

Journal für Kardiologie

Austrian Journal of Cardiology

Österreichische Zeitschrift für Herz-Kreislauferkrankungen

**Aortenklappeninsuffizienz: Was
gibt es Neues? // Aortic valve
regurgitation – What do the 2021
guidelines say? What has changed
from 2017?**

Kröll M, Strouhal A, Fiegl N

*Journal für Kardiologie - Austrian
Journal of Cardiology* 2024; 31
(5-6), 120-128

Homepage:

www.kup.at/kardiologie

Online-Datenbank
mit Autoren-
und Stichwortsuche



ÖKG
Österreichische
Kardiologische
Gesellschaft

Offizielles
Partnerjournal der ÖKG



EUROPEAN
SOCIETY OF
CARDIOLOGY®

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

Medtronic

Engineering the extraordinary

Expert 2 Expert 2026

15.01. - 17.01.2026, Linz



Gemeinsam für eine
bessere Patientenversorgung.



OmniaSecure



Micra 2



Aurora



Affera



LINQ II



TYRX

Vorabanmeldung aufgrund limitierter Plätze notwendig.

Bei Interesse bitte bei Ihrem Medtronic Außendienstmitarbeiter anfragen.

Aortenklappeninsuffizienz: Was gibt es Neues?

M. Kröll¹, A. Strouhal², N. Fiegl³

Kurzfassung: Die Echokardiographie ist die Methode der Wahl zur Evaluierung von Herzklappeninsuffizienzen. Neben der Diagnose selbst können Ätiologie, Mechanismus und Schweregrad der Klappeninsuffizienz festgestellt werden. Die „2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease“ [1] betonen neben anderen Neuerungen noch einmal die Bedeutung der multidisziplinären Heart-Team-Besprechung zur Entscheidungsfindung bei der Therapie. Ein Hauptaugenmerk der aktuellen Leitlinien liegt auch auf der Optimierung des Operationszeitpunktes von Patienten mit asymptotischen Herzklappfehlern. Unverändert gefordert wird ein strukturierter und standardisierter Zugang der Echokardiographie mit einer einheitlichen Nomenklatur sowie einem Mindestdatensatz inklusive EKG-getriggerte Bild Dokumentation,

insbesondere in Bezug auf interventionelle, chirurgische und Transkatheter-Therapieverfahren sowie zur Verlaufskontrolle.

Schlüsselwörter: Aortenklappeninsuffizienz, Echokardiographie, Guidelines Herzklappenerkrankungen

Abstract: **Aortic valve regurgitation – What do the 2021 guidelines say? What has changed from 2017?** Echocardiography is the method of choice for evaluating valve regurgitation. In addition to the diagnosis itself, the aetiology, mechanism and severity of valvular insufficiency can be determined. The „2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease“ [1] again bring important innovations. Due to the increasing complexity of de-

cision making, the importance of multidisciplinary Heart-Team discussions is once again emphasized. A major focus of the current guidelines is also on optimizing the timing of surgery in patients with asymptomatic valvular heart disease. A standardized and structured approach of echocardiography with a uniform nomenclature as well as a minimum dataset including ECG-triggered image documentation is required, especially with regard to interventional, surgical, and transcatheter therapy procedures as well as for follow-up. *J Kardiol* 2024; 31 (5–6): 120–8.

Key words: aortic regurgitation, echocardiography, Guidelines for the management of valvular heart disease

Abkürzungen:

ACC	American College of Cardiology
AHA	American Heart Association
AI	Aortenklappeninsuffizienz
BAK	Bikuspide Aortenklappe
BSA	Body Surface Area
CMR	Kardiale Magnetresonanztomographie
CT	Computertomographie
DGK	Deutsche Gesellschaft für Kardiologie
EACTS	European Association for Cardio-Thoracic Surgery
EACVI	European Association of Cardiovascular Imaging
EF	Ejektionsfraktion
EKG	Elektrokardiogramm
ERO	Effektive Regurgitationsöffnungsfläche
EROA	Effective Regurgitant Orifice Area
ESC	European Society of Cardiology
GLS	Globaler Longitudinaler Strain

KOF	Körperoberfläche
LV	Linker Ventrikel
LVEF	Linksventrikuläre Ejektionsfraktion
LVEDD	Linksventrikulärer enddiastolischer Durchmesser
LVEDS	Linksventrikulärer endsystolischer Durchmesser
LVOT	Linksventrikulärer Ausflusstrakt
PHT	Pressure-Half-Time
PISA	Proximal Isovelocity Surface Area
PW	Pulsed-wave
SPAP	Systolischer pulmonal-arterieller Druck
TAVI	Transkatheter Aortic Valve Implantation
TEE	Transösophageale Echokardiographie
TGFBR	Transforming Growth Factor Beta Receptor
TTE	Transthorakale Echokardiographie
VC	Vena contracta
2D	Zweidimensional
3D	Dreidimensional

■ Einleitung

Die „2021 ESC/EACTS (European Society of Cardiology/European Association for Cardio-Thoracic-Surgery) Guidelines for the management of valvular heart disease“ [1] bringen wichtige Neuerungen mit sich. Diese betreffen sowohl allgemeine Aspekte als auch konkrete diagnostische und differenzierte therapeutische Empfehlungen.

Im Jahr 2022 wurde ergänzend von der European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) und der ESC ein Positionspapier zur multimodalen Bildgebung von Herzklappeninsuffizienzen publiziert [2].

Dieser Artikel baut auf die Inhalte des 2018 im *Journal für Kardiologie* publizierten Artikels von A. Strouhal und N. Fiegl „Mitralklappeninsuffizienz und Aortenklappeninsuffizienz: Was sagen die Guidelines 2017? Was hat sich zu 2012 geändert?“ sowie: „Klappeninsuffizienzen: Mitral- und Aorteninsuffizienz“ von S. Prisker und J. Dusleag [3, 4] auf.

Am Weg zur Diagnose folgt auf die klinische Evaluation die multimodale Bildgebung. Die zweidimensionale (2D) trans-

Eingelangt und angenommen am 08.02.2024

Aus der ¹II. Internen Abteilung/Kardiologie, Ordensklinikum Linz; der ²Wahlarztordination

Dr. Strouhal, Wien und dem ³zim9, Zentrum für Innere Medizin, Wien

Korrespondenzadresse: Dr. Markus Kröll, II. Interne Abteilung/ Kardiologie, Ordensklinikum Linz, Barmherzige Schwestern, A-4010 Linz, Seilerstätte 4; E-Mail: markus.kroell@ordensklinikum.at

thorakale Echokardiographie (TTE) ist dabei unbestritten die Methode der ersten Wahl zur Abklärung von Herzklappeninsuffizienzen. Die transösophageale Echokardiographie (TEE) sollte in Betracht gezogen werden, wenn die TTE nicht diagnostisch oder von eingeschränkter Qualität ist oder wenn eine bikuspidale Klappe, eine Thrombose, eine Endokarditis oder eine Klappenfehlfunktion – vor allem auch bei vorhandener Klappenprothese – vermutet werden. Auch die Eignung für eine Klappenrekonstruktion kann mittels TEE überprüft werden. Das intraprozedurale TEE wird verwendet, um Interventionen zu leiten und die Ergebnisse von chirurgischen Klappenoperationen und von perkutanen Klappeninterventionen zu überwachen.

Die dreidimensionale (3D-) TEE-Echokardiographie bietet Vorteile bei komplexen Klappenveränderungen und ist eine wertvolle Unterstützung in der Planung interventioneller und chirurgischer Eingriffe im Rahmen der Heart-Team-Besprechung.

Bei unklaren Befunden oder eingeschränkten Untersuchungsbedingungen wird die Durchführung einer kardialen Magnetresonanztomographie (CMR) empfohlen, insbesondere, um Ventrikelvolumina, systolische Funktion, Myokardfibrose und die Aorta zu untersuchen. Mittels Phasenkontrastangiographie können Regurgitationsvolumina und die Regurgitationsfraktion bestimmt werden. Für die Beurteilung der Rechtsventrikelfunktion gilt das CMR noch immer als Referenzmethode.

Die Computertomographie (CT) wird als Alternativmethode zur Koronarangiographie zum Ausschluss einer KHK bei Patienten mit niedrigem Atherosklerose-Risiko empfohlen (Klasse IIa). Eine wichtige Zusatzinformation der CT bei Aortenklappeninsuffizienz ist neben der Vermessung und der morphologischen Beschreibung der Aorta die Bestimmung des Verkalkungsgrades („Porzellanaorta“).

Betont wird in den Leitlinien noch einmal die besondere Bedeutung der multidisziplinären Heart-Team-Besprechung als Grundlage für die oftmals sehr komplexe Entscheidungsfindung. Bei der asymptomatischen Aortenklappeninsuffizienz liegt ein Schwerpunkt der neuen Leitlinien auf der Optimierung des Operationszeitpunktes [1].

■ Überblick – von der Ursache zur Diagnose und zur Therapie

Die Ursache besteht entweder in Veränderungen der Aortenklappentaschen selbst und/oder im Bereich der Aortenwurzel bzw. der A. ascendens, die sekundär die Geometrie der Aortenklappentaschen verändern. Im Euro Heart Survey handelte es sich in $\frac{2}{3}$ der Fälle um degenerativ veränderte tri- bzw. bikuspidale Klappen [5].

Die Beurteilung der Aortenklappeninsuffizienz erfordert die Berücksichtigung folgender Punkte:

- Klappenanatomie,
- Mechanismus,
- Graduierung der Insuffizienz und
- Geometrie und Funktion des linken Ventrikels sowie der proximalen Aorta.

Bei asymptomatischen Patienten mit hochgradiger Aortenklappeninsuffizienz ist eine sorgfältige Überwachung der Symptomatik sowie der Geometrie und der Funktion des linken Ventrikels erforderlich, um den richtigen Zeitpunkt für eine Intervention zu finden.

Die stärkste Indikation (Klasse-I-Empfehlung) in den europäischen Leitlinien für eine Klappenoperation, neben dem Vorhandensein von Symptomen (spontan oder bei Belastungstests), ist die Dokumentation einer linksventrikulären Ejektionsfraktion (LVEF) $\leq 50\%$ und/oder eines endzystolischen Durchmessers (LVESD) $> 50\text{ mm}$ oder LVESD $> 25\text{ mm/m}^2$ Körperoberfläche (Body Surface Area [BSA]) bei Patienten mit vor allem kleiner Körpergröße [1]. In den amerikanischen Leitlinien aus dem Jahr 2020 entspricht bereits eine EF $\leq 55\%$ einer Klasse-I-Empfehlung [6].

Bei Patienten mit einer dilatierten Aorta sind die Definition der Aortenpathologie und genaue Messungen der Aortendurchmesser entscheidend für den Zeitpunkt und die Art der Operation [1].

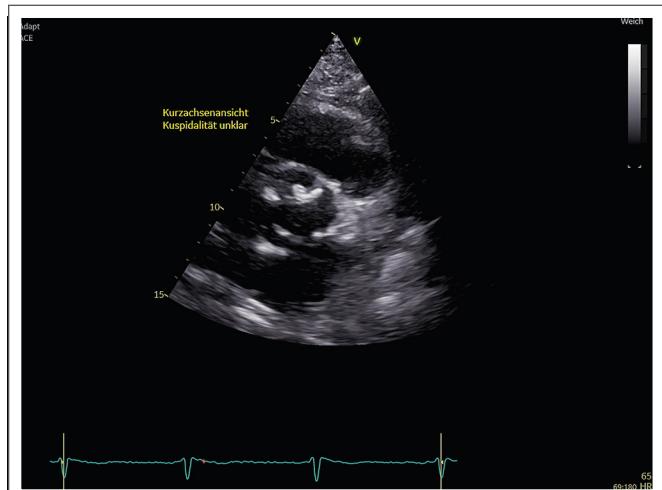


Abbildung 1: 2D-TTE, Kurzachsenansicht, Kuspidalität unklar



Abbildung 2: 2D-TEE, biplane Darstellung mit „schiffchenförmiger“ Öffnungsbewegung in der Systole

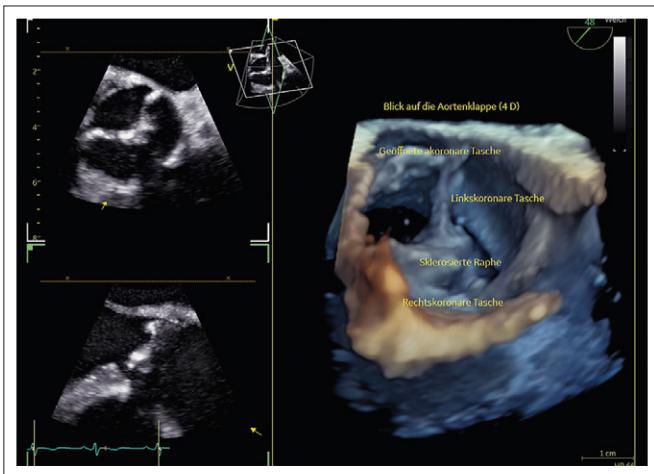


Abbildung 3: 3D-TEE, bikuspide Aortenklappe in der Systole, Fusion von rechts- und linkskoronarer Tasche mit sklerosierter Raphe.

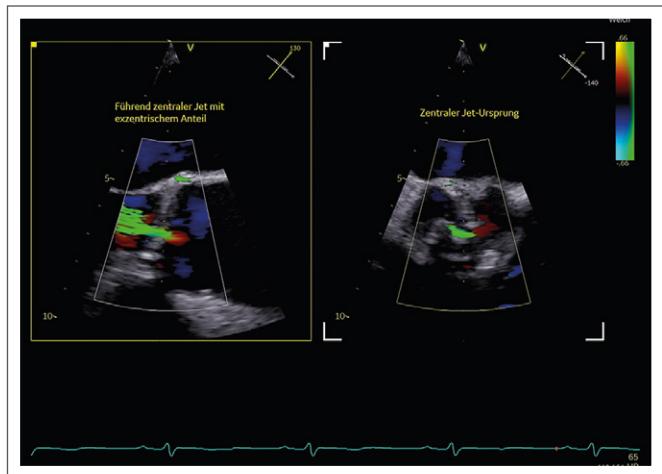


Abbildung 4: 2D-TEE, biplane Darstellung mit Farbdoppler, nicht relevante AI bei degenerativ veränderter BAK

Echokardiographische Abklärung der Aortenklappeninsuffizienz

Klappenanatomie und angeborene bikuspide Aortenklappe

Die Klappenanatomie bzw. -morphologie sowie die Geometrie der Aortenwurzel bzw. der A. ascendens und der linke Ventrikel in seiner Morphologie und Funktion müssen exakt beschrieben werden. Die 3D-Echokardiographie kann zusätzliche Informationen liefern [2].

Die bikuspide Aortenklappe (BAK), mit einer Prävalenz von 1–2 % der häufigste angeborene Fehler des Herz-Kreislauf-Systems, nimmt eine besondere Rolle ein. Es können in Anlehnung an das „International Consensus Statement“ aus dem Jahr 2021 drei Phänotypen unterschieden werden [7]. Die für die häufigste Form („Fusions-Typ“, 90–95 %) typische Fusion von zwei der drei Taschen kann in allen unterschiedlichen Kombinationen mit variabel ausgeprägter Taschenmorphologie bzw. Symmetrie zwischen den mobilen Komponenten auftreten. Oft lässt sich eine fibröse Leiste, eine sogenannte Raphe, am Ort der Fusion echokardiographisch nachweisen. Am häufigsten ist die Fusion von rechter und linker Tasche (70–80 %), oft finden sich begleitende degenerativ-sklerotisch bedingte Veränderungen. In seltenen Ausnahmefällen kommt es nur zu einer partiellen Fusion von zwei Taschen, dann kann vom „Partiellen Fusions-Typ“ gesprochen werden. Der dritte

Typ ist der „Zwei-Sinus-Typ“ und findet sich bei ca. 5–7 % der Patienten mit angeborener BAK. Hier sind nur zwei Sinus und folglich zwei Taschen angelegt, die Taschen sind in der Regel symmetrisch und entweder in antero/posteriorer oder latero/lateraler Ausrichtung angeordnet. Als Grundlage für die Beschreibung der räumlichen Zuordnung dient die transthorakale Kurzachsenansicht. Etwa die Hälfte der Menschen mit einer angeborenen BAK entwickelt im Laufe des Lebens eine Dilatation der Aortenwurzel bzw. der Aorta ascendens, weshalb man auch von einer Valvulo-Aortopathie spricht. Die aus der BAK häufig resultierende „schiffchenförmige“ Öffnungsbewegung sowie die Zuordnung der fusionierten Kommissur (Raphe) ist nur in der Systole möglich. Gerade bei Verdacht auf eine bikuspide Klappe ist vor allem bei jungen Patienten die ergänzende transösophageale (3D-) Echokardiographie hilfreich (Abb. 1–3), da bereits ab der 3. Lebensdekade relevante Aortenklappeninsuffizienzen auftreten können und im Laufe des Lebens die meisten Patienten Komplikationen (Stenose, Insuffizienz, Endokarditis, Aortendilatation, Aortendissektion) entwickeln. Auch eine begleitende Aortenisthmusstenose sollte hier in Betracht gezogen werden. Bei den > 80-jährigen Patienten mit einer hochgradigen Aortenklappenstenose haben bis zu 20 % eine angeborene BAK [7, 8].

Neben der angeborenen BAK gibt es auch eine erworbene Fusion von Taschen. Ursächlich hierfür sind vor allem degenerative oder inflammatorische Prozesse.

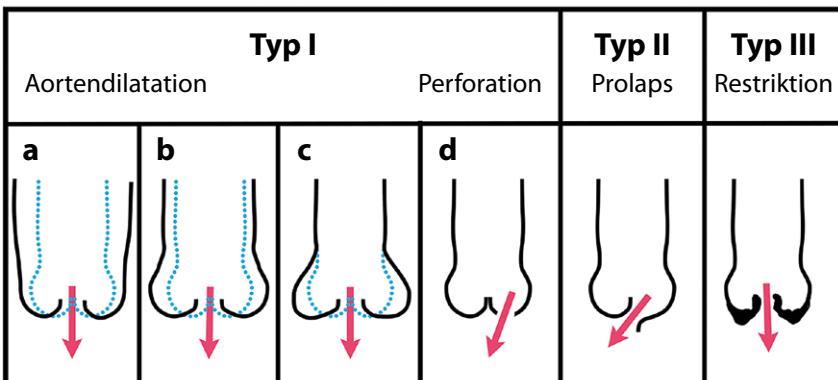


Abbildung 5: Mechanismen der Aortenklappeninsuffizienz. Mod. nach [9]. Nachdruck mit Genehmigung von Elsevier.

Typ I a-d: **a)** Dilatation des sinotubulären Überganges und der Aorta ascendens; **b)** Dilatation der Aortenwurzel und des sinotubulären Überganges; **c**) Dilatation des Annulus – jeweils mit morphologisch normalen Taschen und zentralem Jet; **d)** Fenestrierung/Perforation einer Tasche mit exzentrischem Jet.

Typ II: Exzessive Taschenbeweglichkeit bei Prolaps einer oder mehrerer Taschen (partiell, komplett bzw. Flail).

Typ III: Reduzierte Taschenbeweglichkeit aufgrund z. B. degenerativ-sklerotisch oder postentzündlicher Veränderungen.

Tabelle 1: Schweregradeinteilung der Aortenklappeninsuffizienz. Erstellt nach [1, 2, 10].

Schweregrad	Leichtgradig	Mittelgradig bzw. mittel- bis hochgradig	Hochgradig
Struktureller Parameter			
Größe des linken Ventrikels	Normal	Normal bzw. dilatiert	Meist dilatiert
Qualitative Parameter			
Klappenmorphologie	Normal	Normal bzw. abnormal, Prolaps, Koaptationsdefekt	Abnormal, Flail, großer Prolaps oder großer Koaptationsdefekt
Retrograde diastolische Flussgeschwindigkeit in der Aorta descendens	Kurz, proto-diastolisch	Nicht signifikanter enddiast. Fluss bzw. 10–19 cm/sec.	Enddiastolische Geschwindigkeit ≥ 20 cm/sec.
Retrograder diastolischer Fluss in der Art. subclavia, Aorta abdominalis bzw. Art. Iliaca	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden bzw. nicht prominent vorhanden	Prominente diastolische Flussumkehr
Semiquantitative Parameter			
Vena contracta (cm)	< 0,3 cm	0,3–0,6 cm	> 0,6 cm
Jet-Breite/LVOT-Diameter bei zentralen Jets (%) [*]	< 25 %	25–45 bzw. 46–64 %	≥ 65 %
Pressure-Half-Time (ms)	> 500 ms	500–200 ms	< 200 ms
Quantitative Parameter			
Regurgitationsfraktion (%)	< 30 %	30–39 bzw. 40–49 %	≥ 50 %
Regurgitationsvolumen (ml)	< 30 ml	30–44 bzw. 45–59 ml	≥ 60 ml
EROA (cm ²)	< 0,10 cm ²	0,10–0,19 bzw. 0,20–0,29 cm ²	≥ 0,30 cm ²
CMR-Parameter			
Regurgitationsfraktion (%)	< 30 %	30–39 bzw. 40–49 %	≥ 50 %

*wird nach den aktuellen europäischen Leitlinien nicht mehr empfohlen (Erklärung siehe Text)

Weiters sollen unabhängig von der Ursache die Richtung des Aortenklappeninsuffizienz-Strahls in der Langachsenansicht (zentral oder exzentrisch) und deren Ursprung in der Kurzachsenansicht (zentral oder kommissural) beschrieben werden (Abb. 4).

Mechanismus

Zur Beschreibung des Mechanismus der Aortenklappeninsuffizienz wird in Analogie zur Mitralklappeninsuffizienz die Carpentier-Klassifikation (Abb. 5) herangezogen.

Graduierung der Insuffizienz und ihre Limitationen

Die Quantifizierung der Aortenklappeninsuffizienz sollte einem integrativen Ansatz folgen, in dem alle strukturellen, qualitativen, semiquantitativen und quantitativen Parameter (siehe Tabelle 1 in Anlehnung an das Manual der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie) in Kenntnis ihrer Limitationen berücksichtigt werden [1, 2, 10].

Qualitative Parameter

Morphologische Klappenveränderungen, die auf eine höhergradige AI hinweisen, sind in Tabelle 1 aufgelistet. Hier soll noch einmal die besondere Bedeutung der (3D-) TEE-Echokardiographie in der Abklärung hervorgehoben werden.

Ein signifikanter holodiastolischer Rückfluss in der Aorta descendens (Abb. 6) spricht für eine mindestens mittel- bis höhergradige Insuffizienz. Eine Rückflussgeschwindigkeit von mindestens 20 cm/sec., gemessen mittels PW-Doppler zum Zeitpunkt der maximalen R-Zacke im EKG unterhalb des Aortenisthmus in der Aorta descendens, ist mit einer hochgradigen AI vereinbar. Ein prominenter diastolischer Rückfluss in den peripheren Arterien (Arteria subclavia, Aorta abdominalis, Arteria iliaca) spricht ebenso dafür. Zu bedenken sind die

komplexen Einflüsse der Compliance der Aorta und des linken Ventrikels auf diesen sehr bedeutsamen Parameter. So kann in Anlehnung an Hagendorff et al. eine gute Windkesselfunktion der Aorta vor allem bei jüngeren Patienten < 50 Jahren zur Unterschätzung der AI führen. Eine fortgeschrittene diastolische Dysfunktion hingegen kann zu falsch positiven Ergebnissen führen [2, 10, 11].

Semiquantitative Parameter

Die Messung und Interpretation der Vena contracta (VC) ist häufig komplex. Sie sollte möglichst in der parasternalen Langachsenansicht bestimmt werden. Ein relevantes Problem sind multiple Jets, bei denen die einzelnen VC-Messwerte nicht addiert werden dürfen und die größte VC herangezogen werden sollte, was wiederum zur Unterschätzung der Insuffizienz

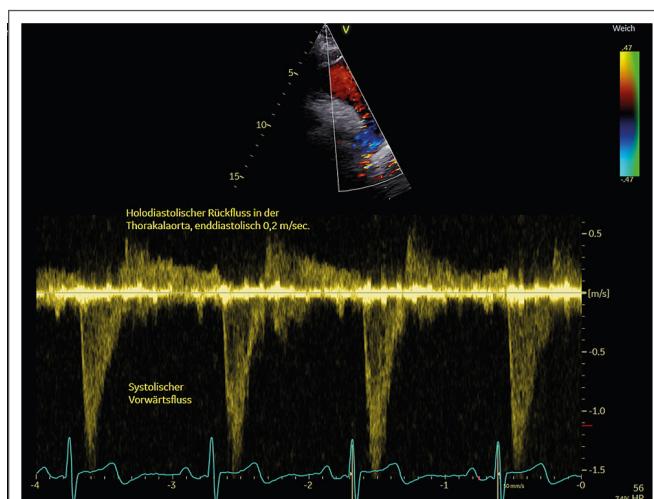


Abbildung 6: PW-Doppler-Spektrum der Aorta descendens von suprasternal bei höhergradiger AI

führen kann. Weitere Herausforderungen sind fortgeschrittenen Verkalkungen, bikuspide Aortenklappen sowie exzentrische Jets unterschiedlicher Genese. Auch die Anordnung der Klappenkommissuren zu den jeweiligen Schnittebenen macht die Beurteilung schwierig, weil prinzipiell nur bei kreisrunder Regurgitationsöffnung korrekt aus der im 2D-Bild bestimmten VC auf die ERO geschlossen werden kann. Hilfreich können hier atypische Schnittebenen zur Verbesserung des Anlotungswinkels oder die 3D-TEE sein. Mittels multidimensionaler (Farbdoppler-) Bildgebung können die Form der Regurgitationsöffnung, der maximale VC-Diameter und die VC-Fläche bestimmt werden. In Anlehnung an Lancelotti et al. sollen für 2D- und 3D-Messungen der 2D- und 3D-Gain reduziert und die Farbpriorität erhöht werden, um den Farbfluss besser darzustellen [2, 10, 11, 12].

Die Jetwolkengröße ist ein sehr fehleranfälliger Parameter und nicht zur Semiquantifizierung geeignet. Das Verhältnis von Jetbreite/LVOT-Diameter bei zentralen Jets wird nach den aktuellen europäischen Leitlinien nicht mehr empfohlen. Am Beispiel einer Tachykardie, die zu einer kleineren Jetwolke bei gleichzeitig hämodynamisch wirksamerer AI im Vergleich zu einem normofrequenten Rhythmus mit größerer Jetwolke führt, lässt sich diese Problematik gut veranschaulichen [1, 10, 11].

Die Bestimmung der Druckhalbwertszeit („Pressure-Half-Time“ [PHT]) ist grundsätzlich nur bei holodiastolischem sorgfältig abgeleitetem CW-Doppler-Signal verwertbar. Bei Turbulenzsignalen im Spektrum ober- oder unterhalb der Nulllinie ist von einer inadäquaten Anlotung des Insuffizienzjets auszugehen. Die Dichte des Regurgitationssignals korreliert unabhängig davon nicht mit dem Schweregrad der Insuffizienz. Die PHT ist aufgrund der komplexen Einflüsse der Compliance der Aorta und des linken Ventrikels sowie der dort vorherrschenden Druckverhältnisse nur als komplementäre Methode anzusehen. Laut Hagendorff et al. ist die PHT nur für Menschen > 50 Jahren geeignet, da die gute Windkesselfunktion der Aorta bei Jüngeren die Druckhalbwertszeit verlängern und eine hochgradige AI unterschätzen kann. Bei akuter AI ist die PHT in der Regel immer kurz. Auch ein erhöhter enddiastolischer LV-Druck oder eine dilatierte Aorta können zu einer Verkürzung der PHT führen. Im Gegensatz dazu führt eine chronische AI zu einer Verlängerung der PHT. Werden unterschiedliche Zeiten in konsekutiven Herzzyklen gemessen, sollte der Schweregrad nicht nach der PHT bestimmt werden [2, 10, 11].

Quantitative Parameter

Eine relevante Herausforderung bei der Quantifizierung der AI stellen die Altersabhängigkeit der Kompensationsmöglichkeiten (Windkesselfunktion der Aorta, Compliance des linken Ventrikels) sowie der Einfluss des Schlagvolumens bei reduzierter LV-Funktion auf die einzelnen Parameter dar. Damit kommt nach Hagendorff et al. der Bestimmung der Regurgitationsfraktion als individuelle Zielgröße eine besondere Bedeutung zu [10, 11].

Die 2D-PISA- (Peak isovelocity surface area-) Methode zur Bestimmung der quantitativen Parameter einschließlich der Regurgitationsfraktion ist nur verlässlich anwendbar, wenn die

Flusskonvergenzzone ohne Winkelfehler so angelotet werden kann, dass sie einer Halbkugel entspricht. Neben der anatomischen Lage führen vor allem Verkalkungen im Bereich der Aortenklappe sowie der Aortenwand mit konsekutiv schlechten Schallbedingungen sowie eine fehlende zirkuläre Öffnung, wie zum Beispiel bei Endokarditis oder Prolaps, im klinischen Alltag regelmäßig dazu, dass die Darstellung weder in der parasternalen Langachsenansicht noch im apikalen 5- oder 3-Kammerblick verlässlich gelingt [2, 10, 11, 12].

Alternativ kann deshalb bei guten Schallbedingungen die allerdings zeitaufwendige und fehleranfällige PW-Doppler-Methode verwendet werden, vorausgesetzt, alle Messungen können exakt ausgeführt werden, sind reproduzierbar und kongruent – das heißt, Abweichungen zwischen den unterschiedlichen Messmethoden liegen < 10 %. Hier wird bei isolierter Aortenklappeninsuffizienz aus dem totalen Schlagvolumen des linken Ventrikels (bestimmt mittels Planimetrie, 3D-Echokardiographie oder eben mittels Schlagvolumenbestimmung im linksventrikulären Ausflusstrakt mittels PW-Doppler) und dem effektiven Schlagvolumen (Schlagvolumenbestimmung bevorzugt im rechtsventrikulären Ausflusstrakt mittels PW-Doppler sowie alternativ ebenso mittels PW-Doppler über der Mitralklappe oder mittels 3D-Echokardiographie) das individuelle Regurgitationsvolumen (Regurgitationsvolumen = totales Schlagvolumen – effektives Schlagvolumen) und schließlich die Regurgitationsfraktion (Regurgitationsfraktion [%] = Regurgitationsvolumen × 100/ totales Schlagvolumen) bestimmt. Ergänzend kann auch hier das 3D-TEE u. a. zur exakten Bestimmung der Ausflusstrakt-Durchmesser zum Einsatz kommen. Die effektive Regurgitationsöffnungsfläche (ERO) kann analog zur Öffnungsflächenbestimmung bei der Aortenstenose nach der Kontinuitätsgleichung bestimmt werden. Sollten trotz bestmöglicher Standardisierung in der Echokardiographie unklare Befunde fortbestehen, kann eine ergänzende Überprüfung mittels CMR erfolgen [2, 10, 11].

Auswirkungen der AI auf die Geometrie und Funktion des linken Ventrikels

Das Regurgitationsvolumen führt bei der AI zu einer linksventrikulären Volumenbelastung mit signifikanten Auswirkungen auf die Geometrie und die Funktion des linken Ventrikels (LV). Die Indexierung der LV-Durchmesser auf die Körperoberfläche (BSA) wird besonders bei Patienten mit kleiner Körpergröße (BSA < 1,68 m²) empfohlen, um den richtigen Zeitpunkt für eine Klappentherapie zu definieren. Für sehr große Menschen ohne Übergewicht gelten ähnliche Überlegungen, ein Grenzwert wird hier aber in den ESC-/EACTS-Leitlinien nicht angegeben. Während der LV bei akuter AI nicht vergrößert ist, findet sich in der Regel bei chronischer hochgradiger AI eine LV-Dilatation mit exzentrischer Hypertrophie, welche zu einer irreversiblen myokardialen Schädigung führen kann. Eine Dilatation findet sich jedoch auch in anderen Situationen und ist somit unspezifisch. Durch die Volumenbelastung wird die LV-Kontraktilität anhand der EF in der Regel überschätzt. Ein sorgfältiges Monitoring der LV-Diameter und -Volumina/ EF ist daher bei den Verlaufskontrollen der Patienten mit AI außerordentlich wichtig [3]. Die mittels 3D-Echokardiographie gewonnenen Volumina sind nicht nur genauer, sondern können auch dabei helfen Patienten zu identifizieren, die ein

erhöhtes Risiko für einen klinischen Progress haben. Etablierte Grenzwerte sind ein endsystolischer Volumenindex von > 45 ml/m² bei mittels 3D-Echokardiographie gemessenen Volumina oder von über 246 ml bei mittels CMR gemessenen Volumina [2].

Deformationsbildgebung mittels Speckle-Tracking

Der „LV global longitudinal strain“ (GLS) wird trotz vorliegender Studiendaten [13, 14] weder in der europäischen noch in der amerikanischen Leitlinie [5] als Objektivierungsmöglichkeit für das Ausmaß der subklinischen Myokardschädigung (GLS > -19 %) herangezogen. So wie die Bestimmung der Myokardfibrose mittels CMR kann der GLS jedoch als zusätzlicher Baustein zur Risikostratifizierung im Rahmen der Entscheidungsfindung verwendet werden [2].

Stressechokardiographie

Mittels Belastungstests können bei asymptomatischen Patienten Beschwerden demaskiert und somit die Indikation zur Operation gestellt werden. Bei symptomatischen Patienten mit mittelgradiger Aortenklappeninsuffizienz lassen sich Faktoren identifizieren, welche die Beschwerden erklären können. Hierzu zählen die Zunahme des systolischen Pulmonalarteriendruckes (SPAP) auf > 60 mmHg, eine induzierbare Myokardischämie oder eine fehlende kontraktile Reserve [15]. Die Bestimmung des Schweregrades einer AI mittels Stressechokardiographie ist hingegen nicht etabliert, da die Abnahme der Diastolendauer im Rahmen des Herzfrequenzanstieges eine korrekte Beurteilung stark einschränkt [10].

Die 3D-Echokardiographie, der GLS, die Stressechokardiographie und CMR können für die Operationsentscheidung nützlich sein, insbesondere bei Patienten mit grenzwertiger linksventrikulärer Auswurffraktion (LVEF) und/oder grenzwertigen Durchmessern [2, 16]. Bis weitere prospektive Daten vorliegen, bleiben jedoch 2D-Echokardiographie-Daten die primäre Entscheidungsgrundlage für die Therapieindikation [2].

Vermessung der Aorta bei Aortenklappeninsuffizienz

Die Vermessung der Aorta mittels 2D-Echokardiographie ist obligat, nicht zuletzt, da bei Patienten mit einer BAK häufig Aortendilatationen (> 40 mm oder > 27,5 mm/m² BSA bei Patienten mit kleiner Körpergröße) auftreten [17, 18]. Die Vermessung geschieht auf vier Ebenen:

- Annulus,
- Aortenwurzel,
- sinotubulärer Übergang und
- tubuläre Aorta ascendens (Abb. 7).

Die Messungen erfolgen enddiastolisch in der parasternalen Langachsenansicht. Eine Ausnahme stellt der Aortenannulus dar, der mittsystolisch gemessen wird. Bis heute gibt es international keinen allgemein akzeptierten Standard für die Messung der Aortendurchmesser in den gängigen Bildgebungsmethoden (Echo, CT, CMR). Ab einem Aortendurchmesser von 40 mm steigt das relative Dissektionsrisiko bedeutsam an, so dass von einer Dilatation gesprochen wird. Der rasante Risikoanstieg für eine Dissektion ab einem Durchmesser von 45 mm begründet den Terminus „Aneurysma“ ab diesem Grenzwert [18]. Diese Tatsachen rechtfertigen, dass ab einem echokardio-

graphisch gemessenen Durchmesser von 40 mm systematisch eine weiterführende Schnittbildgebung mittels CT oder CMR empfohlen wird. Für die klinische Entscheidungsfindung sollten die Dimensionen der Aorta durch ein EKG-getriggertes koronares CT bestätigt werden [17, 18].

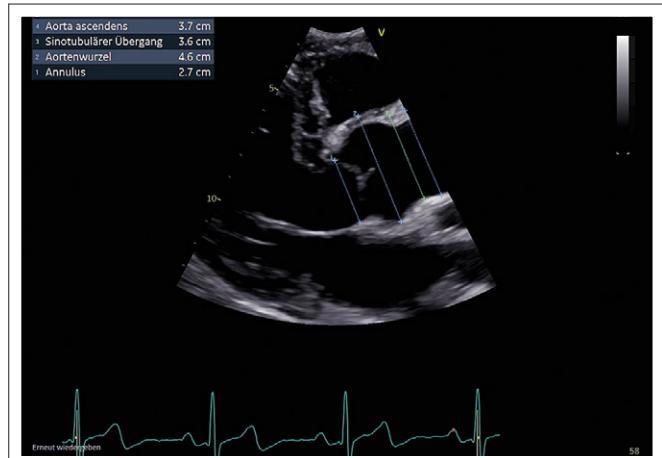


Abbildung 7: Die Messungen (2) bis (4) erfolgen hier enddiastolisch von der Außenseite zur Innenseite („leading edge to leading edge“). Eine Ausnahme stellt der Annulus (1) dar, der hier von Innenseite zu Innenseite („inner edge to inner edge“) gemessen wird (korrekterweise sollte die Messung mittsystolisch erfolgen).

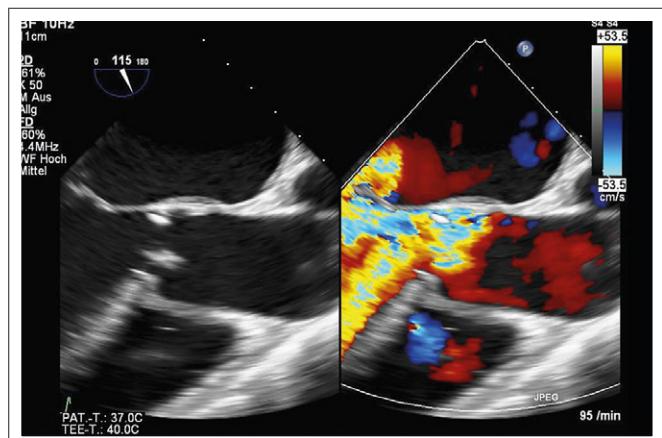


Abbildung 8: Biplanes TEE mit und ohne Farbdoppler, akute AI bei entzündlich destruierter Klappe.

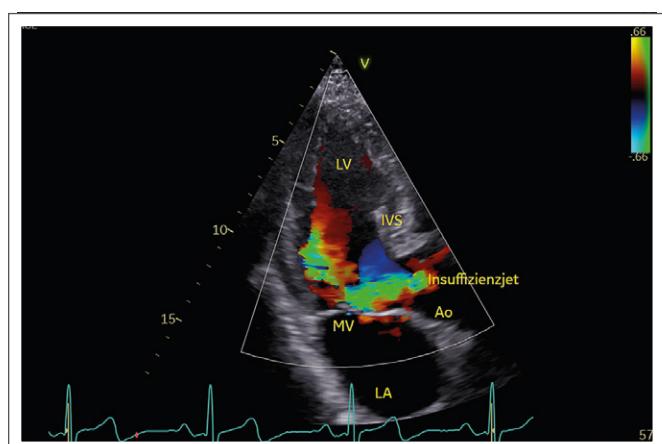


Abbildung 9: 2D-TTE mit Farbdoppler, BAK mit chronischer höhergradiger AI.

Tabelle 2: Empfehlungen aus der ESC-/EACTS-Leitlinie zu Operationsindikationen bei hochgradiger Aortenklappeninsuffizienz und Aortenwurzel- oder tubulärem Aneurysma der Aorta ascendens (unabhängig vom Schweregrad der Aorteninsuffizienz). Erstellt nach [1].

Empfehlungen	Empf.-grad	Evidenz-grad
A) Hochgradige Aortenklappeninsuffizienz		
Eine Operation wird bei symptomatischen Patienten unabhängig von der LV-Funktion empfohlen.	I	B
Eine Operation wird bei asymptomatischen Patienten mit LVESD > 50 mm oder LVESD > 25 mm/m ² BSA (bei Patienten mit geringer Körpergröße) empfohlen oder einer Ruhe-LVEF ≤ 50 %.	I	B
Eine Operation kann erwogen werden bei asymptomatischen Patienten mit LVESD > 20 mm/m ² BSA (insbesondere bei Patienten mit geringer Körpergröße) oder einer Ruhe-LVEF ≤ 55 %, wenn die Operation mit geringem Risiko verbunden ist.	IIb	C
Eine Operation wird bei symptomatischen und asymptomatischen Patienten mit hochgradiger Aorteninsuffizienz empfohlen, die sich einer koronaren Bypassoperation oder einer Operation an der Aorta ascendens oder einer anderen Herzklappe unterziehen.	I	C
Eine Aortenklappenrekonstruktion kann bei ausgewählten Patienten in erfahrenen Zentren erwogen werden, wenn gute Langzeitergebnisse zu erwarten sind.	IIb	C
B) Aortenwurzel- oder tubuläres Aneurysma^a der Aorta ascendens (unabhängig vom Schweregrad der Aorteninsuffizienz)		
Ein klappenerhaltender Aortenwurzelersatz wird bei jungen Patienten mit Aortenwurzeldilatation empfohlen, wenn er in erfahrenen Zentren durchgeführt wird und gute Langzeitergebnisse zu erwarten sind.	I	B
Eine Operation der Aorta ascendens wird bei Patienten mit Marfan-Syndrom empfohlen, die eine Aortenwurzelerkrankung mit einem maximalen Diameter der Aorta ascendens von ≥ 50 mm haben.	I	C
Eine Operation der Aorta ascendens sollte erwogen werden bei Patienten mit Aortenwurzelerkrankung und maximalem Diameter der Aorta ascendens von:	IIa	C
– ≥ 55 mm bei allen Patienten		
– ≥ 45 mm bei Vorliegen eines Marfan-Syndroms und zusätzlicher Risikofaktoren ^b oder bei Patienten mit einer TGFBR1- oder TGFBR2-Mutation (einschließlich Loeys-Dietz-Syndrom) ^c		
– ≥ 50 mm bei Vorliegen einer bikuspiden Klappe mit zusätzlichen Risikofaktoren ^b oder einer Koartation.		
Wenn eine Operation in erster Linie wegen der Aortenklappe indiziert ist, sollte ein Ersatz der Aortenwurzel oder der tubulären Aorta ascendens erwogen werden, wenn sie ≥ 45 mm misst ^d .	IIa	C

^aFür die klinische Entscheidungsfindung sollten die Abmessungen der Aorta durch ein EKG-getriggertes koronares CT bestätigt werden.
^bFamilienanamnese einer Aortendissektion (oder persönliche Anamnese einer spontanen vaskulären Dissektion), hochgradige Aorten- oder Mitralsuffizienz, Schwangerschaftswunsch, unkontrollierte systemische arterielle Hypertonie und/oder Vergrößerung der Aorta um > 3 mm/Jahr (durch serielle Echokardiographie- oder CMR-Messungen auf der gleichen Ebene der Aorta, bestätigt durch EKG-getriggerte koronare CT).
^cEin niedrigerer Schwellenwert von 40 mm kann bei Frauen mit niedriger KOF, bei Patienten mit einer TGFBR2-Mutation oder bei Patienten mit hochgradigen extra-aortalen Merkmalen erwogen werden.
^dUnter Berücksichtigung von Alter, KOF, Ätiologie der Klappenerkrankung, Vorhandensein einer bikuspiden Aortenklappe und intraoperativer Form und Dicke der aufsteigenden Aorta.

Es ist wichtig, mehrere Phänotypen zu unterscheiden, da diese chirurgisch unterschiedlich versorgt werden:

- isoliertes Aneurysma der Aortenwurzel,
- Aneurysma der tubulären Aorta ascendens,
- Mischformen,
- isolierte Aortenklappeninsuffizienz (alle Durchmesser < 40 mm) [3, 17, 18].

Operationsindikationen

Die akute hochgradige AI wird am häufigsten durch eine Endokarditis bzw. eine Aortendissektion verursacht und hat ohne chirurgische Sanierung eine sehr schlechte Prognose (Abb. 8).

Die chronische hochgradige AI hat ebenfalls eine schlechte Prognose, wenn Symptome auftreten. Die Mortalität beträgt unbehandelt 10–20 % pro Jahr (Abb. 9).

Die Operation einer schweren chronischen AI soll:

- die Mortalität senken,
- Symptome lindern,
- eine Herzschwäche verhindern und
- bei Aortenaneurysmen das Auftreten akuter Aortensyndrome verhindern [3, 13].

Die vollständigen Empfehlungen aus der ESC-/EACTS-Leitlinie zu Operationsindikationen bei hochgradiger Aorten-

klappeninsuffizienz und Aortenwurzel- oder tubulärem Aneurysma der Aorta ascendens (unabhängig vom Schweregrad der Aorteninsuffizienz) sind in Tabelle 2 in Anlehnung an die Übersetzung der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie (DGK) zusammengefasst [1]. Die 2022 veröffentlichten amerikanischen Leitlinien zur Diagnose und zum Management von Aortenerkrankungen wurden in der Tabelle nicht berücksichtigt [18].

Wesentliche Neuerungen in den aktuellen Leitlinien und internationale Aspekte

- Zusammenfassung der Operationsindikation asymptomatischer Patienten mit einer LVEF ≤ 50 % und/ oder LVESD > 50 mm oder LVESD > 25 mm/m² BSA zu einer Klasse-I-Empfehlung. Somit Aufwertung der Zunahme des endstolischen Durchmessers mit nochmaliger Betonung der Indexierung auf die Körperoberfläche. Der enddiastolische Durchmesser (LVEDD > 70 mm) wird nicht mehr als Grenzwert aufgeführt.
- Eine Zunahme des enddiastolischen Durchmessers > 65 mm und/oder eine progradienten Abnahme der LVEF kann im Einzelfall bei asymptomatischen Patienten mit niedrigem Operationsrisiko eine Therapie rechtfertigen. Wie bei der Verwendung der natriuretischen Peptide zur Risikostratifizierung gibt es auch dazu keine Empfehlungsklasse.
- Neu ist, dass erwogen werden kann, asymptomatische Patienten mit sehr niedrigem Operationsrisiko bereits mit

einem LVESD > 20 mm/m² BSA oder einer Ruhe-LVEF ≤ 55 % zu operieren (IIb) [1]. An dieser Stelle sei noch einmal erwähnt, dass in den amerikanischen Leitlinien bei asymptomatischen Patienten bereits bei einer EF ≤ 55 % eine Klasse-I-Empfehlung für eine Operation ausgesprochen wurde [18].

- Es wird empfohlen, bei jungen Patienten mit einem Aneurysma der Aortenwurzel einen klappenerhaltenden Aortenwurzel-Ersatz durchzuführen, vorausgesetzt, die Operation erfolgt in einem erfahrenen Zentrum und die zu erwartenden Langzeitergebnisse sind gut (Klasse-I-Empfehlung).
- Ferner wird erwähnt, dass bei ausgewählten Patienten die Klappenrekonstruktion oder die Ross-Operation in der Hand eines erfahrenen Herzchirurgen eine mögliche Alternative darstellt [1].
- In den 2022 veröffentlichten amerikanischen Leitlinien (AHA/ACC) zur Diagnose und zum Management von Aortenerkrankungen besteht bei einem sporadischen Aneurysma < 5,5 cm der Aortenwurzel oder der Aorta ascendens eine Klasse-I-Indikation zur Operation, falls im Rahmen der seriellen Schnittbildgebung eine Zunahme des Durchmessers von mindestens 3 mm in zwei aufeinanderfolgenden Jahren oder von 5 mm innerhalb von einem Jahr dokumentiert wird. Ferner sollte bei Patienten mit sporadischem Aneurysma der Aortenwurzel oder der Aorta ascendens bereits ab 50 mm die Indikation zur Operation gestellt werden, vorausgesetzt, die Operation erfolgt durch einen erfahrenen Chirurgen in einem spezialisierten und multidisziplinären Zentrum (IIa). Diese Rahmenbedingungen gelten für alle weiteren Empfehlungen in den amerikanischen Leitlinien. Mit dem selben Empfehlungsgrad sollten außergewöhnlich große oder kleine Menschen (> 1 Standardabweichung oberhalb oder unterhalb des Mittelwertes) operiert werden, falls der maximale Aortenquerschnittsflächen-/Körpergrößen-Index > 10 cm²/m im Bereich der Aortenwurzel oder der Aorta ascendens ist.
- Auch bei genetisch bedingten Aortopathien weichen die Empfehlungen in den amerikanischen Leitlinien in folgenden Fällen ab: Beim Marfan-Syndrom wird auch bei einem maximalen Aortenwurzel-Querschnittsflächen-/Körpergrößen-Index > 10 cm²/m eine Klasse-IIa-Empfehlung für eine Operation ausgesprochen. Für das Turner-Syndrom wird ab einem Alter von 15 Jahren bei Patienten mit Risikofaktoren (Aortendilatation, Hypertonie, BAK, Koarktation) ab einem Aortendurchmesser/BSA-Index > 2,5 cm/m² ebenso eine Klasse-IIa-Empfehlung für eine Operation ausgesprochen.
- Bei der BAK empfehlen die amerikanischen Leitlinien ab einem Aortenquerschnittsflächen/Körpergrößen-Index > 10 cm²/m im Bereich der Aortenwurzel oder der Aorta ascendens die Indikation zum Ersatz der Aortenwurzel, der Aorta ascendens oder beidem (IIa) [18].

Exkurs zur Transkatheter-Aortenklappen-Implantation (TAVI) bei AI

Aufgrund der zumeist geringen Verkalkungen und der somit fehlenden Landungszone bei isolierter Aortenklappeninsuffizienz besteht bei bisher gängigen TAVI-Prothesen eine hohe Gefahr von Klappenmigrationen. Das seit 2021 kommerziell verfügbare „JenaValve™ Trilogy® Heart Valve System“ stellt dabei aufgrund des speziellen Verankerungsmechanismus eine

Ausnahme dar und ermöglicht eine kathetergestützte Aortenklappenimplantation zur Behandlung von Hochrisiko-Patienten mit symptomatischer Aortenklappeninsuffizienz neben der Aortenklappenstenose. Erste aktuelle Real-World-Daten aus Europa und erste Studiendaten aus den USA bestätigen zumindest die hohe Sicherheit und Effektivität der Prothese [19, 20]. Ob die TAVI auch bei der Aortenklappeninsuffizienz in naher Zukunft Standard der Versorgung werden kann, müssen randomisierte Studien zeigen, in der das neue Therapieverfahren gegen die chirurgische Therapie getestet wird.

Spezielle Patientengruppen

Bei bestehender Operationsindikation aufgrund einer hochgradigen Aortenklappeninsuffizienz sollen eine bestehende hochgradige primäre oder sekundäre Mitralklappeninsuffizienz gleichzeitig versorgt werden.

Bei mittelgradiger Aortenklappeninsuffizienz und Indikation zur koronaren Bypass- oder Mitralklappen-Operation besteht bezüglich des therapeutischen Vorgehens kein Konsens. Insbesondere bei fehlender Aortendilatation ist das Fortschreiten der Insuffizienz sehr langsam. Eine Einzelfallentscheidung im Heart-Team ist in dieser Situation in der Regel indiziert.

Folgeuntersuchungen und Familienscreening

Asymptomatische Patienten mit hochgradiger Aortenklappeninsuffizienz sollten mindestens einmal jährlich untersucht werden. Es wird empfohlen, die Intervalle auf 3–6 Monate zu verkürzen, falls es sich um eine Erstdiagnose oder um grenzwertige Befunde, Diameter und/oder LVEF betreffend, handelt.

Neben den echokardiographischen Parametern können auch Biomarker (natriuretische Peptide) im Rahmen der Nachsorge zur Risikostratifizierung hilfreich sein.

Ist die Aorta ascendens dilatiert (> 40 mm), sollte systematisch eine Schnittbildgebung mittels CT oder CMR erfolgen. Eine Nachkontrolle sollte bevorzugt mittels Echokardiographie und/oder CMR durchgeführt werden. Jede Zunahme um mehr als 3 mm sollte mittels EKG-getriggerner koronarer CT überprüft werden.

Patienten mit Bindegewebserkrankungen sollen lebenslang in spezialisierten Zentren nachgesorgt werden. Bei nahen Angehörigen (Verwandte 1. Grades einschließlich der Geschwister) von Patienten mit Bindegewebserkrankungen und Aneurysmen der thorakalen Aorta ist ein Screening mittels Schnittbildung und eine genetische Testung auf Bindegewebserkrankungen ebenso indiziert.

Bei bikuspider Aortenklappe ist ein echokardiographisches Familienscreening von Verwandten 1. Grades und der Geschwister ebenso angemessen [1, 17, 18].

Bezüglich der medikamentösen Therapie und der Empfehlungen eine Schwangerschaft oder die körperliche Aktivität bzw. den Sport betreffend, verweisen wir auf die entsprechenden ESC-Leitlinien.

■ Interessenkonflikt

Keiner.

Literatur:

1. Vahanian A, Beyersdorf F, Praz F, et al. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J* 2022; 43: 561–32.
2. Lancellotti P, Pibarot P, Chambers J, et al. Multi-modality imaging assessment of native valvular regurgitation: an EACVI and ESC council of valvular heart disease position paper. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2022; 23: e171–e232.
3. Strouhal A, Fiegl N, Riedl K, Aydin I. Mitralklappeninsuffizienz und Aortenklappeninsuffizienz: Was sagen die Guidelines 2017? Was hat sich zu 2012 geändert? *J Kardiol* 2018; 25: 312–21.
4. Prisker S, Dusleag J. Klappeninsuffizienzen: Mitralklappeninsuffizienz. *J Kardiol* 2014; 21: 20–8.
5. Iung B, Baron G, Vahanian A, et al. A prospective survey of patients with valvular heart disease in Europe: The Euro Heart Survey on Valvular Heart Disease. *Eur Heart J* 2003; 24: 1231–43.
6. Otto CM, Nishimura RA, Bonow RO, et al. 2020 ACC/AHA Guideline for the management of patients with valvular heart disease: Executive summary: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation* 2021; 143: e35–e71.
7. Michelena HI, et al. International consensus statement on nomenclature and classification of the congenital bicuspid aortic valve and its aortopathy, for clinical, surgical, interventional and research purposes. *Eur J Cardiothor Surg* 2021; 60: 448–76.
8. Froede L, Schäfers HJ. Chirurgie der bikuspiden Aortenklappe. Viele Argumente sprechen für die Rekonstruktion. *Dt Arztebl* 2021; 118: 32.
9. Zoghbi WA, Adams D, Bonow RO, et al. Recommendations for noninvasive evaluation of native valvular regurgitation: A report from the American Society of Echocardiography developed in collaboration with the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *J Am Soc Echocardiogr* 2017; 30: 303–71.
10. Hagendorff A, Fehske W, Flachskampf FA, et al. Manual zur Indikation und Durchführung der Echokardiographie – Update 2020 der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie. *Kardiologe* 2020; 14; 396–431.
11. Hagendorff A, Stöbe S. Basiswissen Echokardiographie. „Ars echokardiographica“ – Schritt für Schritt zur korrekten Diagnose. 1. Auflage. Elsevier Urban & Fischer Verlag, 2017.
12. Flachskampf FA (Hrsg). Praxis der Echokardiographie. Das Referenzwerk zur echokardiographischen Diagnostik. 3. Auflage. Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart, 2011: 369–77.
13. Ewe SH, Haeck MLA, Ng ACT, et al. Detection of subtle left ventricular systolic dysfunction in patients with significant aortic regurgitation and preserved left ventricular ejection fraction: speckle tracking echocardiographic analysis. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2015; 16: 992–9.
14. Alashi A, Khullar T, Mentas A, et al. Long-term outcomes after aortic valve surgery in patients with asymptomatic chronic aortic regurgitation and preserved LVEF: impact of baseline and follow-up global longitudinal strain. *JACC Cardiovasc Imaging* 2020; 13: 12–21.
15. Lancellotti P, Pellikka PA, Budts W, et al. The clinical use of stress echocardiography in non-ischaemic heart disease: recommendations from the European Association of Cardiovascular Imaging and the American Society of Echocardiography. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2016; 17: 1191–229.
16. Malahfji M, Crudo V, Kaolawanich Y, et al. Influence of cardiac remodeling on clinical outcomes in patients with aortic regurgitation. *J Am Coll Cardiol* 2023; 81: 1885–898.
17. Erbel R, Aboyans V, Boileau C, et al. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: Document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Aortic Diseases of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J* 2014; 35: 2873–926.
18. Issebacher EM, Preventza O, Black JH, et al. 2022 ACC/AHA Guideline for the diagnosis and management of aortic disease: A report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation* 2022; 146: e334–e482.
19. Baldus S. Treatment of aortic regurgitation using dedicated TAVR systems: early European experience and the ALIGN AR Trial. *TCT-Kongress 2023*, 7.–10. Juni 2023; Phoenix, USA.
20. Thourani VH. ALIGN-AR Trial: initial outcomes of the JenaValveTM trilogy transcatheter aortic valve replacement in high risk patients with symptomatic severe native aortic regurgitation. *TCT-Kongress 2023*, 24.10.2023; San Francisco, USA.

Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere Rubrik

Medizintechnik-Produkte



Neues CRT-D Implantat
Intica 7 HFT 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](#)