

# Minimal-invasive Aortenklappenrekonstruktion

**E. Girdauskas, J. Petersen, C. Detter,  
J. Kubitz, C. Sinning, N. Schofer,  
S. Blankenberg & H. Reichenspurner**

## Der Kardiologe

Organ der Deutschen Gesellschaft  
für Kardiologie - Herz- und  
Kreislaufforschung e.V. hervorgegangen  
aus Clinical Research in Cardiology  
Supplements

ISSN 1864-9718

Volume 12

Number 3

Kardiologe (2018) 12:194-208

DOI 10.1007/s12181-018-0254-5



**Your article is protected by copyright and all rights are held exclusively by Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature. This e-offprint is for personal use only and shall not be self-archived in electronic repositories. If you wish to self-archive your article, please use the accepted manuscript version for posting on your own website. You may further deposit the accepted manuscript version in any repository, provided it is only made publicly available 12 months after official publication or later and provided acknowledgement is given to the original source of publication and a link is inserted to the published article on Springer's website. The link must be accompanied by the following text: "The final publication is available at [link.springer.com](http://link.springer.com)".**

Kardiologie 2018 · 12:194–208  
<https://doi.org/10.1007/s12181-018-0254-5>  
 Online publiziert: 28. Mai 2018  
 © Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von  
 Springer Nature 2018



E. Girdauskas<sup>1</sup> · J. Petersen<sup>1</sup> · C. Detter<sup>1</sup> · J. Kubitz<sup>2</sup> · C. Sinning<sup>3</sup> · N. Schofer<sup>3</sup> · S. Blankenberg<sup>3</sup> · H. Reichenspurner<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie, Universitäres Herzzentrum Hamburg, Hamburg, Deutschland

<sup>2</sup> Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie, Universitäres Herzzentrum Hamburg, Hamburg, Deutschland

<sup>3</sup> Klinik und Poliklinik für Allgemeine und Interventionelle Kardiologie, Universitäres Herzzentrum Hamburg, Hamburg, Deutschland

# Minimal-invasive Aortenklappenrekonstruktion

## Standardtherapie für junge Patienten mit Aortenklappeninsuffizienz?

**Die chirurgische Therapie der Aortenklappeninsuffizienz hat viele konzeptionelle Neuerungen erfahren, bedingt durch die Etablierung reproduzierbarer Techniken zur Aortenklappenrekonstruktion, Spezialisierung auf minimal-invasive Operationsverfahren und differenzierte Rekonstruktionsmöglichkeiten bei unterschiedlicher Aortenklappen-Morphologie. In Anbetracht des prognostisch ungünstigen Verlaufs der valvulären Kardiomyopathie bei persistierender hochgradiger Aortenklappeninsuffizienz sowie der Limitationen von Aortenklappenersatzverfahren im jüngeren Patientenkollektiv sollten die rekonstruktiven Behandlungsstrategien der Aortenklappe, analog zur Mitralklappenchirurgie, zur Standardtherapie bei hochgradiger Aortenklappeninsuffizienz werden.**

Basierend auf den Vorarbeiten einzelner innovativer Herzchirurgen [1–3] sind individualisierte Therapiekonzepte zur Behandlung der Aortenklappeninsuffizienz an einigen Herzzentren entstanden, die sich grundsätzlich mit der Strategie der Aortenklappenrekonstruktion im jüngeren Patientenkollektiv befassen. Aktuelle Ergebnisse machen deutlich, dass eine klappenerhaltende Behandlung die optimale Strategie für einen <60-jährigen Patienten mit relevanter Aortenklappeninsuffizienz darstellt, unabhängig von der

Aortenklappenmorphologie. Der heutige Wissensstand und die zukünftigen Entwicklungen in der Behandlung der Aortenklappeninsuffizienz werden in diesem Übersichtsartikel dargestellt.

### Soll die heutige Behandlung der Aortenklappeninsuffizienz grundsätzlich überdacht werden?

Bislang basiert die Behandlung der Aortenklappeninsuffizienz auf dem historisch etablierten Allgemeinwissen, dass die hochgradige Aortenklappeninsuffizienz ein benignes und vom linken Ventrikel langfristig gut zu tolerierendes Krankheitsbild ist. Deshalb wird eine relevante Aortenklappeninsuffizienz im asymptomatischen Stadium bislang überwiegend konservativ behandelt und regelmäßig echokardiographisch nachuntersucht. Nur beim beginnend symptomatischen Verlauf, Abnahme der linksventrikulären Pumpfunktion (LVEF [linksventrikuläre Ejektionsfraktion] ≤ 50 %) bzw. Zunahme der linksventrikulären Durchmesser (LVEDD [linksventrikulärer enddiastolischer Durchmesser] > 70 mm, LVESD [linksventrikulärer endsystolischer Durchmesser] > 50 mm, LVESDI [„left ventricular end-systolic diameter index“] > 25 mm/m<sup>2</sup>) besteht eine Indikation zur chirurgischen Therapie [4, 5]. Die chirurgische Therapie wird in diesem relativ jungen Patientenkollektiv häufig mit der Notwendigkeit eines

mechanischen Aortenklappenersatzes verbunden, was die Zurückhaltung der behandelnden Kardiologen und auch der betroffenen Patienten rechtfertigt. Intuitiv versucht man, den Zeitpunkt der Operation hinauszuzögern, um den jungen und aktiven Patienten potenzielle Gefahren der lebenslangen oralen Antikoagulation möglichst lange zu ersparen. In der klinischen Praxis führt dieses Vorgehen häufig dazu, dass der Operationszeitpunkt bis zur eindeutigen Manifestation der Symptomatik bzw. erheblicher Progression der linksventrikulären Dilatation hinausgezögert wird. Allerdings liefert die aktuelle Literatur deutliche Hinweise, dass eine chirurgische Behandlung der Aortenklappeninsuffizienz in der fortgeschrittenen symptomatischen Phase bzw. beim Erreichen der Interventionskriterien der reduzierten LVEF < 50 % und/oder der hochgradigen linksventrikulären Dilatation (d. h. LVEDD > 70 mm) zu einer progredienten valvulären Kardiomyopathie/Herzinsuffizienz trotz erfolgreicher Aortenklappen(AK)-Behandlung führt [6–8]. Obwohl die rein operative Mortalität auch in diesem Patientenkollektiv (d. h. mit ausgeprägter valvulärer Kardiomyopathie) noch akzeptabel niedrig ist, bleibt das postoperative linksventrikuläre Re-Modeling trotz kompetenter Aortenklappe häufig aus. Diese Daten deuten auf eine irreversible Myokardschädigung ab einem gewissen Stadium der hochgradigen Aortenklappeninsuf-

Hier steht eine Anzeige.



Übersichten

**Tab. 1** Langzeitüberleben und kardiale Komplikationen bei Patienten mit hochgradiger Aortenklappeninsuffizienz

Publikation	Patientenkollektiv	Subgruppen	Outcome
Wang et al. [9]	Chirurgische Kohorte (asymptomatische Patienten mit hochgradiger AI) (n = 192)	(1) LVEF ≥ 55 % vs. 50 % ≤ LVEF < 55 % (2) 70 mm ≤ LVEDD < 81 mm vs. LVEDD > 81 mm	Signifikant reduziertes 5- und 10-Jahresüberleben in der Subgruppe mit 50 % ≤ LVEF < 55 % und LVEDD > 81 mm
Zhang et al. [10]	Chirurgische Kohorte (105 Patienten mit hochgradiger AI)	(1) LVEDD > 70 mm or LVESD > 50 mm vs. LVEDD < 70 mm/LVESD < 50 mm	Fehlendes LV-Re-Remodeling in 34 % Patienten
Amano et al. [11]	Chirurgische Kohorte (80 Patienten mit hochgradiger AI)	(1) LVEDD ≤ 69 mm vs. LVEDD > 69 mm (2) LVEF ≥ 56 % vs. LVEF < 56 %	25 % Patienten verstorben innerhalb der ersten 10 Jahre postoperativ 5- und 10-Jahresmortalität signifikant erhöht in der LVEF < 56 % Subgruppe
Turk et al. [8]	Chirurgische (n = 44) und konservativ behandelte (n = 79) Kohorte (123 asymptomatische Patienten mit hochgradiger AI)	(1) Chirurgisch vs. konservativ behandelte Kohorte (2) Kohorte mit LVEF > 50 %, LVEDD < 70 mm, LVESD < 50 mm	(1) Signifikanter Überlebensvorteil für chirurgisch vs. konservativ behandelte Kohorte (2) Signifikanter Überlebensvorteil für chirurgisch vs. konservativ behandelte Kohorte mit LVEF > 50 %, LVEDD < 70 mm, LVESD < 50 mm
Klondas et al. [12]	Chirurgische Kohorte (219 Patienten mit hochgradiger AI)	LVEDD > 80 vs. LVEDD ≤ 80 mm	Signifikant schlechteres 10-Jahresüberleben in der LVEDD > 80 mm Kohorte (71 % nach 10 Jahren)
Brown et al. [13]	Chirurgische Kohorte (301 Patienten mit ≥ mittelgradiger AI)	(1) Indexierter LVEDD < 20 mm/m <sup>2</sup> vs. LVESD ≥ 20 mm/m <sup>2</sup> (2) Indexierter LVEDD < 30 mm/m <sup>2</sup> vs. LVEDD ≥ 30 mm/m <sup>2</sup>	Signifikant schlechteres 10-Jahresüberleben in den Kohorten mit indexierten LVESD ≥ 20 mm/m <sup>2</sup> und indexierten LVEDD ≥ 30 mm/m <sup>2</sup>
Disha et al. [6]	Chirurgische Kohorte (70 Patienten mit bikuspidaler AS und 20 Patienten mit bikuspidaler AI)	Bikupide AI vs. bikuspidale AS	Signifikant höhere Rate von kardialen Ereignissen (15 Jahre Follow-up) in der Subgruppe der bikuspidalen AI
McDonald et al. [14]	Chirurgische Kohorte (109 Frauen mit hochgradiger AI)	Studienkohorte vs. Population (altersgematcht)	Reduziertes 10-Jahresüberleben in der Studienkohorte: 44 % Gesamtüberleben; 60 % Überleben nach Ausschluss der aortalen Komplikationen

AI Aortenklappeninsuffizienz, AS Aortenklappenstenose, LVEF linksventrikuläre Ejektionsfraktion, LVEDD linksventrikulärer enddiastolischer Durchmesser, LVESD linksventrikulärer endsystolischer Durchmesser

fizienz hin, die auch durch eine effektive Korrektur der Aortenklappeninsuffizienz nicht mehr reversibel ist.

Die Etablierung von klappenerhaltenden Verfahren in der chirurgischen Behandlung der Aortenklappeninsuffizienz bietet heutzutage eine vielversprechende Alternative, durch frühzeitige Aortenklappenrekonstruktion den natürlichen Verlauf der valvulären Kardiomyopathie schon in den Frühstadien zu beeinflussen und dadurch die Entwicklung einer sekundären valvulären Kardiomyopathie zu vermeiden.

### Valvuläre Kardiomyopathie bei Aortenklappeninsuffizienz – nur ein Scheinproblem?

Deutliche Hinweise dafür, dass die valvuläre Kardiomyopathie bei relevanter Aortenklappeninsuffizienz kein benignes Krankheitsbild ist, ergeben sich aus gezielter Literaturrecherche (Tab. 1; [8–14]).

Trotz relativ frühzeitiger operativer Therapie im asymptomatischen Stadium der hochgradigen Aortenklappeninsuffizienz zeigte sich das postoperative Zehnjahresüberleben signifikant niedriger in der Patientensubgruppe mit erheblicher linksventrikulärer Dilatation (d. h. LVEDD > 81 mm) und schon geringgradig reduzierter LVEF (d. h. 50 % ≤ LVEF < 55 %; Abb. 1; [9]). Weitere Langzeitverlaufsstudien nach Aortenklappenersatz in der Patientensubgruppe mit hochgradiger Aortenklappeninsuffizienz zeigen eine Zehnjahresgesamt mortalität von 25–35 %; welche deutlich höher ist, als im relativ jungen Kollektiv mit Aortenklappeninsuffizienz zu erwarten sei [11–13]. In der Kohorte der Patienten mit Aortenklappeninsuffizienz und präoperativ nur leichtgradig

eingeschränkter LVEF (LVEF < 56 %) betrug die postoperative Zehnjahresmortalität sogar 40 % [11].

Der Vorteil einer chirurgischen Therapie gegenüber der konservativen Behandlung bei Patienten mit hochgradiger asymptomatischer Aortenklappeninsuffizienz wurde ebenso in kleineren retrospektiven Studien gezeigt ([8]; Abb. 2). Sogar in der Subgruppe der asymptomatischen Patienten mit normaler LVEF und LVEDD < 70 mm/LVESD < 50 mm zeigte sich ein deutlicher Überlebensvorteil der chirurgisch behandelten Patienten nach 5 und 10 Jahren (Abb. 2). Das 10-Jahresüberleben in der konservativ behandelten Kohorte der asymptomatischen Patienten mit hochgradiger Aortenklappeninsuffizienz und erhaltener LVEF zeigte sich mit 46 % deutlich reduziert [8].

Zusätzlich zeigte sich ein deutlich reduziertes postoperatives 10-Jahres-

## Zusammenfassung · Abstract

Kardiologie 2018 · 12:194–208 <https://doi.org/10.1007/s12181-018-0254-5>  
© Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018

E. Girdauskas · J. Petersen · C. Detter · J. Kubitz · C. Sinning · N. Schofer · S. Blankenberg · H. Reichenspurner

## Minimal-invasive Aortenklappenrekonstruktion. Standardtherapie für junge Patienten mit Aortenklappeninsuffizienz?

### Zusammenfassung

**Hintergrund.** Eine valvuläre Kardiomyopathie bei hochgradiger Aortenklappeninsuffizienz hat einen prognostisch ungünstigen Verlauf, und die Aortenklappenersatzverfahren sind im jüngeren Patientenkollektiv mit deutlichen Limitationen verbunden.

**Fragestellung.** Stellenwert der rekonstruktiven Operationsverfahren und minimal-invasiven Zugangswegen in der Behandlung der hochgradigen Aortenklappeninsuffizienz.

**Material und Methode.** Analyse der aktuellen Literatur zum heutigen Wissensstand in der Behandlung der relevanten Aortenklappeninsuffizienz und Darstellung der Erfahrung mit Aortenklappenrekonstruktionsmethoden.

**Ergebnisse.** Konventioneller Aortenklappenersatz mittels mechanischer bzw. biologischer

Klappenprothese bietet keine langfristig gute Lösung im jungen Patientenkollektiv mit relevanter Aortenklappeninsuffizienz. Die Strategie der Verzögerung des Operationszeitpunktes bis in das fortgeschrittene Alter, in dem die Haltbarkeit der Bioprothesen signifikant besser ist, beinhaltet ein unkalkulierbares Risiko einer valvulären Kardiomyopathie, von der sich die meisten Patienten nicht mehr erholen. Die Methoden der Aortenklappenrekonstruktion sind in erfahrenen Herzzentren heutzutage gut etabliert und gehören zur klinischen Routine. Das perioperative Risiko in diesem relativ jungen Patientenkollektiv liegt unter 1 % und die 10- bis 15-Jahresergebnisse sind anhand der publizierten Daten sehr zufriedenstellend.

**Schlussfolgerungen.** Heutige rekonstruktive Operationsmethoden bei Aortenklappeninsuffizienz bieten eine sehr sinnvolle Therapiealternative und versprechen durch die optimal gestaltete Geometrie solcher Aortenklappen eine langfristige Lösung mit niedrigem Komplikationsrisiko und erhaltener Lebensqualität ohne orale Antikoagulation im jungen und aktiven Patientenkollektiv.

### Schlüsselwörter

Herzklappenrekonstruktion · Herzchirurgische Interventionen · Herzklappenerkrankungen · Kardiomyopathien · Lebensqualität

## Minimally invasive aortic valve reconstruction. Standard treatment for young patients with aortic valve insufficiency?

### Abstract

**Background.** Valvular cardiomyopathy has an unfavorable long-term prognosis in patients with severe aortic regurgitation and the treatment by aortic valve replacement is associated with severe prosthesis-related limitations in young patient populations.

**Objective.** The clinical relevance of the surgical strategy of aortic valve repair and minimally invasive access in patients presenting with relevant aortic regurgitation.

**Material and methods.** Systematic analysis of the current literature considering the current standards of treatment of severe aortic regurgitation in the young population and experiences with aortic valve repair strategies for different aortic valve morphologies.

**Results.** Conventional aortic valve replacement by mechanical or tissue valvular prostheses does not provide a good long-term solution in young patients presenting with relevant aortic regurgitation. The strategy of postponing the surgical treatment until a more advanced age when the durability of tissue valve prostheses is significantly better is associated with an unpredictable risk of valvular cardiomyopathy, which has a tremendously negative impact on survival. The methods of aortic valve repair are well-established in experienced heart centers and are a part of current surgical practice. Based on the currently available evidence, the perioperative risk is less than 1% in this

relatively young patient cohort and the 10 to 15-year durability results are very satisfactory. **Conclusion.** The current reconstructive strategy of aortic valve repair represents a very reasonable alternative treatment of patients with aortic regurgitation and provides, based on the optimal geometric configuration of repaired aortic valves, a superior long-term durability with a low risk of valve-related complications and an excellent quality of life without oral anticoagulation in young and physically active patient cohorts.

### Keywords

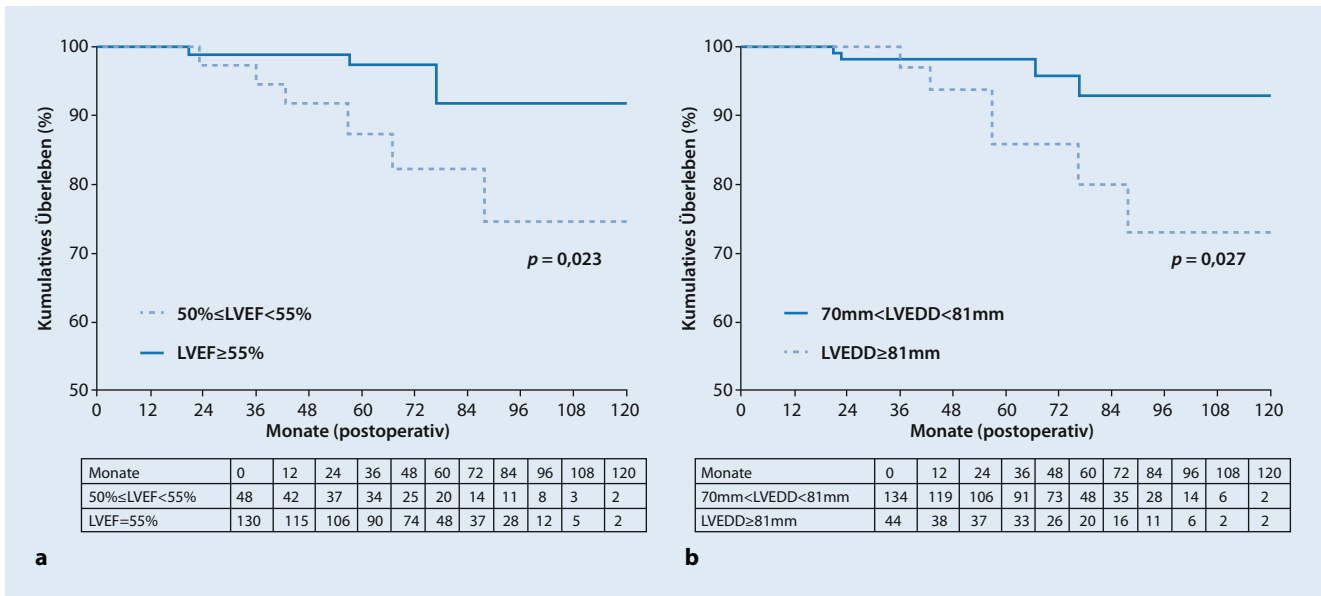
Heart valve reconstruction · Cardiac surgery procedures · Heart valve diseases · Cardiomyopathies · Quality of life

überleben in der Kohorte der Frauen mit hochgradiger Aortenklappeninsuffizienz (d.h. 10-Jahresgesamtüberleben von 44 %), was neben den aortalen Komplikationen auch auf eine schlechtere Prognose der valvuläre Kardiomyopathie bei Frauen hinweisen könnte [14]. Aufgrund der kleineren Körperoberfläche und eines potenziellen Einflusses von weiteren geschlechtsspezifischen Faktoren könnten die absoluten

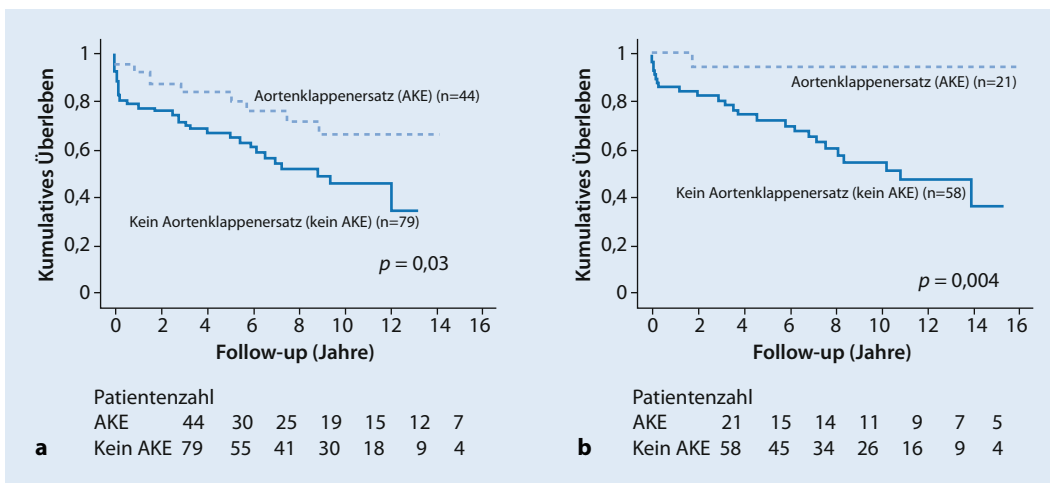
linksventrikulären Durchmesser (d.h. LVEDD > 70 mm und LVESD > 50 mm) für die Indikationsstellung zur Operation in der Kohorte der Frauen mit hochgradiger Aortenklappeninsuffizienz nicht suffizient geeignet sein. Hier fehlen allerdings systematische Vergleichsstudien zum Einfluss geschlechtsspezifischer Faktoren auf das Outcome der valvulären Kardiomyopathie bei hochgradiger Aortenklappeninsuffizienz.

Auch in der Kohorte der kongenitalen Aortenklappenerkrankungen (d.h. unikuspide und bikuspide Aortenklappen) zeigte eine retrospektive Follow-up-Studie [6] eine signifikant höhere Rate kardialer Ereignisse in der Subgruppe der Patienten mit bikuspiden Aortenklappeninsuffizienz im Vergleich mit Patienten mit bikuspiden Aortenklappenstenose. Weiterhin zeigten 70 % Patienten in der Kohorte mit bikuspiden Aortenklappenin-

Übersichten



**Abb. 1** ▲ Langzeitüberleben nach Aortenklappenersatz aufgrund hochgradiger Aortenklappeninsuffizienz. Kumulatives Überleben nach Aortenklappenersatz in der Patientenkohorte mit geringgradig reduzierter LVEF (50 % < LVEF < 55 %) vs. normaler LVEF (LVEF > 55 %) (a); kumulatives Überleben nach Aortenklappenersatz in der Patientenkohorte mit 70 mm < LVEDD < 81 mm vs. LVEDD > 81 mm (b). LVEF linksventrikuläre Ejektionsfraktion, LVEDD linksventrikulärer enddiastolischer Durchmesser. (Mod. nach [9])



**Abb. 2** ▲ a Langzeitüberleben der chirurgisch und konservativ behandelten Patienten mit hochgradiger asymptomatischer Aortenklappeninsuffizienz; b Langzeitüberleben der chirurgisch und konservativ behandelten Patienten mit hochgradiger asymptomatischer Aortenklappeninsuffizienz und LVEF [linksventrikuläre Ejektionsfraktion] > 50 %, LVEDD [linksventrikulärer enddiastolischer Durchmesser] < 70 mm, LVESD [linksventrikulärer endsystolischer Durchmesser] < 50 mm. (Mod. nach [8])

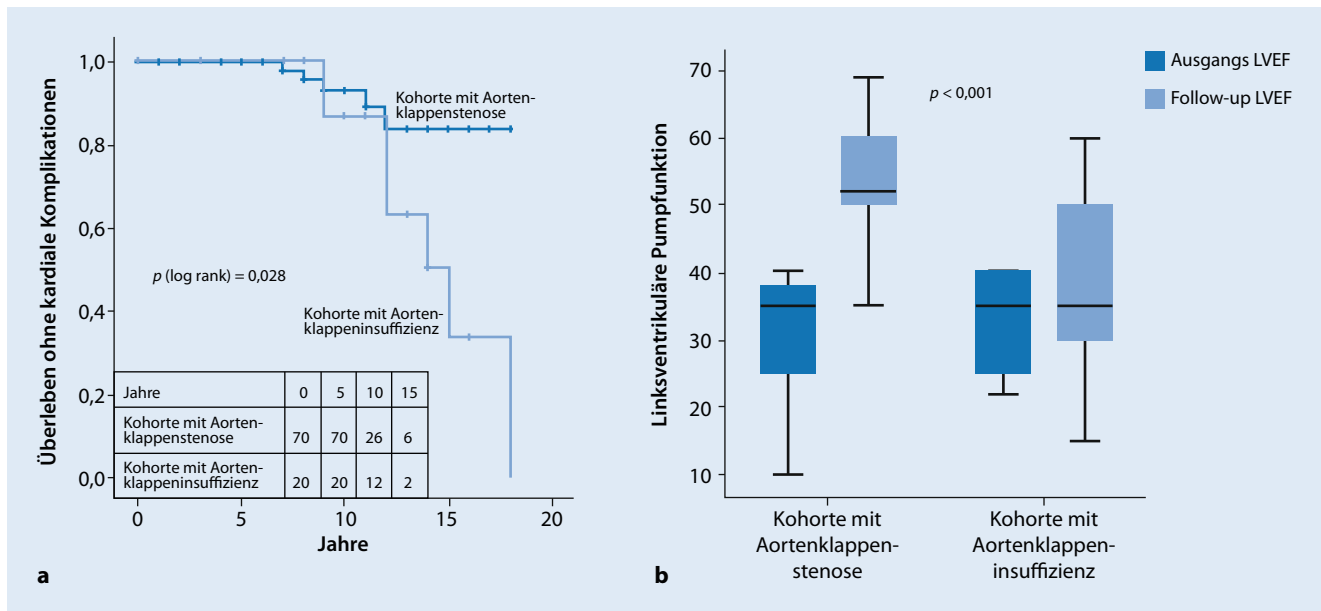
suffizienz, im Unterschied zu den Patienten mit bikuspidaler Aortenklappenstenose, keine Verbesserung (bzw. eine weitere Verschlechterung) ihrer LVEF im postoperativen Langzeitverlauf (■ **Abb. 3**).

Zusammenfassend zeigen diese Daten, dass die Langzeitergebnisse der Patienten mit hochgradiger Aortenklappeninsuffizienz trotz leitliniengerechter operativer Therapie weit entfernt vom opti-

malen Outcome sind und die 10-Jahres-Gesamtmortalität von 30–40 % in diesem relativ jungen Patientenkollektiv gravierend vom Überleben in der adjustierten Normalbevölkerung abweicht. Die frühzeitige Aortenklappenrekonstruktion vor dem Erreichen der formalen Operationskriterien hätte hier eindeutiges Potenzial, die Langzeitprognose dieser Patienten zu verbessern.

### Aortenklappenersatz bei Fünzigjährigen – Heilung oder Palliation?

Die meist jungen Patienten, bei denen eine Aortenklappeninsuffizienz diagnostiziert wird, wurden früher standardmäßig mit einer mechanischen Klappenprothese versorgt. Damit wurden junge Menschen mit der Notwendigkeit ei-



**Abb. 3** **a** Unterschiede in der postoperativen LVEF(linksventrikuläre Ejektionsfraktion)-Dynamik nach erfolgreichem Aortenklappenersatz in der Kohorte mit bikuspiden Aortenklappeninsuffizienz vs. bikuspiden Aortenklappenstenose; **b** kardiale Ereignisse im postoperativen Langzeitverlauf in der Kohorte mit bikuspiden Aortenklappeninsuffizienz vs. bikuspiden Aortenklappenstenose. (Mod. nach [6])

ner lebenslangen Einnahme von oralen Antikoagulantien konfrontiert. Unter selbstgesteuertem INR(International Normalized Ratio)-Management verspricht die Kunststoffprothese eine lebenslange Haltbarkeit und ein kontrollierbares Risiko der thromboembolischen und Blutungskomplikationen. Abgesehen von den Einschränkungen in der Lebensqualität, der Notwendigkeit, Ernährungsgewohnheiten umzustellen und der lebenslangen Problematik bei zukünftig durchzuführenden Eingriffen und invasiven Untersuchungen stellt sich im täglichen Aufklärungsgespräch eine ganz natürliche Frage: Wie ist denn die Prognose eines mechanischen Aortenklappenersatzes bei einem 50-jährigen Patienten mit einer Aortenklappeninsuffizienz? Dieser Frage haben sich einige prospektive Studien und Metaanalysen der letzten Jahre gewidmet. Sie zeigten relativ einheitlich, dass die Vorstellung einer lebenslangen Haltbarkeit der mechanischen Aortenklappenprothese bei jungen Patienten eine Illusion ist und dass die Mehrzahl der Patienten bedeutende prothesenassoziierte Komplikationen während ihrer Lebenszeit erfahren. In einer aktuellen Studie [15] zeigte sich eine 27%ige Rate von

schweren prothesenassoziierten Komplikationen – d. h. Kombinationsendpunkt bestehend aus Tod, Prothesendysfunktion, thromboembolischer Ereignisse, Endokarditis, Klappenthrombose und schwerer Blutung, die Hospitalisierung bzw. Transfusion erforderlich macht – im jungen Patientenkollektiv innerhalb von 10 Jahren nach mechanischem Aortenklappenersatz (Abb. 4). Während des 10-Jahresintervalls mussten knapp 20% der Patienten an der mechanischen Aortenklappenprothese reoperiert werden.

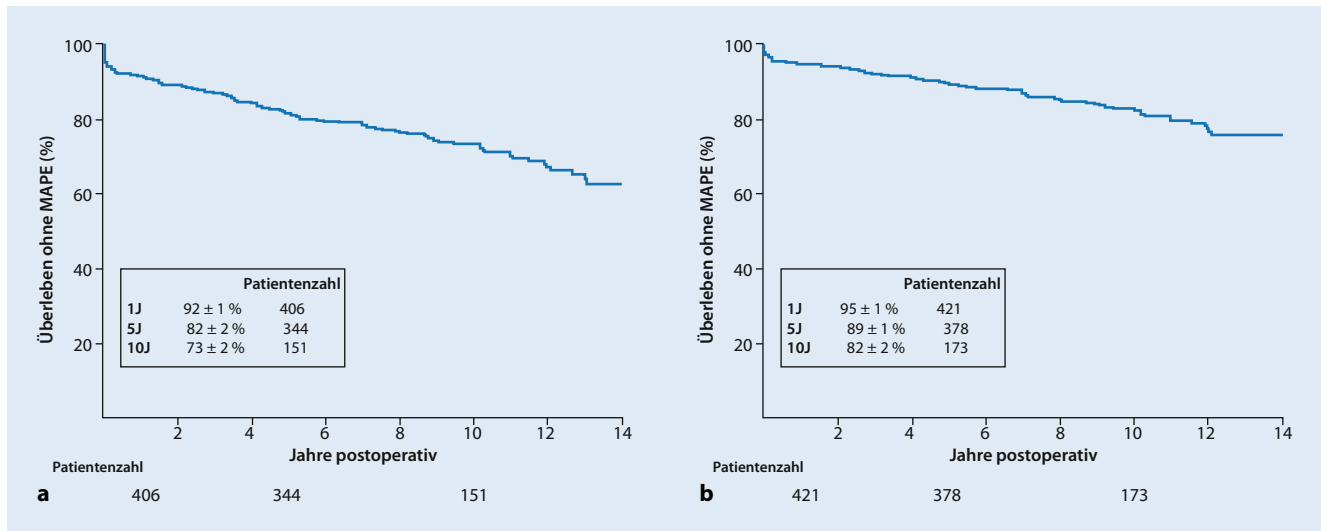
Sogar die modifizierten Antikoagulationsschemata unter Einsatz von modernen mechanischen Klappenprothesen und niedrig dosierter Marcumar-Therapie (d. h. Ziel-INR 1,5–2,0) in der Studie PROACT (Prospective Randomized On-X Anticoagulation Clinical Trial) zeigten ein weiterhin erhebliches Risiko der thromboembolischen und Blutungskomplikationen [16]. Die linearisierte Rate von bedeutenden prothesenassoziierten Komplikationen war 4,4%/Patientenjahr in dieser prospektiv beobachteten, relativ jungen (d. h. mittleres Alter – 55 Jahre) Studienkohorte. Somit beträgt das lebenslange kumulative Risiko eines sonst gesunden 50-

jährigen Patienten mit mechanischem Aortenklappenersatz, mindestens eine schwerwiegende prothesenassoziierte Komplikation zu entwickeln, 100%.

Die biologischen Aortenklappenprothesen eliminieren die Notwendigkeit der oralen Antikoagulation und reduzieren somit das Risiko der Blutungskomplikationen. Die Hauptproblematik ergibt sich hier aus der strukturellen Prothesendegeneration, die direkt abhängig vom Patientenalter ist und deshalb eine wesentlich frühere Reoperation im jungen Patientenkollektiv (<60 Jahre) notwendig macht [17]. Die daraus resultierende Gesamt mortalität und -morbidity ist direkt proportional zum Patientenalter zum Zeitpunkt der ersten Operation, d. h. je jünger der Patient zum Zeitpunkt der Bioprothesenimplantation, umso höher die resultierende Langzeit mortalität [18]. Diese erhöhte Langzeit mortalität ergibt sich aus dem wiederholten Reoperationsrisiko und den höheren funktionellen Bedürfnissen der jungen Patientenpopulation. Trotz der tendenziell besseren Langzeitergebnisse des mechanischen Aortenklappenersatzes im Vergleich zum biologischen in der Altersgruppe <60 Jahre [19] geht der weltweite Trend in Richtung biologischer Aortenklap-



## Übersichten



**Abb. 4** ▲ Überleben ohne schwerwiegende prothesenassoziierte Komplikationen (a) und Reoperationen (b) nach mechanischem Aortenklappenersatz. MAPE, „major adverse prosthesis-related event“. (Mod. nach [15])

penersatz im jungen Patientenkollektiv. Dieses Vorgehen basiert auf der Perspektive der besseren Haltbarkeit der neuen Bioprothesengeneration und auf der zukünftigen Option einer Valve-in-Valve-TAVI(Transcatheter Aortic Valve Implantation)-Prozedur in die degenerierte konventionelle Bioprothese. Allerdings ist die Langzeithaltbarkeit der Valve-in-Valve-Prozedur und insbesondere im <70-jährigen Patientenkollektiv wegen fehlender Daten noch gänzlich unbekannt.

Betrachtet man die Lebenserwartung ohne prothesenassoziierte Komplikationen nach mechanischem vs. biologischem Aortenklappenersatz in einer Metaanalyse [20], zeigt sich bei einem 50-jährigen Patienten ein vergleichbares 11- bis 12-jähriges komplikationsfreies Überleben unabhängig vom Typ der implantierten Aortenklappenprothese.

Zusammenfassend sind die beiden Aortenklappenersatzoptionen im jüngeren Patientenkollektiv mit Aortenklappeninsuffizienz mit multiplen Limitationen verbunden und für diese Patienten eher als Palliativmaßnahme zu betrachten. Die Auswahl der Prothesenart bilanziert zwischen den konkurrierenden Risiken: antikoagulations-assoziierte Blutungskomplikationen vs. Reoperation aufgrund vorzeitiger Bioprothesendegeneration. Somit sind die beiden Aortenklappenersatzverfah-

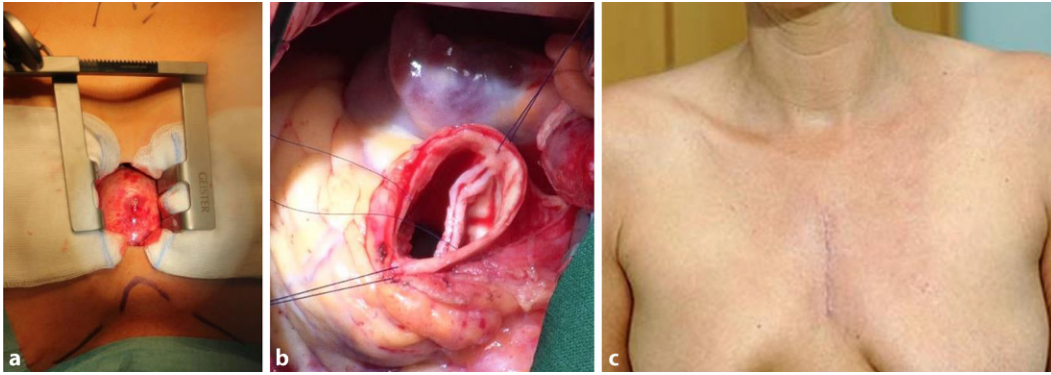
ren für eine frühzeitige „präventive“ Korrektur der hochgradigen Aortenklappeninsuffizienz zur Vermeidung der valvulären Kardiomyopathie im asymptomatischen Stadium nicht geeignet. Nur die rekonstruktive Aortenklappenchirurgie mit Erhalt des nativen Aortenklappengewebes hat das Potenzial, die Indikationsstellung und somit die Langzeitprognose der Patienten mit hochgradiger Aortenklappeninsuffizienz dauerhaft zu verbessern.

### Sternotomie vs. minimal-invasiver Zugang in der Aortenklappenchirurgie: Lohnt sich die Mühe?

Die Weiterentwicklung der chirurgischen Technologien, die routinemäßige Implementierung des intraoperativen TEE(transösophageale Echokardiographie)-Monitorings und Erfahrungen aus der videoassistierten Chirurgie ermöglichen es, die Operation an der Aortenklappe heutzutage sicher über limitierte Zugangswege durchzuführen. Der Zugangsweg über eine partielle obere Sternotomie begrenzt das chirurgische Trauma auf das obere Sternumdrittel, bietet einen exzellenten Zugang zur ascendierenden Aorta und ermöglicht damit die Durchführung des gesamten Spektrums der chirurgischen Eingriffe

an der Aortenklappe/Aortenwurzel und der ascendierenden Aorta (■ **Abb. 5**).

Neben dem besseren kosmetischen Ergebnis und der Reduktion von Wundheilungsstörungen/Wundinfektionen nach minimal-invasiven Eingriffen zeigt die aktuelle Metaanalyse [21] der randomisierten Studien zu diesem Thema eine Reduktion des postoperativen Blutverlustes/des Transfusionsbedarfs bei limitierter oberer Sternotomie im Vergleich zur konventionellen Sternotomie. Zusätzlich zeigte sich eine geringe Verbesserung der postoperativen Lungenfunktionstests in der Subgruppe der limitierten Sternotomie, wahrscheinlich bedingt durch eine bessere Stabilität des knöchernen Brustkorbs [21]. Auch wenn die „harten“ operativen Endpunkte – Krankenhausmortalität, Schlaganfall, kardiovaskuläre Komplikationen, Nierenversagen, pulmonale Komplikationen, Aufenthalt auf der Intensivstation und Krankenhausverweildauer – nicht signifikant unterschiedlich zwischen den beiden Subgruppen in den meisten prospektiven/randomisierten Studien waren, beeinträchtigte der minimal-invasive Zugangsweg das Sicherheitsprofil der Aortenklappenoperation nicht [21–23]. Die Operationszeiten und die Zeiten an der Herz-Lungen-Maschine waren zwischen den Subgruppen der limitierten oberen Sternotomie und der



**Abb. 5** ▲ Aortenklappenrekonstruktion über partielle obere Sternotomie. Darstellung der Aorta ascendens in Vorbereitung auf die Rekonstruktion der Aortenklappe (a); Visualisierung der unikuspiden Aortenklappe nach Resektion des Aneurysmas der tubulären Aorta ascendens (b); das kosmetische Ergebnis 3 Monate nach minimal-invasiver Aortenklappenrekonstruktion über partielle obere Sternotomie (c)

konventionellen Sternotomie gut vergleichbar.

Aus unserer persönlichen Sicht legitimieren der Nachweis der Nichtunterlegenheit der minimal-invasiven Zugänge in der Aortenklappenchirurgie und das vergleichbare perioperative Risiko den routinemäßigen Einsatz von limitierten Zugangswegen in der Aortenklappen-/Aortenwurzelchirurgie. Obwohl keine systematischen Daten zum Einsatz von minimal-invasiven Operationsmethoden in der Aortenklappenrekonstruktion in der Literatur vorliegen, gehört die limitierte obere Sternotomie in unserer Klinik zum Standardzugangsweg in der Aortenklappenrekonstruktion (▣ **Abb. 5**).

Die angehenden prospektiven Studien zur minimal-invasiven Klappenchirurgie sollten primär auf die funktionellen Endpunkte/physiologischen Reserven, die Patientenzufriedenheit und die sozioökonomischen Endpunkte fokussiert werden.

## Aortenklappenrekonstruktion – warum und wie?

Warum sollten die insuffizienten Aortenklappen rekonstruiert werden? Welche Vorteile bietet eine erfolgreich durchgeführte Aortenklappenrekonstruktion? Gibt es Evidenz für solche Operationsverfahren?

Das erste Argument für eine Rekonstruktion ergibt sich aus den Erfahrungen der rekonstruktiven Mitralklappenchirurgie; hier ist der langfristige Vorteil der

Mitralklappenrekonstruktion gegenüber dem Klappenersatz eindeutig dokumentiert [24]. Vergleichbare Daten gibt es auch für die Trikuspidalklappeninsuffizienz; auch hier sind die Langzeitergebnisse der Rekonstruktion wesentlich günstiger als diejenigen des Klappenersatzes [25]. Das gleiche Prinzip sollte auch bei der Aortenklappeninsuffizienz zur Geltung kommen.

Das zweite Argument für die Aortenklappenrekonstruktion basiert auf den Eigenschaften des nativen Klappengewebes vs. des prothetischen Materials in Bezug auf die Haltbarkeit, Thrombogenität und Resistenz gegenüber der Infektion. Aufgrund der komplexen dreischichtigen histologischen Struktur bietet das native Klappengewebe bislang unübertroffene biomechanische Eigenschaften und die Resistenz gegen Thrombenbildung und Infektion [1]. Kein derzeit verfügbares Klappenersatzmaterial verfügt über vergleichbare histologische Struktur und biomechanische Eigenschaften. Somit sollte der Erhalt des strukturell intakten nativen Klappengewebes die oberste Priorität in der rekonstruktiven Herzklappenchirurgie sein. Die Mehrzahl der Patienten mit isolierter Aortenklappeninsuffizienz haben eine erhaltene makroskopische Gewebestruktur der Aortenklappen-taschen, wobei die Insuffizienz selbst durch geometrische Veränderungen des Halteapparates (d.h. Aortenklappenringes) und der Aortenklappentaschen (z. B. Prolaps) bedingt ist (▣ **Abb. 6**). Die logische Konsequenz daraus wäre, in

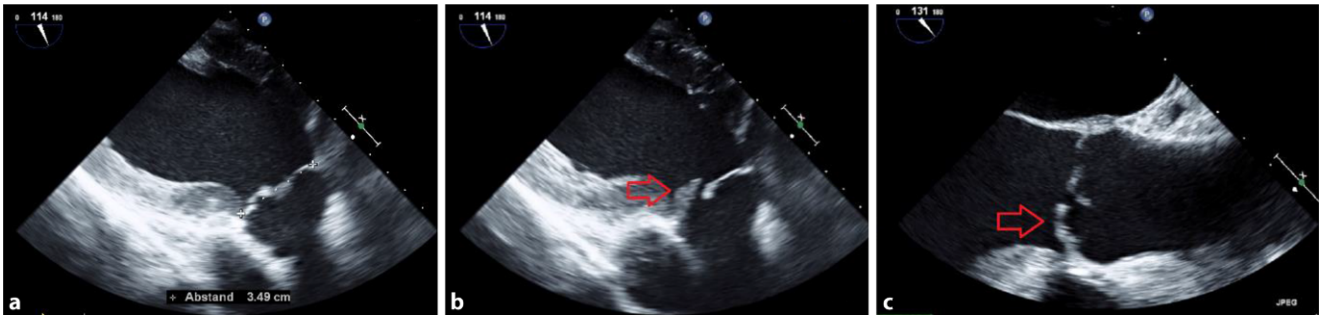
Analogie zu den etablierten Methoden in der Behandlung der Mitralklappen- und Trikuspidalklappeninsuffizienz, der Erhalt des nativen Aortenklappengewebes und der Wiederherstellung der funktionsfähigen Geometrie von Aortenklappenring und -taschen.

Obwohl gute Langzeitergebnisse der Aortenklappenrekonstruktion, meist in Kombination mit Aortenwurzelchirurgie, von einzelnen erfahrenen Zentren publiziert wurden [26–28], ist eine direkte Evidenz zur Überlegenheit der Aortenklappenrekonstruktion vs. Ersatz sehr begrenzt. Retrospektive monozentrische Daten zeigen eine niedrigere Rate von klappenassoziierten Ereignissen (thromboembolische Komplikationen, Endokarditis, Reoperationen) nach Aortenklappenrekonstruktion im postoperativen Langzeitverlauf [29]. Allerdings gibt es keine prospektiven multizentrischen Kohortenstudien (d.h. direkte Vergleichsstudien: Rekonstruktion vs. Ersatz), welche die langfristigen Vorteile der rekonstruktiven Verfahren gegenüber dem Klappenersatz bei Aortenklappeninsuffizienz belegen.

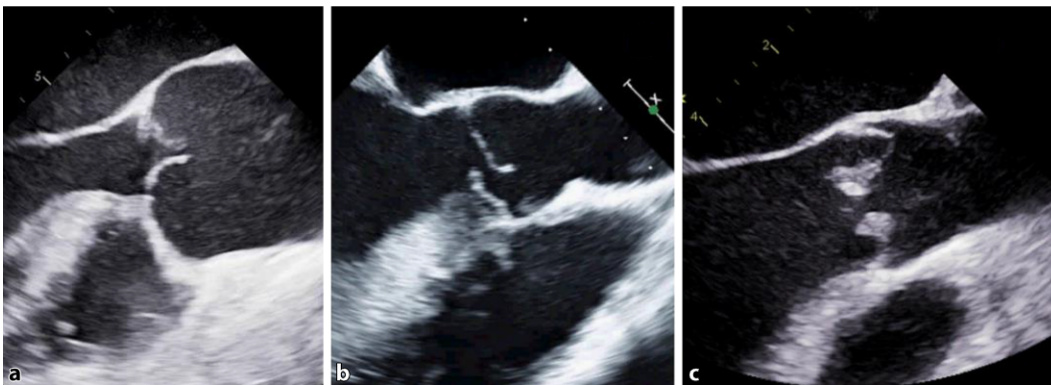
## Fokus auf den Aortenklappen-taschen: Beweglichkeit und Koaptation

Analog zur Carpentier-Rekonstruktionslehre der Mitralklappe besteht die grundsätzliche Aufgabe der Aortenklappenreparatur in der Wiederherstellung der normalen Beweglichkeit der Aortenklappentaschen und in der Schaffung von

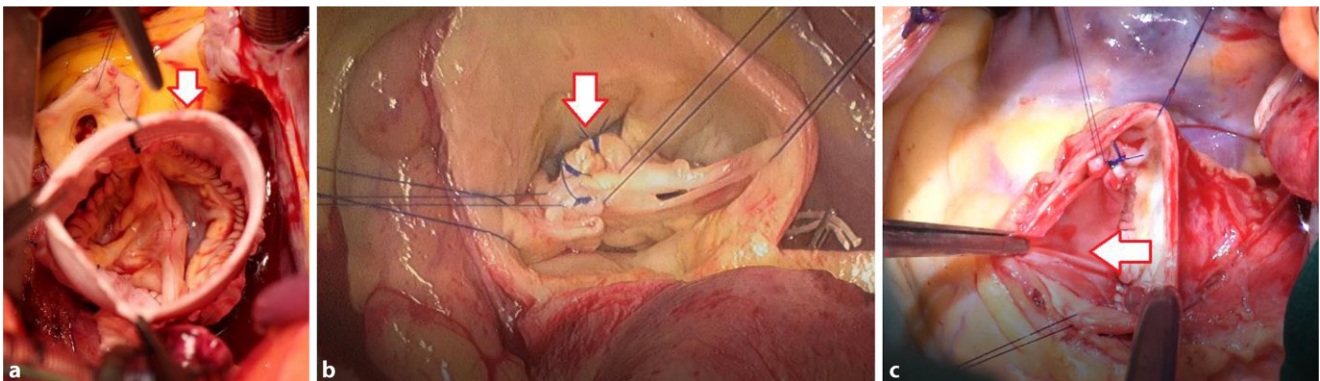
Übersichten



**Abb. 6** ▲ Änderungen der Aortenwurzelgeometrie, die zu Entstehung der Aortenklappeninsuffizienz führen; **a** Erweiterung des basalen Aortenklappenringes (ventrikuloaortaler Übergang); **b, c** Prolaps der Aortenklappentaschen (Pfeil)



**Abb. 7** ▲ Funktionelle Klassifikation der Aortenklappeninsuffizienz basierend auf der Beweglichkeit der Aortenklappentaschen; **a** Typ I – normale Beweglichkeit der Taschen bei Aortenwurzelaneurysma; **b** Typ II – überschießende Beweglichkeit der Taschen bei Prolaps der rechtskoronaren Tasche; **c** Typ III – restriktive Beweglichkeit der Taschen in der Systole bei kongenital unikuspider Aortenklappe



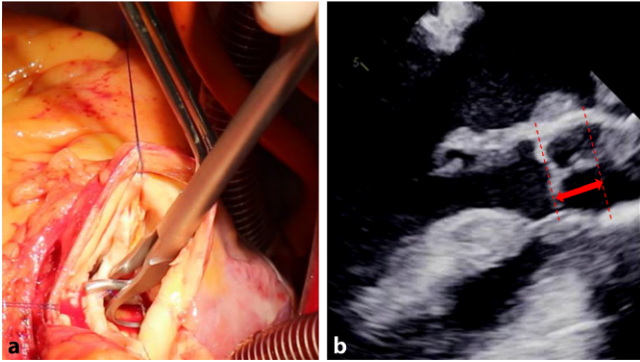
**Abb. 8** ▲ Rekonstruktionsmethoden der Aortenklappe bei unterschiedlichen Formen der Aortenklappeninsuffizienz: **a** Ersatz der Aortenwurzel mit Dacron-Prothese (Pfeil) bei Aneurysma und Typ-I-Aortenklappeninsuffizienz; **b** Korrektur des Taschenprolapses mittels Plikaturnähten (Pfeil) bei Typ-II-Aortenklappeninsuffizienz; **c** Einsatz von bovinem Perikardpatch (Pfeil) bei Gewebemangel aufgrund einer unikuspiden Aortenklappe und Typ-III-Aortenklappeninsuffizienz

suffizienter Koaptationsfläche zwischen den Taschen. Die Beweglichkeit der Aortenklappentaschen kann überschießend sein, z. B. bei Prolaps der Tasche, oder aber restriktiv bei Versteifung bzw. Vernarbung der Tasche. Basierend auf der Beweglichkeit der Taschen (d. h. normal, überschießend oder restriktiv)

wird die Aortenklappeninsuffizienz analog zur Carpentier-Klassifikation der Mitralklappeninsuffizienz in 3 Formen unterteilt (▣ **Abb. 7**; [30]).

Die funktionelle Unterteilung in 3 Typen ist von praktischer Relevanz, weil die chirurgischen Rekonstruktionsmethoden bei allen 3 Varianten unterschied-

lich sind. Bei der Typ-I-Aortenklappeninsuffizienz liegt das Hauptproblem am häufigsten in der Geometrieänderung des Aortenklappenhalteapparates, z. B. bei Aortopathie und Aneurysma der Aortenwurzel (▣ **Abb. 7a**). Diese Form der Aortenklappeninsuffizienz wird primär durch einen klappenerhaltenden



**Abb. 9** ◀ Bestimmung der effektiven Taschenhöhe. **a** Intraoperativ mittels Messgeräts, **b** anschließend echokardiographisch nach erfolgter Aortenklappenrekonstruktion (Pfeil)

Aortenwurzlersatz (d. h. Reimplantation bzw. Remodeling der Aortenwurzel) behandelt (▣ **Abb. 8a**). Eine zusätzliche Intervention an den Aortenklappentaschen ist nur sekundär aufgrund des durch Reduktion des Aortenwurzel diameters induzierten Taschenprolapses teilweise erforderlich. Bei der Typ-II-Aortenklappeninsuffizienz wird der Taschenprolaps durch die Verkürzung des freien Taschenrandes behandelt. Dies erfolgt mittels einzelner Plikaturnähte im mittleren Bereich der Tasche, wobei die „normalen“, nichtprolabierenden Taschen als Referenz für diese Korrektur dienen (▣ **Abb. 8b**). Seltener wird die Prolapskorrektur, insbesondere bei schwer degenerativ verändertem Taschengewebe, mittels limitierter triangulärer Resektion durchgeführt. Es ist entscheidend, dass diese Interventionen im mittleren Segment der Aortenklappentaschen erfolgen, wo die hämodynamische Stresswirkung und damit auch das Risiko des Nahtausrisses am geringsten sind. Die Typ-III-Aortenklappeninsuffizienz lässt sich aufgrund der Restriktion und häufig deutlich degenerativer Veränderungen der Aortenklappentaschen am schwierigsten korrigieren. Die Taschenrestriktion kann einen kongenitalen (z. B. unikuspide Aortenklappe) oder auch erworbenen (rheumatische bzw. autoimmune Erkrankungen) Ursprung haben. In diesem Fall liegt ein absoluter oder relativer Gewebemangel der Aortenklappentaschen vor, der häufig nur mittels Einsatz von Eigen- und Fremdersatzgewebe aufgefüllt werden kann (▣ **Abb. 8c**). Da die Haltbarkeit des Taschenersatzgewebes (z. B. autologes Perikard, Xenoperikard) zeitlich begrenzt ist, sind die Ergebnisse der Rekonstruktion

bei Typ-III-Aortenklappeninsuffizienz mit einem deutlich schlechteren Langzeit-Outcome verbunden [26].

Als Referenz für alle Korrekturmaßnahmen der Aortenklappentaschen wird das Prinzip der effektiven Taschenhöhe eingesetzt, d. h. die Position des freien Taschenrandes in Bezug auf den tiefsten Insertionspunkt im Anulus [31]. Anders gesagt beschreibt diese Messung die geometrische Position des freien Taschenrandes im geschlossenen Zustand (Diastole) in der Aortenwurzel und quantifiziert somit die Taschenfläche, die oberhalb des Aortenklappenringes für die Koaptation zur Verfügung steht. Für ein langfristig stabiles Rekonstruktionsergebnis wird, vergleichbar mit der Mitralklappen chirurgie, eine effektive Höhe von 8–10 mm angestrebt [31]. Diese Messung kann intraoperativ für jede Aortenklappentasche mittels eines speziell dafür entwickelten Messgeräts und anschließend echokardiographisch bestimmt werden (▣ **Abb. 9**).

### Fokus auf dem Anulus – wie und wieviel reduzieren?

Die geometrischen Veränderungen des Aortenklappenhalteapparates, die als „Anuluserweiterung“ zusammengefasst werden, sind ein wesentlicher Bestandteil in der Entwicklung der Aortenklappeninsuffizienz und treten in variablem Ausmaß und unterschiedlicher Form bei jedem Patienten mit Aortenklappeninsuffizienz auf. Die entscheidende Rolle der Anulusstabilisierung für die Langzeitergebnisse der Mitralklappenrekonstruktion ist längst aus den Arbeiten von Carpentier bekannt [32] und gehört heute zum Standard in der Mitralk-

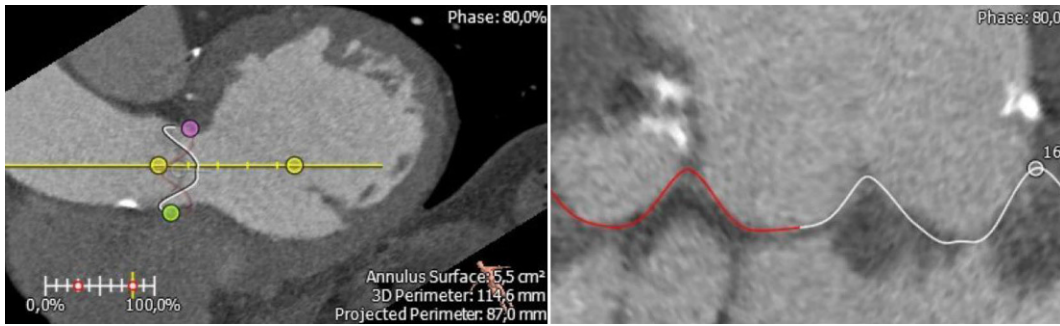
und Trikuspidalklappen chirurgie. Die Anuloplastie in der Aortenklappenrekonstruktion ist noch weniger gut etabliert, was vor allem der Komplexität des Aortenklappenringes geschuldet ist (▣ **Abb. 10**).

Die Ausdehnung des Halteapparates der Aortenklappentaschen vom linksventrikulären Ausflusstrakt in der Mitte der Sinus bis zum sinotubulären Übergang im Bereich der Kommissuren bietet das Potenzial für diverse geometrische Veränderungen auf den verschiedenen Ebenen des Halteapparates. Aus praktischer Sicht können die Aortenklappenannulusveränderungen in 3 Subformen unterteilt werden:

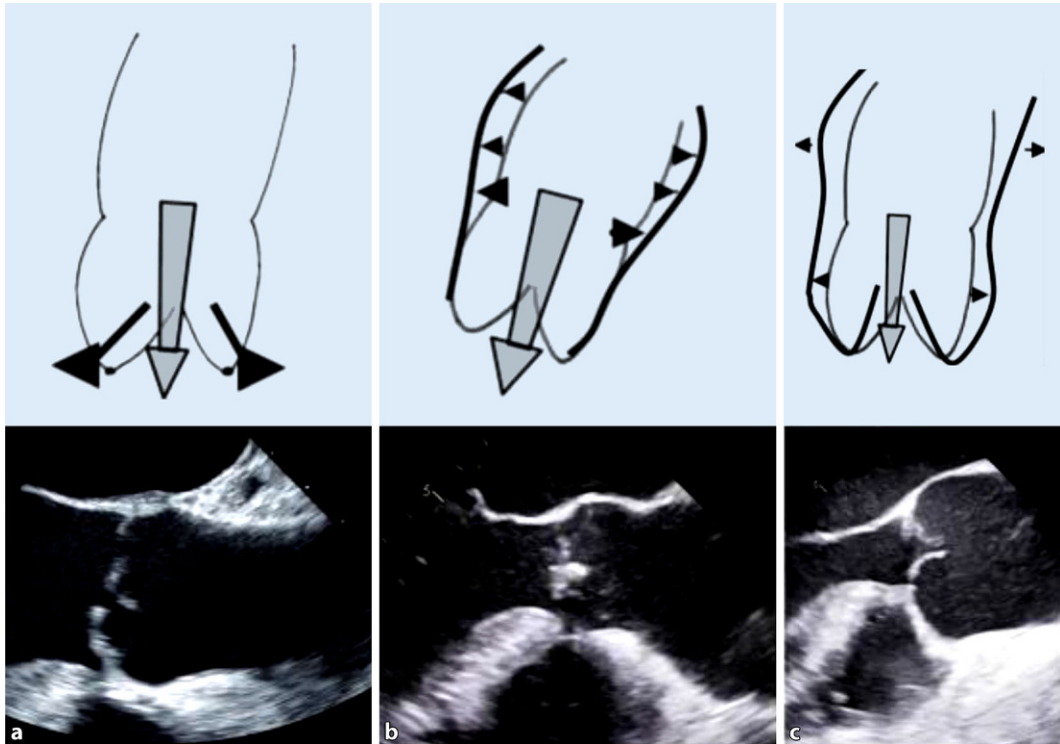
- (1) Erweiterung auf der Höhe des tiefsten Insertionspunktes der Aortenklappentaschen („basaler Ring“ bzw. ventrikuloaortaler Übergang; ▣ **Abb. 11a**),
- (2) Erweiterung auf der Höhe des sinotubulären Übergangs (▣ **Abb. 11b**) und
- (3) Erweiterung der gesamten Aortenwurzel (d. h. ventrikuloaortaler Übergang und sinotubulärer Übergang; ▣ **Abb. 11c**).

Diese Einteilung ist zwar etwas theoretisch, hat allerdings eine direkte Konsequenz bezüglich der Auswahl der geeigneten Operationsmethode zur Stabilisierung des erweiterten Anulussegmentes. Bei isolierter Erweiterung des basalen Klappenringes (▣ **Abb. 11a**) fokussiert sich die Stabilisierungsmaßnahme auf die basale Ebene des Aortenklappenringes. Diese Stabilisierung wird mittels Nahtanuloplastie [33] bzw. eines speziellen internen/externen Kunststoffringes [34, 35] durchgeführt. Bei überwiegender Erweiterung im Bereich des sinotubulären Übergangs (▣ **Abb. 11b**) wird eine gezielte Reduktion des sinotubulären Übergangs durchgeführt. Diese Patienten haben in der Regel ein begleitendes Aorta-ascendens-Aneurysma, und die Reduktion des sinotubulären Übergangs wird durch den Ersatz der erweiterten Aorta ascendens mittels Gefäßprothese eines kleineren Durchmessers erreicht. Bei Patienten mit Erweiterung der gesamten Aortenwurzel (▣ **Abb. 11c**) wird ein klappenerhaltender Aortenwurzlersatz

Übersichten



**Abb. 10** ◀ Dreidimensionale Geometrie des Aortenklappenringes, basierend auf der Rekonstruktion einer „full-cardiac-cycle multislice“ Computertomographie mittels 3mensio Structural Heart 9.0 Software (Pie Medical Imaging, Maastricht, Niederlande)



**Abb. 11** ◀ Formen der geometrischen Aortenklappenannulusveränderung. **a** Erweiterung des basalen Rings; **b** Erweiterung des sinotubulären Übergangs; **c** Erweiterung der gesamten Aortenwurzel

(d. h. Reimplantation oder Remodeling) durchgeführt und dadurch wird simultan eine Stabilisierung der gesamten Aortenwurzel erreicht (Abb. 8a).

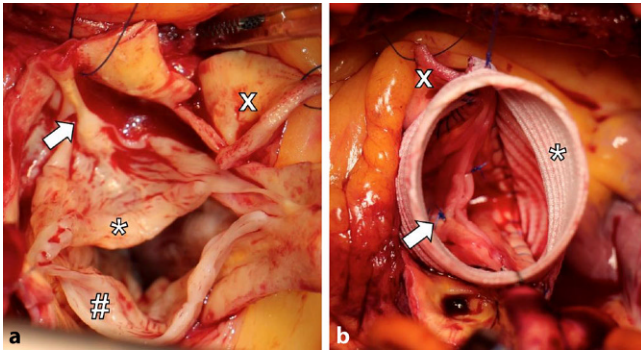
Inwieweit der Aortenklappenannulusdiameter reduziert werden soll, hängt im Wesentlichen vom Umfang des zu Verfügung stehenden Taschengewebes ab. Anders gesagt muss sich der Diameter des Aortenklappenhalteapparates (insbesondere des basalen Ringes und des sinotubulären Übergangs) an der Länge der Aortenklappentaschen orientieren, damit noch 6–10 mm Taschengewebe für die ausreichende Koaptationsfläche verfügbar sind. Die Normalwerte des Aortenklappenannulusdiameter korrelieren positiv mit der Körperoberfläche und sind alters-/geschlechtsabhängig. Im

Rahmen der Aortenklappenrekonstruktion und Anuloplastie wird in der Regel eine Reduktion des basalen Ringdiameter auf Werte  $\leq 25$  mm angestrebt, was mit einer durchschnittlichen Taschenlänge von 20–21 mm bei trikuspidaler Aortenklappe korreliert [36]. Auch numerische Fluid-Struktur-Kopplungsmodelle haben eine optimale Koaptationslänge und günstigste Stressverteilung für die Aortenklappenannulusdiameter  $\leq 26$  mm errechnet [37].

### Rekonstruktion der bikuspiden und unikuspiden Aortenklappen – wie sinnvoll ist das?

Kongenitale Aortenklappenanomalien (d. h. bi- und unikuspidale Aortenklappen)

sind für 80–90% der operationspflichtigen Aortenklappenventilen bei Patienten unter 60 Jahre alt verantwortlich [38]. Damit sind sie die mit Abstand häufigste Ursache für Aortenklappenintervention im jungen Erwachsenenalter. Kongenital uni-/bikuspidale Aortenklappen sind mit einer beschleunigten Degeneration und Kalzifizierung des Taschengewebes vergesellschaftet und führen somit zu relevanter Aortenklappenstenose bzw. Insuffizienz im wesentlich jüngeren Alter [39]. Bis zu einem Drittel aller Patienten mit bikuspidaler Aortenklappe entwickelt eine relevante Aortenklappeninsuffizienz im mittleren Alter von 45 Jahren [39] und steht somit unmittelbar vor der komplexen Entscheidung bezüglich der geeigneten



**Abb. 12** ▲ Rekonstruktion der Aortenwurzelgeometrie bei bikuspiden Aortenklappen; **a** Asymmetrische bikuspidale Sievers-Typ-I-L/R-Aortenklappe mit erheblicher Dilatation des basalen Aortenklappenringes auf 34 mm, Prolaps der fusionierten Tasche (\*), einer normal erhaltenen akoronaren Tasche (#), Aneurysma der Aortenwurzel, RCA Ostium (x) und Raphe zwischen der links- und rechtskoronaren Tasche (Pfeil); **b** operative Rekonstruktion durch klappenerhaltenden Aortenwurzlersatz (\* Remodelling-Technik) mit Reduktion des basalen Ringdurchmessers auf 25 mm, Plikaturnähten zur Prolapskorrektur der Taschen und Wiederherstellung der symmetrischen Geometrie (Pfeil) der bikuspiden Aortenklappe, RCA Ostium (x)

Aortenklappenintervention. Traditionell wurde den bikuspiden Aortenklappen eine beschleunigte kongenital bedingte Klappendegeneration bescheinigt, sodass die Rekonstruktion dieser Klappen für nicht sinnvoll gehalten wurde. Andererseits bietet der konventionelle Aortenklappenersatz mittels mechanischer bzw. biologischer Klappenprothese ein knapp 10-jähriges komplikationsfreies Überleben ohne prothesenassoziierten Events bei einem 45-jährigen Patienten [20] (Abschn. „Aortenklappenersatz bei Fünfzigjährigen – Heilung oder Palliation?“) und damit keine wünschenswerte Lösung. Diese Tatsache führte zur schrittweisen Entwicklung der rekonstruktiven Operationsmethoden bei insuffizienten bikuspiden Aortenklappen, für die inzwischen sehr zufriedenstellenden Langzeitergebnisse publiziert wurden [26, 40, 41]. Die Rekonstruktion der bikuspiden/unikuspiden Aortenklappen beruht auf der Tatsache, dass die Insuffizienz solcher Aortenklappen durch kongenital bedingte Geometrieänderung der Aortenklappentaschen und des Aortenklappenhalteapparates bedingt ist:

- (1) Erweiterung des basalen Ringdurchmessers ist ein klassisches Merkmal der Bikuspidalität (Abb. 6) und führt zu erhöhter Belastung der Aortenklappentaschen;
- (2) Prolaps bzw. Restriktion der fusionierten Tasche, die zur Redukti-

on der effektiven Taschenlänge/Koaptationsverlust der fusionierten Tasche führen.

Zudem besteht in ca. 50 % der Fälle eine begleitende Aortopathie, die simultan zur Erweiterung des sinotubulären Übergangs und weiterer Geometrieänderung der Aortenwurzel führt (Abb. 12a).

Die Grundidee der Rekonstruktionsmethoden ist, dass durch die optimale Korrektur der Geometrie der bikuspiden Aortenklappe (d.h. Reduktion des basalen Ringdurchmessers auf  $\leq 25$  mm und Wiederherstellung der effektiven Taschenhöhe/Koaptationsfläche auf 8–10 mm) die Schlussfähigkeit wiederhergestellt und auch die Haltbarkeit der bikuspid angelegten Aortenklappe verbessert wird. Anders gesagt erhofft man sich durch die Wiederherstellung der bestmöglichen geometrischen Konfiguration und der Symmetrie der bikuspiden Aortenklappen eine deutlich reduzierte Degeneration und eine verbesserte Langzeithaltbarkeit solcher Klappen (Abb. 12b). Retrospektive monozentrische Daten [31] bestätigen dieses Vorgehen, müssen aber durch prospektive Multicenterstudien validiert werden. Es muss nochmal betont werden, dass ein gutes Langzeitergebnis eine optimal gestaltete und möglichst symmetrische Wiederherstellung der Klappengeometrie in Anlehnung an die Grundprinzipien der Klappenrekon-

struktion nach Carpentier voraussetzt (d.h. Taschenkorrektur + Anuloplastie).

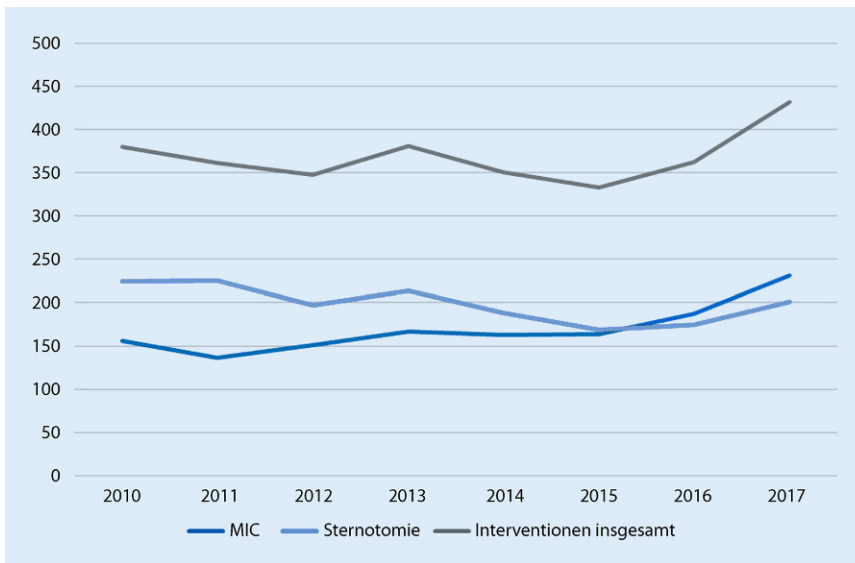
Zusammenfassend bieten die rekonstruktiven Operationsmethoden der kongenital bikuspiden/unikuspiden Aortenklappen eine sehr sinnvolle Therapiealternative und versprechen durch die optimal gestaltete Geometrie solcher Aortenklappen eine langfristige Lösung mit niedrigem Komplikationsrisiko und erhaltener Lebensqualität ohne orale Antikoagulation im jungen und aktiven Patientenkollektiv.

### Therapie der Aortenklappeninsuffizienz aus heutiger Sicht – rekonstruktiv und minimal-invasiv

Die zusammengefassten Literaturdaten zeigen einheitlich, dass ein konventioneller Aortenklappenersatz mittels mechanischer bzw. biologischer Klappenprothese keine langfristig gute Lösung im jungen Patientenkollektiv mit relevanter Aortenklappeninsuffizienz bietet. Die Strategie der Verzögerung des Operationszeitpunktes bis in das fortgeschrittene Alter, in dem die Haltbarkeit der Bioprothesen signifikant besser ist, beinhaltet ein schlecht kalkulierbares Risiko einer valvulären Kardiomyopathie, von der sich die meisten Patienten nicht mehr erholen. Obwohl eine hochgradige Aortenklappeninsuffizienz über viele Jahre asymptomatisch und hämodynamisch kompensiert bleiben kann, ist die Entwicklung einer irreversiblen myokardialen Schädigung und terminaler Herzinsuffizienz bislang nicht prognostizierbar.

Die Methoden der Aortenklappenrekonstruktion sind in erfahrenen Herzcentren heutzutage gut etabliert und gehören zur klinischen Routine. Das perioperative Risiko in diesem relativ jungen und sonst gesunden Patientenkollektiv liegt unter 1 % und die 10- bis 15-Jahresergebnisse sind anhand der publizierten Daten sehr zufriedenstellend. Aus Sicht des Patienten bietet die rekonstruierte native Aortenklappe die bestmögliche Lebensqualität ohne orale Antikoagulation und die höchste Resistenz gegen Herzklauppenentzündungen. Die Rekonstruktion ist bei allen morphologischen Vari-

## Übersichten



**Abb. 13** ▲ Entwicklung der konventionellen und der minimal-invasiven Klappeneingriffe im Universitären Herzzentrum Hamburg 2010–2017. MIC minimal-invasive Chirurgie

anten der Aortenklappen einschließlich der kongenital bikuspiden und unikuspiden Aortenklappen möglich, die entscheidende Rolle spielt jedoch die erhaltene Qualität des Taschengewebes. Der Fokus jeder Aortenklappenrekonstruktion liegt auf der Wiederherstellung der optimalen Aortenklappen-geometrie basierend auf den Grundprinzipien der rekonstruktiven Klappenchirurgie: Schaffung der suffizienten Koaptationsfläche der Klappentaschen und anuläre Stabilisierung.

Minimal-invasive Zugänge in der Aortenklappenchirurgie, insbesondere die partielle obere Sternotomie, sind inzwischen weitaus etabliert und werden in den erfahrenen Zentren auch für die Aortenklappen- und Aortenwurzelrekonstruktion routinemäßig angewendet. Der minimal-invasive Zugangsweg beeinflusst nicht das perioperative Risiko (d. h. ist der konventionellen Sternotomie nicht unterlegen) und erhöht aufgrund des kosmetischen und psychologischen Effektes die Patientenakzeptanz.

Die Etablierung der minimal-invasiven Zugänge, die Möglichkeit einer Klappenrekonstruktion unter direkter bzw. endoskopischer Sicht, absolute Kontrollierbarkeit der „offenen“ Herzoperation und der sehr hohe Sicherheitsstandard der heutigen extrakorporalen Zirkulation lassen auch weitere Entwicklungen im perioperativen Management dieser Pa-

tienten zu. Die integrierte Versorgungsstruktur des „*enhanced recovery protocol*“ beinhaltet heute

- präoperative interdisziplinäre Aufklärung/Konditionierung,
- angepasste Narkoseführung, die eine direkte Extubation im Operationssaal ermöglicht,
- modifiziertes perioperatives Perfusions-, Volumen- und Schmerzmanagement,
- sehr frühzeitige, hochfrequente Physiotherapie, die zu einer frühen Selbstständigkeit nach der Operation führt, sowie
- integriertes Reha-Management und interdisziplinäre Kommunikation in jeder Versorgungsstufe.

Das Etablieren eines solchen Modells schafft Voraussetzungen für eine deutlich raschere postoperative Rekonvaleszenz, ein schnelleres Wiedererlangen der Selbstständigkeit der Patienten und ermöglicht frühzeitige stationäre Entlassung. Diese Endpunkte werden zukünftig immer mehr an Bedeutung gewinnen und die aktuellen Verfahren in der operativen Medizin auf den Prüfstand stellen.

Die Umsetzung der aktuellen Entwicklungen in der kardiovaskulären Medizin, die flexible Umstellung der klinikinternen Infrastruktur und die Etablierung integrierter Versorgungsformen resultieren in einem stetigen Wachstum

der minimal-invasiven Klappeneingriffe in den etablierten Herzzentren, wie wir das auch im Universitären Herzzentrum in Hamburg in den letzten Jahren erleben (■ **Abb. 13**).

Zusammenfassend bieten die heutigen rekonstruktiven Operationsmethoden bei Aortenklappeninsuffizienz eine sehr sinnvolle Therapiealternative und versprechen durch die optimal gestaltete Geometrie der Aortenklappen eine langfristige Lösung mit niedrigem Komplikationsrisiko und erhaltener Lebensqualität ohne orale Antikoagulation für junge, aktive Patienten. Insofern sehen die Autoren das operative Verfahren der Aortenklappenrekonstruktion auf dem Weg dahin, in naher Zukunft die Standardtherapie bei jungen Patienten mit Aortenklappeninsuffizienz zu werden.

### Fazit für die Praxis

- Ein konventioneller Aortenklappenersatz mittels mechanischer bzw. biologischer Klappenprothese ist für junge Patienten keine langfristig gute Lösung.
- Die Verzögerung des Operationszeitpunktes bis in das fortgeschrittene Alter bei relevanter Aortenklappeninsuffizienz, um die Haltbarkeit der Bioprothesen zu verbessern, ist mit einem schlecht kalkulierbaren Risiko valvulärer Kardiomyopathie und irreversibler myokardialer Schädigung verbunden.
- Die Methoden der Aortenklappenrekonstruktion sind in erfahrenen Herzzentren inzwischen gut etabliert und gehören zur klinischen Routine.
- Die Rekonstruktion ist grundsätzlich bei allen morphologischen Varianten der Aortenklappen einschließlich der kongenital bikuspiden Aortenklappen möglich.
- Eine rekonstruierte native Aortenklappe bietet die bestmögliche Lebensqualität ohne orale Antikoagulation und die höchste Resistenz gegen Infektion.
- Minimal-invasive Zugänge in der Aortenklappenrekonstruktion erhöhen nicht das operative Risiko und sind mit besserem kosmetischen Ergebnis

## und höherer Akzeptanz der Patienten verbunden.

### Korrespondenzadresse



**Prof. Dr. E. Girdauskas**  
Klinik für Herz- und  
Gefäßchirurgie, Universitäres  
Herzzentrum Hamburg  
Martinistraße 52,  
20246 Hamburg, Deutschland  
e.girdauskas@uke.de

### Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** E. Girdauskas, J. Petersen, C. Detter, J. Kubitz, C. Sinning, N. Schofer, S. Blankenberg und H. Reichenspurner geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine von den Autoren durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

### Literatur

- David TE, Feindel CM, David CM, Manliot C (2014) A quarter of a century of experience with aortic valve-sparing operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 148(3):872–879
- Schäfers HJ (2015) Aortic valve repair: easy and reproducible? *J Thorac Cardiovasc Surg* 149(1):129–130
- El Khoury G, de Kerchove L (2013) Principles of aortic valve repair. *J Thorac Cardiovasc Surg* 145(3 Suppl):S26–S29
- Baumgartner H, Falk V, Bax JJ, De Bonis M, Hamm C, Holm PJ, Jung B, Lancellotti P, Lansac E, Rodriguez Muñoz D, Rosenhek R, Sjögren J, Tornos Mas P, Vahanian A, Walther T, Wendler O, Windecker S, Zamorano JL, ESC Scientific Document Group (2017) 2017 ESC/EACTS guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J* 38:2739–2791
- Nishimura RA, Otto CM, Bonow RO, Carabello BA, Erwin JP 3rd, Guyton RA, O’Gara PT, Ruiz CE, Skubas NJ, Sorajja P, Sundt TM 3rd, Thomas JD (2014) ACC/AHA Task Force Members. 2014 AHA/ACC Guideline for the Management of Patients With Valvular Heart Disease: executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation* 129:2440–2492
- Disha K, Espinoza A, Rouman M, Secknus MA, Kuntze T, Girdauskas E (2016) Long-term recovery of reduced left ventricular ejection fraction after aortic valve replacement in patients with bicuspid aortic valve disease. *Thorac Cardiovasc Surg* 64:418–426
- Cox DA, Walton K, Bartz PJ, Tweddell JS, Frommelt PC, Earing MG (2013) Predicting left ventricular recovery after replacement of a regurgitant aortic valve in pediatric and young adult patients: is it ever too late? *Pediatr Cardiol* 34:694–699
- Brown ML, Schaff HV, Suri RM, Li Z, Sundt TM, Dearani JA, Daly RC, Orszulak TA (2009) Indexed left ventricular dimensions best predict survival after aortic valve replacement in patients with aortic valve regurgitation. *Ann Thorac Surg* 87:1170–1175 (discussion 1175–6)
- Wang Y, Shi J, Li F, Wang Y, Dong N (2016) Aortic valve replacement for severe aortic regurgitation in asymptomatic patients with normal ejection fraction and severe left ventricular dilatation. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 22(4):425–430
- Zhang Z, Yang J, Yu Y, Huang H, Ye W, Yan W, Shen H, Li M, Shen Z (2015) Preoperative ejection fraction determines early recovery of left ventricular end-diastolic dimension after aortic valve replacement for chronic severe aortic regurgitation. *J Surg Res* 196(1):49–55
- Amano M, Izumi C, Imamura S, Onishi N, Sakamoto J, Tamaki Y, Enomoto S, Miyake M, Tamura T, Kondo H, Kaitani K, Yamanaka K, Nakagawa Y (2016) Pre- and postoperative predictors of long-term prognosis after aortic valve replacement for severe chronic aortic regurgitation. *Circ J* 80:2460–2467
- Klodos E, Enriquez-Sarano M, Tajik AJ, Mullany CJ, Bailey KR, Seward JB (1996) Aortic regurgitation complicated by extreme left ventricular dilation: long-term outcome after surgical correction. *J Am Coll Cardiol* 27:670–677
- Brown ML, Schaff HV, Suri RM, Li Z, Sundt TM, Dearani JA, Daly RC, Orszulak TA (2009) Indexed left ventricular dimensions best predict survival after aortic valve replacement in patients with aortic valve regurgitation. *Ann Thorac Surg* 87:1170–1175
- McDonald ML, Smedira NG, Blackstone EH, Grimm RA, Lytle BW, Cosgrove DM (2000) Reduced survival in women after valve surgery for aortic regurgitation: effect of aortic enlargement and late aortic rupture. *J Thorac Cardiovasc Surg* 119:1205–1212
- Bouhout I, Stevens LM, Mazine A, Poirier N, Cartier R, Demers P, El-Hamamsy I (2014) Long-term outcomes after elective isolated mechanical aortic valve replacement in young adults. *J Thorac Cardiovasc Surg* 148:1341–1346.e1
- Puskas J, Gerdtsch M, Nichols D et al (2014) Reduced anticoagulation after mechanical aortic valve replacement: interim results from the prospective randomized on-X valve anticoagulation clinical trial randomized Food and Drug Administration investigational device exemption trial. *J Thorac Cardiovasc Surg* 147:1202–1210
- Rahimtoola SH (2010) Choice of prosthetic heart valve in adults an update. *J Am Coll Cardiol* 55:2413–2426
- Bourguignon T, Lhommet P, El Khoury R, Candolfi P, Loardi C, Mirza A, Boulanger-Lothion J, Bouquiaux-Stablo-Duncan AL, Marchand M, Aupart M (2016) Very long-term outcomes of the Carpentier-Edwards Perimount aortic valve in patients aged 50–65 years. *Eur J Cardiothorac Surg* 49:1462–1468
- Glaser N, Jackson V, Holzmann MJ, Franco-Cereceda A, Sartipy U (2016) Aortic valve replacement with mechanical vs. biological prostheses in patients aged 50–69 years. *Eur Heart J* 37:2658–2667
- van Geldorp MW, Jamieson EWR, Kappetein AP, Ye J, Fradet GJ, Eijkemans MJ, Grunkemeier GL, Bogers AJ, Takkenberg JJ (2009) Patient outcome after aortic valve replacement with a mechanical or biological prosthesis: weighing lifetime anticoagulant-related event risk against reoperation risk. *J Thorac Cardiovasc Surg* 137:881–886
- Kirmani BH, Jones SG, Malaisrie SC, Chung DA, Williams RJ (2017) Limited versus full sternotomy for aortic valve replacement. *Cochrane Database Syst Rev* 4:CD11793. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD011793.pub2>
- Furukawa N, Kuss O, Aboud A, Schönbrodt M, Renner A, Hakim Meibodi K, Becker T, Zittermann A, Gummert JF, Börgermann J (2014) Ministernotomy versus conventional sternotomy for aortic valve replacement: matched propensity score analysis of 808 patients. *Eur J Cardiothorac Surg* 46:221–226
- Shehada SE, Elhmidy Y, Mourad F, Wendt D, El Gabry M, Benedik J, Thielmann M, Jakob H (2017) Minimal access versus conventional aortic valve replacement: a meta-analysis of propensity-matched studies. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 25:624–632
- Braunberger E, Deloche A, Berrebi A, Abdallah F, Celestin JA, Meimoun P, Chatellier G, Chauvaud S, Fabiani JN, Carpentier A (2001) Very long-term results (more than 20 years) of valve repair with carpentier’s techniques in nonrheumatic mitral valve insufficiency. *Circulation* 104(12 Suppl 1):18–11
- Choi JW, Jang MJ, Kim KH, Hwang HY (2018) Repair versus replacement for the surgical correction of tricuspid regurgitation: a meta-analysis. *Eur J Cardiothorac Surg* 53(4):748–755
- Schneider U, Feldner SK, Hofmann C, Schöpe J, Wagenpfeil S, Giebels C, Schäfers HJ (2017) Two decades of experience with root remodeling and valve repair for bicuspid aortic valves. *J Thorac Cardiovasc Surg* 153(4):S65–S71
- David TE, Feindel CM, David CM, Manliot C (2014) A quarter of a century of experience with aortic valve-sparing operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 148(3):872–879
- Sharma V, Suri RM, Dearani JA, Burkhart HM, Park SJ, Joyce LD, Li Z, Schaff HV (2014) Expanding relevance of aortic valve repair-is earlier operation indicated? *J Thorac Cardiovasc Surg* 147(1):100–107
- Aicher D, Fries R, Rodionychewa S, Schmidt K, Langer F, Schäfers HJ (2010) Aortic valve repair leads to a low incidence of valve-related complications. *Eur J Cardiothorac Surg* 37(1):127–132
- Boodhwani M, de Kerchove L, Glineur D, Poncelet A, Rubay J, Astarci P, Verhelst R, Noirhomme P, El Khoury G (2009) Repair-oriented classification of aortic insufficiency: impact on surgical techniques and clinical outcomes. *J Thorac Cardiovasc Surg* 137(2):286–294
- Aicher D, Kunihara T, Abou Issa O, Brittner B, Gräber S, Schäfers HJ (2011) Valve configuration determines long-term results after repair of the bicuspid aortic valve. *Circulation* 123(2):178–185
- Carpentier A (1983) Cardiac valve surgery – the „French correction“. *J Thorac Cardiovasc Surg* 86(3):323–337
- Schneider U, Hofmann C, Aicher D, Takahashi H, Miura Y, Schäfers HJ (2017) Suture annuloplasty significantly improves the durability of bicuspid aortic valve repair. *Ann Thorac Surg* 103(2):504–510
- Lansac E, Di Centa I, Sleilaty G, Lejeune S, Khelil N, Berrebi A, Diakov C, Mankoubi L, Malergue MC, Noghin M, Zannis K, Salvi S, Dervanian P, Debauchez M (2016) Long-term results of external aortic ring annuloplasty for aortic valve repair. *Eur J Cardiothorac Surg* 50(2):350–360
- Mazzitelli D, Fischlein T, Rankin JS, Choi YH, Stamm C, Pfeiffer S, Pirk J, Detter C, Kroll J, Beyersdorf F, Griffin CD, Shrestha M, Nöbauer C, Crooke PS, Schreiber C, Lange R (2016) Geometric ring annuloplasty as an adjunct to aortic valve repair: clinical investigation of the HAART 300 device. *Eur J Cardiothorac Surg* 49(3):987–993



## Fachnachrichten

36. Schäfers HJ, Schmied W, Marom G, Aicher D (2013) Cusp height in aortic valves. *J Thorac Cardiovasc Surg* 146(2):269–274
37. Marom G, Haj-Ali R, Rosenfeld M, Schäfers HJ, Raanani E (2013) Aortic root numeric model: annulus diameter prediction of effective height and coaptation in post-aortic valve repair. *J Thorac Cardiovasc Surg* 145(2):406–411.e1
38. Roberts WC, Ko JM (2005) Frequency by decades of unicuspid, bicuspid, and tricuspid aortic valves in adults having isolated aortic valve replacement for aortic stenosis, with or without associated aortic regurgitation. *Circulation* 111(7):920–925
39. Masri A, Svensson LG, Griffin BP, Desai MY (2017) Contemporary natural history of bicuspid aortic valve disease: a systematic review. *Heart* 103(17):1323–1330
40. Vohra HA, Whistance RN, De Kerchove L, Punjabi P, El Khoury G (2013) Valve-preserving surgery on the bicuspid aortic valve. *Eur J Cardiothorac Surg* 43(5):888–898
41. Svensson LG, Al Kindi AH, Vivacqua A, Pettersson GB, Gillinov AM, Mihajjevic T, Roselli EE, Sabik JF 3rd, Griffin B, Hammer DF, Rodriguez L, Williams SJ, Blackstone EH, Lytle BW (2014) Long-term durability of bicuspid aortic valve repair. *Ann Thorac Surg* 97(5):1539–1547

**Kardio-Fit – KHK-Schulungsprogramm****Die erste akkreditierte Schulung im Rahmen des Disease Management Programms KHK**

Endlich gibt es ein Schulungsprogramm für Patienten mit koronarer Herzerkrankung, das zu einer nachhaltigen und verbesserten Versorgung Ihrer Patienten beiträgt!

In der Schulung lernen Betroffene, wie die Krankheit entsteht, welche Therapieansätze es gibt, wann ein Stent oder ein Bypass gesetzt werden muss und welche Medikamente in Frage kommen.

Besonderen Wert legt das Schulungsprogramm aber darauf, zu erklären, wie die Teilnehmer durch ihr eigenes Verhalten die Therapie unterstützen und damit Folgeschäden vermeiden oder mildern können. Nützliche Tipps zur Vermeidung von Risikofaktoren helfen den Patienten im Alltag, das Gelernte sofort umzusetzen.

Motivation und Anleitung der Patienten zu regelmäßiger körperlicher Aktivität, ist ein zentrales Anliegen der Autoren, die das Schulungsprogramm entwickelt haben. Die individuelle Leistungsfähigkeit jedes Teilnehmers wird berücksichtigt, im Bewegungstagebuch kann ein persönliches Trainingsprogramm dokumentiert werden. Breiten Raum nimmt auch das Kapitel „Herzgesunde Ernährung“ ein.

Mehrere Krankenkassen haben Kardio-Fit im Rahmen des DMP bereits zur Abrechnung zugelassen.

**Wie macht man mit?**

Niedergelassene Kardiologen und Hausärzte können sich und ihre Medizinischen Fachangestellten (MFA) zum Trainer ausbilden lassen. Mehrmals im Jahr finden an verschiedenen Orten Trainerschulungen statt, die das Programm ausführlich erklären und intensiv auf die Patientenschulung in der Praxis vorbereiten.

Die MFA kann dann in den Praxisräumen ihres Arztes die Patientenschulungen durchführen. Diese bestehen aus drei Unterrichtseinheiten à ca. zwei Stunden. Pro Schulung sollten vier, maximal sechs Patienten teilnehmen.

An Hand des Trainerleitfadens erläutert die MFA den Patienten im Teil 1 Hintergrundwissen zur Entstehung ihrer Krankheit, Symptome, Diagnostik und Folgeerkrankungen. In Teil 2 und 3 werden nicht medikamentöse Maßnahmen, wie Bewegung, Ernährung,

Raucherentwöhnung sowie Pharmakotherapie, Kathetereingriffe, Stents, Bypass und Verhalten in Notfallsituationen vermittelt.

Alle Unterlagen, die die MFA zur Durchführung einer Schulung benötigt, können mit der Anmeldung zur Trainerausbildung bestellt werden.

In einer Gruppe geschulte Patienten sind wesentlich motivierter und eher bereit, Ihre Therapievorgaben zu befolgen. Das bedeutet bessere Behandlungsergebnisse!

**Quelle: Springer Medizin Verlag GmbH**