten entlang des Messstrahls angegeben.

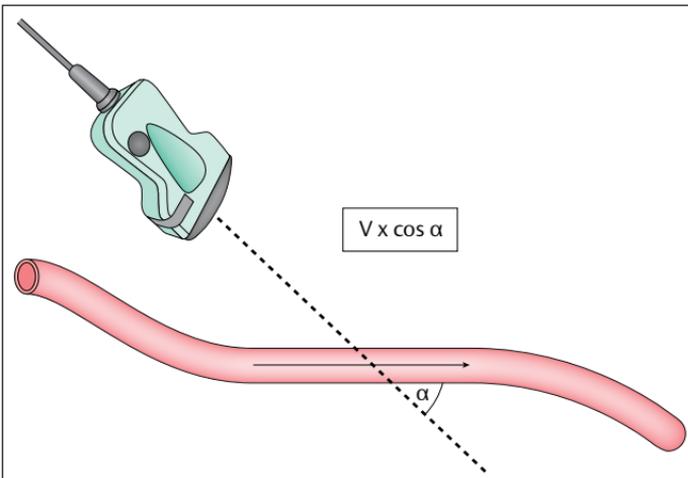


Abb. 1.1 a

Blaue Anteile entsprechen einem Mitralklappen-Insuffizienz-Jet **weg** vom Schallkopf (Abb. 1.1 b).

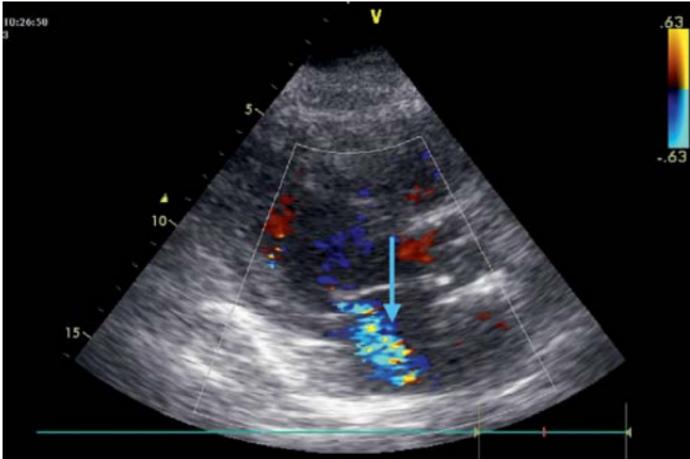


Abb. 1.1 b

Die roten Anteile in dem Aortenklappen-Insuffizienz-Jet deuten auf Flüsse zum Schallkopf **hin** (Abb. 1.1 c).

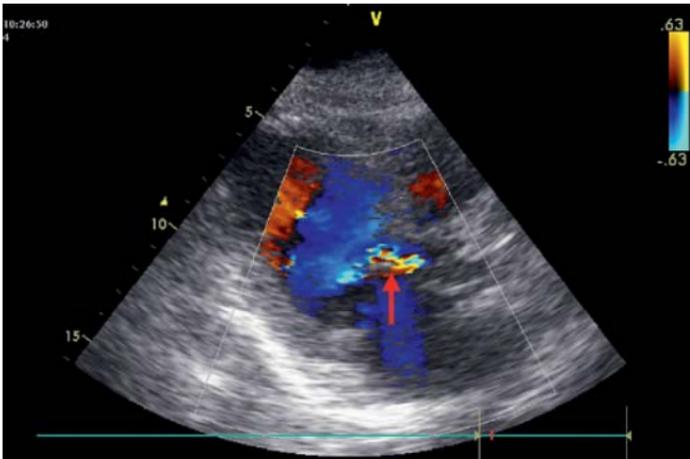


Abb. 1.1 c

Der **PW-Mode (Pulsed Wave)** benutzt ein gepulstes Messverfahren, mit dem eine örtliche Zuordnung (die jeweilige Tiefe, in der gemessen wird) möglich ist. Dieses Verfahren kann je nach Messtiefe nur bis zu einer bestimmten maximalen Geschwindigkeit (Aliasing- oder Nyquistgeschwindigkeit) messen.

Farbdoppler: Hier werden verschiedene Geschwindigkeiten durch ein gepulstes Messverfahren bestimmt und farblich kodiert dargestellt. Bei den meisten Geräten ist eine Bewegung auf den Schallkopf zu rot und eine sich vom Schallkopf weg bewegende Struktur blau dargestellt.

1

Einstellungen des Echokardiografen Eindringtiefe: Abhängig von der gewählten Ultraschallfrequenz sind bis zu einem Schallkopfabstand von circa 20cm Untersuchungen möglich. Schallkopfnahе Strukturen sind immer mit einer besseren Auflösung zu sehen als Strukturen in einer hohen Eindringtiefe.

Eine Signalverstärkung (Gain) zeigt die mit dem Ultraschall erfassten Strukturen stärker, es kommt jedoch bei einer höheren Signalverstärkung auch immer zu vermehrten Rauschartefakten. Deshalb ist der Gain nur so weit zu erhöhen, dass die Strukturen sichtbar werden. Je dunkler der Untersuchungsraum, desto besser lässt sich mit einem niederen Level des Gains arbeiten.

Untersuchungsbedingungen Der Patient wird auf der linken Seite und mit erhöhtem Oberkörper gelagert. Häufig ist zusätzlich die Lagerung des linken Armes mit $>90^\circ$ Abwinkelung im Schultergelenk von Vorteil. Auf der Intensivstation kann bei beatmeten Patienten, falls der Patient dies toleriert, für die Zeit der Untersuchung eine Reduktion des Atemzugvolumens und des PEEPs (Positive endexpiratory Pressure) sinnvoll sein. In einer solchen Situation muss die Untersuchung dann selbstverständlich rasch durchgeführt werden.

Umgebungsbedingungen Ein Raum, in dem das Umgebungslicht reduziert werden kann, ist von großem Vorteil. Es sollten auch kein Außenlicht und keine Sonnenstrahlen direkt auf den Monitor fallen. Je besser die Umgebungsbedingungen, desto einfacher lässt sich eine Untersuchung durchführen.