

Journal für Kardiologie

Austrian Journal of Cardiology

Österreichische Zeitschrift für Herz-Kreislauserkrankungen

Echokardiographie des rechten Herzens // Right heart Echo Essentials

Huber G, Glaser F

Journal für Kardiologie - Austrian

Journal of Cardiology 2018; 25

(11-12), 332-342

Homepage:

www.kup.at/kardiologie

Online-Datenbank
mit Autoren-
und Stichwortsuche



Offizielles
Partnerjournal der ÖKG



Member of the ESC-Editor's Club



Offizielles Organ des
Österreichischen Herzfonds



ACVC
Association for
Acute CardioVascular Care

In Kooperation
mit der ACVC

Indexed in ESCI
part of Web of Science

Indexed in EMBASE

Krause & Pacherneegg GmbH • Verlag für Medizin und Wirtschaft • A-3003 Gablitz

P.b.b. 02Z031105M,

Verlagsort: 3003 Gablitz, Linzerstraße 177A/21

Preis: EUR 10,-

Veranstaltungskalender

Hybrid-Veranstaltungen der Herausgeber des **Journals für Kardiologie**

Finden Sie alle laufend aktualisierten Termine
auf einem Blick unter

www.kup.at/images/ads/kongress.pdf

Echokardiographie des rechten Herzens

G. Huber¹, F. Glaser²

Die aktualisierte Fassung
aus dem Jahr 2024 finden Sie [hier](#)

Kurzfassung: Zur echokardiographischen Beurteilung von Struktur und Funktion des rechten Herzens müssen Größe, Volumen und Funktion in multiplen speziell auf das Rechtsherz ausgerichteten Schritten untersucht werden. Der Befund sollte quantitative und qualitative Parameter über die Dimensionen des rechten Ventrikels und des rechten Vorhofs, sowie eine Beurteilung der rechtsventrikulären Funktion nach visuellen und semiquantitativen Kriterien enthalten. Ebenso ist eine Angabe des systolischen pulmonal arteriellen Drucks mit einer Abschätzung des rechtsatrialen Drucks unter Beachtung der Größe und der respiratorischen Schwankungen der *Vena cava inferior* nötig. Die aktuellen Empfehlungen der Europäischen Gesellschaft für kardiovaskuläre Bildgebung (EACVI) [1] werden in gekürzter Form zusammengefasst, sodass sich inhaltlich die nationalen und europäischen Empfehlungen entsprechen. Jeder vollständige echokardiographische Befund muss eine leitliniengerechte Un-

tersuchung des rechten Herzens enthalten. Der Fokus liegt auf Untersuchungsschritten, Methoden und Parametern, die unmittelbare klinische Relevanz haben und in jedem Echolabor beherrscht werden müssen.

Schlüsselwörter: Standardschnitte, quantitative und qualitative Parameter über die Größe des rechten Ventrikels und des rechten Vorhofs, rechtsventrikuläre systolische Funktion, TAPSE, SPAP

Abstract: Right heart Echo Essentials. For echocardiographic assessment of the structure and function of the right heart, size, volume, and function need to be examined in multiple steps specific to the right heart. Findings should include quantitative and qualitative parameters of the right ventricular and right atrial dimensions, as well as assessment of the right ventricular function visually, and according to the recommended semiquantitative pa-

rameters. Similarly, measurement of the systolic pulmonary arterial pressure with an estimate of the right atrial pressure according to the size and the respiratory response of the inferior vena cava is necessary. The current recommendations of the European Society of Cardiovascular Imaging (EACVI) [1] are summarized in a condensed form, so that the content of the recommendations corresponds to national and European recommendations. Any complete echocardiographic finding must include a guideline-based right heart examination. We focus on examination steps, methods and parameters of clinical relevance which must be mastered in every echo laboratory. **J Kardiol 2018; 25 (11–12): 332–42.**

Key words: Standardized echo work-up protocol, quantitative assessment of the right ventricular and right atrial dimensions, assessment of the right ventricular systolic function, Systolic Pulmonary Artery Pressure, TAPSE

■ Der rechte Ventrikel (RV)

Der rechte Ventrikel spielt eine wichtige Rolle bezüglich Morbidität und Mortalität bei Patienten mit kardiopulmonalen Erkrankungen. Für den Outcome von Herzoperationen stellt seine Funktion oft den limitierenden Faktor dar. Aufgrund der immer älter werdenden Bevölkerung mit behandlungspflichtigen Linksherzklappenerkrankungen, stetig steigenden Patientenzahlen mit angeborenen Herzfehlern, die das Erwachsenenalter erreichen, sowie der Beschreibung und morphologischen Charakterisierung von Krankheitsentitäten wie der arrhythmogenen rechtsventrikulären Kardiomyopathie (ARVC) ist von einer weiteren Zunahme der klinischen Bedeutung der Evaluierung des RV auszugehen.

Die echokardiographische Untersuchung des rechten Ventrikels ist aufgrund seiner komplexen Form schwieriger als die des linken Ventrikels (LV), und eine Standardisierung der Untersuchungstechnik erfolgte wesentlich später als für den linken Ventrikel. Spätestens seit Erscheinen der ersten Richtlinien der EACVI zur echokardiographischen Untersuchung des rechten Herzens [2] sollte eine leitliniengerechte Untersuchung und Befundung routinemäßig erfolgen.

Generelle Empfehlungen zur Quantifizierung des rechten Ventrikels

Jede echokardiographische Untersuchung sollte eine Beurteilung des rechten Herzens unter Nutzung spezifischer Schallfenster beinhalten. Der Befund sollte quantitative und qualitative Parameter über die Größe des rechten Ventrikels und des

rechten Vorhofs, sowie eine Beurteilung der rechtsventrikulären systolischen Funktion zumindest nach einer der folgenden Methoden enthalten: „fractional area change“ (FAC), maximale systolische Geschwindigkeit des Trikuspidalrings laut Gewebedoppler (S'), „tricuspid annular plane systolic excursion“ (TAPSE), oder den „RV index of myocardial performance“ (RIMP). Ebenso ist eine Angabe des systolischen pulmonalarteriellen Drucks mit einer Abschätzung des rechtsatrialen (RA) Drucks unter Beachtung der Größe und der respiratorischen Schwankungen der *Vena cava inferior* nötig.

Die Messung der rechtsventrikulären Funktion mittels 3D-Echokardiographie erfordert spezielle Hard- und Software: Sie wird für Labors mit entsprechender Erfahrung empfohlen. Die Deformationsmessung („Strainanalyse“) der freien Wand des RV ist bisher wenig evaluiert, hat aber prognostische Relevanz. Sie kann in Einzelfällen hilfreich sein, stellt aber keinen Standardparameter dar.

■ Schallfenster und Schnitte

Apikaler Vierkammerblick, RV-fokussierter apikaler Vierkammerblick, linksparasternale lange Achse und parasternale kurze Achse, linksparasternaler rechtsventrikulärer Einflusstrakt-Schnitt sowie subkostaler Vierkammerblick und subkostale Kurzsachsen-Schnitte. Der auf den LV ausgerichtete Vierkammerblick erlaubt meist keine ausreichende Beurteilung der RV-freien Wand, weswegen ein speziell auf den RV ausgerichteter Vierkammerblick („Blick auf den RV durch den LV“) verwendet werden soll.

Eingelangt und angenommen am 2. Oktober 2018

Aus der ¹1. Medizinischen Ambulanz, SMZ-Ost, Wien, und der ²Klinischen Abteilung für Innere Medizin I, Krems an der Donau

Korrespondenzadresse: Dr. Gustav Huber, 1. Medizinische Ambulanz, Sozialmedizinisches Zentrum Ost – Donauespital, A-1220 Wien, Langobardenstraße 122; E-Mail: gustav.huber@wienkav.at.

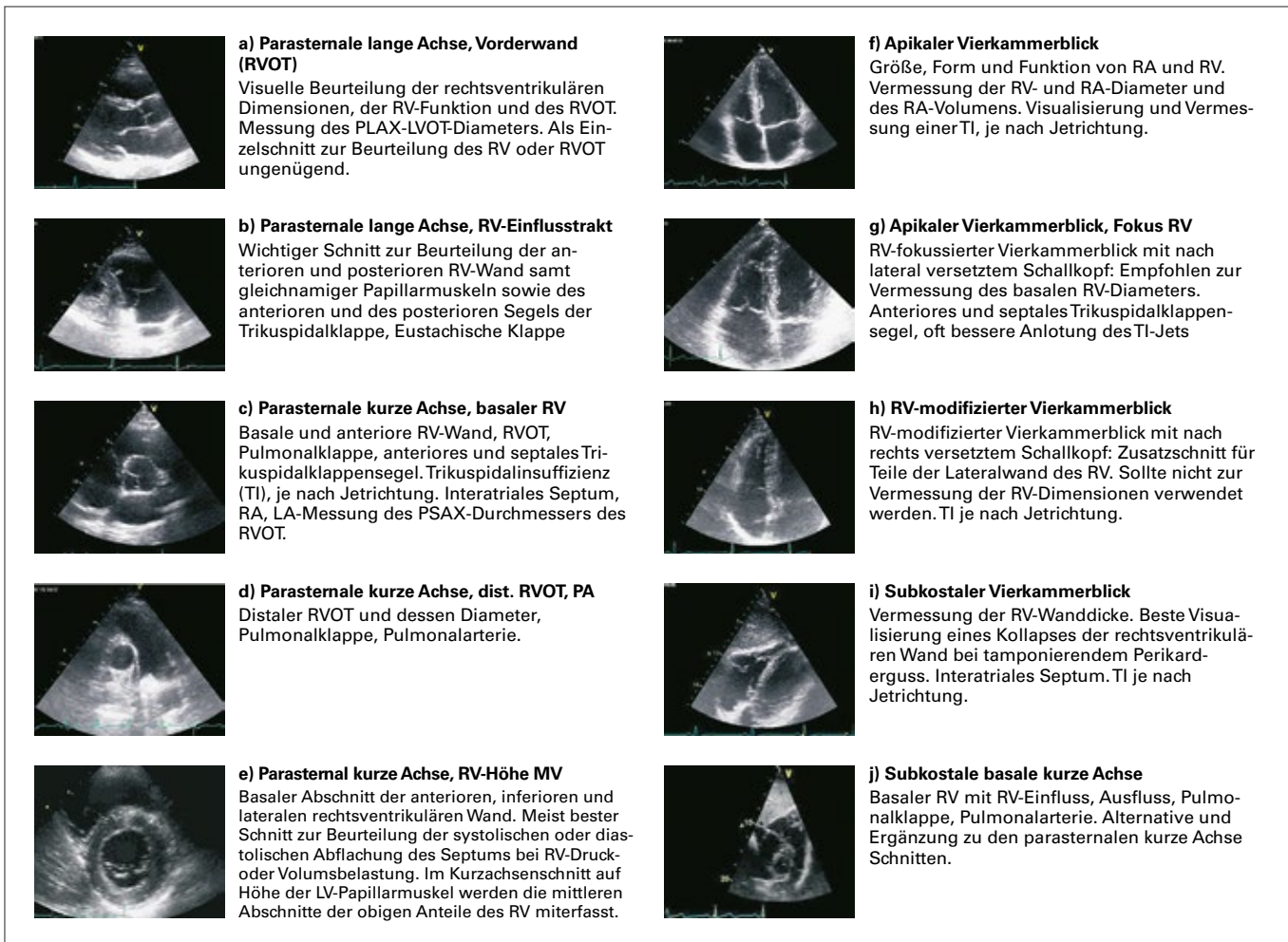


Abbildung 1: Standardschnitte bei der Untersuchung des rechten Herzens.
RVOT: rechtsventrikulärer Ausflusstrakt; LVOT: linksventrikulärer Ausflusstrakt

Um zwischen normaler und abnormaler RV-Struktur und Funktion zu unterscheiden, sollen alle angeführten Standardschnitte angewandt werden (Abb. 1).

■ Rechtsherzdimensionen

Alle linearen Diameter werden enddiastolisch (unmittelbar nach Schluss der Mitralklappe bzw. am Beginn des QRS-Komplexes) „inner edge to inner edge“ gemessen. Die exakten Schnittführungen und Messungen sind in Abb. 2 ersichtl.

RV und RV- Ausflusstrakt- (RVO-T) Dimensionen

Qualitativ ist die Größe des RV nicht mehr als $\frac{1}{3}$ der Größe des LV im Standardvierkammerblick und der LV ist spitzenbildend. Erreicht der RV in diesem Schnitt die Größe des LV, ist er sicher signifikant dilatiert.

Der basale und mittventrikuläre Durchmesser wird im RV-fokussierten Vierkammerblick gemessen. Die exakte Einstellung wird in einer Abbildung der aktuellen Guidelines illustriert: <https://www.onlinejase.com/action/showFullTextImages?pii=S0894-7317%2814%2900745-7>. Der basale RV-Durchmesser ist der größte innerhalb des basalen Drittels des RV, der mittlere wird in der RV-Mitte gemessen. Der longitudinale Durchmesser wird vom Apex bis zur Trikuspidalringebene gemessen.

Der RVOT umfasst das subpulmonale Infundibulum und die Pulmonalklappe. Die proximale Begrenzung ist die *Crista supraventricularis*. Er hat besondere Bedeutung bei kongenitalen Herzerkrankungen sowie bei Arrhythmien aus dem rechten Herzen. Der proximale RVOT wird in der parasternalen langen Achse (RVOT PLAX) von der RV-anterioren Wand bis zur septal-aortalen Junktion und der kurzen Achse (RVOT PSAX) von der RV-anterioren Wand bis zum Aortenring gemessen, woraus unterschiedliche Referenzwerte resultieren. Den distalen RVOT vermisst man in der parasternalen kurzen Achse am ventrikelseitigen Pulmonalklappenansatz, die rechtsventrikuläre Wandstärke bevorzugt von subkostal, alternativ von links parasternal.

Als abnorm wird gewertet:

- Basaler Diameter > 41 mm
- RV-Mitte > 35 mm
- Longitudinaler Diameter > 83 mm
- RVOT PLAX > 30 mm
- RVOT PSAX > 35 mm
- RVOT dist. > 27 mm
- RV-Wandstärke > 5 mm

Ein Grenzwert für „zu dünne Wand“ (wie bei Uhl'scher Anomalie, ARVD oder Narben) ist nicht definiert.

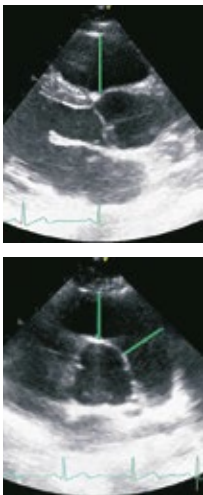
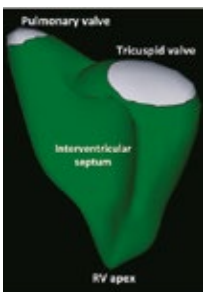
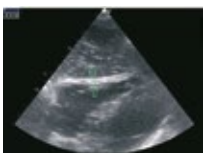
Echokardiographische Bildgebung	Empfohlene Methoden	Vorteile	Einschränkungen
Lineare Vermessung des rechtsventrikulären Einflusstraktes in der Enddiastole in einem rechtsventrikulär fokussierten Vierkammerblick 	RVD1 = maximaler transversaler basaler Durchmesser RVD2 = transversale RV-Durchmesser im mittleren Drittel. Gemessen zwischen basalem Durchmesser und dem Apex, auf der Ebene der Papillarmuskeln.	Einfach Schnell Ausreichend Literatur	Die wahre RV-Größe kann aufgrund der halbmondförmigen RV-Geometrie unterschätzt werden. Die Abmessungen sind abhängig von der Sondenposition. Diese und das Schallfenster sollten angegeben werden.
Lineare Abmessungen des rechtsventrikulären Einflusstraktes 	Proximaler RV-Ausflussdurchmesser (RVOTprox) = lineare Dimension. Des RVOT gemessen von der vorderen RV-Wand zum Interventrikularseptum- oder der Aortaklappen-Kreuzung in der Enddiastole. Distaler RV-Ausflussdurchmesser (RVOTdistal) = linear transversal. Dimension gemessen nur proximal der Pulmonalklappe in der Enddiastole	Leicht erhältlich Einfach Schnell	RVOTprox. ist abhängig von der Bildebene und weniger reproduzierbar als RVOTdistal. Risiko der Unterschätzung oder Überschätzung bei schrägen Schnitten. Das Endokard der RV-Vorderwand ist oft suboptimal abgrenzbar.
Rechtsventrikuläre enddiastolische Fläche 	Manuelle Nachzeichnung des rechtsventrikulären Endokards von der Grenze des Trikuspidalannulus entlang der freien Wand zur Spitze und entlang des Septumendokards zurück zum medialen Trikuspidalannulus in der Endsystole. Trabekulierungen, Papillarmuskeln und Moderatorenband sind innerhalb des Messbereiches.	Relativ leicht zu messen	Herausfordernd bei suboptimaler Bildqualität und schlechter Abgrenzbarkeit des RV-Endokards und der freien RV-Wand. Unterschätzung bei Foreshortening analog dem linken Ventrikel möglich, aufgrund der komplexen RV-Geometrie sogar wahrscheinlicher
3D-Volumina 	Erfassung des gesamten RV-Cavums durch Multibeam-3D-Akquisition. Die automatisch identifizierten Zeitpunkte der Enddiastole und Endsystole sollten vom Operator verifiziert werden.	Gesamtdatensatz aller relevanten Informationen unabhängig von geometrischen Annahmen. Gut Herz-MRT-validiert	Aussagekraft abhängig von der Bildqualität, dem Vorliegen eines regelmäßigen Rhythmus und der Patientenmitarbeit. Höhere Anforderungen an die technische Ausrüstung und die Ausbildung. Referenzwerte noch wenig abgesichert.
RV-Wandstärke 	Lineare Messung der freien Wandstärke des RV (entweder durch M-Mode oder 2DE) in der Enddiastole im kavitären Bereich nach dem Trikuspidalannulus. Trabekulierungen, Papillarmuskeln und epikardiales Fett sollte nicht mitgemessen werden.	Leicht durchführbar	Single-Site-Messung. Harmonische Bildgebung und schräge M-Mode-Schnittebene kann zu einer Überschätzung der RV-Wandstärke führen. Es existieren keine Normwerte für eine ungewöhnlich dünne RV-Wand.

Abbildung 2: Messungen der RV-Dimensionen. Erstellt nach [1].

Die richtige Einstellung des RV-fokussierten Vierkammerblicks zeigt Abbildung 7 in [1]: <https://www.onlinejase.com/action/showFullTextImages?pii=S0894-7317%2814%2900745-7>. Das rot umrandete Bild zeigt den fokussierten RV-Blick „durch den linken Ventrikel“. Ausgehend davon soll der größte basale Durchmesser eingestellt werden: die 3D-Analyse veranschaulicht, dass minimale Änderungen der Schallebene (gelbe Linie) relevante Änderungen des basalen Diameters bewirken. Gemessen in der Ebene, wo der größte Diameter dargestellt wird.

Es existieren keine auf die Körperoberfläche bezogenen Normwerte, bei besonders großen oder kleinen Patienten sollten die Werte aber kommentiert werden, ebenso bei Ausdauerathleten. Kurzgefasst, entspricht ein basaler RV-Diameter von > 41 mm oder ein mittventrikulärer Diameter von > 35 mm einer rechtsventrikulären Dilatation.

Empfehlung: Die visuelle Beurteilung der RV-Größe in Relation zu jener des LV, sowie der basale RV-Durchmesser, sollte in allen kompletten echokardiographischen Berichten enthalten sein. Bestehen Hinweise für eine rechtsseitige Herzerkrankung, sollten auch der mittlere quere und der longitudinale Durchmesser sowie die RV-Wandstärke erhoben werden. Auch bei Messwerten innerhalb des Normbereiches kann der RV als dilatiert beschrieben werden, wenn er größer ist als der LV.

Bei ausgewählten Patienten mit kongenitalen Herzerkrankungen oder Arrhythmien mit potentielltem Ursprung aus dem RVOT sollen der proximale und der distale Diameter des RVOT in den parasternalen Lang- und Kurzachsenschnitten gemessen werden.

3D-RV-Dimension

Die 3D-Vermessung des enddiastolischen und endsystolischen Volumens ermöglicht die Umgehung der Nachteile aller 2D-Vermessungen hinsichtlich Schnittführung, und ist besonders hilfreich bei Verformungen des rechten Ventrikels. Die oberen Referenzwerte in ml/m^2 sind:

	Enddiastole	Endsystole
Männer	87	44
Frauen	74	36

Die Vermessung der 3D-RV-Volumina ist empfohlen für erfahrene Labors.

Empfehlungen zur praktischen Durchführung der 3D-Analyse des RV wurde in einer eigenen Publikation der EACVI und ASE publiziert [3].

Rechtes Atrium- (RA-) Dimensionen (Abb. 3)

Die Größe des RA wird endsystolisch (unmittelbar vor dem Öffnen der Mitralklappe) im Vierkammerblick gemessen. Die bevorzugte Messung ist die monoplane 2D-Volumetrie mittels „area length“ oder Disk-Summationsmethode. Verglichen mit 3D-Messungen wird damit das Volumen etwas unterschätzt. Die neu erhobenen Richtwerte für das RA-Volumen sind für Männer größer als für Frauen. Dies wird durch Indexierung auf die Körperoberfläche nicht ausgeglichen. Der Grund hier-

für ist unklar. Alle Werte sollen auf die Körperoberfläche indexiert werden. Das rechte Atrium ist etwas kleiner als das linke.

Als abnorm wird gewertet:

RA-Länge: Frauen: $> 28 \text{ mm/m}^2$, Männer: $> 27 \text{ mm/m}^2$
 RA-Diameter: Frauen: $> 22 \text{ mm/m}^2$, Männer: $> 22 \text{ mm/m}^2$
 RA-2D-Volumen: Frauen: $> 27 \text{ mL/m}^2$, Männer: $> 32 \text{ mL/m}^2$

Vena cava inferior-(VCI-) Dimensionen und RA-Mitteldruck (vereinfacht RA-Druck)

Der RA-Druck wird primär auf Basis der VCI-Weite und ihres Kollaps beim Sniff-Test abgeschätzt. Der Durchmesser der VCI und ihr inspiratorischer Kollaps werden in Rückenlage endexpiratorisch von subkostal 1–2 cm proximal der Mündung in den rechten Vorhof in der langen Achse gemessen. Die Atemvariabilität wird bei ruhiger Atmung und beim Sniff-Test beobachtet. Ein VCI-Durchmesser ≤ 21 mm mit Kollaps > 50 % beim Sniff-Test entspricht einem normalen RA-Druck von 3 mm (0–5 mmHg), ein Durchmesser > 21 mm mit Kollaps < 50 % mit Sniff entspricht einem erhöhten RA-Druck von 15 mmHg (10–20 mmHg). Bei intermediären Situationen, die nicht in dieses Schema passen, soll ein Zwischenwert von 8 mmHg angegeben werden. Bei Patienten, die keinen Sniff-Test durchführen können, kann bei ruhiger Atmung die Abnahme der VCI-Weite beobachtet werden: Eine Volumenabnahme der VCI ≥ 20 % entspricht einem normalen Sniff-Test. Diese Richtwerte können individuell (unter Zuhilfenahme sekundärer Parameter und der diastolischen Funktion des RV, siehe unten) adaptiert werden. Der Einfachheit halber, und nachdem der RA-Druck zusammen mit dem maximalen systolischen RV/RA-Gradienten (über $V_{\max}$ des Trikuspidalinsuffizienz-Jets) in die Berechnung des systolischen PA-Druckes eingeht, sollen Werte (z. B. 3 mmHg) statt Bereiche (z. B. 0–5 mmHg) angegeben werden.

Diese Parameter sind bei der Mehrzahl der Patienten anwendbar und gut evaluiert. Die VCI-Weite ist bei beatmeten Patienten nicht aussagekräftig, aber hier kann üblicherweise der zentralvenöse Druck über einen Katheter gemessen werden. Eine englumige VCI kann aber auch bei diesen Patienten als Zeichen für Hypovolämie verwendet werden. Schlanke Probanden, insbesondere Athleten, können eine weite VCI haben, ohne dass ein erhöhter RA-Druck vorliegt.

■ Funktionelle Evaluierung

Systolische RV-Funktion (Abb. 4)

Die Parameter „right ventricular index of myocardial performance (RIMP)“, „tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE)“, „2D fractional area change (FAC)“, „Maximale systolische Geschwindigkeit des basalen Segments der RV-Lateralwand bzw. des TA, gemessen mittels Tissue-Doppler (S')“ sind seit Langem etabliert und ihre Wertigkeit vielfach durch Studien abgesichert. Gleiches gilt inzwischen für die Messung des maximalen longitudinalen Strain der freien Wand mittels Speckle Tracking. Die Bestimmung der Auswurffraktion (EF) mittels 3D stellt einen weiteren, inzwischen gut abgesicherten Parameter dar, der bei richtiger Anwendung als verlässlich angesehen werden kann. Zumindest ein quantitativer Parameter der systolischen RV-Funktion muss im Befund angegeben werden.

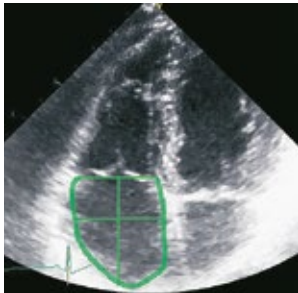
Echokardiographischer Parameter	Echokardiographische Bildgebung	Vorteile	Einschränkungen
Lineare Abmessung des RA in einem auf den Vorhof fokussierten apikalen Vierkammerblick.	Lineare 2D-Messung 	Leicht durchführbar Etablierte Normalwerte	Nur in einer Ebene. Setzt die Annahme voraus, die RA-Vergrößerung sei symmetrisch. Abhängig von der Bildebene
RA-Flächenmessung. Endsystolische (kurz vor der Öffnung der Trikuspidalklappe). Messung in einem apikalen Vierkammerblick.		Valider als die linearen Messungen. Gut etablierte Normalwerte	Rechtsatrial fokussierter Schnitt, der eine Foreshortening des rechten Atriums vermeidet, ist nötig. Setzt die Annahme voraus, die RA-Vergrößerung sei symmetrisch.
2D-volumetrische Messungen in der Regel nach der Simpson'schen Disk-Methode oder aus Datensätzen nach 3D-TTE-Full-Volume-Akquisition		Valider als die linearen Messungen. Prognostische Relevanz	Nimmt eine symmetrische Form des RA und der RA-Erweiterung an. In der Praxis noch nicht gut etabliert.
3D-Datasets		Keine geometrische Annahme. Normalwerte festgelegt	Abhängig von der Bildqualität. Geringere zeitliche Auflösung. Mitarbeit des Patienten erforderlich

Abbildung 3: 2D-Messung des rechten Atriums. (Die Vermessung der RA-Fläche wird zugunsten des 2D-RA-Volumens nicht mehr empfohlen). Erstellt nach [1].

Right ventricular index of myocardial performance (RIMP)
Das Prinzip des RIMP ist es, die isovolumetrischen Zeiten des RV mit der Auswurfzeit in Relation zu setzen:

$$MPI = (IVRT + IVCT) / ET$$

Bei zunehmender systolischer und/oder diastolischer RV-Dysfunktion werden die isovolumetrischen Zeiten im Verhältnis zur ET länger. RIMP ist ein Index der globalen (systolischen und diastolischen) RV-Funktion.

Sowohl PW als auch Gewebedoppler können mit gut evaluierten Referenzwerten an Gesunden verwendet werden.

Verwendet man den gepulsten Doppler (PW), wird die ET im RVOT gemessen, sowie die Zeit von Trikuspidalklappenschluss

(Ende A-Welle) bis Trikuspidalklappenöffnung (Beginn E-Welle) an der Trikuspidalklappe (meist in der Ringebene). Die Summe der isovolumetrischen Zeiten ergibt sich, indem man davon die ET subtrahiert. Verwendet man den Gewebedoppler (TD) des basalen lateralen RV-Segmentes oder des lateralen Trikuspidalannulus, sowie die Zeit vom Ende der lokalen A-Welle bis zum Beginn der lokalen E-Welle, wird die lokale ET gemessen. Die Verwendung des TD hat den Vorteil, dass nur eine Kurve vermessen werden muss, während die Werte des PW von verschiedenen Herzzyklen gewonnen werden müssen.

Als abnormal gilt ein Wert von $> 0,43$ bei Verwendung des PW und $> 0,54$ bei Verwendung des TD.

Mit Ausnahme von Zuständen mit unverhältnismäßig hohem RA-Druck (wo die IVRT kürzer wird), ist der RIMP ein sensi-

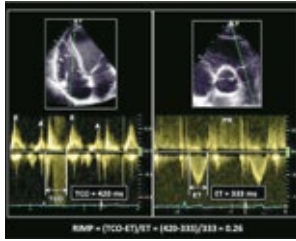
Echokardiographische Bildgebung

Empfohlene Methoden

Vorteile

Einschränkungen

Globale RV-Funktion mit PW
(RIMP)

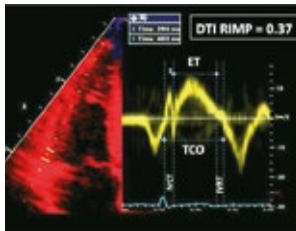


RIMP (Tei-Index) = $(TCO - ET) / ET$

Von prognostischem Wert, unabhängig von der Herzfrequenz.

Erfordert einen Abgleich der R-R-Intervalle bei zweizeitigen Messungen.
Unzuverlässig bei RA-Druckerhöhung.

Gewebe-Doppler RIMP



RIMP mit Gewebedoppler-Messung
 $RIMP = (IVRT + IVCT) / ET = (TCO - ET) / ET$

Unabhängig von der Herzfrequenz
Single-Beat-Aufnahme ohne Notwendigkeit für R-R-Intervall Anpassung

Unzuverlässig bei RA-Druckerhöhung

FAC-globale RV-Funktion

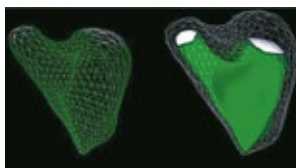


RV-FAC im rechtsventrikulär fokussierten apikalen Vierkammerblick:
 $RV\ FAC\ (\%) = 100\ (EDA\ ESA) / EDA$

Prognostisch etablierte Werte.
Reflektiert beide (longitudinale und radiale Komponenten) der RV-Kontraktion.
Gute Korrelation mit RV-EF durch CMR

Vernachlässigt den Beitrag des RV-Ausflusstraktes, insgesamt systolische Funktion.
Nur mäßige (Interobserver) Reproduzierbarkeit.

3D-TTE EF



Änderung des fraktionierten RV-Volumens aus der 3D-TTE:
 $RV\ EF\ (\%) = 100\ (EDVESV) / EDV$

Beinhaltet den Beitrag des RV-Ausflusstraktes zur Gesamtfunktion.
Korreliert gut mit der im CMR gemessenen RV-EF

Abhängig von angemessener Bildqualität.
Erfordert Offline-Analyse.
Noch unklare prognostische Wertigkeit.

TAPSE (Tricuspid annular plane systolic excursion)

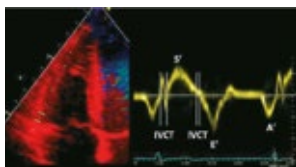


M-Mode-Darstellung der systolischen Aufwärtsbewegung des Trikuspidalannulus gemessen in mm, wobei der Cursor longitudinal durch den RV gelegt den Apex erreichen sollte.

Etablierte, nuklearmedizinisch validierte (EF-Messung mit der Radionukleotidmethode) Grenzwerte

Winkelabhängigkeit
Nicht verwendbar bei KHK und Wandbewegungsstörung.

Gewebe-PW-Doppler S

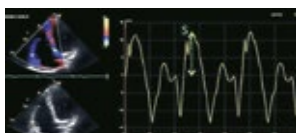


Gewebe-PW-Messung der systolischen Geschwindigkeit des Trikuspidalannulus DTI (cm/sec)

Einfach durchzuführen.
Reproduzierbar
Validiert gegen Radionuklid EF
Etablierter prognostischer Wert

Winkelabhängigkeit!
Nicht vollständig repräsentativ für die globale RV-Funktion, besonders nach Thorakotomie oder pulmonaler Thrombendarteriektomie bzw. nach Herztransplantation.

Color tissue Doppler S-Wave

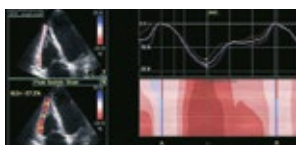


Farbdopplermessung der systolischen Geschwindigkeit des Trikuspidalannulus DTI (cm/sec)

Sampling nach durchgeführter Bilderfassung.
Erlaubt Single-beat-Multi-Site-Sampling

Winkelabhängigkeit!
Nicht vollständig repräsentativ für die globale RV-Funktion, besonders nach Thorakotomie oder pulmonaler Thrombendarteriektomie bzw. nach Herztransplantation. Niedrigere Referenzbereiche der Absolutwerte als gepulste DTI-S0-Welle. Erfordert Offline-Analyse.

Globaler longitudinaler Strain (GLS)



Peak globaler longitudinaler Strain (GLS) durch Speckle-Tracking-Echokardiographie, gemittelt über die 3 Segmente der freien RV-Wand (%)

Winkelunabhängig
Etablierter Prognosewert.
Hohe Forschungs-Aktivität

Herstellerabhängig

RIMP = Right ventricular index of myocardial performance;

Abbildung 4: Parameter der RV-Funktion. Nachdruck aus [1] mit Genehmigung von Elsevier.

tiver Index für die Erfassung einer RV-Dysfunktion bei einer Reihe von Rechtsherzerkrankungen und hat prognostische Aussagekraft bei pulmonaler Hypertonie. Bei unregelmäßiger Zykluslänge ist er nicht verwendbar.

RIMP ist als Zusatzparameter zur initialen und seriellen Erfassung einer RV-Dysfunktion empfohlen. Er sollte nicht als alleiniger Parameter verwendet werden und nicht bei unregelmäßiger Herzaktion.

Tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE)

M-Mode-Messung der systolischen Bewegung des Trikuspidalklappenannulus (TA) in Richtung Apex. Als abnorm wird ein Wert von < 17 mm gewertet.

TAPSE ist ein Index der globalen systolischen RV-Funktion. Insgesamt gibt es > 40 Studien mit mehr als 2000 Probanden, welche die Reproduzierbarkeit von TAPSE gezeigt haben.

Vorteil: TAPSE ist einfach zu vermessen, relativ unabhängig der Bildqualität und ohne lange Analysen reproduzierbar.

Nachteil: TAPSE nimmt an, dass die Bewegung eines einzelnen Segments repräsentativ für die Funktion einer komplexen 3D-Struktur wäre. Große Validierungsstudien fehlen. TAPSE dürfte zusätzlich vor- und nachlastabhängig sein.

Aufgrund der niedrigen Sensitivität schließt ein normaler Wert eine signifikante RV-Erkrankung nicht aus.

TAPSE sollte als einfach anwendbare Methode zur Abschätzung der RV-Funktion routinemäßig angewendet werden.

Fractional area change (FAC)

Die zweidimensionale FAC ist definiert als $(\text{enddiastolische Fläche} - \text{endsystolische Fläche}) / \text{enddiastolische Fläche} \times 100$. Sie wird im nicht verkürzten RV-fokussierten Vierkammerblick gemessen (Apex und Lateralwand in Systole und Diastole erkennbar).

Die zweidimensionale FAC korreliert mit der mittels Magnetresonanztomographie (MRI) ermittelten EF und ist ein unabhängiger Morbiditäts- und Mortalitätsprädiktor nach Pulmonalembolie und Myokardinfarkt.

Die FAC ist eine der empfohlenen Methoden der Quantifizierung der rechtsventrikulären systolischen Funktion mit einem unteren Referenzwert von 35 % (vgl. Abb. 8 in: J KARDIOL 2014; 21 (1–2): 42: <https://www.kup.at/kup/pdf/12023.pdf>).

Gepulster und farbkodierter Gewebedoppler S'

Maximale systolische Geschwindigkeit des basalen Segments der RV-Lateralwand bzw. des TA, gemessen mittels Gewebedoppler (TD). Als abnorm wird ein S' von $< 9,5$ cm/sec gewertet.

Zu S' gibt es durch die Umea-General-Population-Heart-Study aus Schweden Daten von 235 gesunden Erwachsenen [4]. Der Mittelwert für die Geschwindigkeit des TA und des basalen RV-Segments liegt bei 15 cm/sec., der untere Grenzwert von 9,5 cm/sec stammt aus gepoolten Daten von mit weit über 2000 normalen Kontrollpatienten.

Alternativ kann bei ausreichend hoher „frame rate“ ein farbkodierter Tissue-Doppler aufgezeichnet und offline analysiert werden. Der untere Referenzwert liegt mit 6 cm/sec. deutlich niedriger und ist unzureichend evaluiert.

S' über gepulsten Gewebedoppler gemessen sollte als einfach anwendbare Methode zur Evaluierung der RV-Funktion mit einem unteren Grenzwert von 9,5 cm/sec bei jüngeren Erwachsenen angewendet werden. Die für ältere Patienten existierenden Daten sind unzureichend. Farbkodierter Gewebedoppler wird für die Messung von S' nicht empfohlen.

RV dp/dt

Die Druckanstiegsgeschwindigkeit des TR-Jets ist ein Parameter der globalen systolischen RV-Funktion. Für RV dp/dt gibt es keine ausreichenden Daten bei Gesunden und Patienten mit RV-Erkrankungen, weiters ist der Parameter vorlast- und nachlastabhängig, und bei schwerer TI nicht verlässlich.

Bei Patienten mit Verdacht auf rechtsventrikuläre Dysfunktion kann eine $dp/dt < 400$ mm Hg/sec als abnormal angenommen werden. Aufgrund des Mangels an Referenzdaten ist RV dp/dt für den Routinegebrauch nicht empfohlen.

2D RV-longitudinal Strain und Strain-Rate

Messung der prozentuellen systolischen Verkürzung (= Deformation) der RV-Wand (Strain) bzw. der Deformationsgeschwindigkeit. Möglich ist die Messung mittels TD oder Speckle-Tracking. Letztere ist die bevorzugte Methode. Es kann im Vierkammerblick entweder nur die freie Wand oder der gesamte sichtbare RV gemessen werden. Strainmessung der RV-Lateralwand hat prognostische Relevanz, z. B. bei Herzinsuffizienz, pulmonaler Hypertonie, akutem Myokardinfarkt und Amyloidose.

Als Empfehlung kann zusammengefasst werden, dass vor allem eine Strainmessung der RV-Lateralwand mittels Speckle-Tracking reproduzierbare Werte liefert und in erfahrenen Labors nützlich ist. Limitierend ist das Fehlen von Normalwerten für globalen und regionalen Strain sowie die Strain-Rate. Die Werte sind nach wie vor software- und herstellerabhängig. Als Richtwert kann ein Grenzwert von ≥ -20 % angegeben werden [5].

3D RV-EF

Die dreidimensionale Messung der RV-Auswurfraction ist besonders dann wertvoll, wenn konventionelle globale Messungen der globalen RV-Funktion generell reduziert und nicht mehr für die RV-Funktion repräsentativ sind (v. a. nach herzchirurgischen Eingriffen). 3D RV-EF ist empfohlen für

erfahrene Labors. Der untere RV-EF Normwert ist für Frauen geringfügig höher als für Männer, grob gilt eine 3D-EF von < 45 % als pathologisch.

Zusammenfassung der Empfehlungen zur Evaluierung der systolischen RV-Funktion

Die Beurteilung der systolischen Funktion des rechten Ventrikels erfolgt in einem ersten Schritt visuell. Diese Einschätzung alleine ist in Zeiten der Standardisierung ungenügend. Eine Reihe an einfach reproduzierbaren Methoden steht zur Quantifizierung der rechtsventrikulären systolischen Funktion zur Verfügung. Dazu gehören die TAPSE, die FAC und der S'-Wert aus dem TD.

Die Kombination mehrerer Beurteilungsansätze hilft, um zwischen normaler und abnormaler Ventrikelfunktion zu unterscheiden. Zumindest eine der quantitativen Messmethoden sollten bei jeder echokardiographischen Untersuchung angewendet und das Ergebnis im schriftlichen Befund angeführt werden.

Diastolische Funktion des RV und RA-Druck

Diastolische Dysfunktion des RV ist ein unabhängiger prognostischer Faktor bei Herzinsuffizienz, PH und kongenitalen Herzfehlern [6, 7]. Allerdings sind die Parameter der diastolischen Funktion und deren „Grading“ unzureichend evaluiert. Ein erhöhter RA-Druck ist Folge der (diastolischen) RV-Dysfunktion, Parameter betreffend den RA-Druck gehen in die Beurteilung der diastolischen Dysfunktion mit ein. Hinzugezogen werden der trikuspidale Einstrom (E/A-Verhältnis), die Dezelerationszeit der E-Welle, Gewebedoppler des Trikuspidalrings oder der basalen freien RV-Wand (E'), sowie der Lebervenenfluss.

Alle Parameter werden in Endexpiration ermittelt oder über 5 Schläge bei ruhiger Atmung gemittelt.

Trikuspidales E/A-Verhältnis: Als pathologisch gelten ein E/A-Verhältnis von < 0,8 oder > 2,0.

Dezelerationszeit trikuspidale E-Welle: Als pathologisch gilt < 119 oder > 242 msec.

E': pathologisch: < 7,8

E/E': pathologisch: > 6.

„Grading“ der diastolischen Funktion

Normale diastolische RV-Funktion: E/A 0,8–2, E/E' < 6

„Relaxationsstörung“ oder „milde diastolische Dysfunktion“: E/A < 0,8.

„Pseudonormaler“ Trikuspidalfluss oder „mittelgradige diastolische Dysfunktion“: E/A 0,9–2,1, E/E' > 6, verbunden mit dilatierter bzw. vermindert atemmodulierter VCI oder dominant diastolischem Lebervenenfluss.

„Restriktiver“ Trikuspidalfluss oder „hochgradige diastolische Dysfunktion“: E/A ≥ 2,1, E/E' > 6, Dezelerationszeit < 120 oder spätdiastolischer Vorwärtsfluss in der Pulmonalarterie.

Lebervenenfluss: Normalerweise ist sowohl die maximale Geschwindigkeit als auch das Geschwindigkeitszeitintegral

des systolischen Vorwärtsflusses (Vs bzw. VTIs) höher als die des diastolischen (Vd bzw. VTId). Bei erhöhten RA-Drücken dreht sich dieses Verhältnis um, sodass ein Verhältnis Vs/Vd < 1 entsteht. Die „systolische Lebervenen Füllungsfraktion“ ist definiert als Vs/(Vs + Vd) und ein Wert von < 55 % diskriminiert am besten zwischen normalem und erhöhtem RA-Druck, wobei als erhöht ein Wert von > 8 mmHg definiert wurde [8].

Sekundäre Parameter für erhöhten RA-Druck:

1. Lebervenenfluss: siehe oben.
2. Trikuspidales E/E'-Verhältnis: E/E' > 6 entspricht mit mäßiger Vorhersagegenauigkeit einem RA-Druck von ≥ 10 mmHg [9].
3. RA-Dimension: Ein dilatierter rechter Vorhof und/oder ein nach links verlagertes interatriales Septum (während des gesamten Herzzyklus) sind qualitative Zeichen für erhöhten RA-Druck.

Empfehlung: Bei Verdacht auf RV-Dysfunktion soll die zusätzliche Evaluierung der RV-diastolischen Funktion erwogen werden. Die transtrikuspidale E/A-Ratio, die E/E'-Ratio, Lebervenenfluss und die RA-Größe sind relativ am besten validiert. Eine Graduierung der rechtsventrikulären diastolischen Dysfunktion kann entsprechend obiger Diskussion erfolgen. Wegen der im Vergleich mit dem Mitralfluss geringen transtrikuspidalen Geschwindigkeiten und der stärkeren atemabhängigen Flussschwankungen ist die Messung obiger Parameter schwierig und schlechter reproduzierbar, weitere Studien betreffend die klinische Wertigkeit der Graduierung der RV-Dysfunktion sind nötig.

■ **Interventrikuläres Septum (IVS)**

Die Stellung des interventrikulären Septums hängt vom relativen Druckgradienten zwischen linkem und rechtem Ventrikel ab. Dementsprechend besteht bei normalen Druckverhältnissen systolisch und diastolisch eine Biegung des Septums nach rechts sowohl im apikalen Vierkammerblick als auch in der kurzen Achse. Die Form des linken Ventrikels ist normalerweise während des gesamten kardialen Zyklus rund und wird mit Zunahme des relativen rechtsventrikulären Druckes im Kurzachsenschnitt zunehmend D-förmig deformiert. Der Zeitpunkt der maximal abnormen Septumstellung ist bei reiner RV-Druckbelastung endsystolisch, bei reiner RV-Volumenbelastung enddiastolisch. Die Septumbewegung wird jedoch durch die linksventrikulären Druckverhältnisse, Infarkte mit septaler Beteiligung und ventrikuläre Leitungsstörungen (v. a. Linksschenkelblock) mit beeinflusst.

Eine visuelle Beurteilung der Form des interventrikulären Septums in der Systole und in der Diastole unter besonderer Beachtung einer D-förmigen Deformation des linken Ventrikels hilft bei der Diagnose einer rechtsventrikulären Druck- oder Volumenüberlastung. Obwohl dies kein sicheres diagnostisches Kriterium darstellt, gibt es doch einen wichtigen Hinweis auf rechtsventrikuläre Erkrankungen (Abb. 5).

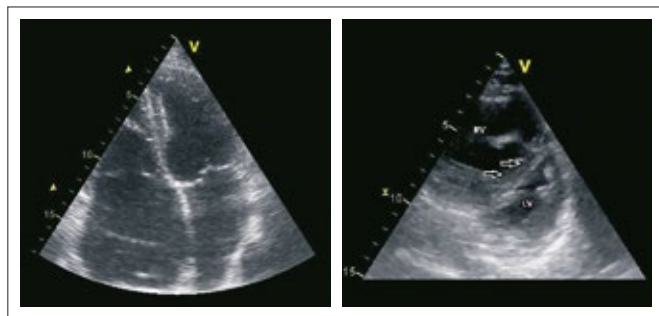


Abbildung 5: Patient mit rechtsventrikulärer Volumsbelastung bei schwerer Trikuspidalinsuffizienz.

■ Pulmonale Zirkulation

Systolischer pulmonalarterieller Druck (SPAP)

Die maximale Geschwindigkeit des Trikuspidalinsuffizienz- (TI-) Jets erlaubt über die simplifizierte Bernoulli-Gleichung eine zuverlässige Messung des systolischen RV/RA-Gradienten, der bei Addition des echokardiographisch erhobenen RA-Drucks und bei freier RV-Ejektion (keine Pulmonalstenose oder RVOT-Obstruktion) dem SPAP entspricht. Zur Anlotung des TI-Jets muss auf möglichst parallele Ausrichtung des Jets mit dem Doppler geachtet werden, wozu der Farbdoppler in mehreren Ebenen zu Hilfe genommen werden soll. Bei Patienten mit schwerer TI wird das Dopplersignal aufgrund eines frühen Druckausgleichs zwischen RV und RA abgeschnitten, sodass der RVSP bzw. SPAP durch die vereinfachte Bernoulli-Gleichung unterschätzt wird.

Als abnorm gilt ein echokardiographisch ermittelter SPAP von ≥ 36 mmHg [2].

Beim Screening für pulmonale Hypertonie (PH) wird als erster Schritt die Messung der maximalen Geschwindigkeit des TI-Jets empfohlen, sodann der morphologische Ausschluss für Hinweise für Rechtsherzbelastung [10]: PA-Durchmesser < 25 mm, keine Abflachung des interventrikulären Septums, normale RA-Dimensionen, normaler VCI-Befund.

Eine niedrige Wahrscheinlichkeit für PH liegt vor, wenn die maximale Geschwindigkeit des TI-Jets $\leq 2,8$ m/sec (oder bei geringem Signal nicht messbar) ist, und morphologische Zeichen für Rechtsherzbelastung fehlen.

Eine mittlere Wahrscheinlichkeit liegt vor, wenn die maximale Geschwindigkeit des TI-Jets 2,9–3,4 m/sec beträgt und morphologische Zeichen für Rechtsherzbelastung fehlen, oder die maximale Geschwindigkeit des TI-Jets $\leq 2,8$ m/sec (oder bei geringem Signal nicht messbar) ist, und morphologische Zeichen für Rechtsherzbelastung vorhanden sind.

Eine hohe Wahrscheinlichkeit für PH liegt vor, wenn die maximale Geschwindigkeit des TI-Jets 2,9–3,4 m/sec beträgt und morphologische Zeichen für Rechtsherzbelastung vorhanden sind, oder die maximale Geschwindigkeit des TI-Jets $> 3,4$ m/sec ist (unabhängig vom Vorhandensein der morphologischen Kriterien). Diesbezüglich kritisch anzumerken ist, dass bei Vorliegen morphologischer Hinweise für PH fast immer ein verwertbares TI-Signal zu registrieren ist, und im

Bedarfsfall auch eine Signalaugmentierung mittels Kontrast durchgeführt werden kann. Falls kein TI-Signal zu registrieren ist, kann das Pulmonalinsuffizienz-Signal wenigstens zur Bestimmung des diastolischen PA-Drucks herangezogen werden.

Diastolischer pulmonalarterieller Druck

Der pulmonalarterielle diastolische Druck (PADP) kann über die Geschwindigkeit des enddiastolischen Pulmonalinsuffizienz- (PR-) Jets und die modifizierte Bernoulli-Gleichung:

$$\text{PADP} = 4 \times (\text{enddiastolische PR-Geschwindigkeit})^2 + \text{RA-Druck}$$

abgeschätzt werden.

Pulmonalarterieller Mitteldruck

Kennt man den systolischen und den diastolischen pulmonalarteriellen Druck, so kann der mittlere PA-Druck nach der Standardformel

$$\frac{1}{3}(\text{SPAP}) + \frac{2}{3}(\text{PADP})$$

berechnet werden.

Der mittlere PA-Druck kann ebenso über die pulmonale Akzelerationszeit (AT) des systolischen PW-Flusssignals in der Pulmonalarterie nach der Formel

$$\text{PA-Druck} = 79 - (0,45 \times \text{AT})$$

abgeschätzt werden.

Bei Patienten mit $\text{AT} < 120$ msec ist die Formel

$$\text{PA-Druck} = 90 - (0,62 \times \text{AT})$$

besser zur Abschätzung des pulmonalarteriellen Mitteldruckes geeignet. Generell gilt: Je kürzer die AT – gemessen vom Beginn des QRS-Komplexes bis zur Spitzengeschwindigkeit des Pulmonalisflusses – umso höher ist der pulmonal-vaskuläre Widerstand und damit der PA-Druck, sofern sich die Herzfrequenz zwischen 60–100 Schlägen/Minute bewegt. Diese empirische Formel hat allerdings bisher wenig Verbreitung gefunden. Einfacher ist, auf dieser Basis die AT in Bereiche einzuteilen:

- Normaler PAP: $\text{AT} > 130$ msec
- Graubereich: $\text{AT} 100\text{--}130$ msec
- Mild bis mäßig erhöhter PAP: $\text{AT} 80\text{--}100$ msec
- Stark erhöhter PAP: $\text{AT} < 80$ msec

Der mittlere PA-Druck kann auch als $4 \times (\text{frühe PR-Geschwindigkeit})^2 + \text{abgeschätztem RA-Druck}$ angegeben werden. Eine weitere kürzlich beschriebene Methode verwendet den mittleren Gradienten des TI-Jets + abgeschätztem RA-Druck, um den mittleren systolischen Druck abzuschätzen [11]. Diese Methode wurde durch den Rechtsherzkatheter validiert und erscheint genauer als die empirische Methode der pulmonalen Akzelerationszeit. Wann immer möglich, ist es hilfreich, mehrere Methoden zur Berechnung des Mitteldruckes anzuwenden.

Empfehlungen zum Pulmonalarteriendruck: Der SPAP sollte bei allen Patienten mit zur Vermessung geeignetem TI-Jet berechnet und im Befund angegeben werden. Die empfohlene Methode ist das Verwenden der TI-Geschwindigkeit nach der vereinfachten Bernoulli-Gleichung unter Hinzufügen eines geschätzten RA-Druckes, wie oben detailliert angeführt. Bei Patienten mit pulmonalarterieller Hypertonie oder Herzinsuffizienz sollen zusätzlich ein geschätzter PADP unter Verwendung der späten PR-Geschwindigkeit angegeben werden. Die bevorzugte Methode zur Bestimmung des PAMP ist die Verwendung des mittleren Gradienten des TI-Jets. Wenn der abgeschätzte SPAP ≥ 36 mmHg ist, ist eine genaue Abklärung unter Einbeziehung aller klinischen Informationen angezeigt.

Als einfacher, visuell leicht zu erfassender Richtwert des PAMP kann die AT gemessen werden.

Pulmonalgefäßwiderstand (PVR)

Der SPAP ergibt sich aus der elementaren Flussgleichung

$$F = \Delta P/R,$$

wobei ΔP den transpulmonalen Druckgradienten darstellt, R den PVR. Einem erhöhten SPAP können demnach ein hoher Pulmonalgefäßwiderstand und/oder ein erhöhter Pulmonalfluss zugrunde liegen. Zusätzlich muss der linksatriale Mitteldruck als „distale“ Komponente des Widerstandes berücksichtigt werden. Eine Reihe von Methoden zur Bestimmung des PVR basieren darauf, dass Indices des RV-Schlagvolumens in Relation zum systolischen oder mittleren PA-Druck gesetzt werden.

Alle Methoden zur echokardiographischen Abschätzung des PVR sind nicht gut genug abgesichert. Für Therapieentscheidungen sollte die nicht-invasive Abschätzung des PVR daher keinesfalls der invasiven Evaluierung vorgezogen werden.

Messung des PA-Druckes während Belastung

Normalerweise erhöht körperliche Anstrengung das Schlagvolumen, während der pulmonalarterielle Widerstand abnimmt. Normalwerte sind definiert durch einen SPAP < 43 mmHg während der Belastung. Bei gut trainierten Athleten oder Älteren (> 55 Jahre) wurden Werte von 55–60 mmHg bei Ausbelastung gemessen. Eine pulmonale hypertensive Regulation während Belastung ist bei vielen Krankheitsbildern, unter anderem Herzinsuffizienz, pulmonale Hypertonie und Herzklappenerkrankungen, klinisch relevant. Entsprechend obiger Diskussion kann eine abnormale pulmonale Druckerhöhung während der Belastung einerseits bei supernormalem Cardiac-Output bei Athleten, andererseits bei normaler Flusserhöhung mit gleichzeitig erhöhtem Widerstand aufgrund limitierter Kapazität des pulmonalarteriellen Bettes vorkommen. Zur Klärung dieser Frage kann die Bestimmung des pulmonalen Widerstands wie oben diskutiert hilfreich sein

Bei Patienten mit Dyspnoe unklarer Genese und normaler Ruheechokardiographie sowie ohne Hinweisen für KHK ist es sinnvoll, eine Stressechokardiographie zur Detektion eines belastungsinduzierten pulmonalen Hypertonus durchzuführen. Die Fahrradergometrie ist die bevorzugte Belastungsmethode, das obere Limit für den SPAP bei mittlerer Belastungsintensität liegt bei 43 mmHg. Beim Management von Patienten mit Herzklappenerkrankungen gelten die von ACC und AHA definierten Grenzwerte.

Schlussfolgerung

Die Echokardiographie des rechten Herzens war viel länger als die des linken vor allem eine qualitative Methode, da genaue Volumenwerte wegen der komplexen Form des RV schwer zu messen sind. Trotzdem gibt es ein gut abgesichertes quantitatives Datenset an Werten der Größe und Funktion eines normalen rechten Ventrikels. Eine zunehmende Verschiebung zu einer mehr quantitativen Befundung der rechtsventrikulären Größe und Funktion ist heute Standard der Rechtsherzuntersuchung. Klinische Daten des technisch bereits ausgereiften und zunehmend breit verfügbaren 3D-Ultraschalls werden eine weitere Optimierung bringen. Diese Richtlinien stellen einen Zwischenstand bisher vorhandener zusammengefasster Daten dar und sollen dem Echokardiographen in der Praxis als rasch verfügbare Referenz dienen.

Fragen zum Text

1. Zur Beurteilung der rechtsventrikulären systolischen Funktion ist ungeeignet:

- a) FAC im Standardschnitt
- b) TAPSE ohne WBS
- c) Strain bei guter Bildqualität
- d) 3D im erfahrenen Labor
- e) RIMP bei AFIB

2. Eine PA-AT von 90 ms spricht für

- a) eine rechtsventrikuläre systolische Dysfunktion.
- b) eine wirksame PI.
- c) eine Konstriktion.
- d) eine mäßige Druckerhöhung im kleinen Kreislauf.
- e) ein wirksames Shunt-Vitium.

3. Für den SPAP gilt

- a) Ab einem Wert von 36 mmHg liegt eine abklärungswürdige pulmonale Hypertension vor.
- b) entspricht bei SR in Ruhe dem PADP.
- c) ist ausschließlich invasiv bestimmbar.
- d) eine Trikuspidalklappenregurgitation von 3,7 m/s entspricht einem Normalbefund.
- e) die Schwankungen des Trikuspidalflussmusters müssen beachtet werden.

4. Wandbewegungsstörungen des rechten Ventrikels

- a) können am besten von transösophageal dargestellt werden.
- b) betreffen am häufigsten die Lateralwand.
- c) lassen an eine ARVD als DD denken.
- d) sind bei Athleten ohne pathologische Bedeutung.
- e) sind bei pulmonaler Hypertonie nicht beurteilbar.

— Zu den Antworten —

■ Interessenkonflikt

Die Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur:

1. Lang RM, Badano LP, Morava V, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 2015; 28: 1–39.
2. 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.
3. Lang RM, Badano LP, Tsang W, Adams DH, Agricola E, Buck T et al. EAE/ASE recommendations for image acquisition and display using three-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2012; 25: 3–46.
4. Lindqvist P, Waldenström A, Henein M, et al. Regional and global right ventricular function in healthy individuals aged 20–90 years: a pulsed Doppler tissue imaging study: Umeå General Population Heart Study. *Echocardiography* 2005; 22: 305–14.
5. Muraru D, Onciul S, Peluso D, et al. Sex- and Method-Specific Reference Values for Right Ventricular Strain by 2-Dimensional Speckle-Tracking Echocardiography. *Circ Cardiovasc Imaging* 2016; 9 (2): e003866.
6. Tei C, Dujardin KS, Hodge DO, et al. Doppler echocardiographic index for assessment of global right ventricular function. *J Am Soc Echocardiogr* 1996; 9: 838–847.
7. Sallach JA, Tang WHW, Borowski AG, et al. Right atrial volume index in chronic systolic heart failure and prognosis. *JACC Cardiovasc Imaging* 2009; 2: 527–34.
8. Nagueh SF, Kopelen HA, Zoghbi WA. Relation of mean right atrial pressure to echocardiographic and Doppler parameters of right atrial and right ventricular function. *Circulation* 1996; 93: 1160–9.
9. Nagueh MF, Kopelen HA, Zoghbi WA, et al. Estimation of mean right atrial pressure using tissue doppler imaging. *Am J Cardiol* 1999; 84: 1448–51.
10. Galiè N, Humbert M, Vachiery JL, et al. 2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension: The Joint Task Force for the Diagnosis and Treatment of Pulmonary Hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Respiratory Society (ERS): Endorsed by: Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC), International Society for Heart and Lung Transplantation (ISHLT). *Eur Heart J* 2016; 37: 67–119.
11. Abbas AE, Fortuin FD, Schiller NB, et al. Echocardiographic determination of mean pulmonary artery pressure. *Am J Cardiol* 2003; 92: 1373–6.

Antworten zu den Fragen auf Seite 341

1e, 2d, 3a, 4c

[— Zurück zu den Fragen —](#)

Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere Rubrik

☒ Medizintechnik-Produkte



Neues CRT-D Implantat
Intica 7 HF-T QP von Biotronik



Artis pheno
Siemens Healthcare Diagnostics GmbH



Philips Azurion:
Innovative Bildgebungslösung

Aspirator 3
Labotect GmbH



InControl 1050
Labotect GmbH

e-Journal-Abo

Beziehen Sie die elektronischen Ausgaben dieser Zeitschrift hier.

Die Lieferung umfasst 4–5 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Unsere e-Journale stehen als PDF-Datei zur Verfügung und sind auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

☒ Bestellung e-Journal-Abo

Haftungsausschluss

Die in unseren Webseiten publizierten Informationen richten sich **ausschließlich an geprüfte und autorisierte medizinische Berufsgruppen** und entbinden nicht von der ärztlichen Sorgfaltspflicht sowie von einer ausführlichen Patientenaufklärung über therapeutische Optionen und deren Wirkungen bzw. Nebenwirkungen. Die entsprechenden Angaben werden von den Autoren mit der größten Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Die angegebenen Dosierungen sind im Einzelfall anhand der Fachinformationen zu überprüfen. Weder die Autoren, noch die tragenden Gesellschaften noch der Verlag übernehmen irgendwelche Haftungsansprüche.

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

[Impressum](#)

[Disclaimers & Copyright](#)

[Datenschutzerklärung](#)