

# I

## Echokardiografie

### Hämodynamisch fokussierte Echokardiografie



Matthias Göpfert • Heinrich Volker Groesdonk

**In der perioperativen und akutmedizinischen Betreuung kritisch kranker Patienten gewinnt die transthorakale Echokardiografie (TTE) zur hämodynamischen Therapiesteuerung immer mehr an Bedeutung. Denn mit einer fokussierten kardialen Untersuchung erhält man schnell entscheidende Informationen, um die Therapie bei hämodynamischer Instabilität zu steuern. Dieser Beitrag stellt ein Konzept für eine solche Anwendung von TTE und transösophagealer Echokardiografie (TEE) vor.**

#### Hintergrund



**Verbreitung von TEE und TTE** Bereits 1999 veröffentlichte die DGAI Weiterbildungsrichtlinien, um das Zertifikat „Transösophageale Echokardiografie (TEE) in der Anästhesiologie und Intensivmedizin“ zu erlangen [1]. Dieser Qualifikationsnachweis hat sich besonders für Kardioanästhesisten etabliert und ist mittlerweile fachübergreifend anerkannt.

Im Gegensatz dazu war die TTE lange Zeit eine rein kardiologische Domäne. Anästhesisten haben sie als perioperatives Diagnostikum nur in den seltensten Fällen angewendet.

**Zunehmende Relevanz** Die TTE ist in den letzten Jahren in der perioperativen und akutmedizinischen Versorgung kritisch kranker Patienten immer wichtiger geworden. Gründe dafür sind:

- ▶ Erkenntnisse aus der „Perioperative“ oder „Early Goal directed Therapy“
- ▶ eine erheblich verbesserte Schallkopftechnik
- ▶ leicht zu transportierende, kleinere Ultraschallgeräte.

Wissenschaftliche Untersuchungen haben diese Entwicklung unterstützt: Sie belegen, dass mit einer fokussierten kardialen Untersuchung innerhalb von Minuten entscheidende Informationen zur Therapiesteuerung bei hämodynamischer Instabilität erhoben werden können. Damit lässt sich die Morbidität und Mortalität der behandelten Patienten positiv beeinflussen [2–7].

**Breit gefächerte Definitionen** In der Literatur finden sich mittlerweile zahlreiche Begriffe wie „limitierte Echokardiografie“, „Notfallechokardiografie“, „Kardiosonografie“ oder „Sonografie des Herzens“. Sie werden uneinheitlich verwendet und sind meist nur unzureichend definiert. Die Bandbreite der Definitionen reicht dabei von

- ▶ „Untersuchungen, die einzig Kardiologen oder geschulte Ärzte eigenverantwortlich durchführen, dokumentieren, interpretieren und befunden können“ bis hin zu
- ▶ „nicht standardisierte, sonografische Darstellung kardialer Zielstrukturen durch ärztliches und nicht ärztliches Personal“ [8].

**Einheitliche Zielsetzung** Gemeinsames Ziel aller Konzepte ist es, die Auslöser einer akuten hämodynamischen Instabilität schnell und symptombezogen zu analysieren. Hierbei ist entscheidend, das Herz nicht vollständig systematisch zu untersuchen, sondern sich an wichtigen und häufigen Ursachen der hämodynamischen Instabilität zu orientieren [9, 10]. Dabei beschränkt man sich auf das Akquirieren und die visuelle Beurteilung von 2D-Bildern sowie den „M-Mode“.

Als nicht invasives Verfahren ist primär die TTE anzuwenden, sollte allerdings bei unzureichendem Informationsgewinn oder unzugänglichem Thorax durch die TEE ergänzt oder ersetzt werden [11].

**Anwendungskonzept** Das World Interactive Network Focused on Critical UltraSound (WINFOCUS) hat kürzlich eine internationale, evidenzbasierte Richtlinie zur fokussierten kardialen Ultraschalluntersuchung veröffentlicht [10]. Auf der Basis dieser Publikation stellt dieser Artikel ein mögliches Konzept vor, wie sich TTE und TEE in der Behandlung hämodynamisch instabiler Patienten ergänzend anwenden lassen.

## Transthorakaler Untersuchungsablauf

▼  
**Beschränkung auf das Wesentliche** Ein fokussierter Ablauf bedeutet nicht, alle Schnitte einer umfassenden echokardiografischen Untersuchung zu akquirieren und zu beurteilen. Eine Reduktion auf wenige Schnitte erlaubt es, die Untersuchung in den Behandlungspfad zeitkritischer intensivmedizinischer bzw. akutmedizinischer Szenarien zu integrieren. Die nachfolgend empfohlene Abfolge beinhaltet 5 Standardschnitte, die auf der Empfehlung des Netzwerkes WINFOCUS [10] basieren. Sie ist eine Möglichkeit, einen kritisch kranken bzw. akut hämodynamisch kompromitierten Patienten fokussiert echokardiografisch zu untersuchen (◉ Abb. 1).

**Parasternal lange Achse (PLAX)** Für den PLAX-Schnitt wird der Schallkopf in Höhe des 3. oder 4. Interkostalraums links parasternal auf den Thorax gesetzt – mit der Schallkopfmarkierung zur rechten Patientenschulter. Idealerweise befindet sich die Aortenklappe (AK) bzw. die Mitralklappe (MK) in der Mitte des Bildes, die Taschen der AK werden symmetrisch, das interventrikuläre Septum (IVS) sowie die Hinterwand des linken Ventrikels (LV) werden horizontal abgebildet. Der linksventrikuläre Apex kommt in dieser Schnittebene meist nicht zur Darstellung. Erhöht man die Eindringtiefe, ist es zusätzlich möglich, sowohl die Aorta descendens als auch die linke Pleurahöhle zu visualisieren.

Der PLAX-Schnitt dient zur Beurteilung

- ▶ der linksventrikulären Größe, Dicke und Funktion,
- ▶ eines Ventrikelseptumdefekts (VSD),
- ▶ der linksatrialen Größe,
- ▶ der MK,
- ▶ der AK,
- ▶ der Aortenwurzel,
- ▶ eines möglichen Perikardergusses und
- ▶ eventuell eines linksseitigen Pleuraergusses.

**Parasternal kurze Achse auf Papillarmuskel-ebene (PSAX)** Für den PSAX-Schnitt wird die oben beschriebene Position beibehalten, der Schallkopf um 90° im Uhrzeigersinn gedreht und gering kaudalwärts gekippt. Idealerweise kommen in diesem Schnitt der LV rund bzw. der rechte Ventrikel (RV) halbmondförmig sowie beide Papillarmuskeln ohne Anteile der MK in der Bildmitte zur Darstellung.

Der PSAX-Schnitt dient zur Beurteilung

- ▶ der links- und rechtsventrikulären Größe, Dicke sowie Funktion des Myokards und
- ▶ eines möglichen Perikardergusses.

**Apikal 4-Kammer (AP4CH)** Für den AP4CH-Schnitt wird der Schallkopf im Bereich des Herzspitzenstoßes in Höhe des 5. Interkostalraums links in der Medioklavikular- bzw. der vorderen Axillarlinie aufgesetzt. Die Schallkopfmarkierung

Glossar	
AP4CH	apikal 4-Kammer
AK	Aortenklappe
ASD	Vorhofseptumdefekt
CI	Kollapsindex
IVS	interventrikuläres Septum
LAA	linkes Vorhofohr
LV	linker Ventrikel
LVOT	linksventrikulärer Ausfluss-Trakt
ME2CH	mittösophagealer 2-Kammerblick
ME4CH	mittösophagealer 4-Kammerblick
MELAX	mittösophagealer Längsachsenschnitt
MERV inflow-outflow	mittösophagealer rechtsventrikulärer Einfluss- / Ausfluss-Trakt-Schnitt
MK	Mitralklappe
PLAX	parasternal lange Achse
PSAX	parasternal kurze Achse auf Papillarmuskelebene
RV	rechter Ventrikel
SIVC	subkostal V. cava inferior
SLAX	subkostal lange Achse
TAPSE	Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion
TGmidSAX	transgastrischer mittpapillärer Kurzsachsenschnitt
VCI	V. cava inferior
VSD	Ventrikelseptumdefekt

zeigt zur linken Patientenschulter. Idealerweise werden in diesem Schnitt alle 4 Herzkammern, das IVS vertikal im Zentrum des Bildes und der LV ohne „Foreshortening“ visualisiert. Die AK sollte in dieser Schnittebene nicht sichtbar werden.

Der AP4CH-Schnitt dient zur Beurteilung

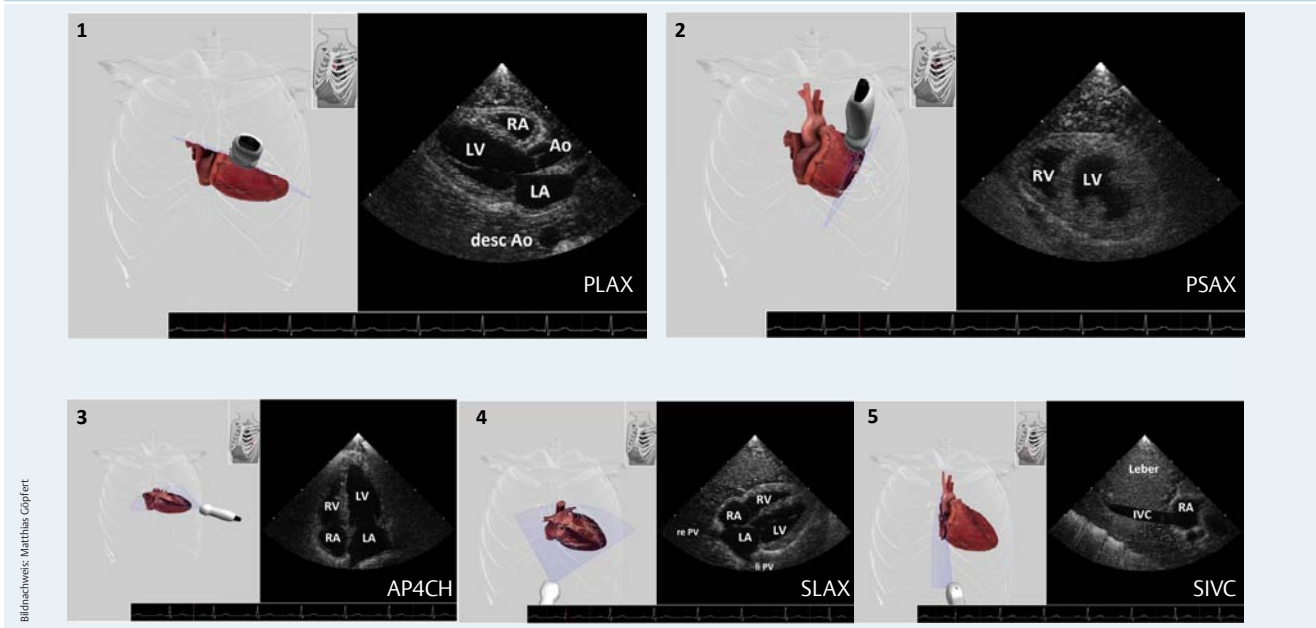
- ▶ der links- und rechtsventrikulären Größe, Dicke sowie Funktion des Myokards,
- ▶ eingebrachter Katheter, Kanülen und Sonden,
- ▶ der MK,
- ▶ der Trikuspidalklappe,
- ▶ der links- und rechtsatrialen Größe,
- ▶ eines möglichen Perikardergusses,
- ▶ eines eventuellen VSD und
- ▶ intrakardialer Strukturen.

**Subkostal lange Achse (SLAX)** Für den SLAX-Schnitt wird der Schallkopf flach im subxiphoidalen Bereich aufgesetzt – mit der Schallkopfmarkierung zur linken Patientenseite. Idealerweise werden alle 4 Herzkammern und das IVS längs ohne Anteile der AK sichtbar.

Der SLAX-Schnitt dient zur Beurteilung

- ▶ der links- und rechtsventrikulären Größe, Dicke sowie Funktion des Myokards,
- ▶ der links- und rechtsatrialen Größe,

## Anlotpunkte der WINFOCUS-Standardschnitte



Bildnachweis: Matthias Göpfert

**Abb. 1** Daten aus [10].

1) parasternal lange Achse (PLAX); 2) parasternal kurze Achse auf Papillarmuskelebene (PSAX); 3) apikal 4-Kammer (AP4CH); 4) subkostal lange Achse (SLAX); 5) subkostal V. cava inferior (SIVC). Ao = Aorta ascendens; IVC = V. cava inferior; LA = linker Vorhof; LV = linker Ventrikel; PV = Pulmonalvene; RA = rechter Vorhof; RV = rechter Ventrikel.

- ▶ eines möglichen Perikardergusses,
- ▶ eines eventuellen VSD,
- ▶ eines Vorhofseptumdefekts (ASD) und
- ▶ intrakardialer Strukturen.

**Subkostal V. cava inferior (SIVC)** Für den SIVC-Schnitt wird die vorherige Position beibehalten. Der Schallkopf wird um 45° gegen den Uhrzeigersinn gedreht und mit der Schallkopfmarkierung zum Kopf zeigend aufgerichtet. Idealerweise bildet dieser Schnitt den Übergang der V. cava inferior (VCI) in den rechten Vorhof und die VCI im Verlauf horizontal ab.

- ▶ Der SIVC-Schnitt dient zur Beurteilung der Größe des Diameters und der respiratorischen Kaliberschwankungen der VCI.

### Transösophagealer Untersuchungsablauf



**Einsatzbedarf** Die TEE ist in dem hier beschriebenen Konzept keine Alternative zur TTE, sondern eine Ergänzung. Ist die transthorakale Darstellbarkeit eingeschränkt, z.B. besonders bei intubierten Patienten auf der Intensivstation, kann die TEE häufig für eine ausreichende Befunderhebung nötig sein (► Abb. 2). Die TEE ist eine semiinvasive Untersuchungstechnik mit speziellen Kontraindikationen [12] und einem Komplikationsrisiko von 0,2–2% [13–15]. Daher bietet es sich an, die TTE vor der TEE anzuwenden und zu versuchen, die für die Akuttherapie nötigen Informationen nicht invasiv zu akquirieren.

**Transgastrischer mittpapillärer Kurzschnitt (TGmidSAX)** Man erreicht den TGmidSAX-Schnitt nach ca. 40–45 cm Tiefe. Die Sonde wird eingeführt, bis gerade eben Magenstruktu-

ren (rugae gastricae) oder Teile der Leber sichtbar sind. Anschließendes Anteflektieren der Sonde lässt den LV als rundliche Struktur erscheinen. Idealerweise kommen in diesem Schnitt der LV mit beiden Papillarmuskeln in der Bildmitte zentriert sowie der RV halbmondförmig anliegend zur Darstellung.

Der TGmidSAX-Schnitt dient zur Beurteilung

- ▶ der systolischen Ventrikelfunktion,
- ▶ von regionalen Wandbewegungsstörungen,
- ▶ der Ventrikelfüllung,
- ▶ eines möglicherweise vorliegenden VSD,
- ▶ der Konfiguration des ventrikulären Septums,
- ▶ der Funktion des rechten Ventrikels und
- ▶ eines eventuellen Perikardergusses.

### Mittösophagealer 4-Kammerblick (ME4CH)

Den ME4CH-Schnitt erhält man, indem die TEE-Sonde bis zur mittösophagealen Ebene (ME, ca. 30–40 cm tief) eingeführt wird. Die Bildtiefe beträgt ca. 14 cm, die Schallsektorrotation 0–20°. Idealerweise werden alle 4 Herzkammern, besonders aber der LV samt Apex ohne „Foreshortening“ sichtbar, nicht aber die AK oder der linksventrikuläre Ausfluss-Trakt (LVOT).

Der ME4CH-Schnitt dient zur Beurteilung

- ▶ der systolischen Ventrikelfunktion,
- ▶ von Wandbewegungsstörungen,
- ▶ der Größe der Herzkammern und Vorhöfe,
- ▶ der MK,
- ▶ der Trikuspidalklappe,
- ▶ eines vermuteten ASD,
- ▶ eines möglicherweise vorliegenden VSD und
- ▶ eines möglichen Perikardergusses.

### Mittösophagealer 2-Kammerblick (ME2CH)

Der ME2CH-Schnitt wird durch Rotation des Schallsektors aus dem ME4CH um 90° erreicht.

Wichtig ist, zuvor die MK streng in der Bildmitte zu justieren. Idealerweise werden in diesem Schnitt der LV samt Apex ohne „Foreshortening“, die MK, der linke Vorhof, das linke Vorhofohr (LAA), die obere linke Lungenvene sowie der Sinus coronarius sichtbar.

Der ME2CH-Schnitt dient zur Beurteilung

- ▶ der systolischen Ventrikelfunktion,
- ▶ von Wandbewegungsstörungen,
- ▶ der MK und
- ▶ des LAA.

#### Mittösophagealer Längsachsenschnitt (MELAX)

Den MELAX-Schnitt erhält man durch Rotation des Schallsektors aus dem ME2CH um weitere 30° (Schallsektorwinkel 120–140°). Idealerweise werden der LV und die MK, besonders aber der LVOT, die AK und Teile der Aorta ascendens visualisiert.

Der MELAX-Schnitt dient zur Beurteilung

- ▶ der systolischen Ventrikelfunktion,
- ▶ von Wandbewegungsstörungen,
- ▶ der MK,
- ▶ des LVOT,
- ▶ der AK,
- ▶ der Aortenwurzel und
- ▶ der Aorta ascendens.

#### Mittösophagealer rechtsventrikulärer Einfluss-/Ausfluss-Trakt-Schnitt (MERV inflow-outflow)

Man erreicht den MERV inflow-outflow Schnitt durch Rotation des Schallsektors in mittösophagealer Position auf 60–75°. Als Bildtiefe eignen sich meist 10 cm. Idealerweise bildet dieser Schnitt den rechtsventrikulären Einfluss-/Ausfluss-Trakt ab, samt rechtem Vorhof, RV, Trikuspidalklappe, Pulmonalklappe und pulmonalarteriellem Hauptstamm.

Der MERV inflow-outflow Schnitt dient zur Beurteilung

- ▶ der rechtsventrikulären Pumpfunktion,
- ▶ der Trikuspidalklappe,
- ▶ der Pulmonalklappe und
- ▶ eines möglichen Perikardergusses.

### Klinische Fragestellungen

#### Globale / linksventrikuläre systolische Pumpfunktion

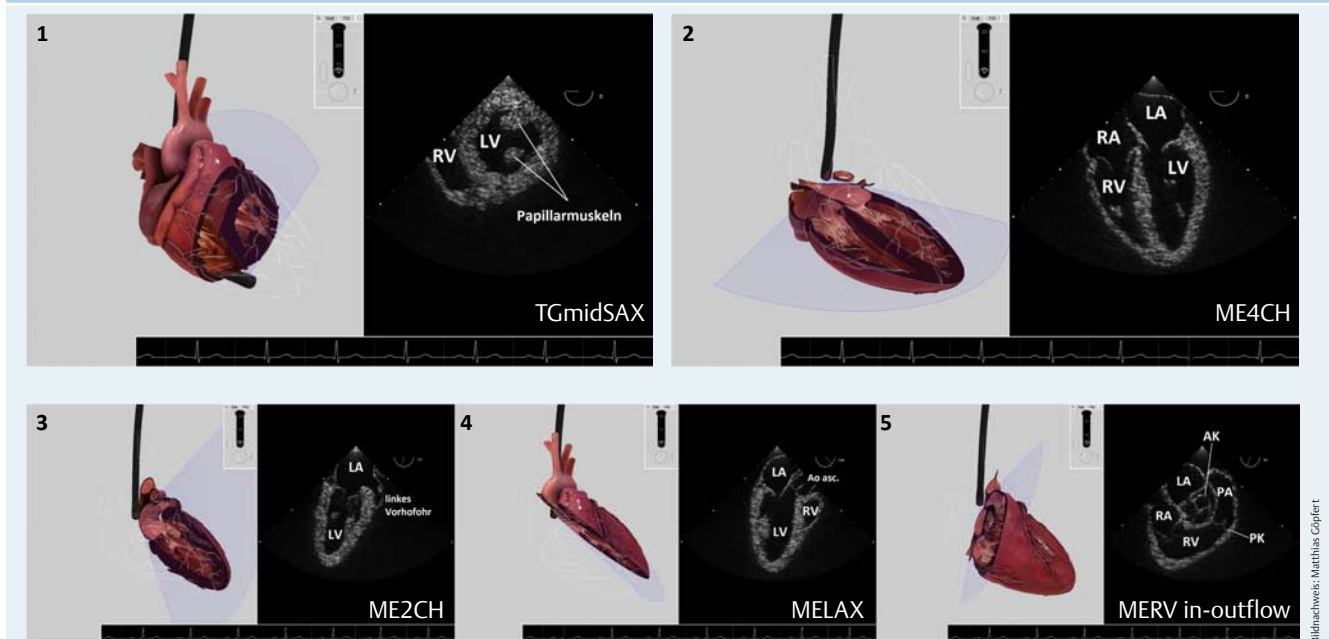


**Reduktion auf die visuelle Einschätzung** Die Untersuchung der globalen bzw. linksventrikulären systolischen Pumpfunktion ist eines der wichtigsten Einsatzgebiete der fokussierten Echokardiografie in der perioperativen Medizin. Trotz aller technischen Möglichkeiten der modernen Echokardiografie reduziert sich diese auf die visuelle Einschätzung der Pumpfunktion und orientiert sich dabei an der Größe und dem Kontraktionsverhalten der jeweiligen Ventrikel. Dadurch lässt sich in den meisten Fällen anhand weniger Schnitte eine Aussage über die zugrundeliegende Pathologie einer neu aufgetretenen hämodynamischen Instabilität treffen.

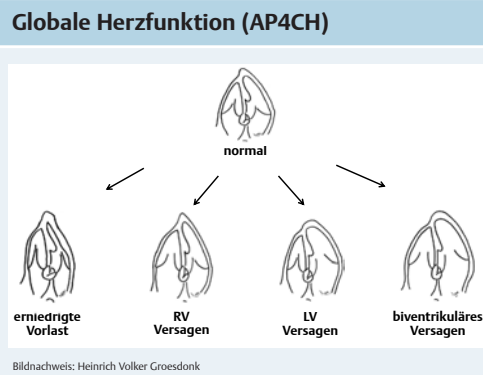
**Anatomischer Vergleich** Die akute myokardiale Ischämie imponiert durch regionale Wandbewegungsstörungen, die auch der unerfahrene Untersucher schnell und sicher erkennt. Scheint das Kontraktionsmuster der Ventrikel regional gleich zu sein, gilt es, die Größen, die Myokarddicken und die Füllungszustände der Ventrikel zu beurteilen bzw. zu vergleichen. Physiologisch bedingt ist der LV größer sowie myokarddicker als der RV und zudem herzsipitzenbildend. Auf Basis dieser

**Abb. 2** 1) transgastrischer mittpapillärer Kurzsachsenschnitt (TGmidSAX); 2) mittösophagealer 4-Kammerblick (ME4CH); 3) mittösophagealer 2-Kammerblick (ME2CH); 4) mittösophagealer Längsachsenschnitt (MELAX); 5) mittösophagealer rechtsventrikulärer Einfluss-/Ausfluss-Trakt-Schnitt (MERV inflow-outflow). AK = Aortenklappe; Ao asc = Aorta ascendens; LA = linker Vorhof; LV = linker Ventrikel; PA = Pulmonalarterie; PK = Pulmonalklappe; RA = rechter Vorhof; RV = rechter Ventrikel.

### Schnittebenen einer ergänzenden TEE-Untersuchung



**Abb. 3** Vereinfachte Graduierung der globalen Herzfunktion in einer transthorakalen fokussierten Echokardiografie. AP4CH = apikaler 4-Kammerblick; LV = linker Ventrikel; RV = rechter Ventrikel.



grundlegenden Kenntnisse lässt sich eine neu aufgetretene hämodynamische Instabilität schnell mit der fokussierten Echokardiografie in eine links- oder rechtsventrikuläre bzw. globale Pumpfunktionsstörung unterteilen (Abb. 3). Die Beurteilung der systolischen Funktion muss immer in der Zusammenschau mit RV und LV erfolgen, da die Herzhöhlen funktionell unmittelbar voneinander abhängig sind und sich Pathologien häufig gegenseitig bedingen.

**Schnitte** Es eignen sich transthorakal besonders die Schnitte AP4CH und PSAX sowie transösophageal die Schnitte ME4CH und TGmidSAX.

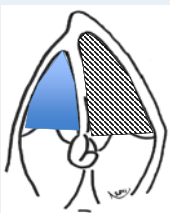
Auch ein unerfahrener Untersucher kann die regionalen Wandbewegungsstörungen der akuten myokardialen Ischämie schnell und sicher diagnostizieren. Anhand grundlegender anatomischer Kenntnisse lässt sich eine neu aufgetretene hämodynamische Instabilität einfach in eine links- oder rechtsventrikuläre bzw. globale Pumpfunktionsstörung unterteilen.

### Rechtsventrikuläre systolische Funktion

**Dilatation oder Dysfunktion?** Der RV wird in erster Linie untersucht, um eine systolische Funktionseinschränkung zu detektieren und um zwischen einer Druck- oder Volumenbelastung des pulmonalarteriellen Systems zu differenzieren. Eine rechtsventrikuläre Dilatation mit der damit verbundenen Funktionseinschränkung lässt sich visuell gut beurteilen, indem die rechts- und linksventrikulären enddiastolischen Flächen ver-

**Abb. 4** Vereinfachte Graduierung der rechtsventrikulären Funktion in einer transthorakalen fokussierten Echokardiografie. AP4CH = apikaler 4-Kammerblick. Schraffur = linker Ventrikel (LV); blau = rechter Ventrikel (RV).

### Rechtsventrikuläre Funktion (AP4CH)



Bildnachweis: Heinrich Volker Groesdonk

Beurteilung	RV:LV	RV-Dysfunktion
normal	0,6:1	normal
mäßig vergrößert	1:1	mittelschwer
hochgradig vergrößert	> 1:1	schwer

glichen werden. Hierbei liegt das normale Flächenverhältnis bei RV/LV < 0,6 [16] (Abb. 4).

Die systolische Funktion des RV lässt sich leicht einschätzen, indem der sog. Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion (TAPSE) gemessen wird. Dazu wird die max. Exkursion des lateralen freien Randes des Trikuspidalklappenringes in Richtung der Herzspitze im M-Mode dargestellt. Beträgt die Bewegungstrecke < 16 mm, liegt eine RV-Dysfunktion vor [17] (Abb. 5).

**Volumen- vs. Druckbelastung** Obwohl sowohl rechtsventrikuläre Volumen- als auch Druckbelastungen aufgrund der myokardialen Architektur häufig zur RV-Dilatation führen, lassen sich diese visuell unterscheiden. Führt die Volumenbelastung lediglich in der Diastole zu einer Abflachung des IVS, so findet sich bei der Druckbelastung sowohl diastolisch als auch systolisch ein abgeflachtes IVS [17] (Abb. 6). Dieser abnorme Shift des IVS wird – unabhängig von der zugrundeliegenden Pathologie – als D-Formation bezeichnet.

**Schnitte** Für die Beurteilung des RV eignen sich transthorakal die Schnitte AP4CH sowie SLAX und transösophageal die Schnitte ME4CH und MERV inflow-outflow.

Eine rechtsventrikuläre Dilatation lässt sich visuell durch den Vergleich der rechts- und linksventrikulären enddiastolischen Flächen ermitteln (normales Flächenverhältnis RV/LV < 0,6). Die systolische Funktion des RV ist leicht mit dem TAPSE einzuschätzen und gilt bei einer Bewegungstrecke < 16 mm als pathologisch.

### Kardialer Volumenstatus

**Hyper- oder Hypovolämie?** Ebenso wie für die systolische Funktion, eignet sich die fokussierte Echokardiografie hervorragend, um den kardialen Volumenstatus visuell zu evaluieren. Auch hier gilt es, initial die Ventrikelgrößen miteinander zu vergleichen, in einem 2. Schritt nach charakteristischen Zeichen der Hypo- oder Hypervolämie zu suchen und letztlich die V. cava inferior bzw. superior zu bewerten. Ist das normale Größenverhältnis RV/LV (0,6:1) nicht gegeben, liegt entweder eine Hypervolämie rechtsseitig oder eine Hypovolämie linksseitig vor. Um dies zu erkennen, kann die Bewegung des Vorhofseptums qualitativ bewertet werden. Zeigt sich eine deutliche systolische Bewegungsamplitude, ist dies meist ein Zeichen der Hypovolämie. Ein starres, sich gegen einen der Vorhöfe wölbendes Septum spricht eher für eine Hypervolämie [18].

**Hinweis auf linksseitige Hypovolämie** Das bekannteste Zeichen einer linksseitigen Hypovolämie ist das sog. „kissing papillary muscles“-Phänomen. Dabei berühren sich die beiden Papillarmuskeln am Ende der Systole. Das ist zwar ein eindeutiges Merkmal und eine Hypovolämie lässt sich leicht detektieren. Trotzdem sollte keine Aussage über die Ursache (relative oder absolute Hypovolämie) getroffen werden, ohne dass rechte Herzhöhle und V. cava untersucht wurden.

**Kollapsindex** Die Zeichen einer rechtsseitigen Hypervolämie wurden bereits oben beschrieben und lassen sich – ebenso wie eine Hypovolämie der rechten Herzhöhlen – einfach und schnell detektieren. Neben der direkten Beurteilung des Herzens können atemabhängige Kaliberschwankungen der V. cava Informationen zum Volumenstatus und der rechtsventrikulären Vorlast liefern. Während der Inspiration nimmt bei spontan atmenden Patienten der Durchmesser der VCI ab. Zur Bewertung der Volumenreagibilität wird der Kollapsindex (CI) der V. cava berechnet:

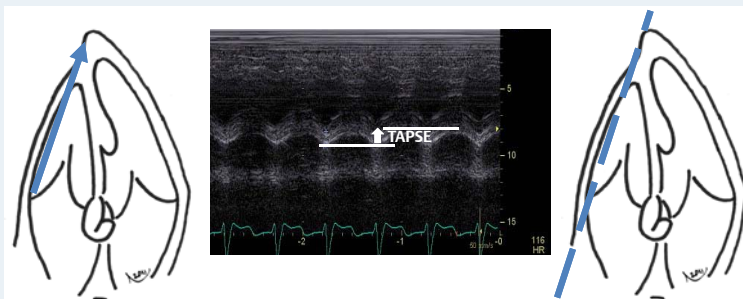
$$CI = \frac{\Delta_{max} - \Delta_{min}}{\Delta_{min}}$$

**Interpretation des CI** Bei spontan atmenden, hämodynamisch instabilen Patienten wird ein  $CI_{VCI}$  von  $>40\%$  als Hinweis auf einen Volumenbedarf gewertet [19]. Bei mechanisch ventilerten Patienten (Tidalvolumen  $>8\text{ ml/kg}$ ) bewirkt die Inspiration dagegen, dass sich der VCI-Durchmesser vergrößert (Abb. 7). Ein  $CI_{VCI} >12\text{--}21\%$  bzw. ein CI der V. cava superior  $>29\text{--}36\%$  ist bei Patienten mit Sepsis ein Hinweis auf Volumenbedarf [20–23]. Bei Patienten mit einer Subarachnoidalblutung existiert zur Vorhersage der Volumenreagibilität Evidenz bei einem  $CI_{VCI} >16\%$  [24]. Allerdings beeinflussen respirationsabhängige Schnittebenen-Artefakte häufig die Messung des Durchmessers und somit auch den CI [25].

**Schnitte** Für die Beurteilung des kardialen Volumenstatus eignen sich transthorakal die Schnitte PSAX, AP4CH und SIVC sowie transösophageal die Schnitte ME4CH und TGmidSAX.

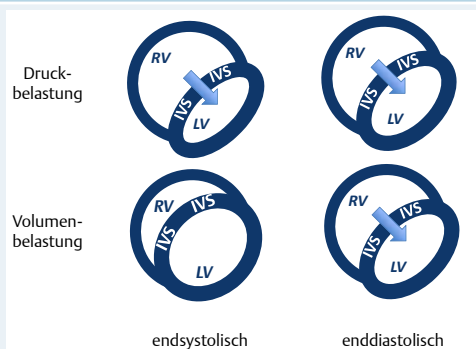
Ein eindeutiger Hinweis auf eine linksseitige Hypovolämie ist das sog. „kissing papillary muscles“-Phänomen. Ohne Beurteilung der rechten Herzhöhle und der V. cava darf jedoch keine Aussage über die Ursache getroffen werden.

### Beurteilung der RV-Funktion mit TAPSE (AP4CH)



Bildnachweis: Heinrich Volker Groesdonk

### Beurteilung der RV-Funktion anhand des IVS



Bildnachweis: Heinrich Volker Groesdonk

**Abb. 5 (oben)** Schematische und reale Bestimmung der Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion (TAPSE) in einer transthorakalen fokussierten Echokardiografie. AP4CH = apikaler 4-Kammerblick.

**Abb. 6 (unten)** Veränderungen des interventrikulären Septums (IVS) bei Druck- bzw. Volumenbelastung des rechten Ventrikels (AP4CH).

## Akute Lungenembolie

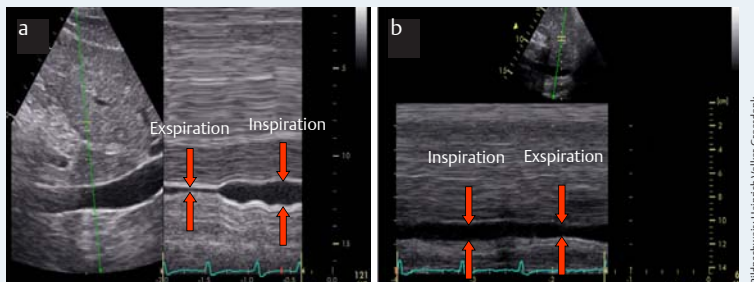


**CT-Ersatz** In der Diagnostik der akuten Lungenembolie kommt der Echokardiografie eine zentrale Rolle zu. Nach der aktuellen Leitlinie der European Society of Cardiology ersetzt diese ein CT bei schwerer hämodynamischer Instabilität oder wenn ein CT nicht möglich ist [26].

**Diagnose** Die meisten Studien nennen eine rechtsventrikuläre Dilatation, eine paradoxe Septumbewegung, eine pulmonale Hypertonie sowie eine verminderte rechtsventrikuläre Pumpfunktion als echokardiografische Zeichen einer akuten rechtsventrikulären Dysfunktion ( $>1$  Zeichen muss vorhanden sein). Als Abgrenzung zur chronischen Druckbelastung gilt eine rechtsventrikuläre Hypertrophie (freie RV-Wand  $>5\text{ mm}$ ). Ist diese vorhanden, werden die oben genannten Zeichen als chronisch gewertet [27]. Als charakteristische Besonderheit der rechtsventrikulären Dysfunktion ist die normale Pumpfunktion der Spitze bei sonst reduzierter RV-Pumpfunktion als sog. „McConnell-Zeichen“ beschrieben [28].

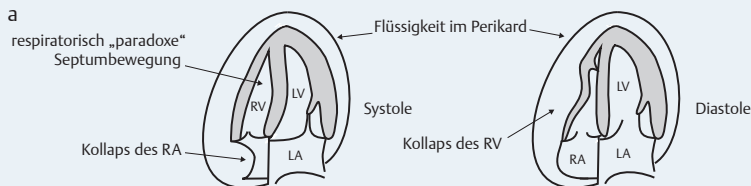
**Schnitte** Für die Diagnostik der akuten Lungenembolie eignen sich in Analogie zur Bewertung der RV-Funktion transthorakal die Schnitte AP4CH und SLAX sowie transösophageal ME4CH und MERV inflow-outflow.

## Beurteilung der V. cava inferior (SIVC)



Bildnachweis: Heinrich Volker Groesdonk

## Perikarderguss



Bildnachweis: Anne Lichtenheldt/ Thieme Verlagsgesellschaft



Bildnachweis: Matthias Göpfert

**Abb. 7 (oben)** Respiratorisch bedingte Kaliberänderungen der V. cava inferior eines mechanisch beatmeten Patienten im M-Mode. **a)** starke Schwankungen; **b)** keine relevanten Schwankungen; SIVC = subkostaler Vena-cava-inferior-Blick.

**Abb. 8 (unten)** **a)** Typische rechtsventrikuläre Veränderungen bei hämodynamisch relevantem Perikarderguss; **b)** rechtsseitiger Perikarderguss; SLAX = subkostal lange Achse.

Nach der aktuellen Leitlinie der European Society of Cardiology ersetzt die Echokardiografie ein CT bei schwerer hämodynamischer Instabilität. Bei Zeichen einer akuten rechtsventrikulären Dysfunktion und der entsprechender Klinik ist von einer Lungenembolie auszugehen und diese entsprechend zu therapieren.

## Perikarderguss und Perikardtampnade

**Perikardiale Flüssigkeitsansammlung** Um eine perikardiale Flüssigkeitsansammlung zu bewerten, ist die Echokardiografie eine hochsensitive (95–100%), sehr spezifische (85%) und leicht zu erlernende Methode [29–31]. Die hämodynamische Relevanz darf allerdings niemals ausschließlich echokardiografisch beurteilt werden. Ist diese gegeben, zeigt die Echokardiografie typischerweise

- ▶ einen rechtsatrialen Kollaps mit einer Verschiebung des IVS in Richtung LV in der Systole
- ▶ gefolgt von einer relevanten rechtsventrikulären Füllungsstörung mit zuletzt rechtsventrikulärem Kollaps in der Diastole (◦ Abb. 8).

Neben diesen rechtsventrikulären Veränderungen ist zumeist auch eine konsekutive linksventrikuläre Hypovolämie zu beobachten. Zusätzlich ist die VCI oft erweitert. Ist die Flüssigkeitsmenge

so groß, dass es zu einem zirkumferenziellen Erguss kommt, spricht man von „swinging heart“.

**Pleuraerguss** Es ist ebenfalls möglich, einen Perikarderguss echokardiografisch von einem Pleuraerguss abzugrenzen: Der Perikarderguss ist meist nicht hinter dem linken Vorhof oder der Aorta darstellbar – aufgrund der engen anatomischen Anheftungen an die Pulmonalvenen-Einmündung [32].

**Schnitte** Für die Beurteilung eines Perikardergusses oder einer Perikardtampnade eignen sich transthorakal die Schnitte PLAX und SLAX sowie transösophageal ergänzend die Schnitte MERV inflow-outflow und TGmidSAX.

Echokardiografisch findet sich bei hämodynamischer Relevanz einer perikardialen Flüssigkeitsansammlung typischerweise ein rechtsatrialer Kollaps mit einer Verschiebung des IVS in Richtung LV in der Systole, gefolgt von einer relevanten rechtsventrikulären Füllungsstörung. Ob die Flüssigkeitsansammlung sich auf die Hämodynamik auswirkt, darf allerdings niemals ausschließlich echokardiografisch beurteilt werden.

## Relevante Klappenpathologien

**Rein qualitative Beurteilung** Die fokussierte Beurteilung von Pathologien der Herzklappen erfolgt rein qualitativ. Druckgradienten, Öffnungsflächen oder Flussgeschwindigkeiten werden bewusst nicht quantifiziert. Mit limitierten echokardiografischen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass sich mittelgradige und schwere Pathologien der MK in 78% und schwerwiegende morphologische Veränderungen der AK in 92% der Fälle entdecken lassen [33]. Da die fokussierte Echokardiografie explizit auf den Farbdoppler verzichtet, werden die Segel bzw. Taschen anhand ihrer morphologischen Struktur und Beweglichkeit qualitativ untersucht. Relevante Stenosen imponieren dabei in der Regel durch deutlich verplumpte, echoreiche, schwer zu identifizierende Klappensegel oder -taschen mit einer visuell eingeschränkten Öffnungsbewegung. Schwere Insuffizienzen sind dagegen an einem fehlenden Klappenschluss zu erkennen.

**Endokarditis** Klappeninsuffizienzen mit visualisierbaren flottierenden Strukturen oder Auflagerungen an den Klappen sind in Kombination mit Fieber und gesteigerten Infektparametern, septischen Embolien oder einem positiven Erregernachweis in Blutkulturen hochgradig verdächtige Zeichen einer Endokarditis.

**Schnitte** Um relevante Klappenpathologien zu beurteilen, sollten stets mehrere Schnitte herangezogen werden. Transthorakal eignen sich PLAX AP4CH und SLAX sowie transösophageal MELAX, ME4CH, ME2CH und MERV inflow-outflow.

Die Beurteilung der Herzklappen erfolgt rein qualitativ anhand der morphologischen Struktur und Beweglichkeit der Segel bzw. Taschen.

## Intrakardiale Thromben und Tumoren

**TEE vor TTE** Echogene intrakardiale Strukturen mit oftmals inhomogener Oberfläche, die sich nicht eindeutig einer bekannten anatomischen Struktur zuordnen lassen, sind häufig Zeichen für Thromben oder Tumoren. Aufgrund der besseren Visualisierung ist hier die TEE der TTE meist vorzuziehen [34]. Treten solche intrakardialen Auflagerungen an den Taschen oder Segeln der Herzklappen auf, besteht der dringende Verdacht auf eine Endokarditis.

**Erkennungsmerkmale** In der perioperativen Betreuung sind in seltenen Fällen intrakardiale Thromben relevant. Thrombotische Gebilde haben meist eine homogene, echogene (echodichter als das darunterliegende Myokard) Struktur und treten oftmals in Folge von Vorhofflimmern, myokardialer Dilatation oder reduziertem Blutfluss auf. In Kombination mit Vorhofflimmern ist besonders das linke Herzohr als Lokalisation prädisponiert (Abb. 9). Nach einem fulminanten transmuralen Myokardinfarkt oder bei myokardialer Dilatation können sich intrakardiale Thromben allerdings auch innerhalb des LV-Apex ausbilden.

**Myxom** Als seltener Tumor ist das Myxom zu nennen. Es erscheint meist im septalen Bereich des linken Vorhofs, kann jedoch manchmal im rechten Vorhof auftreten. Dieser benigne intrakardiale Tumor kann dabei durch die Atrioventrikularklappen prolabieren und begünstigt Embolien.

**Primär kardiale Malignome** Primär kardiale Malignome treten extrem selten auf und sind oftmals Metastasen anderer extrakardialer Malignome. Ein Sonderfall ist der sog. „Cavazapfen“ eines Nierenzellkarzinoms, bei dem sich im rechten Vorhof echogene Strukturen mit Anschluss an die VCI zeigen.

Grundsätzlich gilt allerdings, dass Ultraschall-Artefakte und anatomische Normvarianten hier oft zu einer Fehldiagnose führen. Deshalb sollte ein erfahrener Echokardiograf immer die primäre Diagnose bestätigen.

## Thrombus im linken Vorhof



**Abb. 9** Mittösophagealer 2-Kammerblick (ME2CH). LA = linker Vorhof; LV = linker Ventrikel.

Echogene intrakardiale Strukturen mit oftmals inhomogener Oberfläche, die nicht klar zugeordnet werden können, deuten auf Thromben oder Tumoren hin. Zur Visualisierung ist die TEE meist der TTE vorzuziehen.

**Fazit** Die fokussierte Echokardiografie kann bei unklarer hämodynamischer Kompromittierung durch einen verkürzten, auf gezielte Schnitte und Fragestellungen fokussierten Untersuchungsgang wertvolle Befunde zur differenzierten Behandlung beitragen. Ist die TTE nicht anwendbar oder ermöglicht sie keine ausreichend sichere Diagnose, sollte ergänzend eine TEE erfolgen. ◀

## Kernaussagen

- ▶ Folgende Funktionen / Pathologien lassen sich bei hämodynamischer Instabilität einfach und sicher mit der fokussierten Echokardiografie untersuchen:
  - ▷ globale / linksventrikuläre systolische Funktion
  - ▷ rechtsventrikuläre systolische Funktion
  - ▷ kardialer Volumenstatus
  - ▷ fulminante Lungenembolie
  - ▷ Perikarderguss und Tamponade
  - ▷ relevante Klappenveränderungen
  - ▷ massive intrakardiale Thromben oder Tumoren
- ▶ Es ist entsprechend der internationalen Empfehlungen zu untersuchen, zu befunden und zu dokumentieren.
- ▶ Eine fokussierte Bewertung wird niemals eine umfassende kardiologische Echokardiografie ersetzen und sollte bei uneindeutigen Befunden oder weiterhin bestehender unklarer hämodynamischer Instabilität um diese ergänzt werden.

Beitrag online zu finden unter <http://dx.doi.org/10.1055/s-0040-100127>

VNR: 2760512014144214896



Dr. med. Matthias Göpfert ist Oberarzt in der Kardioanästhesie am Zentrum für Anästhesiologie und Intensivmedizin des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf. Sein wissenschaftlicher Schwerpunkt liegt in der hämodynamischen Therapieoptimierung bei kardiochirurgischen Patienten. Er organisiert den Hamburger Echokardiografiekurs mit interaktivem Simulatortraining nach den Richtlinien der DGAI zur zertifizierten Fortbildung „TEE in Anästhesiologie und Intensivmedizin“. E-Mail: m.goepfert@uke.de



Dr. med. Heinrich Volker Groesdonk ist leitender Oberarzt der Interdisziplinären Operativen Intensivstation in der Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie am Universitätsklinikum des Saarlandes. Seine wissenschaftlichen Schwerpunkte sind die perioperative Risikostratifizierung sowie die Weiterentwicklung der fokussierten Sonografie/Echokardiografie in der Intensivmedizin. Ferner ist er organisatorischer Leiter der Homburger Fortbildungen „Anästhesie fokussierte Sonografie AFS“ nach den Richtlinien der DGAI. E-Mail: heinrich.groesdonk@uks.eu

**Interessenkonflikt** Matthias Göpfert erhielt technische Unterstützung von GE Healthcare für die Ausrichtung von Echokardiografiekursen. Heinrich Volker Groesdonk erklärt, dass keine Interessenkonflikte vorliegen.

### Literaturverzeichnis

- Loick HM, Greim C-A, Roewer N, Van Aken H. Weiterbildung in der transösophagealen Echokardiographie für Anästhesisten. Indikationen – Ausbildung – Zertifizierung „TEE in der Anästhesiologie“. *Anästh Intensivmed* 1999; 40: 67–71
- Kimura BJ, Pezeshki B, Frack SA, DeMaria AN. Feasibility of „limited“ echo imaging: characterization of incidental findings. *J Am Soc Echocardiogr* 1998; 11: 746–750
- Black HR, Weltin G, Jaffe CC. The limited echocardiogram: a modification of standard echocardiography for use in the routine evaluation of patients with systemic hypertension. *Am J Cardiol* 1991; 67: 1027–1030
- Manasia AR, Nagaraj HM, Kodali RB et al. Feasibility and potential clinical utility of goal-directed transthoracic echocardiography performed by noncardiologist intensivists using a small hand-carried device (SonoHeart) in critically ill patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2005; 19: 155–159
- Mayron R, Gaudio FE, Plummer D et al. Echocardiography performed by emergency physicians: impact on diagnosis and therapy. *Ann Emerg Med* 1988; 17: 150–154
- Kanji HD, McCallum J, Sirounis D et al. Limited echocardiography-guided therapy in subacute shock is associated with change in management and improved outcomes. *J Crit Care* 2014; 29: 700–705
- Cowie B. Focused cardiovascular ultrasound performed by anesthesiologists in the perioperative period: feasible and alters patient management. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2009; 23: 450–456
- Hagendorff A, Tiemann K, Simonis G et al. Empfehlungen zur Notfallechokardiographie. *Kardiologe* 2014; 8: 45–64
- Tonner PH, Bein B, Breitzkreutz R et al. DGAI-zertifizierte Seminarreihe Anästhesie Fokussierte Sonografie – Modul 4: Kardiosonografie. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2011 46: 766–770
- Via G, Hussain A, Wells M et al. International evidence-based recommendations for focused cardiac ultrasound. *J Am Soc Echocardiogr* 2014; 27: 683 e1–683 e33
- Oren-Grinberg A, Talmor D, Brown SM. Focused critical care echocardiography. *Crit Care Med* 2013; 41: 2618–2626
- Hilberath JN, Oakes DA, Sherman SK et al. Safety of transesophageal echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2010; 23: 1115–1127
- Daniel WG, Erbel R, Kasper W et al. Safety of transesophageal echocardiography. A multicenter survey of 10,419 examinations. *Circulation* 1991; 83: 817–821
- Khandheria BK, Seward JB, Tajik AJ. Transesophageal echocardiography. *Mayo Clin Proc* 1994; 69: 856–863
- Kallmeyer JJ, Collard CD, Fox JA et al. The safety of intraoperative transesophageal echocardiography: a case series of 7200 cardiac surgical patients. *Anesth Analg* 2001; 92: 1126–1130
- Jardin F, Dubourg O, Bourdarias JP. Echocardiographic pattern of acute cor pulmonale. *Chest* 1997; 111: 209–217
- Rudski LG, Lai WW, Afilalo J et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2010; 23: 685–713
- Royse CF, Royse AG, Soeding PF, Blake DW. Shape and movement of the interatrial septum predicts change in pulmonary capillary wedge pressure. *Ann Thorac Cardiovasc Surg* 2001; 7: 79–83
- Muller L, Bobbia X, Toumi M et al. Respiratory variations of inferior vena cava diameter to predict fluid responsiveness in spontaneously breathing patients with acute circulatory failure: need for a cautious use. *Crit Care* 2012; 16: R188
- Charbonneau H, Riu B, Faron M et al. Predicting preload responsiveness using simultaneous recordings of inferior and superior vena cava diameters. *Crit Care* 2014; 18: 473
- Vieillard-Baron A, Chergui K, Rabiller A et al. Superior vena caval collapsibility as a gauge of volume status in ventilated septic patients. *Intensive Care Med* 2004; 30: 1734–1739
- Barbier C, Loubières Y, Schmit C et al. Respiratory changes in inferior vena cava diameter are helpful in predicting fluid responsiveness in ventilated septic patients. *Intensive Care Med* 2004; 30: 1740–1746
- Feissel M, Michard F, Faller JP, Teboul JL. The respiratory variation in inferior vena cava diameter as a guide to fluid therapy. *Intensive Care Med* 2004; 30: 1834–1837
- Moretti R, Pizzi B. Inferior vena cava distensibility as a predictor of fluid responsiveness in patients with subarachnoid hemorrhage. *Neurocrit Care* 2010; 13: 3–9
- Juhl-Olsen P, Frederiksen CA, Sloth E. Die Ultraschalluntersuchung der „Collapsibilität“ der Vena cava inferior ist kein zuverlässiger Marker für die Änderungen der Vorlast während der getriggerten Überdruckbeatmung: eine kontrollierte Cross-over Studie. *Ultraschall Med* 2012; 33: 152–159

### Literatur online

Das vollständige Literaturverzeichnis zu diesem Beitrag finden Sie im Internet:

**Abonnenten und Nichtabonnenten** können unter „www.thieme-connect.de/ejournals“ die Seite der AINS aufrufen und beim jeweiligen Artikel auf „Zusatzmaterial“ klicken – hier ist die Literatur für alle frei zugänglich.

# I CME-Fragen Hämodynamisch fokussierte Echokardiografie

## 1 Welche Aussage zur transthorakalen Echokardiografie (TTE) ist falsch?

- A Mit einer fokussierten kardialen Untersuchung können innerhalb von Minuten entscheidende Informationen zur Therapiesteuerung bei hämodynamischer Instabilität erhoben werden.
- B In den letzten Jahren hat sich eine erheblich bessere Schallkopf-technik entwickelt.
- C Die TTE ist in den letzten Jahren in der perioperativen und akutmedizinischen Versorgung anästhesiologisch betreuter Patienten immer wichtiger geworden.
- D Bisher lässt sich nicht beurteilen, ob Morbidität und Mortalität der behandelten Patienten durch eine TTE positiv beeinflusst werden.
- E In der Literatur finden sich zur TTE mittlerweile zahlreiche Begriffe wie „limitierte Echokardiografie“, „Notfallechokardiografie“, „Kardiosonografie“ oder „Sonografie des Herzens“.

## 2 Welche Antwort ist falsch? Der PLAX-Schnitt (PLAX = parasternal lange Achse) dient zur Beurteilung ...

- A der Mitralklappe.
- B der Aortenwurzel.
- C der Trikuspidalklappe.
- D der linksventrikulären Größe, Dicke und Funktion.
- E der Aortenklappe.

## 3 Welche Aussage zum apikalen 4-Kammerblick (AP4CH-Schnitt) ist korrekt?

- A Die Schallkopfmarkierung zeigt zur rechten Patientenschulter.
- B Die Aortenklappe sollte in dieser Schnittebene auf jeden Fall sichtbar sein.
- C Der Schallkopf wird hierbei im Bereich des Herzspitzenstoßes in Höhe des 5. Interkostalraums links auf die Medioklavikular- bzw. die vordere Axillarlinie gesetzt.
- D In diesem Schnitt werden nur 2 Herzkammern visualisiert.
- E Das interventrikuläre Septum (IVS) wird horizontal im Zentrum des Bildes visualisiert.

## 4 Welche Aussage ist falsch? Der AP4CH-Schnitt dient zur Beurteilung ...

- A der Aortenwurzel.
- B eines Perikardergusses.
- C der Mitralklappe.
- D eingebrachter Katheter, Kanülen und Sonden.
- E eines Ventrikelseptumdefekts.

## 5 Welche Aussage zum SLAX-Schnitt (SLAX = subkostal lange Achse) ist falsch?

- A Der SLAX-Schnitt dient z. B. zur Beurteilung der links- und rechtsatrialen Größe.
- B Idealerweise werden alle 4 Herzkammern und das IVS längs ohne Anteile der Aortenklappe sichtbar.
- C Für den SLAX-Schnitt wird der Schallkopf flach im subxiphoidalen Bereich aufgesetzt.
- D Die Schallkopfmarkierung zeigt zur rechten Patientenseite.
- E Ein Vorhofseptumdefekt kann beim SLAX-Schnitt erkannt werden.

## 6 Welche Aussage zur transösophagealen Echokardiografie (TEE) ist richtig?

- A Es bietet sich an, die TEE vor der TTE anzuwenden.
- B Die TEE ist eine Alternative zur TTE.
- C Das Komplikationsrisiko bei der TEE beträgt 0,2–2%.
- D Die TEE ist keine invasive Untersuchungstechnik.
- E Für die TEE liegen keine speziellen Kontraindikationen vor.

## 7 Welches ist keine mögliche Schnittebene bei der TEE?

- A apikaler 4-Kammerblick (AP4CH)
- B mittösophagealer 2-Kammerblick (ME2CH)
- C mittösophagealer 4-Kammerblick (ME4CH)
- D transgastrischer mittpapillärer Kurzschnitt (TGmidSAX)
- E mittösophagealer Längsachsenschnitt (MELAX)

## 8 Welche Aussage ist korrekt?

- A Nur ein erfahrener Untersucher kann regionale Wandbewegungsstörungen der aktuen myokardialen Ischämie schnell und sicher diagnostizieren.
- B Die systolische Funktion des RV ist leicht mit dem TAPSE (Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion) einzuschätzen und gilt bei einer Bewegungsstrecke < 19 als pathologisch.
- C Ein eindeutiger Hinweis auf eine linksseitige Hypovolämie ist das sog. „kissing papillary muscles“-Phänomen. Ohne Beurteilung der rechten Herzhöhle und der V. cava darf jedoch keine Aussage über die Ursache getroffen werden.
- D Nach der aktuellen Leitlinie der European Society of Cardiology ersetzt die Echokardiografie bei schwerer hämodynamischer Instabilität kein CT!
- E Ob eine perikardiale Flüssigkeitsansammlung sich auf die Hämodynamik auswirkt, kann ausschließlich echokardiografisch beurteilt werden.

## 9 Welcher Schnitt eignet sich nicht unbedingt, um relevante Klappenpathologien zu beurteilen?

- A PLAX
- B SLAX
- C MELAX
- D ME4CH
- E parasternal kurze Achse auf Papillarmuskelebene (PSAX)

## 10 Welche Aussage ist falsch?

- A Echogene intrakardiale Strukturen mit oftmals inhomogener Oberfläche, die sich nicht eindeutig einer bekannten anatomischen Struktur zuordnen lassen, sind häufig Zeichen für Thromben oder Tumoren.
- B Treten intrakardiale Auflagerungen an den Taschen oder Segeln der Herzklappen auf, besteht der dringende Verdacht auf eine Endokarditis.
- C Intrakardiale Auflagerungen weisen kein Embolie-Risiko auf.
- D Als seltener Tumor ist das Myxom zu nennen.
- E Primär kardiale Malignome treten extrem selten auf und sind oftmals Metastasen anderer extrakardialer Malignome.

## CME.thieme.de

### CME-Teilnahme

- ▶ Viel Erfolg bei Ihrer CME-Teilnahme unter <http://cme.thieme.de>.
- ▶ Diese Fortbildungseinheit ist 12 Monate online für eine CME-Teilnahme verfügbar.
- ▶ Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, unter <http://cme.thieme.de/hilfe> finden Sie eine ausführliche Anleitung.