

Journal für Kardiologie

Austrian Journal of Cardiology

Österreichische Zeitschrift für Herz-Kreislauserkrankungen

Echo-Standards Klappenstenosen //

Valve Stenosis

Geiger H, Zechner P

Journal für Kardiologie - Austrian

Journal of Cardiology 2018; 25

(11-12), 322-331

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

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

Echo-Standards Klappenstenosen

H. Geiger, P. Zechner

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

Kurzfassung: Die Echokardiographie gilt heutzutage als Goldstandard in der Evaluierung von Patienten mit stenotischen Klappenvitien. Ziel des vorliegenden Artikels ist es, in Anlehnung an die aktuellen Leitlinien der European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) eine Empfehlung für die echokardiographische Untersuchung und Beurteilung von Klappenstenosen abzugeben.

Schlüsselwörter: Echokardiographie, Klappenstenose, Aortenklappenstenose, Mitralklappenstenose, Trikuspidalklappenstenose, Pulmonalklappenstenose

Abstract: Valve Stenosis. Echocardiography is regarded as the primary imaging modality in patients with stenotic valve diseases. The aim of this paper is to provide recommendations for

the echocardiographic evaluation of stenotic valve diseases on the basis of the recent European Association of Echocardiography guidelines. *J Kardiol* 2018; 25 (11–12): 322–31.

Key words: echocardiography, valve stenosis, aortic stenosis, mitral stenosis, tricuspid stenosis, pulmonic stenosis

Abkürzungen

AS = Aortenklappenstenose
AVA = Aortenklappenöffnungsfläche
CSA = Querschnittsfläche
CWD = Continuous Wave Doppler
D = Durchmesser
EACVI = European Association of Cardiovascular Imaging
HOCM = Hypertrophe obstruktive Kardiomyopathie
LV = Linker Ventrikel
LVOT = Linksventrikulärer Ausflusstrakt
MS = Mitralklappenstenose

MVA = Mitralklappenöffnungsfläche
DG = Druckgradient
SV = Schlagvolumen
TEE = Transösophageale Echokardiographie
TTE = Transthorakale Echokardiographie
T½ = Druckhalbwertszeit
V = Geschwindigkeit
VSD = Ventrikelseptumdefekt
VTI = Geschwindigkeits-Zeitintegral

Aortenklappenstenose

Heutzutage stellt die Echokardiographie den Goldstandard in der Beurteilung und Graduierung der Aortenklappenstenose (AS) dar. Lediglich bei Patienten mit inkonklusivem echokardiographischem Befund (trotz Ultraschall-Kontrastmittel und 3D-TEE) kommen alternative Untersuchungsmodalitäten, wie beispielsweise ein Linksherzkatheter, zum Einsatz.

Vor allem in der westlichen Welt entsteht ein Großteil der AS bei jüngeren Patienten auf dem Boden einer bikuspiden Aortenklappe. Die rheumatische AS erlebt aufgrund der Migrationsströme eine gewisse Renaissance, und die degenerative Verkalkung einer trikuspiden Aortenklappe bleibt im höheren Alter Hauptursache für das Entstehen einer AS.

Standarduntersuchung

Klappenanatomie

Die anatomisch-morphologische Beurteilung der Aortenklappe erfolgt sowohl in Kurzachsen- als auch in Längsschnittsichten. In den meisten Fällen liefert die transthorakale Echokardiographie (TTE) ausreichend gute Ergebnisse, bei schlechter Schallqualität kann man mithilfe von Ultraschall-Kontrastmittel die Qualität des Dopplersignals deutlich

steigern und oft den Diameter des linksventrikulären Ausflusstraktes besser bestimmen. Die Durchführung einer transösophagealen Echokardiographie (TEE) ermöglicht eine genauere Vermessung des Durchmessers bzw. in der 3D-Technik die direkte Planimetrie des linksventrikulären Ausflusstraktes.

Das Vorliegen einer bikuspiden Aortenklappe kann am besten in der Systole identifiziert werden, da in dieser Phase die beiden Taschen mit nur 2 Kommissuren gut dargestellt werden können (Abb. 1). In der Diastole kann bei Vorliegen einer Raphe das Bild einer trikuspiden Aortenklappe vorgetäuscht werden. Bei fortgeschrittener Kalzifikation der Aortenklappe kann häufig nicht mehr zwischen bi- und trikuspiden Aortenklappe unterschieden werden.

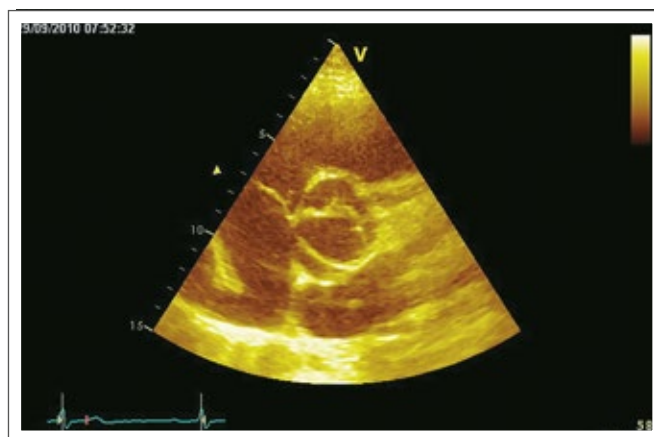


Abbildung 1: Bikuspidale Aortenklappe

Eingelangt und angenommen am 3. Oktober 2018

Aus der II. Internen Abteilung/Kardiologie, Ordensklinikum Linz

Korrespondenzadresse: OA Dr. Helmut Geiger, Abteilung Interne II – Kardiologie, Ordensklinikum Linz GmbH, Barmherzige Schwestern, A-4010 Linz, Seilerstätte 4; E-Mail: helmut.geiger@ordensklinikum.at

Eine Fusion der Kommissuren gilt als typischer Hinweis für eine rheumatisch bedingte AS. Meist findet man in diesem Fall auch rheumatische Veränderungen an der Mitralklappe.

Die Evaluierung einer AS erfolgt in erster Linie anhand der maximalen Flussgeschwindigkeit über der Aortenklappe, des mittleren transvalvulären Druckgradienten (DG) und der Klappenöffnungsfläche, welche über die Kontinuitätsgleichung ermittelt wird.

Maximale Flussgeschwindigkeit über der Aortenklappe

Die Messung der maximalen systolischen Flussgeschwindigkeit über der Aortenklappe erfolgt mittels Continuous Wave (CW-) Doppler. Der Schallkopf sollte so positioniert werden, dass das Dopplersignal und der Blutfluss möglichst parallel verlaufen. Dazu kann es mitunter sinnvoll sein, mehrere Schallkopfpositionen (apikal, rechtsparasternal, suprasternal) zu verwenden. Oftmals kann die maximale Flussgeschwindigkeit nur mittels Pencilsonde von rechts parasternal erfasst werden. In Abbildung 2 sieht man eine Dopplerkurve von rechts parasternal, die mit der Stabsonde gewonnen wurde, und mit der erst Gradienten von 44 mmHg (mean) gemessen wurden, während man von apikal nur 34 mmHg messen konnte und eine hochgradige Stenose übersehen hätte.

Die Geschwindigkeitsskala und Gaineinstellungen sollten so angepasst werden, dass das Dopplersignal zur Gänze abgebildet wird und eine exakte Hüllkurve abzugrenzen ist. Der Hintergrund sollte im CW-Doppler möglichst schwarz sein, um auszuschließen, dass man nicht-existente hohe Geschwindigkeiten misst („Overgain“; in Abbildung 3 mit maximalem Gain und hellem Hintergrund viel höhere Werte als bei optimalem Gain in Abbildung 4). Im aufgezeichneten Dopplersignal sollte die maximale systolische Geschwindigkeit gemessen werden (Spitze der Kurve) und die Hüllkurve zur Ermittlung des Geschwindigkeits-Zeitintegrals (VTI) und des mittleren DG umfahren werden (Abb. 4; dunkler Hintergrund, kein „Overgain“). Dabei sollte auch auf die Form der Hüllkurve geachtet werden, da diese bereits Aufschlüsse über den Schweregrad der Aortenstenose zulässt. Ein früher Peak spricht für eine geringgradige Stenose, während eine runde Hüllkurve mit einem

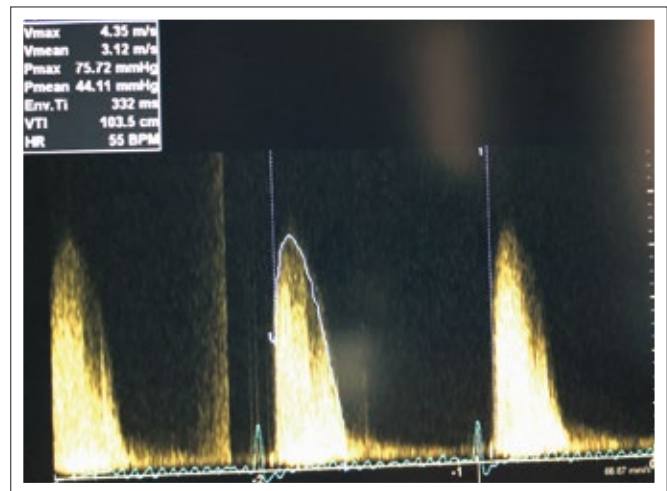


Abbildung 2: Aortenklappenstenose mit Stabsonde von rechts parasternal. Die VTI von apikal betrug nur 80 cm, von parasternal mit der Stabsonde 103,5 cm, was einen gravierenden Unterschied bedeutet.

mittelsystolischen Peak eine höhergradige Stenose anzeigt. Bei Vorliegen einer subaortalen Obstruktion wie bei hypertropher obstruktiver Kardiomyopathie findet sich der systolische Geschwindigkeitspeak typischer Weise spätsystolisch und die Form der Hüllkurve erinnert an die Klinge eines Dolches.

Bei Vorliegen eines Sinusrhythmus sollten die Messungen aus 3 Herzzyklen gemittelt werden, bei Vorhofflimmern sollten zumindest 5, besser 10 Herzzyklen aufgezeichnet und gemessen werden.

Bei schlechten Schallbedingungen sollte lungengängiges Ultraschallkontrastmittel (KM) angewandt werden.

Mittlerer transvalvulärer Druckgradient

Der transvalvuläre DG über der Aortenklappe stellt eine weitere Standardmessung in der Evaluation einer AS dar. Die Messung der transaortalen DG erfolgt über die vereinfachte Bernoulli-Gleichung $\Delta P = 4v^2$. Der mittlere transvalvuläre Gradient errechnet sich als Durchschnitt der instanten Gradienten über die Auswurfphase.

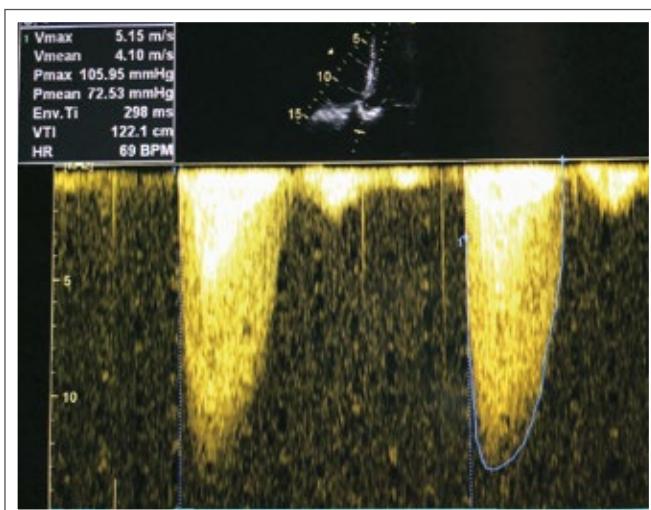


Abbildung 3: CW-Doppler: Aortenklappenstenose vor hellem Hintergrund

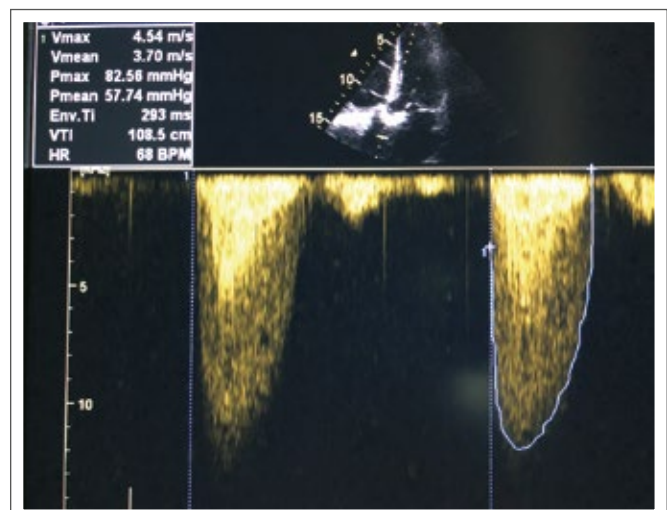


Abbildung 4: CW-Doppler: Aortenklappenstenose. Es handelt sich um den gleichen Patienten wie bei Abb. 3, aber jetzt bei dunklem Hintergrund; ohne „Overgain“ viel geringere VTI.

Bei den meisten modernen Echokardiographiegeräten erfolgt die Berechnung des maximalen und mittleren transvalvulären DG nach Umfahren der Dopplerhüllkurve automatisch.

Die häufigste Fehlerquelle bei der Kalkulation des mittleren DG ist eine Winkelabweichung zwischen Ultraschallsignal und Jetsignal und damit die Unterschätzung der maximalen Geschwindigkeiten und Gradienten. Der Einsatz der Pencilprobe von unterschiedlichen Schallkopfpositionen ist hierfür ein hilfreiches Tool. Ein weiterer Pitfall ist die Verwechslung des CW-Signals einer (exzentrischen) Mitralinsuffizienz mit jenem der Aortenstenose, wodurch die Geschwindigkeiten und Gradienten überschätzt werden könnten. Das Phänomen der „Pressure Recovery“ kann ebenfalls zu einer Überschätzung der Gradienten führen. Die Erklärung liegt darin, dass normalerweise ein Teil der kinetischen Energie in Wärme umgewandelt wird, wenn nach der Stenose Wirbelbildung auftritt. Diese Wirbelbildung ist u. a. vermindert, wenn die Aorta ascendens eng ist. Bei Patienten mit einer engeren Aorta ascendens < 30 mm kann dieses Phänomen zum Tragen kommen, das heißt zu einer Überschätzung der transvalvulären Geschwindigkeiten und Gradienten über der Aortenklappe führen.

Klappenöffnungsfläche

Die transvalvulären Geschwindigkeiten und Gradienten über der Aortenklappe sind vom Blutfluss abhängig. Ein verminderter Fluss (kleines Schlagvolumen) führt zu niedrigen und eine verstärkter Fluss (Aorteninsuffizienz) zu überhöhten Geschwindigkeiten und Gradienten. Daher ist die Berechnung der Aortenklappenöffnungsfläche (AVA) in diesen Fällen angezeigt, siehe Schema „schrittweises Herangehen“. Die Berechnung der AVA erfolgt über die Kontinuitätsgleichung:

$$AVA = CSA(LVOT) \times VTI(LVOT)/VTI(AV).$$

Zur Berechnung der Öffnungsfläche mittels Kontinuitätsgleichung werden folgende Parameter benötigt:

- die maximale transvalvuläre Flussgeschwindigkeit im CW-Doppler,
- der Durchmesser des linksventrikulären Ausflusstraktes (LVOT),
- die Flussgeschwindigkeit im linksventrikulären Ausflusstrakt im Pulsed Wave- (PW-) Doppler.

Die Messung des Durchmessers des linksventrikulären Ausflusstraktes erfolgt in der parasternalen langen Achse parallel zur Aortenklappenebene ca. 0,5–1,0 cm vor dem Aortenklappenostium. Dazu sollte die Aortenklappe im Zoom-Modus vergrößert und der Durchmesser vom Innenrand des septalen Endokards zum Innenrand des vorderen Mitralsegels mittelsystolisch gemessen werden. Ringmessungen am Klappenansatz sind auch valide.

Zur Messung der Flussgeschwindigkeit im linksventrikulären Ausflusstrakt wird ein apikaler Fünfkammerblick oder ein apikaler Dreikammerblick verwendet. Ein PW-Doppler-Signal wird proximal der Aortenklappe an derselben Stelle, an welcher der Durchmesser des Ausflusstraktes gemessen wurde, positioniert. An dieser Stelle sollte darauf geachtet werden, dass eine laminare Flusskurve abgebildet wird.

Im nächsten Schritt erfolgt die Messung des VTI durch Umfahren der Hüllkurve.

Bei Vorliegen eines Sinusrhythmus sollten die Werte aus 3 Messungen gemittelt werden, bei Vorhofflimmern sollte der Durchschnitt aus 5 (besser 10) Messungen verwendet werden.

Natürlich weist auch die Kontinuitätsgleichung Limitationen und potentielle Fehlerquellen auf. Aufgrund der Tatsache, dass die Berechnung der Klappenöffnungsfläche anhand von 3 gemessenen Variablen erfolgt, führt jeder Messfehler in einer der 3 Variablen unweigerlich zu einem Fehler in der Kontinuitätsgleichung. Während die Messung der maximalen transvalvulären Geschwindigkeit und der Geschwindigkeit im LVOT nur eine sehr geringe Intra- und Interobservervariabilität aufweist, zeigt die Messung des LVOT-Durchmessers auch in erfahrenen Ultraschalllaboren häufig nicht unerhebliche Schwankungen. Deswegen sollte bei stark eingeschränkter Bildqualität im Zweifelsfall eine TEE zur Vermessung des LVOT-Durchmessers oder noch besser, eine 3D-TEE mit Planimetrie der LVOT-Fläche durchgeführt werden. Eine weitere Fehlerquelle in der Anwendung der Kontinuitätsgleichung zur Berechnung der Klappenöffnungsfläche stellt die fehlerhafte Berechnung des linksventrikulären Schlagvolumens (SV) dar. Dies kann bei Vorliegen eines nicht laminaren Flusses im LVOT beispielsweise im Rahmen einer subvalvulären Aortenstenose oder einer koexistenten höhergradigen Aorteninsuffizienz der Fall sein.

Erweiterte Untersuchung/alternative Messungen

Vereinfachte Kontinuitätsgleichung

Bei der Anwendung der vereinfachten Kontinuitätsgleichung wird davon ausgegangen, dass bei nativen AS die Form der Hüllkurve im LVOT und in der Aorta ähnlich ist und somit auch das Verhältnis zwischen VTI des Jets in Aorta und LVOT nahezu identisch zu dem Verhältnis zwischen maximaler Flussgeschwindigkeit in Aorta und LVOT ist.

$$AVA = CSA(LVOT) \times V(LVOT)/V(AV)$$

Geschwindigkeitsverhältnis

Um potentielle Fehler in der Messung des LVOT-Durchmessers zu vermeiden, kann die Querschnittsfläche (CSV) des LVOT als Variable der vereinfachten Kontinuitätsgleichung entfernt werden und das Geschwindigkeitsverhältnis zwischen LVOT und Aortenklappe berechnet werden.

$$\text{Geschwindigkeitsverhältnis} = V(LVOT)/V(A)$$

Tabelle 1: Empfehlung zur Graduierung der AS. Mod. nach [1, 2]

	Aorten-sklerose	Gering-gradig	Mittel-gradig	Hoch-gradig
$V_{\max}$ (m/s)	≤ 2,5	2,6–2,9	3,0–4,0	> 4,0
Mittelgradient (mmHg)	–	< 30	30–40	> 40
AVA (cm ²)	–	> 1,5	1,0–1,5	< 1,0
Geschwindigkeitsverhältnis	–	> 0,5	0,25–0,5	< 0,25

Je geringer das Geschwindigkeitsverhältnis, desto höhergradig ist die AS (siehe Tab. 1).

Planimetrie

Die Planimetrie kann zur Bestimmung der AVA herangezogen werden, wenn die Bestimmung der Flussgeschwindigkeiten mittels Doppler nicht möglich ist oder unzuverlässig erscheint. Dazu wird ein Kurzachsenschnitt auf Höhe der Herzbasis verwendet. Es muss jedoch bedacht werden, dass diese Methode bei stark verkalkten Klappen sehr fehleranfällig ist und man stets versuchen sollte, wirklich die kleinste Öffnung auf Höhe der Taschenspitzen darzustellen. Obwohl die Praxis zeigt, dass mittels 3D-Technik im TEE bei zumindest nicht massiv verkalkten Klappen die AVA gut planimetriert werden kann, ist die Studienlage nicht ausreichend, als dass diese Methode Eingang in die aktuellen ESC-Guidelines gefunden hätte.

Graduierung der Aortenklappenstenose

Entsprechend der Empfehlungen der ESC erfolgt die Graduierung der AS in 3 Schweregrade: geringgradig, mittelgradig und hochgradig. Die Bestimmung des Schweregrades erfolgt anhand der maximalen transvalvulären Geschwindigkeit, des mittleren transvalvulären DG und der Klappenöffnungsfläche. Zusätzlich sollten in den klinischen Entscheidungsprozess Parameter wie die systolische LV-Funktion oder eine koexistente Aortenklappeninsuffizienz mit einbezogen werden.

Die Cut-off-Werte zur Graduierung einer AS sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Formen der Aortenstenose

Aortenstenose mit Gradienten > 40 mm Hg bei normalem (oder hohem) Blutfluss

Diese sind meist hochgradige Aortenstenosen mit einer AVA von $< 1 \text{ cm}^2$, egal, ob die EF normal oder eingeschränkt ist. Ein hyperzirkulatorischer Zustand (bzw. hoher Blutfluss), wie Fieber, Hyperthyreose, Anämie, AV-Fisteln oder Schwangerschaft, sollten ausgeschlossen werden – sie führen zu hohen Gradienten, die AVA berechnet sich aber u. U. korrekt größer, also $> 1 \text{ cm}^2$, ähnlich bei einer begleitenden Aorteninsuffizienz.

Low-Flow-Low-Gradient-AS mit reduzierter EF

- AVA $< 1,0 \text{ cm}^2$
- EF $< 50 \%$, SVI $\leq 35 \text{ mL/m}^2$
- Mittlerer transaortaler Gradient $< 40 \text{ mmHg}$

Bei gleichzeitigem Vorliegen einer hochgradigen Aortenstenose und einer eingeschränkten systolischen Linksventrikelfunktion sind aufgrund der geringen linksventrikulären Auswurfleistung trotz eingeschränkter Klappenöffnung nur inadäquate Geschwindigkeiten und Gradienten zu finden.

Folgende Gegebenheiten sprechen für das Vorliegen einer Low-Flow-Low-Gradient-Aortenstenose: Mittels Dobutamin-Stress-Echokardiographie können in solchen Fällen zusätzliche Informationen über Änderung der Flussgeschwindigkeiten, Gradienten und der Klappenöffnungsfläche unter Belastung gewonnen und Aussagen zur kontraktilen Reserve getroffen werden.

Zur Beurteilung des Schweregrades einer Aortenstenose mittels Dobutamin-Stress-Echokardiographie wird folgendes Pro-

tokoll empfohlen: Als Startdosis wird eine Infusionsrate von 2,5 oder 5 $\mu\text{g/kg/min}$ gewählt, welche alle 3–5 Minuten bis zum Erreichen der Maximaldosis von 10–20 $\mu\text{g/kg/min}$ verdoppelt werden sollte. Die Infusion sollte beendet werden, sobald ein positives Testergebnis erzielt wird, die Herzfrequenz um mehr als 10 % bzw. auf $> 100/\text{min}$ ansteigt oder Komplikationen wie Blutdruckabfall, Arrhythmien oder Symptome auftreten. Wichtig ist, dass die Herzfrequenz nur gering ansteigt, damit die Diastole nicht verkürzt wird und somit das Schlagvolumen allein dadurch abfällt. Dopplermessungen in LVOT und über der Aortenklappe sollten in Ruhe und auf jeder Stufe des Protokolls durchgeführt und aufgezeichnet werden. Die Messung des LVOT-Durchmessers erfolgt in Ruhe, das Ergebnis wird für alle weiteren Kalkulationen herangezogen.

Von der EACVI werden folgende Empfehlungen zur Interpretation der Dobutamin-Stress-Echokardiographie angegeben:

- Ein Anstieg der AVA auf $> 1 \text{ cm}^2$ spricht gegen das Vorliegen einer hochgradigen Aortenstenose bzw. beweist das Vorliegen einer „Pseudostenose“.
- Eine maximale transaortale Geschwindigkeit $> 4 \text{ m/s}$ oder ein mittlerer transvalvulärer Gradient $> 40 \text{ mmHg}$ gilt als Zeichen für eine hochgradige Aortenstenose, wenn die Klappenöffnungsfläche zu keinem Zeitpunkt über 1 cm^2 beträgt.
- Patienten ohne kontraktile Reserve (Anstieg der EF $< 20 \%$) weisen ein sehr hohes perioperatives Risiko und eine schlechte Langzeitprognose auf. Trotzdem kann ein Klappenersatz auch in dieser Subgruppe die LV-Funktion und das Outcome verbessern.

(Paradoxe) Low-Flow-Low-Gradient-AS mit normaler EF (Abb. 5)

Diese Sonderform ist folgendermaßen definiert:

- normale EF $\geq 50 \%$
- maximale transvalvuläre Flussgeschwindigkeit $< 4,0 \text{ m/s}$
- mittlerer transvalvulärer DG $< 40 \text{ mmHg}$
- AVA $< 1,0 \text{ cm}^2$

Diese Form der Aortenstenose ist schwierig zu diagnostizieren.

Folgende **Indizien** sprechen dafür: typische Symptome bei Pat. (meist Frauen) > 70 Jahre; deutliche linksventrikuläre Hypertrophie und reduzierte longitudinale Funktion; häufig liegt die AVA $< 0,8 \text{ cm}^2$. Für die hier oft schwierige Messung des LVOT sollten alternative Methoden, z. B. Planimetrie mittels 3D-TEE, oder ein CT herangezogen werden.

Aortenklappeninsuffizienz

Ein Großteil der Patienten mit Aortenstenose weist zusätzlich eine Aorteninsuffizienz auf. Während eine gering- bis mittelgradige Aorteninsuffizienz die Messergebnisse hinsichtlich des Schweregrades der Aortenstenose kaum beeinflusst, kann das Vorliegen einer hochgradigen Aorteninsuffizienz zu ungewöhnlich hohen Spitzengeschwindigkeiten und Gradienten führen. Die errechnete Klappenöffnungsfläche wird davon jedoch nicht beeinflusst.

Mitralklappeninsuffizienz

Das gleichzeitige Vorliegen einer hochgradigen Mitralklappeninsuffizienz kann einen herabgesetzten transaortalen Fluss zur Folge haben. Dies führt wiederum auch bei Vorliegen einer

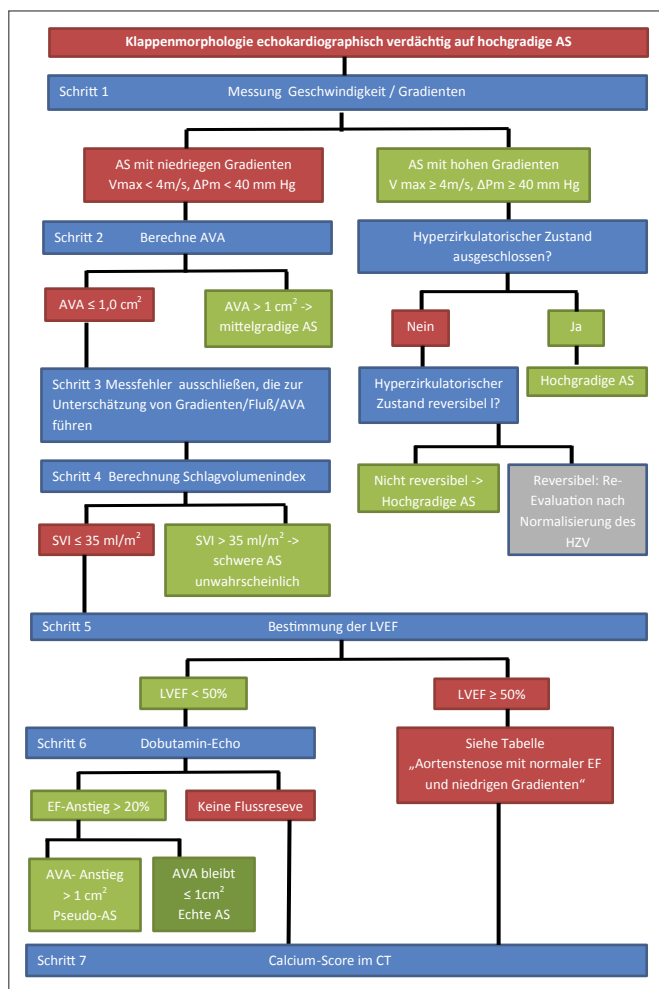


Abbildung 5: Serielle Schrittweise AS-Graduierung. Nachdruck aus [3] mit Genehmigung von Oxford University Press.

hochgradigen Aortenstenose zur Verringerung der Spitzengeschwindigkeit und des mittleren transaortalen Gradienten. Die errechnete Klappenöffnungsfläche wird jedoch von einer koexistenten Mitralsuffizienz nicht beeinflusst (Tab. 2).

■ Mitralklappenstenose

Die weitaus häufigste Ursache einer Mitralklappenstenose (MS) ist das rheumatische Fieber, in nur ca. 15 % der Fälle ist eine MS degenerativ bedingt. Im Rahmen der rheumatischen MS kommt es zu einer Fusion der Kommissuren, Verdickung der Klappenränder und im weiteren Verlauf zur Verdickung der Klappensegel und der Sehnenfäden. Während degenerativ-kalzifizierende Veränderungen meist die basalen Anteile der Mitralsegel betreffen, kommt es im Rahmen des rheumatischen Fiebers typischer Weise zu Veränderungen der Segelspitzen.

Standarduntersuchung

Planimetrie

Die Planimetrie der Mitralklappenöffnungsfläche (MVA) weist die beste Korrelation mit der anatomischen Klappenöffnungsfläche auf, sodass sie als Referenzmethode zur Bestimmung der MVA angesehen wird.

Die Planimetrie der Klappenöffnungsfläche erfolgt vorzugsweise in einem parasternalen Kurzachsenschnitt. Dabei muss darauf geachtet werden, dass die Messung genau an der Spitze der Klappensegel erfolgt. Mittdiastolisch wird das Klappenostium im Zoom-Modus umfahren, am besten aus einem 3D-Datensatz, da man nur so die kleinste KÖF umfahren kann (Abb. 6). Wiederum sollten die Ergebnisse mehrerer Messungen gemittelt werden.

Tabelle 2: Empfehlungen für die echokardiographische Untersuchung und Dokumentation einer AS. Nachdruck aus [1] mit Genehmigung von Oxford University Press.

Daten	Aufnahme	Messung
LVOT-Durchmesser	Parasternale lange Achse Zoom-Modus Gainanpassung	Innenrand zu Innenrand Mittsystolisch Parallel zur Aortenklappe oder am Ort der Geschwindigkeitsmessung
LVOT-Geschwindigkeit	PW-Doppler Apikal-lange Achse oder Fünfkammerblick Sample-Volume an der ventrikulären Seite der Klappe positionieren und auf laminare Flusskurve achten Anpassung der Geschwindigkeitsskala und der Durchlaufgeschwindigkeit Filter anpassen Auf glatte Hüllkurve mit gut definiertem Peak achten	$V_{\max}$ VTI der Hüllkurve
AK-Jet	CW-Doppler Multiple Schallfenster (apikal, suprasternal, rechts parasternal etc.) Gain reduzieren, Wandfilter erhöhen Geschwindigkeitsskala anpassen	$V_{\max}$ an Spitze der Geschwindigkeitshüllkurve VTI der Geschwindigkeitshüllkurve (Außenrand des dichten Signals) Mittelgradient Angabe des Schallfensters, von dem die maximale Geschwindigkeit aufgezeichnet wurde
Klappenanatomie	Parasternale lange und kurze Achse Zoom-Modus	Beurteilung der Taschenanzahl bzw. Anwesenheit einer Raphe Beurteilung der Taschenbeweglichkeit und einer Kommissurenfusion Beurteilung des Verkalkungsgrades der Klappe

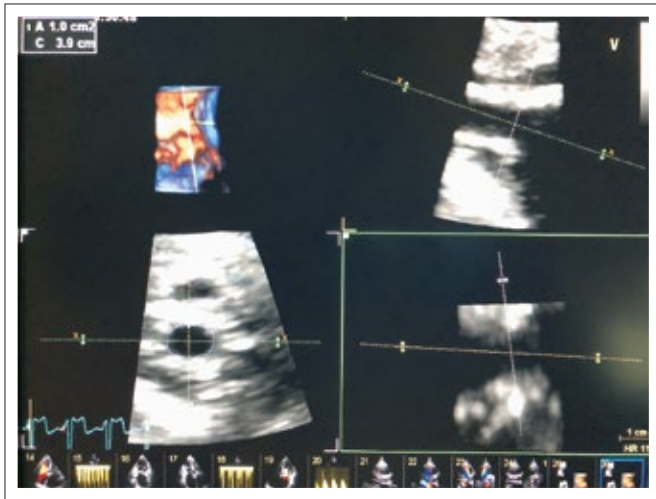


Abbildung 6: Planimetrie Mitralklappenstenose (3D, TEE)

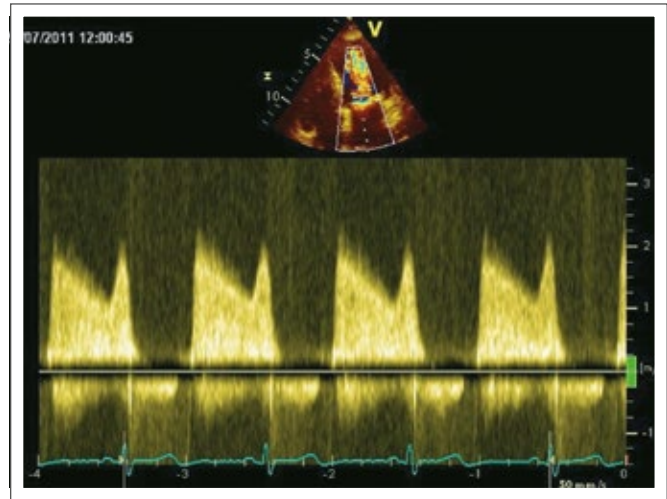


Abbildung 7: CW-Doppler: Mitralklappenstenose

Die Hauptlimitation dieser Methode ist eine Einschränkung der Bildqualität, die eine genaue Abgrenzung der Klappenöffnungsfläche oftmals unmöglich machen kann. Darüber hinaus ist zur zuverlässigen Anwendung dieser Methode Erfahrung im Umgang mit dieser Technik notwendig.

Transmitraler Druckgradient

Die Bestimmung des diastolischen transmitralen DG erfolgt über die vereinfachte Bernoulli-Gleichung $\Delta P = 4v^2$. Zur Erfassung der transmitralen Geschwindigkeits-Flusskurve wird die Verwendung des CW-Dopplers empfohlen. Von einem apikalen Schallfenster wird das Dopplersignal parallel zum transmitralen Einfluss positioniert, um die maximale Geschwindigkeit zu erfassen. Mittels Farbdoppler können exzentrisch verlaufende Jets erkannt werden und die Position des CW-Dopplersignals dementsprechend angepasst werden.

Nach Optimierung der Gaineinstellungen wird ein transmitrales Flussprofil mittels CW-Doppler aufgezeichnet und die Hüllkurve umfahren (Abb. 7). Daraus werden der maximale und mittlere transmitrale DG errechnet, wobei dem mittleren DG die größere Bedeutung zukommt. Bei Vorhofflimmern sollten die Messungen aus 5 Zyklen gemittelt werden. Da der transmitrale DG stark von der Herzfrequenz beeinflusst wird, sollte diese stets im Befund angegeben werden.

Druckhalbwegszeit-Methode

Die $T_{1/2}$ ist definiert als das Zeitintervall zwischen dem maximalen transmitralen Gradienten und dem Zeitpunkt, an dem der Gradient auf die Hälfte des Maximums abgesunken ist.

Die Klappenöffnungsfläche ist indirekt proportional zur $T_{1/2}$ und kann mit folgender Formel berechnet werden:

$$MVA = 220/T_{1/2}$$

Dazu wird dasselbe Dopplersignal wie zur Bestimmung der transmitralen DG verwendet und eine Gerade entlang des absteigenden Schenkels der E-Welle gelegt. Daraus kann die $T_{1/2}$ und in weiterer Folge die Klappenöffnungsfläche berechnet werden.

Die Druckhalbwegszeitmethode ist aufgrund der einfachen Anwendbarkeit sehr beliebt, man sollte jedoch stets im Auge behalten, dass diese Methode einige **Limitationen** aufweist. So sollte die Druckhalbwegszeitmethode beispielsweise nicht direkt nach Ballon-Valvuloplastie angewendet werden. Ebenso kann die Druckhalbwegszeit bei Patienten mit eingeschränkter linksatrialer Compliance oder koexistenter schwerer Aorteninsuffizienz trotz Vorliegen einer hochgradigen MS im Normbereich liegen. Insgesamt führen jedoch alle Einflussfaktoren zu einer Verkürzung der $T_{1/2}$, sodass die Klappenöffnungsfläche nur überschätzt, jedoch niemals unterschätzt werden kann.

Erweiterte Untersuchung

Kontinuitätsgleichung

Über die Kontinuitätsgleichung kann ebenfalls die MVA bestimmt werden. Durch die Vielzahl der Parameter, die in diese Gleichung einfließen und die dadurch entstehenden potentiellen Fehlerquellen ist die Zuverlässigkeit dieser Methode jedoch deutlich limitiert.

PISA-Methode

Die Evaluierung einer MS anhand der PISA-Methode beruht auf der Größe des proximalen Konvergenzkegels, der aufgrund des turbulenten Strömungsprofils zustande kommt. Über den Radius des Konvergenzkegels und die maximale diastolische transmitrale Flussgeschwindigkeit können das transmitrale Flussvolumen und die Klappenöffnungsfläche berechnet werden. Diese Methode kann bei koexistenter höhergradiger Mitralklappeninsuffizienz zur Anwendung kommen, ist jedoch technisch anspruchsvoll und weist nicht unerhebliche Limitationen auf.

Pulmonalarterieller Druck

Der systolische pulmonalarterielle Druck ist ein indirekter Marker einer hämodynamisch wirksamen MS. Der systolische PAP korreliert zwar mit der Klappenöffnungsfläche bei MS, weist jedoch für eine gegebene Öffnungsfläche einen erheblichen Streubereich auf. Trotzdem ist der systolische PAP ein wichtiger Parameter in der klinischen Entscheidungsfindung für Patienten mit MS und sollte deswegen stets gemessen und dokumentiert werden.

	Beweglichkeit	Subvalvuläre Verdickung	Verdickung	Verkalkung
1	 gute Beweglichkeit, nur Spitzen betroffen	 minimal, nur unter den Klappensegeln	 fast normal dick (4-5 mm)	 einzelne Regionen
2	 basale und mittlere Abschnitte sind gut mobil	 Sehnäden bis zu 1/3 der Länge	 Ränder verdickt (5-8 mm)	 mehrere Regionen im Bereich der Ränder
3	 Klappensegel bewegen sich in der Diastole noch vorwärts	 Sehnäden bis zum distalen Drittel	 Ränder + Segel verdickt (5-8 mm)	 bis zur Mitte der Segel
4	 Klappensegel bewegen sich in der Diastole kaum bis gar nicht	 gesamte Sehnäden bis in die Papillarmuskel	 gesamte Segel deutlich verdickt (> 8 mm)	 gesamte Segel

Abbildung 8: MST-Score. © W. Weihs. Nachdruck mit freundlicher Genehmigung.

Stressechokardiographie

Mittels Stressechokardiographie können die transmitralen DG und der systolische pulmonalarterielle Druck unter Belastung beurteilt werden. Vor allem bei Patienten mit untypischer Symptomatik kann die Stressechokardiographie eine Entscheidungshilfe bezüglich des idealen Interventionszeitpunktes darstellen, die Evidenz für dieses Vorgehen muss jedoch als gering betrachtet werden. Insbesondere fehlen derzeit Normalwerte für den pulmonalarteriellen Druck unter Belastung.

Zusätzliche echokardiographische Kriterien

Klappenanatomie

Der Beurteilung der Klappenanatomie kommt eine entscheidende Bedeutung in der Evaluierung von Patienten mit MS zu, da die Wahl des adäquaten Interventionsverfahrens stark von der Klappenanatomie abhängt.

Eine etwaige Fusion der Kommissuren sollte im parasternalen Querschnitt beurteilt werden, wobei die 3D-Echokardiographie bei dieser Fragestellung Vorteile aufweist. Die Fusion der Kommissuren ist ein wichtiges Kriterium zur Differenzierung zwischen rheumatisch und degenerativ bedingter MS. Eine komplette Fusion der Kommissuren spricht für das Vorliegen einer hochgradigen MS, das Fehlen einer Kommissurenfusion schließt jedoch das Vorliegen einer signifikanten MS nicht aus.

Im parasternalen Längsschnitt sollte die Untersuchung hinsichtlich der Mobilität der Klappensegel sowie einer etwaigen Verdickung der Klappensegel erfolgen. Die Untersuchung kann durch die apikalen Schnitte ergänzt werden.

Die Quantifizierung der morphologischen Veränderungen des Mitralklappenapparates kann anhand von etablierten Scores wie dem Wilkins-Score (Abb. 8) erfolgen. Es sollte jedoch stets darauf geachtet werden, auch eine genaue Beschreibung der Klappenanatomie im Befund abzugeben, da diese eine große Bedeutung in der Entscheidung über das zu wählende Therapieverfahren aufweist.

Begleitbefunde

Da Patienten mit signifikanter MS ein erhöhtes Risiko für linksatriale Thromben aufweisen, sollte neben der Vermessung des linksatrialen Volumens auch auf das Vorhandensein von Spontankontrast im linken Vorhof geachtet werden. Zwar lassen sich auch mittels TTE linksatriale Thromben nachweisen, die transösophageale Echokardiographie (TEE) weist jedoch hinsichtlich dieser Fragestellung eine deutlich höhere Sensitivität auf und sollte bei klinischem Verdacht auf Vorhofthromben auch großzügig eingesetzt werden.

Bei der echokardiographischen Evaluation einer MS sollte stets auf die Koexistenz einer Mitralsuffizienz geachtet werden, da dies Implikationen auf die Wahl des therapeutischen

Verfahrens hat. Sobald im Falle einer MS eine mittel- oder höhergradige Mitralinsuffizienz vorliegt, stellt dies eine relative Kontraindikation für die Durchführung einer Ballon-Valvuloplastie dar. Deswegen sollte auf die genaue Beurteilung des Schweregrades einer koexistenten Mitralinsuffizienz mittels quantitativen und semi-quantitativen Messungen Wert gelegt werden.

Durch das Vorliegen einer Mitralinsuffizienz wird lediglich die Zuverlässigkeit der Kontinuitätsleichung beeinflusst, alle anderen Verfahren zur Quantifizierung einer MS können trotzdem angewandt werden.

Bei Vorliegen einer hochgradigen Aorteninsuffizienz liefert die Druckhalbwertszeit-Methode keine validen Werte bezüglich des Schweregrades einer MS.

Bei der Untersuchung der Trikuspidalklappe sollte ebenso auf assoziierte rheumatische Veränderungen der Klappe und das Vorliegen einer Trikuspidalinsuffizienz geachtet werden. Ein Durchmesser des Trikuspidalringes von > 4 cm gilt als Prädiktor für das späte Auftreten einer hochgradigen Trikuspidalinsuffizienz nach chirurgischem Mitralklappenersatz.

Quantifizierung einer Mitralklappenstenose

Die normale Öffnungsfläche der Mitralklappe beträgt $4\text{--}5\text{ cm}^2$. Typischer Weise kommt es ab einer Klappenöffnungsfläche von $< 1,5\text{ cm}^2$ zum Auftreten von Symptomen. Entsprechend der Empfehlungen der ESC erfolgt die Graduierung der MS in 3 Schweregrade: geringgradig, mittelgradig und hochgradig. Die Cut-off-Werte zur Graduierung einer MS sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Bei Patienten mit guter Schallqualität stellt die Planimetrie die Referenzmethode zur Quantifizierung einer MS dar. Routinemäßig sollten zur Quantifizierung einer MS aber bei jedem

Patienten die transmitralen DG sowie die Klappenöffnungsfläche mittels Planimetrie und Druckhalbwertszeitmethode gemessen werden.

Bei einer Klappenöffnungsfläche $> 1,5\text{ cm}^2$ ist eine Intervention normalerweise nicht indiziert. Bei einer Öffnungsfläche von $\leq 1,5\text{ cm}^2$ ist die Entscheidung über die Durchführung einer Intervention von den Auswirkungen der MS (Symptome, Vorhofflimmern, pulmonale Hypertonie) sowie der Eignung des Patienten für eine Ballon-Kommissurotomie abhängig. Bei asymptomatischen Patienten mit einer MVA $< 1,5\text{ cm}^2$ wird die Durchführung einer Belastungsuntersuchung empfohlen.

Die anatomischen Veränderungen des Klappenapparates sollten anhand eines Scores im Befund angegeben werden und eine genaue Beschreibung der Beweglichkeit der Klappenregel und des subvalvulären Klappenapparates sowie der Ausprägung einer Kommissurenfusion beinhalten (Tab. 4).

■ Trikuspidalklappenstenose

Im Rahmen des rheumatischen Fiebers kann es neben Veränderungen an Mitralk- und Aortenklappe auch gelegentlich zum Auftreten von Trikuspidalklappenstenosen kommen. Weitere Ursachen einer Trikuspidalklappenstenose sind das

Tabelle 3: Empfehlungen zur Graduierung der MS. Mod. nach [1]

	Geringgradig	Mittelgradig	Hochgradig
MVA (cm^2)	$> 1,5$	$1,0\text{--}1,5$	$< 1,0$
Mittelgradient (mmHg)	< 5	$5\text{--}10$	> 10
sPAP	< 30	$30\text{--}50$	> 50

Tabelle 4: Empfehlungen für die echokardiographische Untersuchung und Dokumentation einer MS. Mod. nach [1].

Daten	Aufnahme	Messung
Planimetrie	Parasternale kurze Achse Ausmachen des kleinsten Lumens Gain reduzieren Zoom-Modus	Innere Kontur des Klappenostiums Mittdiastolisch Mehrere Messungen mitteln
Transmitraler Fluss	CW-Doppler Apikale Schallfenster Gain-Anpassung	Mittelgradient über die Hüllkurve des diastolischen transmitralen Flusses $T\frac{1}{2}$ aus dem absteigenden Schenkel der E-Welle (Mittdiastolisch) Bei VHFA mehrere Messungen mitteln
Systolischer PAP	CW-Doppler Multiple Fenster zur Winkeloptimierung nutzen	$V_{\max}$ des Trikuspidalinsuffizienzjets Abschätzung des RA-Druckes über VCI-Diameter
Klappenanatomie	Parasternale kurze Achse Parasternale lange Achse Apikaler Zweikammerblick	Klappendicke Doming Fusion der Kommissuren Ausdehnung und Lokalisation echoreicher Areale (Kalzifikationen oder fibröse Knötchen) Klappendicke Ausdehnung der Kalzifikationen Biegsamkeit der Klappen Beurteilung des subvalvulären Apparates Beurteilung des subvalvulären Apparates Zusammenfassung der Ergebnisse in einem Score

Tabelle 5: Echokardiographische Befunde, die für das Vorliegen einer hämodynamisch relevanten Trikuspidalklappenstenose sprechen. Mod. nach [1].

Spezifische Zeichen	
Mittelgradient (mmHg)	> 5
$T_{1/2}$	≥ 190
KFÖ (cm ²)	≤ 1
Zeit-Geschwindigkeits-Integral (cm)	> 60
Nebenkriterien	
hochgradig dil. RA, dil. VCI	

Karzinoidsyndrom (meist mit begleitender Insuffizienz), die (Schrittmacher-)Endokarditis, die Lupus-Valvulitis oder kongenitale Malformationen.

Untersuchung

Primär sollte die visuelle Beurteilung der Klappenanatomie in verschiedenen Schnittebenen erfolgen. Hierzu eignen sich die parasternalen Querschnitte, die parasternalen rechtsventrikulären Längsschnitte, der apikale sowie der subkostale Vierkammerblick.

Im Rahmen von Trikuspidalklappenstenosen kommt es typischer Weise zu Kalzifikationen und Verdickungen des Klappenapparates, zur Verminderung der Klappenseparation, Auftreten des diastolischen Domings und einer Vergrößerung des rechten Vorhofs. Bei Vorliegen eines Karzinoidsyndroms zeigt sich typischer Weise eine ausgeprägte Immobilität der Klappensegel.

Zur genaueren Beurteilung einer Trikuspidalklappenstenose erfolgt die Untersuchung der hämodynamischen Gegebenheiten mittels CW-Doppler. Dazu wird in einem apikalen Vierkammerblick oder einem parasternalen rechtsventrikulären Schnitt das CW-Doppler-Signal möglichst parallel zum trikuspidalen Einfluss positioniert und die transtrikuspidalen Geschwindigkeiten aufgezeichnet. Bei Vorliegen von Vorhofflimmern sollten die Ergebnisse aus mindestens 5 Herzzyklen gemittelt werden.

Die Spitzengeschwindigkeit über einer normalen Trikuspidalklappe beträgt ca. 0,7 m/s. Bei Vorliegen einer signifikanten Trikuspidalklappenstenose finden sich meist Spitzengeschwindigkeiten > 1,0 m/s, die bei Inspiration auf bis über 2,0 m/s ansteigen können. Über die vereinfachte Bernoulli-Gleichung können wiederum die maximalen und mittleren DG berechnet werden, die typischer Weise jedoch geringer sind als im Rahmen einer MS. So kann bereits ab einem mittleren DG von > 5 mmHg von einer hämodynamisch signifikanten Trikuspidalklappenstenose ausgegangen werden.

Tabelle 6: Empfehlung zur Graduierung der Pulmonalklappenstenose. Mod. nach [1, 4]

	Geringgradig	Mittelgradig	Hochgradig
$V_{\max}$ (m/s)	< 3	3–4	> 4
Maximaler DG (mmHg)	< 36	36–64	> 64

Zur Beurteilung einer Trikuspidalklappenstenose kann auch die Druckhalbzeitmethode herangezogen werden. Diese Methode liefert zwar weniger genaue Werte für die Klappenöffnungsfläche als im Falle einer MS, generell kann jedoch eine $T_{1/2} > 190$ als Hinweis für eine hämodynamisch signifikante Trikuspidalklappenstenose angesehen werden.

Die Kontinuitätsgleichung liefert valide Werte für die effektive Klappenöffnungsfläche im Rahmen einer Trikuspidalklappenstenose. Sofern keine höhergradige Trikuspidalinsuffizienz vorliegt, kann das SV über den links- oder rechtsventrikulären Ausflusstrakt bestimmt werden. Im Allgemeinen gilt eine Klappenöffnungsfläche < 1 cm² als Zeichen für eine hochgradige Trikuspidalstenose.

In Tabelle 5 sind Kriterien für das Vorliegen einer hämodynamisch relevanten Trikuspidalklappenstenose zusammengefasst.

■ Pulmonalklappenstenose

In Diagnostik und Management der Pulmonalstenose spielt die TTE eine wichtige Rolle. Neben der Abschätzung des Schweregrades können Aussagen über Ursachen, Lokalisation der Stenose sowie deren Auswirkungen auf andere kardiale Strukturen (rechtsventrikuläre Hypertrophie etc.) getroffen werden.

Eine Pulmonalstenose auf Klappenebene ist, abgesehen von Re-Stenosen nach Interventionen oder Operationen, nahezu ausschließlich kongenital bedingt, während subvalvuläre Stenosen sowohl kongenital als auch erworben sein können (hypertrophe oder infiltrative Prozesse, Tumorobstruktion, Muskelbündel bei Vorliegen eines VSD etc.).

Untersuchung

Die quantitative Beurteilung der Pulmonalklappenstenose beruht in erster Linie auf der Messung der systolischen transpulmonalen DG. Die Messung der transpulmonalen Geschwindigkeit mittels CW-Doppler erfolgt in einem parasternalen Kurzsachsenschnitt oder einem subkostalen Schnitt. Dabei sollte wiederum darauf geachtet werden, das Dopplersignal möglichst parallel zum Strömungsprofil zu positionieren. Über die vereinfachte Bernoulli-Gleichung können der maximale und mittlere transpulmonale DG gemessen werden.

Im Falle einer muskulären Stenose im rechtsventrikulären Ausflusstrakt findet sich typischer Weise ein Geschwindigkeitsanstieg in der Spätsystole, während bei valvulären Pulmonalstenosen die Spitzengeschwindigkeit in der frühen Systole zu finden ist. Dieses Kriterium kann in der Differenzierung zwischen dynamischer (muskulärer) und fixierter (valvulärer) Stenose hilfreich sein.

Den aktuellen Leitlinien zufolge sollte eine Pulmonalklappenstenose ab einer Spitzengeschwindigkeit von > 4,0 m/s oder einem maximalen DG > 64 mmHg als hochgradig bezeichnet werden. Von einer mittelgradigen Stenose spricht man bei einer Spitzengeschwindigkeit von 3–4 m/s bzw. einem maximalen DG von 36–64 mmHg. Bei einer Spitzengeschwindigkeit von < 3 m/s bzw. einem maximalen DG von < 36 mmHg spricht man von einer geringgradigen Pulmonalstenose (Tab. 6).

Neben der Messung der transpulmonalen Spitzengeschwindigkeit sollte stets auch die Anatomie der Pulmonalklappe untersucht werden. Der Durchmesser des Pulmonalklappenringes sollte im Befund angegeben werden, da davon die zu wählende Größe des Ballons zur Klappendilatation abhängt.

Weiters sollte auf Folgen der Pulmonalklappenstenose wie beispielsweise eine rechtsventrikuläre Hypertrophie geachtet werden.

Literatur:

1. Baumgartner H, Hung J, Bermejo J, et al. Echocardiographic assessment of valve stenosis: EAE/ASE recommendations for clinical practice. *Eur J Echocardiogr* 2009; 10: 1–25.
2. Vahanian A, Alfieri O, Andreotti F, et al. Guidelines on the management of valvular heart disease. *Eur Heart J* 2012; 33: 2451–96.
3. Baumgartner H, Falk V, Bax JJ, et al. 2017 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J* 2017; 38: 2739–91.

■ Interessenkonflikt

Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

4. Bonow RO, Carabello BA, Chatterjee K, et al. ACC/AHA 2006 guidelines for the management of patients with valvular heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (writing Committee to Revise the 1998 guidelines for the management of patients with valvular heart disease) developed in collaboration with the Society of Cardiovascular Anesthesiologists endorsed by the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions and the Society of Thoracic Surgeons. *J Am Coll Cardiol* 2006; 48: e1–e148.

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