

¹Klinik für Thorax- und Kardiovaskuläre Chirurgie, Westdeutsches Herzzentrum Essen, Universitätsklinikum der Universität Duisburg-Essen,

²Klinik für Kardiologie, Westdeutsches Herzzentrum Essen, Universitätsklinikum der Universität Duisburg-Essen,

³Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Westdeutsches Herzzentrum Essen, Universitätsklinikum der Universität Duisburg-Essen.

Schlüsselwörter:

Aortenklappenstenose ·
Transapikale Aortenklappenimplantation ·
Hochrisikopatienten ·
Aortenklappenersatz ·
Lernkurve

Herz 2009;34:388–97

DOI 10.1007/
s00059-009-3265-y

Key Words:

Aortic valve stenosis ·
Transapical transcatheter aortic valve
implantation · High-risk
patients · Aortic valve
replacement · Learning
curve

Erfahrungen und Lernkurve mit der transapikalen Aortenklappenimplantation

Daniel Wendt¹, Holger Eggebrecht², Philipp Kahlert², Torsten Heine³, Eva Kottenberg³, Parwis Massoudy¹, Markus Kamler¹, Jürgen Peters³, Raimund Erbel², Heinz Jakob¹, Matthias Thielmann¹

Zusammenfassung

Hintergrund und Fragestellung: Die transapikale Aortenklappenimplantation hat sich bei Hochrisikopatienten mit degenerativer Aortenklappenstenose zu einer alternativen Therapieoption zum konventionellen Aortenklappenersatz entwickelt. Ziel der vorliegenden Studie war, basierend auf den eigenen Erfahrungen mit diesem Verfahren, eine etwaige Lernkurve zu analysieren.

Patienten und Methodik: Am Westdeutschen Herzzentrum Essen wurden zwischen Oktober 2007 und Mai 2009 40 Hochrisikopatienten (mittleres Alter: 82 ± 5 Jahre, logistischer EuroSCORE: $42\% \pm 16\%$) mit symptomatischer Aortenklappenstenose im Hybridoperationsaal einer transapikalen Aortenklappenimplantation (ballonexpandierbare Sapien™-Bioprothese, Edwards Lifesciences, Irvine, CA, USA) unterzogen. Zur Evaluation einer etwaigen Lernkurve wurden die Patienten zwei Gruppen zugeteilt (1. Hälfte, $n = 20$: 10/2007 bis 10/2008; 2. Hälfte, $n = 20$: 11/2008 bis 05/2009) und diese verglichen.

Ergebnisse: Alle Aortenklappenimplantationen bis auf eine waren erfolgreich (prozedurale Erfolgsrate: 97,5%), und eine Klappenmigration/-embolisation oder ein akuter Koronararterienverschluss wurde nicht beob-

achtet. Im Vergleich beider Gruppen zeigte sich eine signifikante Reduktion der Operationszeit, der Durchleuchtungszeit sowie des Kontrastmittelverbrauchs (139 ± 30 min vs. 112 ± 41 min; $6,8 \pm 1,9$ min vs. $5,5 \pm 1,5$ min; 226 ± 75 ml vs. 169 ± 23 ml; $p \leq 0,05$). Die für die klassische Technik prognostizierte 30-Tage-Letalität lag bei $51\% \pm 14\%$ (logistischer EuroSCORE) bzw. $20\% \pm 11\%$ (STS-Score [Society of Thoracic Surgeons]) für die ersten 20 Patienten bzw. $32\% \pm 12\%$ und $13\% \pm 7\%$ für die zweiten 20 Patienten. Die beobachtete 30-Tage-Letalität betrug 25% für die ersten 20 Patienten und 10% für die zweiten 20 Patienten.

Schlussfolgerung: Diese Ergebnisse spiegeln die Erfahrungen der Autoren mit der transapikalen Aortenklappenimplantation bei Patienten mit deutlich erhöhtem Operationsrisiko für den konventionellen Aortenklappenersatz wider und zeigen eine Lernkurve mit Verringerung von Morbidität und Letalität auf. Als ursächlich für die Verbesserung der Ergebnisse erachten die Autoren 1. eine geeignete Patientenselektion mit Berücksichtigung spezifischer Risikofaktoren, 2. eine sorgfältige präoperative Patientenvorbereitung, 3. ein optimiertes interventionelles und chirurgisches Vorgehen sowie 4. eine regelmäßige Anwendung dieser neuen Methode.

Experience and Learning Curve with Transapical Aortic Valve Implantation

Abstract

Background and Purpose: Transapical transcatheter aortic valve implantation has emerged as an alternative to conventional aortic valve replacement in high-risk patients with degenerative aortic valve stenosis. The aim of this study was to assess a potential learning curve with the former technique based on the own experience with this novel procedure.

Patients and Methods: 40 consecutive high-risk patients (82 ± 5 years, logistic EuroSCORE $42\% \pm 16\%$) with symptomatic aortic valve stenosis underwent transapical aortic valve implantation (balloon expandable Sapien™ bioprosthesis, Edwards Lifesciences, Irvine, CA, USA) in the hybrid operating room between October 2007 and May 2009 at the West Ger-

man Heart Center Essen. To assess a potential learning curve, patients were allocated and compared according to the implantation date (initial $n = 20$: 10/2007 to 10/2008; second $n = 20$: 11/2008 to 05/2009).

Results: All but one transapical aortic valve implantations were successful (procedural success rate 97.5%) and no prosthesis migration/embolization or coronary artery obstruction was observed. Comparing the groups, procedural time, fluoroscopy time, and contrast media volume decreased significantly (139 ± 30 min vs. 112 ± 41 min; 6.8 ± 1.9 min vs. 5.5 ± 1.5 min; 226 ± 75 ml vs. 169 ± 23 ml; $p \leq 0,05$). Predicted 30-day mortality for patients operated upon within the 1st period was $51\% \pm 14\%$ (logistic EuroSCORE) and $20\% \pm 11\%$ (STS Score [Society of Thoracic Surgeons]) compared

to $32\% \pm 12\%$ and $13\% \pm 7\%$ in the 2nd period, while observed 30-day mortality decreased from 25% to 10%.

Conclusion: This study reflects the authors' experience with transapical aortic valve implantation in patients presenting with a high surgical risk for conventional aortic valve replacement. Within this patient

cohort improved clinical outcome, and lower morbidity and mortality demonstrate a learning curve. Improved results were achieved by (1) patient selection with regard to specific procedure-related risk factors, (2) careful preoperative patient preparation, (3) an optimum interventional and surgical approach, and (4) continuous application of this new procedure.

Einleitung

Der chirurgische Aortenklappenersatz mit Sternotomie und unter Zuhilfenahme der Herz-Lungen-Maschine ist derzeit die Therapie der Wahl und „goldene Standard“ zur Behandlung der degenerativen Aortenklappenstenose und wird seit Jahrzehnten mit sehr guten operativen Ergebnissen durchgeführt [1–3]. Aufgrund des demographischen Wandels in den westlichen Industrienationen und der damit vergesellschafteten höheren Inzidenzen von Komorbiditäten hat sich gezeigt, dass der chirurgische Aortenklappenersatz bei solchen Patientenkollektiven einerseits mit einer hohen Morbidität und Letalität vergesellschaftet ist und andererseits ca. 30–60% der Patienten mit Aortenklappenstenose aus vielfältigen Gründen nicht einem chirurgischen Aortenklappenersatz zugeführt werden [4]. Um auch diesen Patienten eine adäquate Therapieoption anbieten zu können, wurden in den letzten Jahren unterschiedliche kathetergestützte Aortenklappenimplantationsverfahren entwickelt, die europaweit, aber insbesondere in Deutschland nun zunehmend praktiziert werden [5–9].

Die transapikale Aortenklappenimplantation basiert auf der Implantation einer auf einem Ballon zusammengefalteten, stentmontierten, biologischen Aortenklappenprothese. Die Klappenprothese wird hierbei unter angiographischer Kontrolle am schlagenden Herzen über die linksventrikuläre Herzspitze in die native, verkalkte Aortenklappe vorgeschoben und dort nach exakter Positionierung durch rasche Ballonexpansion freigesetzt und implantiert. Bei diesem Verfahren erfolgt also, im Gegensatz zum chirurgischen Aortenklappenersatz, keine Exzision der degenerativ veränderten Aortenklappe. Die verkalkte Klappe verbleibt in situ und wird durch den Stent der Prothese gegen die Aortenwand gepresst. Dabei kann sowohl auf Sternotomie, Herz-Lungen-Maschine als auch auf kardioplegischen Herzstillstand und Einnähen der Aortenklappenprothese verzichtet werden. Die gesamte Prozedur kann am schlagenden Herzen unter kurzfristiger kardialer Überstimulation („rapid pacing“) durchgeführt werden [10, 11].

Am Westdeutschen Herzzentrum Essen wurde im Oktober 2007 im Rahmen der europäischen

PARTNER-EU-Studie mit der transapikalen Aortenklappenimplantation bei Hochrisikopatienten begonnen, die aufgrund ihres Risikoprofils für einen konventionellen Ersatz der Aortenklappe nicht in Frage kamen. Die vorliegende Arbeit hat zum Ziel, unsere eigenen Erfahrungen mit diesem Verfahren, gerade auch in Bezug auf eine mögliche Lernkurve, zu beleuchten und kritisch zu diskutieren.

Patienten und Methodik

Patienten

Zwischen Oktober 2007 und Mai 2009 wurden am Westdeutschen Herzzentrum Essen insgesamt 40 Hochrisikopatienten mit symptomatischer Aortenklappenstenose einer transapikalen Aortenklappenimplantation unterzogen. Alle Patienten wurden sowohl über das konventionelle Operationsverfahren mittels Sternotomie als auch über die transapikale Aortenklappenimplantation informiert. Zusätzlich zu der routinemäßig durchgeführten präoperativen Diagnostik erhielten alle Patienten eine TEE-gestützte (transösophageale Echokardiographie) Ausmessung des nativen Aortenklappendurchmessers und eine Angio-CT (Computertomographie) der Aorta einschließlich der Iliakal- und Femoralarterien (s.a. Kasten 1).

Patientenselektion und Risikoabschätzung

Potentielle Patienten für eine transapikale Aortenklappenimplantation sind ältere Patienten mit hoch-

Kasten 1. Präoperative Diagnostik.

- TEE: Bestimmung des Durchmessers des Aortenklappenanus
- Herz-CT: Abstandsmessung der Koronararterien zur verkalkten Aortenklappe
- Angio-CT: Darstellung der Becken-Bein-Achse und der Aorta
- Dobutamin-Stress-Echo bei hochgradig eingeschränkter linksventrikulärer Funktion
- Eventuell präoperative Anlage eines thorakalen Epidural-katheters bei schwerer COPD

gradiger Aortenklappenstenose. Die Entscheidung für eine transapikale Aortenklappenimplantation wurde gemeinsam und interdisziplinär (Herzchirurg und Kardiologe) sowie unter Berücksichtigung des individuellen Patientenwunschs diskutiert. Aufgrund eines deutlich erhöhten Risikoprofils für den chirurgischen Aortenklappenersatz wurden 40 Patienten in die Studie eingeschlossen und über den transapikalen Zugangsweg aufgeklärt.

Einschlusskriterien für den transapikalen Zugangsweg waren: 1. periphere arterielle Verschlusskrankheit, 2. schmale Becken-Bein-Gefäße (< 7 mm), 3. stark gewundene Inguinalarterien, 4. Thromben/Arterome im Bereich der Aorta descendens oder 5. „Porzellanaorta“. Folgende Risikofaktoren wurden als Ausschlusskriterien zur transapikalen Aortenklappenimplantation definiert: 1. Aortenklappenannulusdurchmesser > 24 mm (Gefahr einer schwerwiegenden paravalvulären Leckage), 2. Aortenklappenannulusdurchmesser < 18 mm (Gefahr der Anulusruptur oder inkomplett entfaltete Klappe mit Prothesendysfunktion), 3. eingeschränkte linksventrikuläre Funktion (< 25%), 4. unbehandelte, hochgradige Koronarstenosen bzw. hochgradige Bypassstenosen/-verschlüsse (Gefahr periinterventioneller Myokardischämien), 5. zusätzliche, signifikante Klappenvitien, 6. akut kardial dekompensierte Patienten und 7. deutlich reduzierter und gebrechlicher körperlicher Allgemeinzustand der Patienten (s. Kasten 2).

Zur optimalen präoperativen Vorbereitung der Patienten wurden bei Nachweis von signifikanten Koronarstenosen oder stenosierten Bypassgefäßen eine perkutane koronare Stentimplantation angestrebt und die Aortenklappenimplantation zweizeitig im Intervall von 2–3 Wochen nach Koronarintervention durchgeführt. Bei Patienten mit höhergradig eingeschränkter linksventrikulärer Funktion oder auch akut kardial dekompensierter Aortenklappenstenose wurde in einem ersten Schritt zunächst eine perkutane Ballonvalvuloplastie durchgeführt, um

dann zweizeitig nach Rekompensation des Patienten im Intervall von 3–4 Wochen die Aortenklappenimplantation durchzuführen. Bei Patienten mit hochgradig eingeschränkter linksventrikulärer Funktion wurde präoperativ zur Bestimmung der kontraktiven Reserve eine Dobutamin-Stress-Echokardiographie durchgeführt.

Das Operationsrisiko der Patienten wurde mittels des EuroSCORE-Kalkulators sowie des STS-Scores (Society of Thoracic Surgeons) berechnet, die online verfügbar sind. Als Hochrisiko wurden alle Patienten definiert, welche einen logistischen EuroSCORE von zumindest 30% bzw. einen STS-Score von zumindest 10% aufwiesen.

Herzklappenprothese

Für den transapikalen Einsatz wurde die ballonexpandierbare Edwards-Sapien™-Aortenklappenprothese (Edwards Lifesciences, Irvine, CA, USA) verwendet. Die seit 2008 CE-zertifizierte und kommerziell erhältliche Sapien™-Prothese besteht aus einem Edelstahlstent (Cobalt-Chrom-Legierung), in den eine Rinderperikardklappe eingebettet ist. Das Klappengewebe ist mittels ThermoFix™-Verfahren behandelt, welches den Prozess der Kalkablagerung im Klappengewebe im Langzeitverlauf verringert.

Derzeit sind zwei unterschiedliche Prothesengrößen erhältlich: die 23-mm- und die 26-mm-Prothese. Da die Prothese zwecks Verankerung im Aortenklappenannulus etwas größer dimensioniert sein muss, können die 23-mm-Prothese bei nativen Anulusdurchmessern von 18–21 mm und die 26-mm-Pro-

Kasten 2. Potentielle Risikofaktoren und Kontraindikationen.

- Anulusdurchmesser > 24 mm und < 18 mm
- Eingeschränkte linksventrikuläre Funktion (< 25%)
- Unbehandelte Koronarstenosen → präoperative Sanierung (PCI)
- Signifikante Bypassstenosen bei Z. n. ACB-OP → präoperative Sanierung (PCI)
- Begleitende hochgradige Mitral- oder Trikuspidalvitien
- Akut kardial dekompensierte Patienten mit Aortenklappenstenose
- Gebrechlichkeit/sehr schlechter und kritischer Allgemeinzustand



Abbildung 1. Edwards-Sapien™-Prothese (Edwards Lifesciences, Irvine, CA, USA).

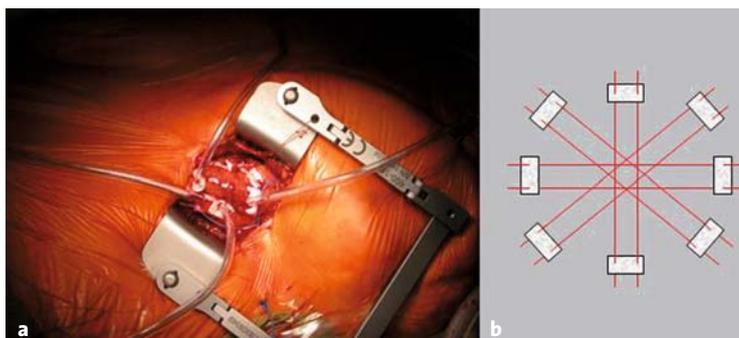
Figure 1. Edwards-Sapien™ prosthesis (Edwards Lifesciences, Irvine, CA, USA)

these bei Anulusdurchmessern von 22–24 mm verwendet werden. Die Sapien™-Prothese ist in Abbildung 1 dargestellt.

Operationstechnik

Im Folgenden soll die transapikale Implantationstechnik dargestellt werden. Alle kathetergestützten Aortenklappenimplantationen wurden in unserem Hybridoperationsraum durchgeführt. Dieser kombiniert optimale Bildgebung eines Herzkatheterlabors mit einem komplett ausgestatteten Operationssaal. Aufgrund dieser Bedingungen sind auch sofortiger Umstieg auf einen konventionellen Aortenklappenersatz oder/und sofortiger Anschluss an eine Herz-Lungen-Maschine bei Auftreten schwerwiegender Komplikationen möglich.

Nach Einleitung der Intubationsanästhesie und Lagerung des Patienten wird zunächst mit Hilfe der transthorakalen Echokardiographie die Herzspitze unterhalb der linken Brust lokalisiert und markiert. Anschließend wird der Patient abgewaschen und abgedeckt. Eine 6-F-Schleuse wird in die Arteria femoralis zur späteren Angiographie platziert. Alternativ kann auch die Arteria radialis oder brachialis genutzt werden. Nach anterolateraler Thorakotomie unterhalb der linken Brust (Schnittlänge ca. 5 cm) erfolgt der Zugang meist im Bereich des 5. oder 6. Interkostalraums. Nach longitudinaler Eröffnung des Perikards wird nun die LAD lokalisiert. Linkslateral davon werden dann im Bereich des linken Apex vier filzverstärkte U-Nähte (Prolene 3-0, MH Nadel, Braun, Melsungen) platziert (s.a. Abbildung 2) und eine epimyokardiale Schrittmacherelektrode zum späteren „rapid pacing“ sicher aufgenäht. Die adäquate Funktion der Schrittmacherelektrode wird anschließend kurz getestet. Während des Eingriffs ist eine Heparinisierung des Patienten notwendig (100 IE Heparin/kg, Ziel-ACT [aktivierte Gerinnungszeit]: > 250 s). Nach Punktion des linken Ventrikels und Einführen eines Drahts über die native verkalkte Aortenklappe bis in die Aorta descendens wird über einen rechten Judkins-Katheter ein steifer Draht in die Aorta descendens eingeführt, der im weiteren Verlauf der Intervention als Führung dient. Über diesen Draht wird dann eine 14-F-Schleuse in den linken Ventrikel vorgeschoben, der die Platzierung eines Valvuloplastiekatheters (20 × 30 mm, Edwards Lifesciences) für die notwendige Ballonvalvuloplastie erlaubt. Während der Überstimulation („rapid pacing“) bei 180–220 Schlägen/min erfolgt zunächst die Valvuloplastie der stenosierten Aortenklappe unter hypotonen Kreislaufverhältnissen (systolischer Blutdruck < 50 mmHg). Nach Auswechseln der 14-F-gegen eine 26-F-Schleuse kann nun die zuvor auf einen Ballon montierte und zusammengefaltete Aor-



Abbildungen 2a und 2b. Platzierung der vier apikalen U-Nähte (Teflon-armiert, MH 3-0 Prolene). a) Intraoperativer Situs. b) Schematische Darstellung der vier filzverstärkten U-Nähte (rot: Naht, weiß: Filz).

Figures 2a and 2b. Four pledged apical U-strings (Prolene 3-0, MH needle) are placed circular. a) Intraoperative view. b) Schematic illustration of the apical sutures (red: apical suture, white: patch).

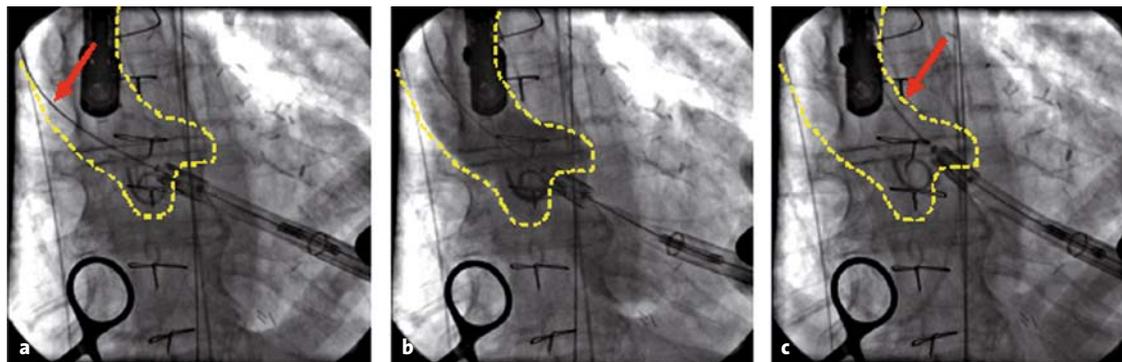
tenklappenprothese unter angiographischer und TEE-Kontrolle im Aortenklappenannulus erneut unter Überstimulation des Herzens freigesetzt werden. Hierbei ist die exakte axiale Ausrichtung der Prothese vor deren Implantation äußerst wichtig. Die Prothese soll idealerweise mittig im Anulus platziert werden. Durch Ziehen oder Schieben des steifen Führungsdrahts kann die Klappenprothese in ihrer Position vor der Freisetzung zentriert werden, wie in Abbildung 3 exemplarisch dargestellt. Nach Freisetzung der Klappe können die 26-F-Schleuse entfernt und die Ventrikelspitze durch Zuziehen der U-Nähte unter Blutdruckkontrolle verschlossen werden (für eine detaillierte Beschreibung der transapikalen Implantationstechnik s. a. Thielmann et al. [12]).

Statistische Analyse

Zur Bewertung einer Lernkurve wurden alle Patienten, abhängig von ihrem Implantationszeitpunkt, zwei Gruppen zugeteilt. 20 Patienten (erste Hälfte) des Gesamtkollektivs wurden der 1. Zeitperiode im Zeitraum von Oktober 2007 bis Oktober 2008 zugeteilt, und weitere 20 Patienten (2. Zeitperiode) erhielten im Zeitraum von November 2008 bis Mai 2009 eine transapikale Aortenklappenimplantation. Beide Gruppen wurden hinsichtlich ihrer Morbidität, der 30-Tage-Letalität und weiterer klinischer Variablen, wie Operationszeit, Implantationsdauer, Kontrastmittelverbrauch und Durchleuchtungszeit, verglichen.

Deskriptive Daten werden als Häufigkeiten (%) aufgeführt und mittels χ^2 -Test verglichen. Kontinuierliche Variablen werden als Mittelwert \pm Standardabweichung oder Prozentsatz angegeben und mittels t-Test analysiert. Ein p-Wert < 0,05 wird als

Abbildungen 3a bis 3c. Koaxiale Positionierung mittels Führungsdraht. a) Malposition nach rechts (roter Pfeil). b) Korrekte Position. c) Malposition nach links (roter Pfeil). Gelb: Aorta.



Figures 3a to 3c. Coaxial positioning by superstiff wire. a) Malposition to the right (red arrow). b) Correct position. c) Malposition to the left (red arrow).

statistisch signifikant angesehen. Zur Analyse wurde die statistische Software (SPSS® 16.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) verwendet.

Ergebnisse Patientenpopulation

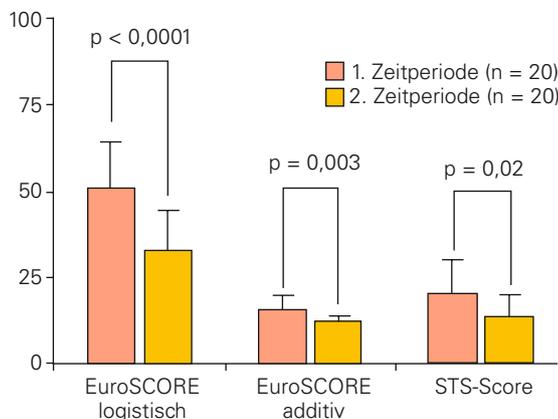
Im Zeitraum von Oktober 2007 bis Mai 2009 erhielten insgesamt 40 Patienten eine transapikale Aortenklappenimplantation. Das mittlere Alter der Patienten betrug 82 ± 5 Jahre, 68% waren Frauen. Die präoperative NYHA-Klassifikation (New York Heart Association) lag im Mittel bei III. Nahezu alle Patienten (90%) hatten einen arteriellen Hypertonus, 28% der Patienten litten an einem Diabetes mellitus. Die präoperative linksventrikuläre Funktion lag bei $52\% \pm 9\%$. Insgesamt 75% aller Patienten wiesen eine begleitende koronare Herzerkrankung auf, 38% hatten in ihrem bisherigen Verlauf zumindest eine präoperative perkutane Koronarintervention erhalten, und 23% Patienten hatten sich bereits einer koronaren Bypassoperation unterzogen. Bei insgesamt 36 Patienten (90%) lag eine periphere arterielle Verschlusskrankheit vor. Von denjenigen Patienten, bei denen keine periphere arterielle Verschlusskrankheit bestand ($n = 4$), hatten drei einen Thrombus bzw. eine Plaque im Bereich der Aorta de-

scendens. Zwei Patienten wiesen eine ausgeprägte „Porzellanaorta“ auf. Zehn Patienten des Gesamtkollektivs hatten bereits einen Apoplex erlitten, weitere elf Patienten zeigten eine deutlich eingeschränkte Lungenfunktion aufgrund einer chronisch-obstruktiven Lungenerkrankung (COPD). Eine Niereninsuffizienz lag bei insgesamt 23 Patienten vor. Ein pulmonaler Hypertonus wurde bei 21 Patienten beobachtet, und ein normfrequentes Vorhofflimmern lag bei 17 Patienten vor.

Alle Patienten hatten eine schwere Aortenklappenstenose mit einer kalkulierten Aortenklappenöffnungsfläche von im Mittel $0,63 \pm 0,2$ cm². Die präoperativen Gradienten über der Aortenklappe wurden mit $83,8 \pm 26,1$ mmHg (maximaler Gradient) bzw. $49,2 \pm 19,3$ mmHg (mittlerer Gradient) kalkuliert. Die maximale Flussbeschleunigung über der Aortenklappe wurde mit $4,3 \pm 0,9$ m/s berechnet. Der mittlere Durchmesser des nativen Aortenklappenannulus wurde mit $22,0 \pm 1,3$ mm im präoperativen TEE ausgemessen. Beide Gruppen unterschieden sich hinsichtlich ihrer demographischen Daten nicht, jedoch zeigten sich signifikante Unterschiede hinsichtlich der kalkulierten Risikoscores. Der EuroSCORE bzw. STS-Score der Patienten, die in der 1. Hälfte operiert wurden, lag bei $50,9\% \pm 14,0\%$ bzw. $19,8\% \pm 10,5\%$, verglichen mit $32,3\% \pm 12,1\%$ bzw. $13,1\% \pm 7,0\%$ bei den Patienten, die in der 2. Zeitperiode eine transapikale Aortenklappenimplantation erhielten (s.a. Abbildung 4). Die demographischen Daten und präoperativen Charakteristika der Patienten sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Abbildung 4. Risikoscores der Patienten für operativen Aortenklappenersatz während der 1. und 2. Zeitperiode (jeweils $n = 20$); logistischer, additiver EuroSCORE und STS-Score.

Figure 4. Estimated risk scores, 1st and 2nd time period ($n = 20$); logistic, additive EuroSCORE and STS Score.



Intraoperative Ergebnisse

Alle transapikalen Aortenklappenimplantationen bis auf eine waren erfolgreich (prozedurale Erfolgsrate: 97,5%). Bei diesem einen Patienten wurde eine Konversion zum konventionellen Aortenklappenersatz aufgrund einer zu tiefen Position der über die Herzspitze implantierten Klappenprothese notwendig. Der Patient konnte nach prolongiertem Kran-

kenhausaufenthalt nach Hause entlassen werden. Alle weiteren Implantationen verliefen erfolgreich. Bei zwei weiteren Patienten war der Anschluss der Herz-Lungen-Maschine notwendig: Ein Patient zeigte nach Valvuloplastie eine hämodynamische Instabilität, die sich unter supportiver Perfusion mittels Herz-Lungen-Maschine besserte. Während extrakorporaler Zirkulation konnte in diesem Fall sodann die Aortenklappenprothese implantiert werden. Eine Patientin wurde bei nach der Implantation auftretender, nicht beherrschbarer Ventrikelruptur ebenfalls an die Herz-Lungen-Maschine angeschlossen. Diese Patientin verstarb intraoperativ.

Bei 30% der Patienten der 1. Zeitperiode wurden zunächst die Leistengefäße für einen etwaigen Anschluss der Herz-Lungen-Maschine operativ freigelegt. Bei den Patienten der 2. Zeitperiode wurden lediglich Führungsdrähte in die Arteria femoralis und Vena femoralis zur etwaigen notfallmäßigen Kanülierung und zum Anschluss der Herz-Lungen-Maschine eingebracht. Intraoperativ trat bei insgesamt drei Patienten nach Beendigung des „rapid pacing“ ein Kammerflimmern auf, welches durch externe Defibrillation terminiert werden konnte.

Im Vergleich beider Gruppen fanden sich eine signifikante Verringerung der Operationszeit (139 ± 30 min vs. 112 ± 41 min; $p = 0,05$), der für den Eingriff benötigten Durchleuchtungszeit ($6,8 \pm 1,9$ min vs. $5,5 \pm 1,5$ min; $p = 0,05$) sowie des Kontrastmittelverbrauchs (226 ± 75 ml vs. 169 ± 23 ml; $p = 0,03$). Darüber hinaus war die Anästhesiebindungszeit geringer (304 ± 50 min vs. 280 ± 94 min; $p = 0,03$).

In beiden Patientengruppen konnte bei $> 50\%$ der Fälle die Extubation noch im Operationssaal durchgeführt werden. Im postoperativen Verlauf war bei je einem Patienten eine operative Revision aufgrund einer Nachblutung notwendig, ein Schlaganfall konnte nicht nachgewiesen werden. Eine Schrittmacherimplantation bei AV-Block III° war bei lediglich einem Patienten (2,5%) erforderlich. Eine kurzfristige Nierenersatztherapie war bei insgesamt drei Patienten der 1. Zeitperiode und bei zwei Patienten der 2. Periode notwendig. Der Anstieg der postoperativen Kreatininkonzentration (im Vergleich zu präoperativ) war bei den Patienten der 1. Zeitperiode signifikant höher als bei den Patienten der 2. Periode ($1,0 \pm 0,9$ mg/dl vs. $0,5 \pm 0,5$ mg/dl; $p = 0,03$).

Überleben

Die intraoperative Letalität in unserem Kollektiv betrug 2,5% (1/40). Sowohl die Krankenhausletalität als auch die 30-Tage-Letalität betragen bei den Patienten der 1. Periode 25% und bei denen der 2. Periode 10%. Alle Daten sind in Tabelle 2 detailliert gelistet.

Tabelle 1. Demographie und präoperative Daten. Darstellung der Daten als Mittelwert \pm Standardabweichung oder Anzahl (%). ACVB: aortokoronarer Venenbypass; BAV: Ballonvalvuloplastie; BMI: Body-Mass-Index; COPD: chronisch-obstruktive Lungenerkrankung; EuroSCORE: European System for Cardiac Operative Risk Evaluation; KHK: koronare Herzkrankheit; NYHA: New York Heart Association; PAVK: periphere arterielle Verschlusskrankheit; PCI: perkutane koronare Intervention; STS: Society of Thoracic Surgeons.

Table 1. Demographics and preoperative data. Data are given as mean \pm standard deviation or number (%). ACVB: aortocoronary venous bypass; BAV: balloon valvuloplasty; BMI: body mass index; COPD: chronic obstructive pulmonary disease; EuroSCORE: European System for Cardiac Operative Risk Evaluation; KHK: coronary artery disease; NYHA: New York Heart Association; PAVK: peripheral arterial occlusive disease; PCI: percutaneous coronary intervention; STS: Society of Thoracic Surgeons.

	Alle Patienten (n = 40)	1. Zeitperiode (n = 20)	2. Zeitperiode (n = 20)	p-Wert ^a
Demographie				
Alter (Jahre)	82,1 \pm 5,3	83,0 \pm 5,0	81,3 \pm 5,5	0,33
Geschlecht, weiblich	27 (67,5)	14 (70,0)	13 (65,0)	1,00
BMI (kg/m ²)	25,3 \pm 2,9	25,2 \pm 3,0	25,4 \pm 2,9	0,80
NYHA-Klassifikation	3,1 \pm 0,5	3,1 \pm 0,4	3,1 \pm 0,6	0,74
Arterieller Hypertonus	36 (90,0)	19 (95,0)	17 (85,0)	0,61
Diabetes mellitus	11 (27,5)	7 (35,0)	4 (20,0)	0,48
Linksventrikuläre Funktion (%)	51,8 \pm 9,3	51,7 \pm 11,1	51,9 \pm 7,5	0,95
KHK	30 (75,0)	17 (85,0)	13 (65,0)	0,27
Z.n. PCI	15 (37,5)	6 (30,0)	9 (45,0)	0,51
Z.n. ACVB	9 (22,5)	6 (30,0)	3 (15,0)	0,45
PAVK	36 (90,0)	19 (95,0)	17 (85,0)	0,61
Z.n. Apoplex	10 (25,0)	6 (30,0)	4 (20,0)	0,72
COPD	11 (27,5)	7 (35,0)	4 (20,0)	0,48
Niereninsuffizienz	23 (57,5)	14 (70,0)	9 (45,0)	0,20
Pulmonaler Hypertonus	21 (52,5)	13 (65,0)	8 (40,0)	0,20
Vorhofflimmern	17 (42,5)	9 (45,0)	8 (40,0)	1,00
Z.n. BAV	6 (15,0)	4 (20,0)	2 (10,0)	0,66
Mitralklappeninsuffizienz \geq II°	19 (47,5)	12 (60,0)	7 (35,0)	0,21
EuroSCORE, logistisch (%)	41,6 \pm 16,0	50,9 \pm 14,0	32,3 \pm 12,1	< 0,0001
EuroSCORE, additiv (%)	13,9 \pm 3,8	15,6 \pm 4,5	12,2 \pm 1,7	0,003
STS-Score (%)	16,5 \pm 9,4	19,8 \pm 10,5	13,1 \pm 7,0	0,02
Echodaten				
Klappenöffnungsfläche (cm ²)	0,63 \pm 0,2	0,62 \pm 0,2	0,64 \pm 0,2	0,84
Maximaler Gradient (mmHg)	83,8 \pm 26,1	81,2 \pm 26,9	86,4 \pm 25,8	0,54
Mittlerer Gradient (mmHg)	49,2 \pm 19,3	46,8 \pm 20,0	49,3 \pm 17,9	0,71
Maximale Geschwindigkeit (m/s)	4,3 \pm 0,9	4,1 \pm 1,0	4,4 \pm 0,8	0,37
Aortenklappenannulus (mm)	22,0 \pm 1,3	22,1 \pm 1,4	21,9 \pm 1,2	0,71

^a 1. Zeitperiode vs. 2. Zeitperiode

Diskussion

Unsere Erfahrungen am Westdeutschen Herzzentrum Essen mit der transapikalen Aortenklappenimplantation zeigen, dass 1. die Anwendung dieser neuartigen Technik in unserer Klinik von einer Lernkurve begleitet war und dass 2. die Ergebnisse nach Überwindung der Lernkurve signifikant verbessert werden konnten.

Tabelle 2. Ergebnisse. Darstellung der Daten als Mittelwert \pm Standardabweichung oder Anzahl (%). HLM: Herz-Lungen-Maschine.**Table 2.** Results. Data are given as mean \pm standard deviation or number (%). HLM: heart-lung machine.

	Alle Patienten (n = 40)	1. Zeitperiode (n = 20)	2. Zeitperiode (n = 20)	p-Wert ^a
Interventionsdaten				
Operationszeit (min)	126 \pm 38	139 \pm 30	112 \pm 41	0,05
Anästhesiebindungszeit (min)	292 \pm 72	304 \pm 50	280 \pm 94	0,03
Durchleuchtungszeit (min)	6,5 \pm 1,9	6,8 \pm 1,9	5,5 \pm 1,5	0,05
Kontrastmittelverbrauch (ml)	202 \pm 65	226 \pm 75	169 \pm 23	0,02
Leistenfreilegung	7 (17,5)	6 (30,0)	1 (5,0)	0,09
23-mm-Sapient™-Prothese	15 (37,5)	9 (45,0)	6 (30,0)	0,52
26-mm-Sapient™-Prothese	25 (62,5)	11 (55,0)	14 (70,0)	0,52
Erfolgreiche Implantation	39 (97,5)	20 (100)	19 (95,0)	1,00
Malposition	1 (2,5)	0 (0)	1 (5,0)	1,00
Valve-in-Valve	1 (2,5)	0 (0)	1 (5,0)	1,00
Redilatation	2 (5,0)	1 (5,0)	1 (5,0)	1,00
Flimmern	3 (7,5)	2 (10,0)	1 (5,0)	1,00
Ventrikelruptur	1 (2,5)	0 (0)	1 (5,0)	1,00
Konversion	1 (2,5)	0 (0)	1 (5,0)	1,00
HLM-Anschluss	3 (7,5)	0 (0)	3 (15,0)	0,23
Intraoperative Letalität	1 (2,5)	0 (0)	1 (5,0)	1,00
Revision bei Blutung	2 (5,0)	1 (5,0)	1 (5,0)	1,00
Extubation im Operationssaal	24 (60,0)	12 (60,0)	11 (55,0)	1,00
Postoperative Komplikationen				
Postoperatives Nierenversagen	5 (12,5)	3 (15,0)	2 (10,0)	1,00
Kreatininanstieg (Δ mg/dl)	0,8 \pm 0,6	1,0 \pm 0,9	0,5 \pm 0,5	0,03
Apoplex	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1,00
Schrittmacherimplantation	1 (2,5)	0 (0)	1 (5,0)	1,00
Echodaten postoperativ				
Klappenöffnungsfläche (cm ²)	1,7 \pm 0,6	1,7 \pm 0,2	1,7 \pm 0,2	0,60
Mittlerer Gradient (mmHg)	7,0 \pm 4,8	7,2 \pm 4,2	7,2 \pm 4,2	1,00
Überleben				
30-Tage-Letalität	7 (17,5)	5 (25,0)	2 (10,0)	0,24

^a 1. Zeitperiode vs. 2. Zeitperiode

Bei dem kathetergestützten Verfahren der transapikalen Aortenklappenimplantation kann im Gegensatz zum konventionellen Aortenklappenersatz sowohl auf Sternotomie und Zuhilfenahme der Herz-Lungen-Maschine als auch auf den kardioplegischen Herzstillstand und die chirurgische Implantation der Klappenprothese verzichtet werden. Derzeit etabliert sich die kathetergestützte Aortenklappenimplantation (transapikal und transfemoral) bei Patienten im fortgeschrittenen Lebensalter mit deutlich erhöhtem Risikoprofil als ein alternatives und erfolgversprechendes Behandlungsverfahren [9, 10]. Trotz klarer Vorteile gegenüber dem chirurgischen Aortenklappenersatz ist die transapikale Aortenklappenimplantation derzeit durchaus noch ein kom-

plexes Verfahren, das z.T. erhebliche Risiken, prozedurale Komplikationen und Limitationen mit sich bringen kann. Das Beherrschen des gesamten prozeduralen Ablaufs und der potentiell auftretenden Komplikationen bei dieser neuartigen Technik mit Kombination von kathetergestützter Intervention und Operation ist von zentraler Bedeutung [13, 14]. Folgende Faktoren sind nach unserer Erfahrung dabei entscheidend: Die exakte Positionierung der Prothese – sobald freigesetzt – ist äußerst wichtig, da die Prothese nicht mehr repositioniert werden kann und damit irreversibel in ihrer einmal gewählten Position verankert wird [12]. Eine Fehlpositionierung der Klappe kann mit einer Embolisation der Prothese oder mit einem Verschluss von Koronararterien einhergehen. Um potentielle Komplikationen wie z.B. Rupturen des Anulus oder Dissektionen zu vermeiden, ist eine exakte Bestimmung des Aortenklappen-anulus wichtig. Bei Patienten mit hochgradig eingeschränkter linksventrikulärer Funktion (< 25%), pulmonalem Hypertonus oder auch begleitenden hochgradigen Trikuspidal- oder Mitralklappenventilen stellt das für die Implantation notwendige „rapid pacing“ ein zusätzliches Risiko dar. Häufig benötigen gerade diese Patienten nach „rapid pacing“ intraoperativ eine gewisse Zeit, um sich von dem kurzfristigen, aber belastenden Ereignis der Überstimulation mit beabsichtigter Hypotonie und der damit verbundenen myokardialen Ischämie zu erholen. Darüber hinaus können während Überstimulation insbesondere unbehandelte, hochgradige Koronar- oder Bypassstenosen zu schwerwiegenden myokardialen Ischämien bis hin zum plötzlichen Pumpversagen führen. Eine Kontrastmittelgabe ist für die transapikale Aortenklappenimplantation unverzichtbar. Postoperative Niereninsuffizienzen und Dialysepflichtigkeit sind bei diesen multimorbiden und häufig bereits präoperativ in ihrer Nierenfunktion eingeschränkten Patienten denkbar. Weitere Komplikationen sind Blutungen aus der Herzspitze nach transapikalem Zugang. Zudem sollte bei der Anwendung dieser Implantationstechnik bedacht werden, dass das Auftreten einer paravalvulären Leckage und dadurch bedingter Aortenklappeninsuffizienz sehr wahrscheinlich ist und ein Problem im Langzeitverlauf darstellen kann [15, 16]. Über die Haltbarkeit dieser Prothese und deren Funktion im Langzeitverlauf liegen aktuell nur begrenzte Informationen vor.

Zum jetzigen Zeitpunkt ist das Verfahren der transapikalen Aortenklappenimplantation eine interdisziplinäre Herausforderung. Trotz optimaler Patientenvorbereitung können bisher nicht bekannte oder nicht kalkulierbare Komplikationen auftreten. Um diese potentiellen Risiken zu minimieren, haben wir sowohl die Patientenselektion und -evaluation als auch die technische Durchführung aufgrund unserer

Erfahrungen mit dem Beginn der transapikalen Aortenklappenimplantation in Essen im Jahr 2007 bis heute schrittweise angepasst und weiterentwickelt. Obwohl die transapikale Aortenklappenimplantation eine alternative Behandlungsmethode für Hochrisikopatienten darstellt, gibt es Patienten, die aufgrund ihres Risikoprofils mit dieser Methode nicht behandelt werden können: Aufgrund unserer Erfahrungen erachten wir Patienten mit hochgradig eingeschränkter linksventrikulärer Funktion (< 25%) für nicht operabel. Begleitende, hochgradige Klappeninvolutionen (III°) sehen wir ebenfalls als Kontraindikation zur transapikalen Aortenklappenimplantation an. So hatten 60% unserer ersten 20 Patienten eine höhergradige Mitralklappeninsuffizienz (bis zu II–III°), verglichen mit 35% der Patienten der 2. Zeitperiode. Ebenso lag ein begleitender pulmonaler Hypertonus bei 65% der Patienten der 1. Periode vor, verglichen mit 40% der Patienten der 2. Periode. Dies spiegelt sich in den signifikant höheren Risikoscores bei den Patienten der 1. Periode wider.

Zur optimalen Patientenvorbereitung haben sich am Westdeutschen Herzzentrum Essen folgende Untersuchungsverfahren etabliert: Unverzichtbar ist die exakte Vermessung des nativen Aortenklappenannulus schon präoperativ mit Hilfe der TEE. Dies ermöglicht einerseits schon im Vorfeld die richtige Wahl der Prothesengröße, andererseits erhält man aber auch genaue Kenntnisse über Morphologie und Topographie der degenerierten und verkalkten Aortenklappe. Die eigentliche Implantation der Aortenklappenprothese wird an unserem Zentrum obligat unter TEE-Kontrolle durchgeführt. Vor allem neue Verfahren wie die dreidimensionale Echokardiographie können zusätzliche Bildinformationen während der Klappenpositionierung und -implantation liefern [17]. Um bereits präoperativ die Abstände der Koronararterien von der verkalkten Aortenklappe bestimmen zu können, wird bei allen Patienten auch eine native Herz-CT durchgeführt. Bei tief oder knapp oberhalb des Aortenklappenannulus entspringenden Koronararterien besteht das Risiko eines Koronararterienverschlusses sowohl durch die native Aortenklappe selbst als auch durch die Aortenklappenprothese. Darüber hinaus werden nicht selten Patienten zur transapikalen Aortenklappenimplantation zugewiesen, die aufgrund einer akuten kardialen Dekompensation in diesem Stadium jedoch nicht operabel sind. Bei diesen Patienten haben wir ein zweizeitiges Vorgehen etabliert: Zunächst führen wir bei kardial dekompensierter Aortenklappenstenose eine perkutane Ballonvalvuloplastie durch. Im Intervall von ca. 2–4 Wochen kann dann bei reduziertem Risiko die kathetergestützte Aortenklappenimplantation im rekompensierten Zustand durchgeführt werden. Die isolierte Ballonvalvuloplastie erscheint

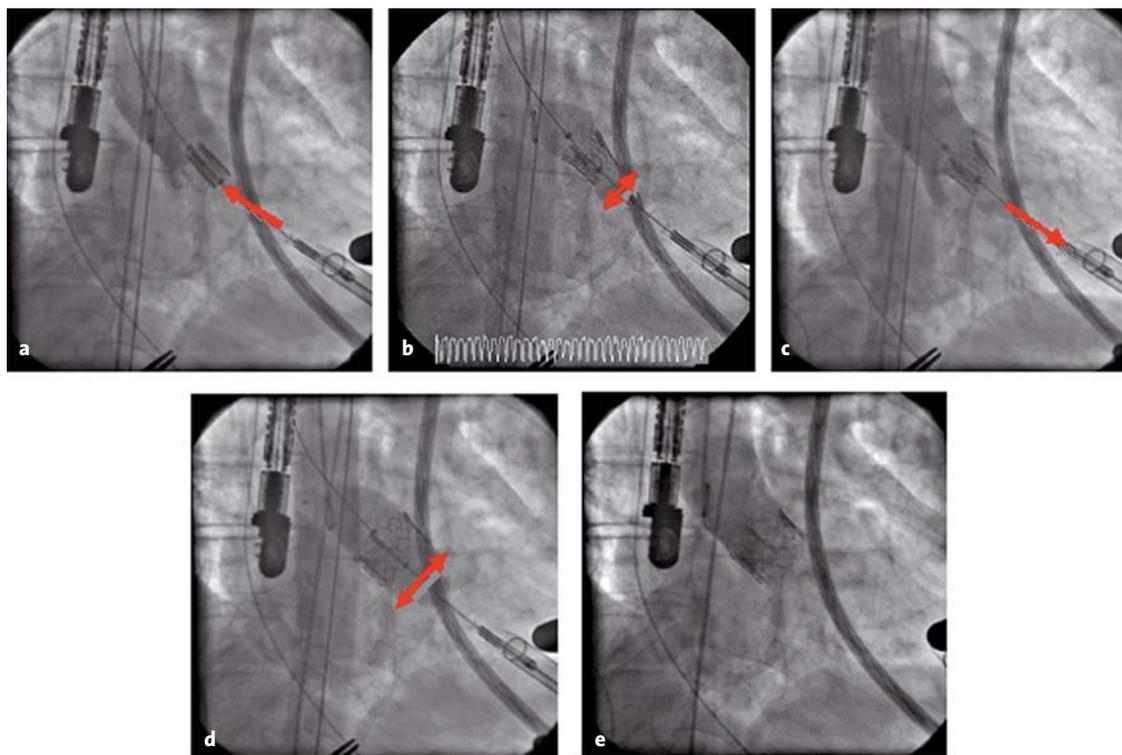
in diesem Zusammenhang als eine ideale vorbereitende Methode [5, 14]. Ein zusätzliches Instrument in der präoperativen Patientenevaluierung ist die Stress-Echokardiographie. Aufgrund der hochgradigen Aortenklappenstenose wird häufig die linksventrikuläre Funktion nicht richtig eingeschätzt. Die Dobutamin-Stress-Echokardiographie kann bei diesen Patienten die kontraktile Reserve abschätzen und so eine differenzierte Aussage über die linksventrikuläre Funktion gestatten.

An unserem Zentrum wurden Verbesserungen im Hinblick auf die technische Durchführung implementiert. So wurde die schrittweise Freisetzung der Prothese etabliert. Hierbei wird, wie in Abbildung 5 exemplarisch dargestellt, die Aortenklappenimplantation während Überstimulation schrittweise durchgeführt. Dies erlaubt eine Positionskorrektur in Richtung Aorta bzw. linken Ventrikel. Wenn die ideale Position bei fast komplett entfalteter Prothese erreicht ist, erfolgt die definitive Implantation. Seit Einführung der schrittweisen Implantationstechnik sind in unserem Patientenkollektiv keinerlei Malpositionen aufgetreten. Eine weitere prozedurale Modifikation ist die Platzierung von insgesamt vier apikalen U-Nähten (s. Abbildung 2). Hierbei werden vier separate, filzverstärkte U-Nähte am Apex platziert, um einen adäquaten Verschluss der Herzspitze nach Entfernung der Schleuse zu gewährleisten [12].

Bei insgesamt drei Patienten der 2. Periode wurde die Herz-Lungen-Maschine angeschlossen. Aufgrund unserer Erfahrungen sollte die Indikation zum Einsatz der Herz-Lungen-Maschine sehr liberal gestellt werden. Bei eingeschränkten hämodynamischen Verhältnissen oder bei verzögerter Erholung nach Überstimulation kann die Perfusion durch die Herz-Lungen-Maschine eine Stabilisierung der Hämodynamik erreichen. Die Implantation der Herzklappenprothese kann dann nach Stabilisierung des Patienten während extrakorporaler Zirkulation unproblematisch erfolgen. Ein „Stand-by“ der Herz-Lungen-Maschine ist daher in jedem Fall notwendig [14].

Das Risiko eines periprozeduralen Insults ist ein weiteres wichtiges Kriterium. In unserem Patientenkollektiv trat diese Komplikation nicht auf. Walther et al. berichten jedoch von einer Schlaganfallinzidenz von 1–3% bei transapikaler Aortenklappenimplantation [6]. Deutlich höhere Schlaganfallraten werden nach retrograder, transfemorale Technik berichtet [18, 19].

Eine postoperative Schrittmacherpflichtigkeit, die eine Schrittmacherneuimplantation erforderte, trat lediglich bei einem Patienten (2,5%) auf. Dies deckt sich mit den aktuell publizierten niedrigen Inzidenzen von Schrittmacherimplantationen bei der transapikalen Aortenklappenimplantation [8, 9].

Abbildung 5. Schrittweise Klappenimplantation.**Figure 5.** Stepwise valve deployment.

Mit steigender Erfahrung konnte am Westdeutschen Herzzentrum Essen die Prozedur zunehmend in die tägliche Routine eingebracht werden. Sowohl die Operationszeiten als auch die Bindungszeiten der Anästhesie konnten signifikant reduziert werden. Des Weiteren ließen sich die Durchleuchtungszeiten und damit die Strahlenbelastung von Patient und Personal verringern. Zusätzlich konnte auch der Kontrastmittelverbrauch signifikant reduziert werden, und im Vergleich beider ergab sich kein Unterschied hinsichtlich einer neu aufgetretenen postoperativen Dialysepflichtigkeit. Vielmehr war der Anstieg des Kreatininwerts bei den Patienten der 2. Periode signifikant geringer.

Trotz eines deutlich erhöhten Risikoprofils der Patienten mit häufig begleitender COPD konnte in > 50% der Fälle die Extubation noch im Operationssaal erreicht werden. Dies wird durch eine kontinuierliche Wärmung der Patienten unterstützt. Alle Patienten werden auf einer Wärmematte gelagert und erhalten eine Heißluftdecke im Bereich der unteren Extremität. Trotz eines sehr kleinen Schnitts sind doch die Auswirkungen der Thorakotomie bei diesen alten und multimorbiden Patienten nicht unerheblich.

Aus obigen Ausführungen ergibt sich, dass die technischen Voraussetzungen für die Durchführung der transapikalen Aortenklappenimplantation erfüllt sein müssen. Ideal ist das Vorhandensein eines Hy-

bridoperationssaals, der eine leistungsfähige Durchleuchtungsanlage mit den sterilen Bedingungen eines Operationssaals kombiniert. Eine suboptimale Bildgebung mittels C-Bogen bietet eine nur unzureichende Qualität der Bildgebung. Der Hybridoperationssaal, wie er an unserem Zentrum seit 2004 vorhanden ist, erfüllt alle Voraussetzungen für die Durchführung sämtlicher chirurgischer Eingriffe in Kombination mit der Herz-Lungen-Maschine unter optimaler Bildwandlerkontrolle. Des Weiteren tragen gute Teamarbeit im Hybridoperationssaal und direkter Kontakt der einzelnen Disziplinen (Anästhesiologie, Herzchirurgie und Kardiologie) zum Erfolg dieses neuen Verfahrens bei.

Um die berichtete Letalität zu interpretieren, sollte Folgendes berücksichtigt werden: Die 30-Tage-Letalität der transapikalen Aortenklappenimplantation ist mit insgesamt 17,5% noch relativ hoch, wobei allerdings bei anfänglicher Zurückhaltung gegenüber diesen neuartigen Verfahren in Essen zunächst nur Patienten mit sehr hohem Risiko eingeschlossen wurden. Seit Beginn der transapikalen Aortenklappenimplantation an unserem Zentrum im Jahr 2007 konnten nach einer anfänglichen Lernkurve mit diesem Verfahren sowohl Morbidität als auch Letalität deutlich gesenkt werden. Von den bisher gemachten Erfahrungen mit der transapikalen Aortenklappenimplantation werden zukünftige Anwender und Patienten sicherlich profitieren.

Schlussfolgerung

Derzeit ist der operative Aortenklappenersatz mittels Sternotomie und Herz-Lungen-Maschine immer noch der „goldene“ Standard in der Therapie der degenerativen Aortenklappenstenose. Die transapikale Aortenklappenimplantation etabliert sich zunehmend als ein vielversprechendes, alternatives Behandlungsverfahren für multimorbide, hochbetagte Hochrisikopatienten. Nach unseren Erfahrungen ist die Anwendung der transapikalen Aortenklappenimplantation mit einer Lernkurve verbunden. Vor allem die Patientenselektion hat großen Einfluss auf die Ergebnisse mit dieser Methode. Dank differenzierter Patientenselektion, Patientenevaluierung und Verbesserungen der Prozedur wird die transapikale Aortenklappenimplantation mit einer verminderten Morbidität und Letalität durchgeführt.

Aufgrund guter Ergebnisse bei Hochrisikopatienten werden in Zukunft sicherlich auch gesündere Patienten mittels transapikaler Aortenklappenimplantation behandelt werden. Die enormen Vorteile dieses neuen Verfahrens ohne Einsatz der Herz-Lungen-Maschine und ohne kardioplegisch induzierten Herzstillstand liegen auf der Hand. Die transapikale Aortenklappenimplantation muss sich dennoch am Standard des konventionellen Aortenklappenersatzes messen. Geringe Inzidenzen von Schlaganfällen und Schrittmacherneimplantationen, kurze Operations- und Anästhesiezeiten sowie die geringe Inzidenz postoperativer Dialysepflichtigkeit stehen dem konventionellen Aortenklappenersatz gegenüber.

Autorenerklärung: M. Thielmann und H. Eggebrecht erklären ihre Tätigkeit als Proctor für Edwards Lifesciences. P. Kahlert erklärt seine Tätigkeit als Proctor für Edwards Lifesciences und die einmalige Übernahme von Reisekosten zum EuroPCR 2008, Barcelona, durch die Edwards Lifesciences GmbH. Die übrigen Autoren versichern, dass sie keine finanziellen oder persönlichen Beziehungen zu Dritten haben, deren Interessen das Manuskript positiv oder negativ beeinflusst haben könnten.

Literatur

1. Bouma BJ, van den Brink RBA, van der Meulen JHP, et al. To operate or not on elderly patients with aortic stenosis: the decision and its consequences. *Heart* 1999;82:143–8.
2. Charlson E, Legedza AT, Hamel MB. Decision-making and outcomes in severe symptomatic aortic stenosis. *J Heart Valve Dis* 2006;15:312–21.
3. Grossi EA, Schwartz CF, Yu PJ, et al. High-risk aortic valve replacement: are the outcomes as bad as predicted? *Ann Thorac Surg* 2008;85:102–6.
4. Iung B, Cachier A, Baron G, et al. Decision-making in elderly patients with severe aortic stenosis: why are so many denied surgery? *Eur Heart J* 2005;26:2714–20.
5. Sack S, Kahlert P, Khandanpour S, et al. Revival of an old method with new techniques: balloon aortic valvuloplasty of the calcified aortic stenosis in the elderly. *Clin Res Cardiol* 2008;97:288–97.
6. Walther T, Simon P, Dewey T, et al. Transapical minimally invasive aortic valve implantation: multicenter experience. *Circulation* 2007;116:Suppl:1-240.
7. Thielmann M, Wendt D, Kahlert P, et al. Transcatheter off-pump aortic valve implantation in patients with very high risk for conventional aortic valve replacement. *Circulation* 2008;118:Suppl:S944–5.
8. Walther T, Falk V, Kempfert J, et al. Transapical minimally invasive aortic valve implantation; the initial 50 patients. *Eur J Cardiothorac Surg* 2008;33:983–8.
9. Webb JG, Altwegg L, Boone RH, et al. Transcatheter aortic valve implantation. Impact on clinical and valve-related outcomes. *Circulation* 2009;119:3009–16.
10. Walther T, Falk V, Borger MA, et al. Minimally invasive transapical beating heart aortic valve implantation – proof of concept. *Eur J Cardiothorac Surg* 2007;31:9–15.
11. Webb JG, Pasupati S, Achtem L, Thompson CR. Rapid pacing to facilitate transcatheter prosthetic heart valve implantation. *Cathet Cardiovasc Interv* 2006;68:199–204.
12. Thielmann M, Eggebrecht H, Wendt D, et al. New techniques for the treatment of valvular aortic stenosis – transcatheter aortic valve implantation with the SAPIEN heart valve. *Minim Invasive Ther Allied Technol* 2009;1:131–41.
13. Buellesfeld L, Grube E. [Percutaneous aortic valve replacement – pro.] *Herz* 2009;34:124–9.
14. Kallenbach K, Karck M. [Percutaneous aortic valve implantation – contra.] *Herz* 2009;34:130–9.
15. Wendt D, Thielmann M, Buck T, et al. First clinical experience and 1-year follow-up with the sutureless 3F-Enable aortic valve prosthesis. *Eur J Cardiothorac Surg* 2008;33:542–7.
16. Descoutures F, Himbert D, Vahanian A. Aortic valve stenosis management: old strategies and future directions: reply. *Eur Heart J* 2008;29:2822.
17. Janosi RA, Kahlert P, Plicht B, et al. Guidance of percutaneous transcatheter aortic valve implantation by real-time three-dimensional transesophageal echocardiography – a single-center experience. *Minim Invasive Ther Allied Technol* 2009;1:142–8.
18. Grube E, Schuler G, Buellesfeld L, et al. Percutaneous aortic valve replacement for severe aortic stenosis in high-risk patients using the second- and current third-generation self-expanding CoreValve prosthesis: device success and 30-day clinical outcome. *J Am Coll Cardiol* 2007;50:69–76.
19. Webb JG, Pasupati S, Humphries K, et al. Percutaneous transarterial aortic valve replacement in selected high-risk patients with aortic stenosis. *Circulation* 2007;116:755–63.

Korrespondenzanschrift

Dr. Matthias Thielmann
Klinik für Thorax- und Kardiovaskuläre Chirurgie
Westdeutsches Herzzentrum Essen
Universitätsklinikum Essen
Hufelandstraße 55
45122 Essen
Telefon (+49/201) 723-4901, Fax -5451
E-Mail. matthias.thielmann@uni-due.de