

Kathetergestützte Aortenklappenimplantation

Was müssen Anästhesisten wissen?

Die kathetergestützte Aortenklappenimplantation („transcatheter aortic valve implantation“, TAVI) ist ein neues therapeutisches Verfahren zur Behandlung von Patienten mit hochgradiger Aortenklappenstenose und hohem Risiko im Zusammenhang mit einem herkömmlichen herzchirurgischen Eingriff. Erste prospektive randomisierte Studie zeigen eine deutliche Reduktion der Mortalität, eine schnellere symptomatische Verbesserung und eine signifikant kürzere Hospitalisationsdauer. Diese Ergebnisse untermauern den Stellenwert der TAVI als neuen Therapieansatz für Hochrisikopatienten mit symptomatischer Aortenklappenstenose.

Hintergrund

Die Aortenklappenstenose ist der häufigste erworbene Herzklappenfehler in der westlichen Welt [1, 2]. Die Prävalenz der Aortenklappenstenose nimmt mit steigendem Lebensalter zu [3], die klinischen Hauptsymptome sind Dyspnoe, Angina pectoris und Schwindel. Nach den derzeit gültigen Leitlinien der European Society of Cardiology (ESC) und der American Society of Cardiology (ACC) wird die Aortenklappenstenose in Abhängigkeit von der dopplerechokardiographisch bestimmten Flussgeschwindigkeit, der errechneten Klappenöffnungsfläche und dem Druckgradienten über der Aortenklappe in 3 Schweregrade eingeteilt [4, 5]. Bei einer schweren Aortenklappenstenose beträgt der mittlere Druckgradient über der Aortenklappe >40 mmHg [5]; die maximale „Jet“-Geschwindigkeit mindestens 4 m/s oder die Klappenöffnungsfläche <1 cm² [5] bzw. $0,6$ cm²/m² [4]. Diese Einteilung beruht auf der Annahme einer normalen linksventrikulären Funktion.

Bislang galt der chirurgische Aortenklappenersatz als „Goldstandard“ in der Therapie der hochgradigen Aortenklappenstenose [5, 6, 7]. Die Indikation zum Aortenklappenersatz besteht grundsätzlich für jeden symptomatischen Patienten; eine Ausnahme bildet die „Low-gradient“-Aortenstenose bei reduzierter linksventrikulärer Funktion und fehlender kontraktiver Reserve. Allein in Deutschland erhalten jährlich über 10.000 Patienten einen chirurgischen Aortenklappenersatz [8].

In den letzten Jahren konnten in der Herzchirurgie ein kontinuierlicher Anstieg des Patientenalters und eine Zunahme des Risikoprofils verzeichnet werden, Letzteres zum einen aufgrund des höheren Alters, zum anderen aufgrund zahlreicher Komorbiditäten wie Linksherzinsuffizienz, pulmonale Hypertonie, Niereninsuffizienz, Atherosklerose, neurologische Funktionsstörungen oder der Notwendigkeit einer Reoperation. Hieraus ergab sich für die moderne Herzchirurgie und interventionelle Kardiologie die

Notwendigkeit, bei diesen Hochrisikopatienten möglichst schonende und wenig invasive Behandlungsverfahren anzuwenden. So können das Operationstrauma und die Rekonvaleszenzzeit beispielsweise bei Patienten mit isolierter Aortenklappenstenose in vielen Fällen durch eine partielle Sternotomie („Ministernotomie“) oder einen anterolateralen Zugangsweg von rechtsthorakal deutlich reduziert werden [9].

Die TAVI über den transfemorale (TF-AVI), transaxilläre (TS-AVI) oder transapikale (TA-AVI) Zugangsweg ist ein neues therapeutisches Verfahren zur Behandlung von Patienten mit hochgradiger Aortenklappenstenose und hohem Risiko bei einem herkömmlichen herzchirurgischen Eingriff. Da die TAVI am

Tab. 1 Allgemeine Kontraindikationen für die kathetergestützte Aortenklappenimplantation

Kongenitale ein- oder bikuspidale Aortenklappe
Hinweis auf eine intrakardiale Raumforderung (z. B. Thrombus, Vegetation)
Aktive Infektion oder Endokarditis
Kontraindikationen für eine Antikoagulation
Isolierte hochgradige Aortenklappeninsuffizienz
Aortenannulus <18 mm bzw. >28 mm
Hypertrophe obstruktive Kardiomyopathie (HOCM)

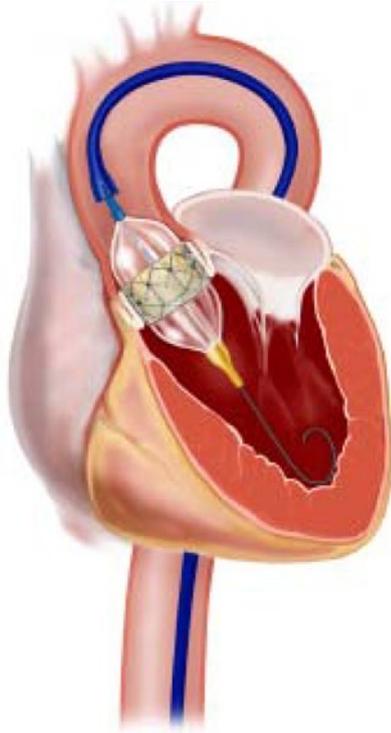


Abb. 1 ▲ Schematische Darstellung der retrograden transfemorale Aortenklappenimplantation. (Bild: Edwards Lifesciences, mit freundl. Genehmigung)

schlagenden Herzen ohne Sternotomie oder den Einsatz der Herz-Lungen-Maschine durchgeführt werden kann, eignet sich dieses Verfahren insbesondere für den Aortenklappenersatz bei älteren, multimorbiden und/oder kardial voroperierten Patienten, bei denen ein unverhältnismäßig großes perioperatives Morbiditäts- und Mortalitätsrisiko für einen konventionellen Aortenklappenersatz besteht. In einem Positionspapier der European Society of Thorax Surgeons (ESTS), der ESC und der European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI) wurde die Indikation zur TAVI festgelegt für Patienten über 70 Jahren mit symptomatischer Aortenklappenstenose, bei denen aufgrund von Komorbiditäten ein konventioneller Aortenklappenersatz mit einem nichtvertretbaren hohen Risiko verbunden ist [10]. Das perioperative Risiko für die TAVI kann mit dem EuroSCORE (<http://www.euroscore.org>) und/oder dem Society of Thoracic Surgeons (STS) Score (<http://www.sts.org>) abgeschätzt werden.

Die Ergebnisse der ersten prospektiv randomisierten Studie der TAVI zei-

gen eine deutliche Reduktion der Einjahresmortalität bei Hochrisikopatienten (Standardtherapie 50,7% vs. TF-AVI 30,7%, [11]). In einer späteren Untersuchung fand sich zwischen konventionellem Aortenklappenersatz und TF-AVI sowie TA-AVI kein Mortalitätsunterschied nach 30 Tagen (TAVI 3,4% vs. konventioneller Aortenklappenersatz 6,5%) und nach einem Jahr (TAVI 24,2% vs. konventioneller Aortenklappenersatz 26,8%). Bei den Patienten mit TAVI waren jedoch eine schnellere symptomatische Verbesserung und eine signifikant kürzere Hospitalisationsdauer nachweisbar [12].

Interventionsmöglichkeiten

Antegrade transseptale Klappenimplantation

Die Entwicklung der TAVI reicht bis in die frühen 1960er Jahre zurück. Davies et al. [13] beschrieben erstmals im Tiermodell die Platzierung einer Klappe mit einem Katheter zur Behandlung einer Aorteninsuffizienz.

Die erste TAVI am Menschen wurde 2002 von Cribier et al. [14] mit einer speziell hierfür entwickelten Aortenklappe durchgeführt. Diese Aortenklappenprothese bestand aus Pferdeperikard und war in einen röhrenförmigen, geschlitzten Stent aus Edelstahl eingenäht, der mit einem Ballon aufgedehnt werden konnte. Die Implantation der Aortenklappe erfolgte über den transseptalen Zugang, d. h., der Führungsdraht mit der Klappenprothese wurde über die V. femoralis, den rechten Vorhof, nach Punktion des intraatrialen Septums weiter über den linken Vorhof und linken Ventrikel bis zum Aortenannulus vorgeschoben. Dieser Zugangsweg war jedoch durch die technische Komplexität und die damit verbundenen Risiken limitiert. Zwei der Hauptkomplikationen des transseptalen antegraden Zugangs waren die Verletzung und die nachfolgende Insuffizienz der Mitralklappe durch das Kathetersystem [15].

Retrograde transfemorale Klappenimplantation

Webb et al. [16] entwickelten den retrograden transfemorale Zugangsweg zur Aor-

tenklappe über die A. femoralis (TF-AVI). Zur Ballonvalvuloplastie und Klappenimplantation benutzten sie ein schnelles ventrikuläres „overpacing“ (VOP), um den transaortalen Blutfluss passager zu stoppen und dadurch sichere Implantationsbedingungen zu schaffen [17]. Aufgrund der Größe der Applikationssysteme ist der Durchmesser der Beckengefäße der limitierende Faktor für die TF-TAVI. Der Minimaldurchmesser der Beckengefäße muss mindestens 6 mm betragen, um die TF-AVI technisch durchführen zu können. Die allgemeinen Kontraindikationen für die kathetergestützte Aortenklappenimplantation fasst **Tab. 1** zusammen.

Periinterventionelle Komplikationen der TF-AVI sind:

- Obstruktion der Koronarostien durch Bestandteile der verdrängten Nativeklappe,
- höhergradige atrioventrikuläre (AV-) Blockierungen,
- Dissektion der Aorta ascendens und/oder Aorta descendens,
- Gefäßverletzungen der Iliakalgefäße mit der Gefahr von retroperitonealen Blutungen,
- akute Perikardtamponade,
- Sprengung des Aortenannulus bei Platzierung der Aortenklappenprothese,
- Embolisation der Klappe in den Aortenbogen oder die Aorta descendens und
- Verletzung umliegender Strukturen, insbesondere der Mitralklappe.

Spätkomplikationen der TAVI sind das Auftreten eines akuten Nierenversagens und höhergradiger AV-Blockierungen.

Elhmi et al. [18] untersuchten die Inzidenz und Häufigkeit des akuten Nierenversagens bei Patienten nach TAVI. In der Studie entwickelten 20% der Patienten postinterventionell ein akutes Nierenversagen, das mit einer erhöhten Krankenhausmortalität assoziiert war. Smith et al. [12] verglichen die Inzidenz des akuten Nierenversagens bei TAVI mit der chirurgischen Kohorte; hierbei zeigte sich kein Unterschied zwischen beiden Gruppen (1,2 vs. 1,2%). Die Vancouver- und Quebec-Gruppe fanden als einzigen unabhängigen Prädiktor für das Auftreten eines postoperativen Nierenversagens den präoperativen Serumkreatininwert [19].

C. Riediger · F. Nietlispach · F. Rüter · J. Fassl

Kathetergestützte Aortenklappenimplantation. Was müssen Anästhesisten wissen?

Zusammenfassung

Der chirurgische Aortenklappenersatz gilt als Goldstandard in der Therapie der hochgradigen Aortenklappenstenose. Die veränderte Demografie konfrontiert die behandelnden medizinischen Fachdisziplinen jedoch mit einem zunehmend höheren Risikoprofil der Patienten; dies machte die Entwicklung neuer weniger invasiver Behandlungsalternativen in der operativen Therapie der Aortenklappenstenose erforderlich. Dieser Entwicklungsprozess führte über die Minithorakotomie hin zur kathetergestützten Aortenklappenimplantation („transcatheter aortic valve implantation“, TAVI). Die TAVI ist ein neues therapeutisches Verfahren zur Behandlung von Patienten mit hochgradiger Aortenklappenstenose und hohem perioperativen Morbiditäts- sowie Mortalitätsrisiko für einen konventionellen Aortenklappenersatz. Da die TAVI am schlagenden Herzen ohne Sterno-

tomie und Herz-Lungen-Maschine durchgeführt werden kann, eignet sich dieses Verfahren insbesondere für den älteren, multimorbiden und/oder kardial voroperierten Patienten. Die ersten Ergebnisse großer prospektiver Multizenterstudien unterstreichen den Stellenwert der TAVI in der modernen Behandlung von Hochrisikopatienten mit symptomatischer Aortenklappenstenose. Die TAVI erfordert vom Anästhesisten neben dem Verständnis des chirurgischen Ablaufs die genaue Kenntnis des perioperativen anästhesiologischen Managements und der möglichen Komplikationen des Verfahrens.

Schlüsselwörter

Anästhesie · „Monitoring“, intraoperativ · Aortenklappenstenose · Ballonvalvuloplastie · Kardiales „pacing“, künstlich

Transcatheter aortic valve implantation. What do anesthetists need to know?

Abstract

Surgical replacement of aortic valves is the gold standard for therapy of high grade aortic valve stenosis. However, the changes in demography confront the responsible medical discipline with an increasingly higher risk profile of patients which necessitates the development of new less invasive alternative forms of treatment for the surgical therapy of aortic valve stenosis. This developmental process has progressed from mini-thoracotomy to transcatheter aortic valve implantation (TAVI). The TAVI procedure is a new therapeutic option for treatment of patients with high grade aortic valve stenosis and high perioperative morbidity and mortality risks with conventional aortic valve replacement. Because TAVI can be carried out while the heart is still beating and without a sternotomy or

heart-lung machine, this procedure is particularly suitable for elderly multimorbid patients and/or patients with previous cardiac surgery. The initial results of large prospective multicenter studies underline the value of TAVI in the modern treatment of high risk patients with symptomatic aortic valve stenosis. In addition to an understanding of the surgical procedure, anesthetists must have precise knowledge of the perioperative anesthesia management and possible complications of the procedure.

Keywords

Anesthesia · Monitoring, intraoperative · Aortic valve stenosis · Balloon valvuloplasty · Cardiac pacing, artificial

Die Häufigkeit der permanenten Schrittmacherimplantation nach konventionellem Aortenklappenersatz wird in der Literatur mit 2–8% angegeben [20, 21, 23]. Die Inzidenz der Schrittmacherpflichtigkeit nach TAVI ist für die einzelnen Prothesentypen unterschiedlich. Die Rate an permanenten Schrittmacherimplantationen liegt nach Implantation einer CoreValve-Klappe bei bis zu 30%, nach Implantation einer Edwards-Sapien-XT®-Klappe zwischen 2 und 4% und somit nicht höher im Vergleich zum chirurgischen Aortenklappenersatz [24, 25]. Prädiktoren für die Notwendigkeit einer Schrittmacherimplantation sind ein präoperativ bestehender Links- bzw. Rechtsschenkelblock [26] sowie ein linksanteriorer Hemiblock, intraoperativ neu aufgetretene AV-Blockierungen und die Verwendung der Medtronic-CoreValve-Prothese [27]. Höhergradige AV-Blockierungen können verzögert auch einige Stunden bis Tage nach Implantation auftreten – insbesondere bei Implantation der selbstexpandierenden CoreValve-Prothese. Daher muss auf der postoperativen Überwachungseinheit die Möglichkeit zur Durchführung eines passageren Pacing vorhanden sein [24, 26, 28].

Interventionelles Vorgehen. In  **Abb. 1** ist der transfemorale Zugang mit einer Edwards-Sapien-XT®-Klappe (Edwards Lifesciences Inc., Irvine, CA) schematisch abgebildet. Für diesen Zugangsweg werden beide Femoralarterien und eine Femoralvene verwendet; die Katheter werden nach Gabe von Heparin platziert. Der für das VOP erforderliche passagere Schrittmacher wird bei der transfemorale Technik über die rechte V. jugularis interna (Anästhesist) oder unter Durchleuchtung über die Femoralvene (Operateur) eingelegt.

Als erster Schritt der TAVI erfolgt die Sprengung der verkalkten Aortenklappe unter VOP mithilfe der Ballonvalvuloplastie; hierbei kann in seltenen Fällen eine hämodynamisch signifikante Aortenklappeninsuffizienz auftreten. Nach erfolgreicher Sprengung wird die korrekte Position der Klappe mithilfe der Fluoroskopie und der transösophagealen Echokardiographie (TEE) bestätigt. Danach erfolgt ebenfalls unter VOP die Implantation der Aortenklappenprothese. Die

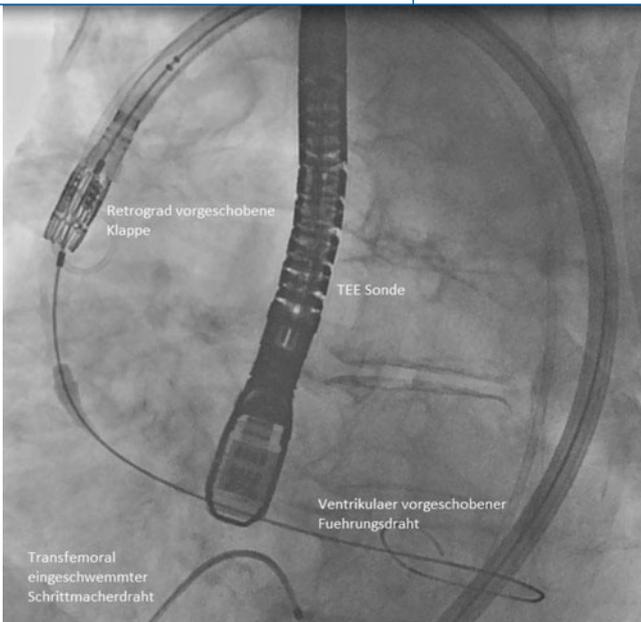


Abb. 2 ▲ Angiographie: retrogrades Vorschieben der „gecrimpten“ Klappe

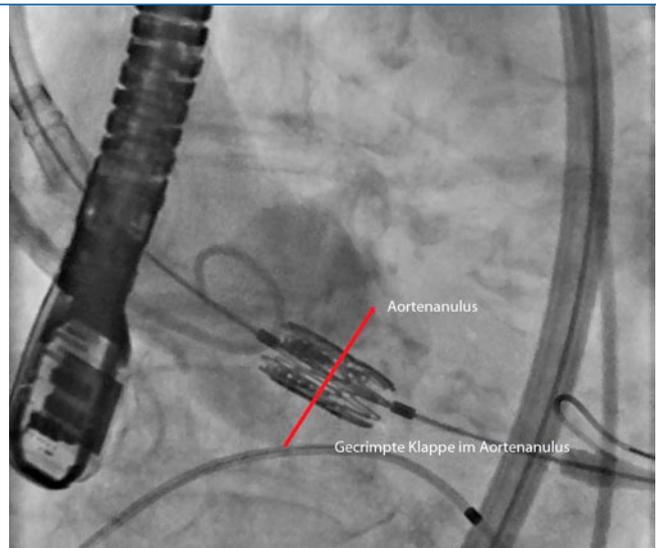


Abb. 3 ▲ Klappe vor Implantation im nativen Aortenannulus

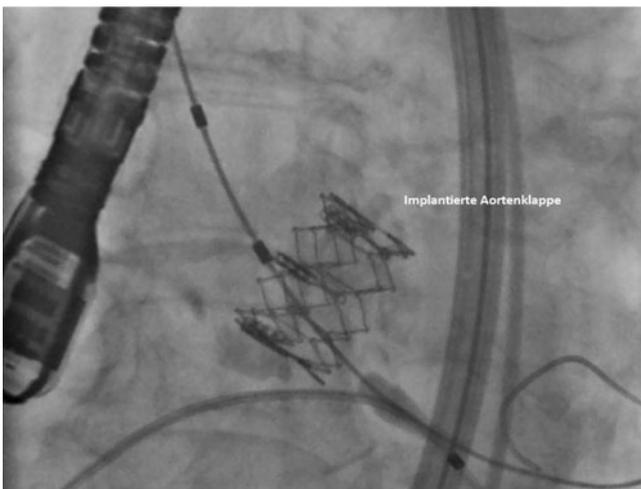


Abb. 4 ◀ Implantierte Edwards-Sapien-XT®-Prothese



Abb. 5 ▲ Medtronic-CoreValve-Klappe. (Aus [69], mit freundl. Genehmigung)

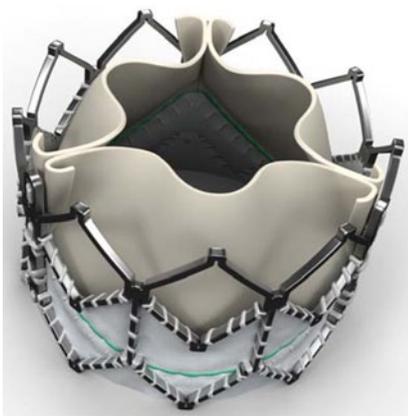


Abb. 6 ▲ Edwards Sapien XT®-Klappe. (Mit freundlicher Genehmigung von Edwards Lifesciences®)

Kontrolle der korrekten Klappenposition und -funktion wird anschließend mithilfe der Aortographie und TEE vorgenommen. Bei Vorliegen einer paravalvulären Leckage kann die Ballondilatation erneut durchgeführt werden, um die Dichtheit zwischen der Prothese und dem Aortenannulus zu verbessern. Die **Abb. 2, 3, 4** zeigen die angiographische Darstellung der TF-AVI.

Antegrade transapikale Klappenimplantation

Ausgehend von den Erfahrungen der transapikalen Punktion zur Entlüftung des linken Ventrikels nach intrakardialen Eingriffen untersuchten verschiedene

Studiengruppen einen zweiten Zugangsweg für die TAVI, der unter der Bezeichnung „transapikaler Zugangsweg“ (TA-AVI) bekannt wurde. Bei diesem Verfahren erfolgt eine linksseitige Minithorakotomie im 5. bis 6. Interkostalraum, um die Implantation der Aortenklappe über den linksventrikulären Apex durchzuführen. Tierstudien konnten die Durchführbarkeit der TA-TAVI bestätigen. Die ersten Ergebnisse nach TA-AVI bei 7 Patienten wurden von Lichtenstein et al. [29] im Jahr 2006 publiziert. Die Ballonvalvuloplastie und Klappenimplantation erfolgen bei der TA-AVI und auch bei TF-AVI unter schnellem ventrikulären Pacing ohne Verwendung der Herz-Lungen-Maschine oder der Notwendigkeit einer Sternotomie. Somit stellt der transapikale Zugangsweg für Patienten, bei denen der transfemorale Zugang aufgrund einer peripheren arteriellen

Verschlusskrankheit oder einem zu geringen Durchmesser der Beckengefäße nicht möglich ist, eine geeignete Alternative dar.

Die Akutkomplikationen der TA-AVI während der Implantation sind – abgesehen von der Perikardtampnade – die gleichen wie für TF-AVI.

Chirurgisches Vorgehen. Die für den transapikalen Zugang erforderliche Minithorakotomie wird im Bereich der Herzspitze im 5. oder 6. Interkostalraum durchgeführt, das Perikard inzidiert und mit Haltenähten fixiert. Eine mit Teflonfilz verstärkte doppelte Tabaksbeutelnaht wird linkslateral des R. interventricularis anterior im Bereich der Herzspitze um die spätere Punktionsstelle vorgelegt. Die Schrittmacherelektroden für das VOP werden auf das Myokard aufgenäht. Nach Gabe von Heparin erfolgen die Punktion des Apex und das antegrade Verschieben des Führungsdrahts durch die verkalkte sowie stenosierte Aortenklappe. Unter fluoroskopischer und transösophagealer Kontrolle wird der Ballonvalvuloplastiekatheter positioniert; die Balonvalvuloplastie wird unter VOP mit Frequenzen zwischen 160 und 240/min durchgeführt. Nach dem „Sprengen“ des Aortenannulus wird der Valvuloplastiekatheter gegen das Applikationssystem mit der „gecrimpten“ Aortenklappe ausgetauscht. Nach Bestätigung der korrekten Klappenposition erfolgt die Implantation der Klappe durch Inflation des Ballonkatheters unter VOP. Im Anschluss an die Implantation werden die korrekte Position und Klappenfunktion mithilfe der TEE und Angiographie evaluiert. Bei Vorliegen eines signifikanten paravalvulären Lecks ist eine weitere Ballonvalvuloplastie der implantierten Klappe zur Optimierung der Position möglich. Nach Entfernung des Ballonkatheters wird die apikale Punktionsstelle durch die vorgelegte Tabaksbeutelnaht verschlossen, eine Büllau-Drainage in den linken Hemithorax eingelegt, und abschließend erfolgt der schichtweise Wundverschluss [30].

Retrograde Klappenimplantation über die A. axillaris

Aufgrund der durch die Größe der Beckengefäße vorgegebenen technischen Grenzen für den retrograden transfemo-

Tab. 2 Verfügbare Klappenprothesen

Name	Hersteller	TA	TF	TS	Größen (mm)	Gerüst	Klappe	Aortenannulus (mm)
CoreValve®	Medtronic®	X	X		26, 29	Nitinol	„Porcine, Perikard	20–27
Sapien XT™	Edwards Lifesciences®	X	X	X	23, 26, 29	Kobalt-Chrom-Verbindung	„Bovine“, Perikard	Ca. 18–28

TA transapikal, TF transfemorale, TS transaxillär.

ralen Zugang und der Invasivität des transapikalen Zugangswegs erfolgten die Entwicklung und klinische Erprobung des retrograden Zugangswegs zur Aortenklappe über die linke oder rechte A. subclavia/A. axillaris (TS-AVI). Größere Studien stehen derzeit noch nicht zur Verfügung. Die bisherigen Erfahrungen mit diesem Verfahren sind jedoch vielversprechend und lassen vermuten, dass dieser Zugangsweg eine konkurrierende Alternative zu TF- und TA-AVI werden könnte [31, 32, 33, 34, 35, 36, 37].

Prothesentypen

Derzeit sind für die interventionelle Aortenklappenimplantation 2 Aortenklappenprothesen mit CE-Zertifizierung verfügbar:

- Medtronic-CoreValve-Prothese der Fa. Medtronic (■ **Abb. 5**) für TF-AVI und TS-AVI sowie
- Edwards-Sapien-XT™-Prothese der Fa. Edwards Lifesciences® (■ **Abb. 6**) für TF-AVI, TS-AVI oder TA-AVI.

Hier steht eine Anzeige.





Abb. 7 ▲ Eiswasserbad zum Falten der Medtronic-CoreValve-Klappe. (Aus [69], mit freundl. Genehmigung)

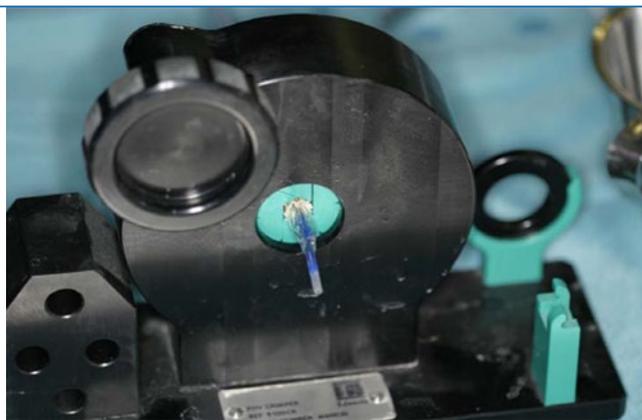


Abb. 8 ▲ Falten der Edwards-Sapien-XT®-Klappe auf den Ballonkatheter. (Aus [69], mit freundl. Genehmigung)

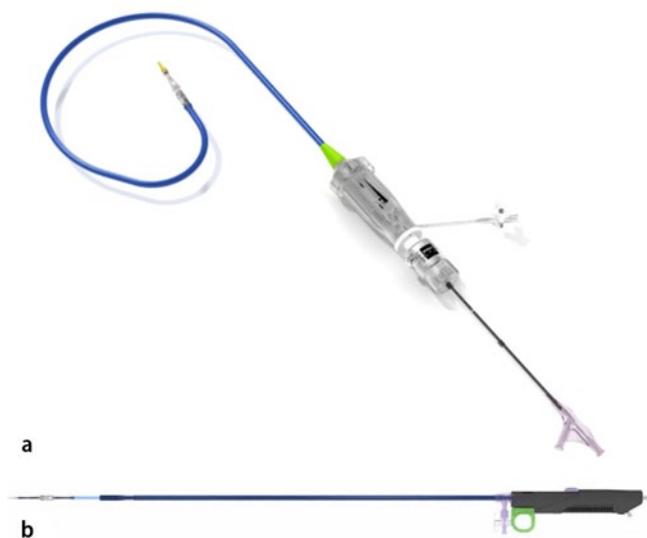


Abb. 9 ◀ **a** Edwards-Sapien-XT®-Klappe mit Retroflex® System für die retrograde und **b** Ascendra®-System für die transapikale kathetergestützte Aortenklappenimplantation. (Mit freundlicher Genehmigung von Edwards Lifesciences®)

Eine Übersicht über die klinisch verfügbaren Prothesentypen gibt **Tab. 2**. Weitere Klappenprothesen befinden sich zurzeit in der experimentellen Phase oder sind bereits in klinischer Erprobung.

Medtronic-CoreValve-Prothese

Die Medtronic-CoreValve-Prothese ist eine aus Schweineperikard hergestellte Klappe, die in einem selbstexpandierenden Stent aus Nitinol befestigt ist (**Abb. 5**). Nitinol ist ein Akronym für *Nickel Titanium Naval Ordnance Laboratory*, eine Metalllegierung mit Formgedächtnis. Diese Legierung besitzt die spezifische Eigenschaft, nach Deformierung unter kalten Temperaturen ihre ursprüngliche Form bei Wiedererwärmung wieder anzunehmen. Die Klappe wird in Eiswasser in das Applikationssystem auf einem Platzierungskathe-

ter gefaltet (**Abb. 7**). Das Stent-Gerüst ist 50 mm lang und in 3 Abschnitte unterteilt (**Abb. 5**). Der untere Abschnitt mit hoher Radialkraft bei Expansion drückt die Segel der kalkifizierten Klappe zur Seite. Der mittlere Abschnitt trägt die Klappe und verjüngt sich, um Obstruktionen der Koronararterien zu vermeiden. Der obere Abschnitt dient zur Fixierung der Klappe in der Aorta ascendens. Die Hülse des Applikationssystems wird bei der Implantation zurückgezogen, die Klappe entfaltet sich und legt sich den anatomischen Strukturen des Aortenanus und der Aorta ascendens an. Die CoreValve-Klappe ist in den Größen 26 mm und 29 mm verfügbar. Ein 18-F-Applikationssystem wird für den transfemorale Zugangsweg benötigt; dies macht eine Beckengefäßweite von mindestens 6 mm erforderlich. Grube et al. [38] berichteten 2006 erstmals

über den Gebrauch dieser selbstexpandierenden Klappe für die TF-AVI.

In ersten Studien wird die CoreValve-Prothese auch für den transapikalen Zugang und den Zugang über die A. subclavia verwendet [36, 37, 39, 40]. Eine spezifisch für den transapikalen Zugang gefertigte CoreValve-Klappe befindet sich in Entwicklung. In Europa ist das transfemorale System kommerziell erhältlich; in den USA ist es derzeit nur für die Anwendung im Rahmen von Studien zugelassen.

Edwards Sapien XT®

Die Edwards-Sapien-XT®-Prothese besteht aus Rinderperikard (**Abb. 6**). Sie ist in einem röhrenförmigen, geschlitzten Stent aus Kobaltchrom montiert und wird mit einem Ballon aufgedehnt. Diese Prothese ist in den Größen 23 mm und 26 mm verfügbar. Eine 29-mm-Klappe wurde kürzlich zugelassen, ist derzeit aber nur für die TA-AVI verwendbar. Die Prothese auf dem Applikationssystem für die TF-AVI zeigen **Abb. 8 und 9**.

Die Edwards-Sapien-XT®-Prothese wird über eine 18-F-Schleuse (23-mm-Klappe) oder eine 19-F-Schleuse (26-mm-Klappe) retrograd transfemorale sowie über eine 24-F-Schleuse (26 F für die 29-mm-Klappe) antegrad transapikal eingeführt.

Anästhesiologisches Management

Die Anwendung der TAVI beschränkt sich derzeit auf Hochrisikopatienten oder Patienten mit bestehenden Kontraindikationen für einen konventionellen Aortenklappenersatz. Ältere oder kardial voroperierte Patienten qualifizieren sich ggf. für

eine TAVI. Zur Risikostratifizierung bedient man sich der bekannten herzchirurgischen Scoring-Systeme (EuroSCORE und STS-Score). Der EuroSCORE – ursprünglich für aortokoronare Bypassoperationen validiert – fand in der Herzchirurgie zum Abschätzen des individuellen Operationsrisikos weite Verbreitung. Die Verwendung der genannten Scoring-Systeme für den TAVI wird derzeit kontrovers diskutiert, da diese das perioperative Risiko für die TAVI [41, 42, 43, 44, 45] überschätzen.

Aufgrund multipler Komorbiditäten wie z. B. stattgehabter Schlaganfall, eingeschränkte linksventrikuläre Funktion, Vorhofflimmern, Mitralinsuffizienz, pulmonalerterielle Hypertonie, fortgeschrittene pulmonale Erkrankungen, Niereninsuffizienz und Vorliegen einer peripheren arteriellen Verschlusskrankheit liegt bei diesen Patienten ein deutlich erhöhtes Anästhesierisiko vor. Dies macht ein an den Erfordernissen des Eingriffs angepasstes spezifisches anästhesiologisches Management notwendig [46]. Das anästhesiologische Vorgehen für die TF-AVI bzw. die TA-AVI fassen **Tab. 3 und 4** zusammen.

Analgosedierung/“stand-by“ vs. Allgemeinanästhesie

Für die TF-AVI ist neben der Allgemeinanästhesie grundsätzlich auch die Durchführung eines anästhesiologischen Stand-by möglich. Die Wahl des jeweiligen Anästhesieverfahrens hängt v. a. von der zentrumspezifischen Erfahrung für den TF-AVI ab.

Bei beiden Anästhesieverfahren muss der Patient zwingend mit einer invasiven Blutdruckmessung, einem zentralvenösen Katheter und einem großlumigen i.v.-Volumen-Zugang für den Eingriff vorbereitet werden. Des Weiteren ist die Anlage externer Defibrillationspads obligat.

Die Vorteile des Stand-by bestehen in der Möglichkeit der kontinuierlichen neurologischen Beurteilung des wachen Patienten während des gesamten Eingriffs sowie einer potenziellen Verkürzung der postoperativen Erholungszeit mit kürzerer Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation und somit insgesamt verkürztem sta-

Tab. 3 Anästhesiologisches Management für den transfemorale Zugang

Interventioneller Ablauf	Anästhesiologisches Prozedere
Monitoring	<ul style="list-style-type: none"> – EKG-Monitoring – Invasive Blutdruckmessung (linksseitige A. radialis) – Peripher venöser Zugang – Externe „defipads“ kleben, Funktion überprüfen – Intubation mit „Single-lumen“-Tubus – Zentralvenenkatheter (rechtsseitige V. jugularis) – Infusionswärmesystem – Externes Wärmesystem installieren – Präoperativ bestehende Volumendefizite ausgleichen – TEE nur bei intubierten Patienten
Transvenöser „Pacemaker“	Einschwemmen des transvenösen Pacemaker a.) V. jugularis interna durch Anästhesisten b.) V. femoralis durch Kardiologen Kontrolle der korrekten Lage mithilfe der Angiographie Testen des Pacemaker mit Frequenzen oberhalb der Eigenfrequenz
Punktionsleiste und Schleusenplatzierung	Gabe von Heparin mit Ziel-ACT > 250 s Auf Verletzung der femoralen und inguinalen Gefäße achten Cave: retroperitoneale Blutung TEE Kontrolle des „guidewire“ im mittösophagealen Längsachsenblick; Guidewire muss Aortenklappe passieren und im linken Ventrikel liegen
Valvuloplastie	Kontaktkontrolle des externen Defibrillators Anheben des MAP auf Werte > 75 mmHg Enge Kommunikation mit dem Kardiologen Auslösen des VOP mit Frequenzen > 180/min nur bei stabilen Kreislaufverhältnissen und MAP > 75 mmHg Terminierung VOP durch Ansage des Kardiologen Hämodynamische Stabilisierung nach VOP TEE Kontrolle der Valvuloplastie im mittösophagealen Längsachsenblick (▣ Abb. 12) Nach Valvuloplastie Bestimmung der Aortenklappeninsuffizienz und kurze orientierende Untersuchung auf neu aufgetretene regionale Wandbewegungsstörungen
Klappenpositionierung	Mittlerer arterieller Druck > 75 mmHg Eventuell „pacing“ mit Frequenzen von 100/min, um Regurgitationsvolumen durch funktionelle Aortenklappeninsuffizienz zu minimieren VOP zur Platzierung der Klappe Kontrolle der korrekten Lage der Klappe in der Angiographie und im TEE (mittösophagealer Längsachsenblick, ▣ Abb. 12)
Klappenimplantation	Auslösen des VOP mit Frequenzen > 180/min nur bei stabilen Kreislaufverhältnissen und MAP > 75 mmHg Terminierung des VOP durch Ansage des Kardiologen Hämodynamische Stabilisierung nach VOP
Nach Klappenimplantation	TEE Kontrolle der Klappenposition im mittösophagealen Längsachsenblick Suche nach paravalvulären bzw. zentralen Klappeninsuffizienzen Lokalisation und Graduierung eventueller paravalvulärer Lecks im mittösophagealen Kurzachsenblick, tief transgastrischen Blick und transgastrischem Längsachsenblick
Gefäßverschluss in der Leiste	Vermeidung von Hypertonie bei Entfernen der Schleuse und bei Verschluss der femoralen Gefäße TEE Postoperative Standarduntersuchung mit Fokus auf: <ul style="list-style-type: none"> – Aortenklappe – Para- bzw. zentrale Lecks – Neu aufgetretene Wandbewegungsstörungen

ACT „activated clotting time“, MAP „mean arterial pressure“ (mittlerer arterieller Druck), TEE transösophageale Echokardiographie, VOP ventrikuläres „pacing“.

Tab. 4 Anästhesiologisches Management für den transapikalen Zugang

Chirurgischer Ablauf	Anästhesiologisches Prozedere
Monitoring	<ul style="list-style-type: none"> – EKG-Monitoring – Invasive Blutdruckmessung (linksseitige A. radialis) – Peripher venöser Zugang – Externe „defipads“ kleben, Funktion überprüfen – Intubation mit „Single-lumen“-Tubus – Zentralvenenkatheter (rechtsseitige V. jugularis) – Infusionswärmesystem – Externes Wärmesystem installieren – Präoperativ bestehende Volumendefizite ausgleichen
Epikardialer „Pacemaker“	Anlage des epikardialen Pacemaker durch Herzchirurgen, alternativ eingeschwemmter „pacer“ über Schleuse in der V. jugularis Testen des Pacemaker mit Frequenzen oberhalb der Eigenfrequenz
Myokardiale Tabaksbeutelnaht und Apexpunktion	Gabe von Heparin mit Ziel-ACT > 250 s Vermeidung von Hypertonie vor Punktion Auf Volumenverluste achten
	TEE Kontrolle des „guidewire“ im mittösophagealen Längsachsenblick, Guidewire muss Aortenklappe passieren
Valvuloplastie	Kontaktkontrolle des externen Defibrillators Anheben des MAP auf Werte über 75 mmHg Enge Kommunikation mit dem Chirurgen Auslösen des VOP mit Frequenzen > 180/min nur bei stabilen Kreislaufverhältnissen und MAP > 75 mmHg Terminierung des VOP durch Ansage des Chirurgen Hämodynamische Stabilisierung nach VOP TEE Kontrolle der Valvuloplastie im mittösophagealen Längsachsenblick (Abb. 12) Nach Valvuloplastie Bestimmung der Aortenklappeninsuffizienz und orientierende Untersuchung auf neu aufgetretene regionale Wandbewegungsstörungen
Klappenpositionierung	Hypertonie bei Wechsel von Ballonkatheter auf Schleuse vermeiden MAP > 75 mmHg Eventuell „pacing“ mit Frequenzen von 100/min, um Regurgitationsvolumen durch funktionelle Aortenklappeninsuffizienz zu minimieren VOP zur Klappenpositionierung Kontrolle der korrekten Lage der Klappe in der Angiographie
Klappenimplantation	Auslösen des VOP mit Frequenzen > 180/min nur bei stabilen Kreislaufverhältnissen und MAP > 75 mmHg Terminierung des VOP durch Ansage des Chirurgen Hämodynamische Stabilisierung nach VOP
Nach Klappenimplantation	TEE Kontrolle der Klappenposition im mittösophagealen Längsachsenblick Achten auf paravalvuläre bzw. zentrale Klappeninsuffizienzen Lokalisation und Graduierung eventueller paravalvulärer Lecks im mittösophagealen Kurzachsenblick, tief transgastrischen Blick und transgastrischem Längsachsenblick
Apexverschluss	Vermeidung von Hypertonie bei Entfernen der Schleuse und bei Verschluss des Apex
Thorakotomieverschluss	Anlage Interkostalblock und Wundinfiltration zur postoperativen Analgesie TEE Postoperative Standarduntersuchung mit Fokus auf <ul style="list-style-type: none"> – Aortenklappe – Para- bzw. zentrale Lecks – Neu aufgetretene Wandbewegungsstörungen

ACT „activated clotting time“, MAP „mean arterial pressure“ (mittlerer arterieller Druck), TEE transösophageale Echokardiographie, VOP ventrikuläres „pacing“.

tionären Aufenthalt. Zudem scheinen die hämodynamischen Veränderungen während der TF-AVI bei wachen Patienten weniger ausgeprägt zu sein als bei Patienten unter Allgemeinanästhesie [47]. Nachteile des Stand-by sind der Verzicht auf die TEE und die Gefahr unkontrollierter Patientenbewegungen.

Basierend auf den aktuellen Literaturdaten ist die Allgemeinanästhesie die für die TA-AVI bevorzugt durchgeführte Anästhesietechnik. Neben dem üblichen kardioanästhesiologischen Monitoring erfolgt hier die Intubation mit einem „Single-lumen“-Tubus.

Ein Fallbericht beschreibt die Durchführung der TA-AVI in hoher thorakaler Epiduralanästhesie (Th₂/Th₃) mit Anwendung von „continuous positive airway pressure“ (CPAP) zur Unterstützung der Atmung [48]. Dieser Fallbericht zeigt, dass die TA-AVI auch mit einem rückenmarknahen Anästhesieverfahren, ggf. sogar bei Patienten mit eingeschränkter pulmonaler Funktion, durchgeführt werden kann.

Für die intraoperative Analgosedation eignen sich kurz wirksame Opiate und Benzodiazepine. Zur Aufrechterhaltung der Allgemeinanästhesie kommen kurz wirksame Opiate, Hypnotika und Muskelrelaxanzien zum Einsatz. Die postoperative Analgesie kann unter Berücksichtigung der jeweiligen Kontraindikationen durch präemptive Gabe eines nichtsteroidalen Analgetikums und eine intraoperative Lokalanästhesie im Bereich der Punktionsstellen sichergestellt werden.

Da es während der gesamten Phase der TAVI zu einer plötzlichen hämodynamischen Verschlechterung des Patienten durch Gefäßverletzungen oder das schnelle VOP kommen kann, ist die permanente Anwesenheit eines mit dem Eingriff und den evtl. auftretenden Komplikationen vertrauten Anästhesieteams erforderlich.

Hämodynamik

Die hämodynamische Überwachung bei TAVI besteht aus dem Basismonitoring (12-Kanal-EKG, Pulsoxymetrie, invasive Blutdruckmessung, zentralvenöser Zugang). Einige Autoren verwenden zusätz-

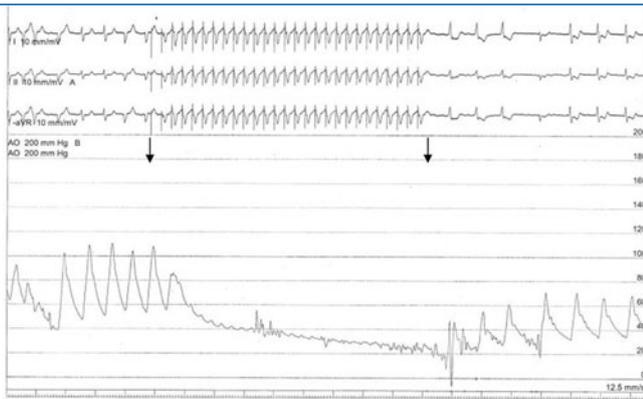


Abb. 10 ▲ Ventrikuläres „overpacing“ (VOP) während einer kathetergestützten Aortenklappenimplantation mit transapikalem Zugangsweg. Pfeile Beginn und Ende des VOP

lich einen Pulmonalkatheter, um das Herzzeitvolumen vor und nach der Klappenimplantation zu messen [49, 50]. Aufgrund der Gefahr von Rhythmusstörungen bei Patienten mit linksventrikulärer Hypertrophie, vorbestehendem Linkschenkelblock und Aortenstenose sollte der Pulmonalkatheter jedoch erst nach Platzierung des transvenösen Schrittmachers eingeschwenkt werden, damit ein ventrikuläres Pacing bei Auftreten eines trifaszikulären Blocks während der Platzierung des Pulmonalkatheters möglich ist [51].

Ventrikuläres „overpacing“

Das VOP erlaubt ein temporäres reversibles Aufheben des transaortalen Blutflusses, um die optimale Durchführung der Ballonvalvuloplastie und Positionierung der Aortenklappe zu gewährleisten. Die Medtronic-CoreValve-Prothese muss nicht unter VOP entfaltet werden, sodass für diesen Klappentyp ein VOP ggf. nur zur Ballonvalvuloplastie durchgeführt werden muss. Während der Implantation der Edwards-Sapien-XT®-Klappe hingegen ist das VOP von essenzieller Bedeutung, um der Fehlpositionierung und Embolisation der Prothese in die Aorta ascendens vorzubeugen.

Ventrikuläres Overpacing ist ein Charakteristikum dieser kathetergestützten Implantationsverfahren und erfordert die volle Aufmerksamkeit des Anästhesisten sowie gute Kommunikation zwischen allen Mitgliedern des Teams. Der gesamte Eingriff wird in Defibrilla-

tionsbereitschaft durchgeführt [46], daher sind die Anlage transkutaner Defibrillationselektroden und deren Funktionstestung vor Operationsbeginn verpflichtend.

Für die TF-AVI wird der transvenöse Schrittmacher über die Jugular- oder Femoralvene eingeschwenkt und platziert. Da Arrhythmien, insbesondere höhergradige AV-Blockierungen, nach dem Eingriff auftreten können, wird der Schrittmacher postoperativ in situ belassen [24, 26, 52].

Unabhängig vom Zugangsweg für die Schrittmacheranlage muss der Schrittmacher vor der Ballonvalvuloplastie getestet werden. Bei Stimulation mit der VOP-Frequenz sollte eine Reduktion des invasiv gemessenen systolischen Blutdrucks auf Werte um 60 mmHg erfolgen und eine Blutdruckamplitude nicht mehr sichtbar sein [17]. Das Monitorbild des VOP bei Durchführung einer TA-AVI ist in **Abb. 10** dargestellt.

Durch Erhöhung des mittleren arteriellen Drucks („mean arterial pressure“, MAP) vor Beginn des VOP können tiefe MAP-Werte mit verlängerter Erholungszeit nach VOP vermieden werden. Das hämodynamische Management vor Beginn des VOP wird in der Literatur unterschiedlich beschrieben: Fassl et al. [46] und Guinot et al. [53] führten eine gezielte Erhöhung des MAP vor Beginn des VOP durch, während andere Autoren den MAP nicht erhöhten [50]. Die untere Grenze des MAP für die TAVI vor Auslösen des VOP lag bei 75 mmHg [46] bzw. 90 mmHg [53]. Fassl et al. [54] konnten

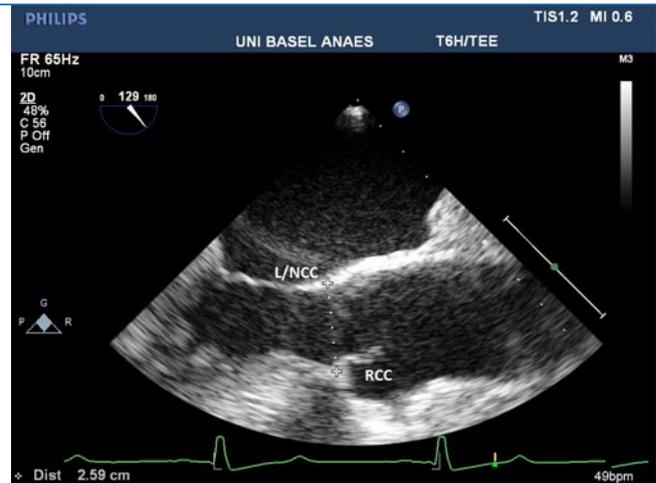


Abb. 11 ▲ Mittelsophagealer Längsschnitt zum Ausmessen des nativen Aortenannulus

diesen Eingriff mit einer Erfolgsrate von 81% ohne Verwendung der Herz-Lungen-Maschine durchführen. Da das VOP und die damit assoziierte hämodynamische Erholungszeit aus anästhesiologischer Sicht wichtige Determinanten zum Erfolg der TAVI darstellen, verdient die gezielte MAP-Erhöhung mit konsekutiver Verbesserung des „outcome“ weitergehende wissenschaftliche Beachtung. Bei erhaltener linksventrikulärer Funktion sollte daher die Indikation zur kontinuierlichen Gabe α -adrenerger Substanzen (z. B. Noradrenalin) mit dem Ziel der passageren Erhöhung des MAP frühzeitig gestellt werden. Das präoperative Volumendefizit muss unter echokardiographischer Kontrolle der linksventrikulären Füllung ausgeglichen werden. Die hämodynamisch kritische Phase des VOP erfordert die besondere Aufmerksamkeit des gesamten Teams. Neben den erforderlichen bildgebenden Verfahren sollte das räumliche Setup der TAVI die Möglichkeit bieten, den Patienten bei hämodynamischer Verschlechterung jederzeit an die Herz-Lungen-Maschine anschließen zu können [55, 56].

Intra- und postoperative Antikoagulation

Die intraoperative Antikoagulation ist von den Herstellern nicht einheitlich vorgegeben und erfolgt daher zentrumspezifisch. Ein Zielwert der „activated clotting time“ (ACT) von mindestens 250 s sollte aus Sicherheitsgründen jedoch eingehalten werden.

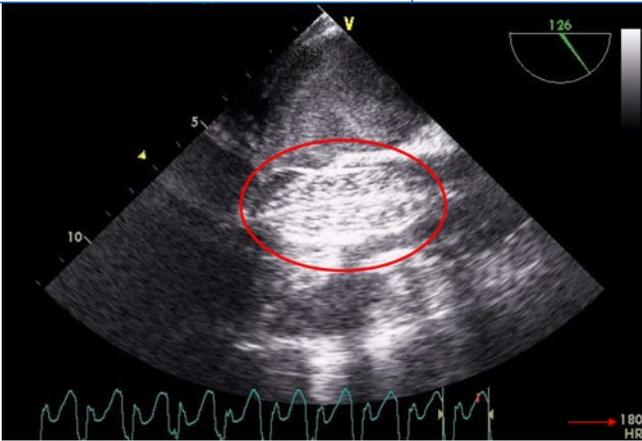


Abb. 12 ◀ Ballonvalvuloplastie unter ventrikulärem „overpacing“ [46]. Pfeil VOP-Frequenz 180/min

Die postoperative Antikoagulation erfolgt mithilfe der dualen Aggregationshemmung (Aspirin und Clopidogrel) für insgesamt 6 Monate. Bei gleichzeitiger oraler Applikation wird die Antikoagulation gemäß Risikoabschätzung einer Trippel- vs. einer Dualtherapie durchgeführt.

Transösophageale Echokardiographie

Die European Association of Echocardiography (EAE) und die American Society of Echocardiography (ASE) haben für die Verwendung der transthorakalen und transösophagealen Echokardiographie Empfehlungen beim Einsatz während der TAVI publiziert [57].

Die präoperative TEE vor TAVI wird nach Anästhesieeinleitung im OP durchgeführt und richtet sich nach den Guidelines der ASE und der Society of Cardiovascular Anesthesiologists (SCA, [58]). Ziel dieser Untersuchung ist die Bestimmung der echokardiographischen „baseline“ mit Identifikation myokardialer oder valvulärer Abnormalitäten vor Durchführung der TAVI.

Besondere Bedeutung kommt dem korrekten Ausmessen des Aortenannulus zu, da hierdurch die Größe der zu implantierenden Klappe definiert wird. Die Messung sollte mehrfach und idealerweise von zwei erfahrenen Untersuchern vorgenommen werden. Die Messungen werden im mittösophagealen Längsachsenschnitt (ME AV LAX; **Abb. 11**) durchgeführt. Nach korrekter Einstellung erfolgt die Fokussierung auf den Aortenannulus. Der Aortenannulus wird endsystolisch vom Ansatz der rechtskoronaren

Tasche („right coronary cusp“, RCC) bis zum Ansatzpunkt der akoronaren bzw. linkskoronaren Tasche („left/non-coronary cusp“, L/NCC) ohne den Einschluss von Verkalkungen vermessen.

Weitere intraoperative Fragestellungen an die TEE sind:

1. Bestätigung der korrekten Position des Führungsdrahts (für TF-AVI: linker Ventrikel, für TA-AVI: Aorta ascendens).
2. Kontrolle der Ballonposition für die Ballonvalvuloplastie. (Der Ballon trennt die stenotische Aortenklappe in der Ballonmitte.) Den entfalteten Ballon unter VOP im mittösophagealen Längsachsenschnitt (ME AV LAX) zeigt **Abb. 12**.
3. Kontrolle der Klappenposition vor Implantation.

Die postinterventionelle TEE-Evaluation fokussiert sich auf die korrekte Position und Funktion der Klappenprothese, die Identifikation neuer regionaler Wandbewegungsstörungen durch eine mögliche Verlegung der Koronarostien und den Nachweis eines neu aufgetretenen Perikardergusses. Das Risiko einer paravalvulären Aorteninsuffizienz ist durch die nahtlose Implantationstechnik einer Stent-fixierten Aortenklappe im Vergleich zum konventionellen Aortenklappenersatz signifikant höher [11, 59]. Detektion, Lokalisation und Quantifizierung einer Aortenklappeninsuffizienz sind für den weiteren intraoperativen Entscheidungsprozess äußerst wichtig. Eine paravalvuläre Aortenklappeninsuffizienz wird in mehreren Schnittebenen evaluiert und der Schweregrad der Aorteninsuffizienz mithilfe der „Pressure-half-time“-Me-

thode und der Breite des Regurgitations-Jet im Verhältnis zum linksventrikulären Ausflusstrakt quantifiziert. Hämodynamisch relevante paravalvuläre Lecks können durch erneute Ballondilatation der implantierten Klappe behoben bzw. reduziert werden.

Die Diagnostik therapiebedürftiger para- und transvalvulärer Leckagen stellt hohe Ansprüche an den Untersucher. Das Vorhandensein einer transvalvulären Insuffizienz kann erst nach Rückzug des Führungsdrahts korrekt evaluiert werden. Bei signifikanter Aortenklappeninsuffizienz durch zu tiefe Implantation der Klappenprothese ist ggf. die Implantation einer zweiten kathetergestützten Aortenklappe in die bereits platzierte Klappe notwendig [60, 61]. Da sich die Risiken der TAVI von dem eines chirurgischen Klappenersatzes unterscheiden, muss der Untersucher die spezifischen Komplikationen der kathetergestützten Verfahren kennen. Besondere Aufmerksamkeit ist auf neu aufgetretene Wandbewegungsstörungen infolge einer Verlegung der Koronarostien durch die implantierte Klappe, das Auftreten einer Mitralklappeninsuffizienz durch Verletzung der Mitralklappe, eine Aortenannulus- oder Aortenwurzelruptur durch die Ballonvalvuloplastie und eine Aortendissektion oder eine Myokardperforation mit perakuter Perikardtamponade zu richten [57].

Perioperative Überlegungen

Das perioperative Management der TAVI muss trotz des erhöhten Alters und Risikoprofils der Patienten eine Balance zwischen Patientensicherheit und Wirtschaftlichkeit finden. Die Wahl der Anästhesietechnik und des postoperativen Managements für diese Hochrisikopatienten hängt sowohl vom einzelnen Patienten als auch von der Teamerfahrung ab: Ender et al. [62] sowie Hantschel et al. [63] konnten im Fall der Allgemeinanästhesie zeigen, dass die „Fast-track“-Anästhesie das Outcome des kardiochirurgischen Patienten deutlich verbessert. In der Fast-track-Gruppe war die Inzidenz eines postoperativen „Low-cardiac-output“-Syndroms ebenso wie die Mortalität signifikant vermindert [62].

Tab. 5 Anästhesietechniken für die kathetergestützte Aortenklappenimplantation. (Aus [68])

Literatur	Ree et al. [64]	Behan et al. [66]	Covello et al. [65]	Fassl et al. [46]	Guarracino et al. [32]
Fallzahl	N=40	N=12	N=18	N=100	N=22
Durchgeführte Implantation	TF-AVI (E)	TF-AVI (C)	TF-AVI (E)	TA-AVI	TS-AVI (E+C)
Anästhesietechnik	AA (90%) SB (10%)	AA (25%) SB (85%)	AA (83%) SB (17%)	AA (100%)	AA (36%) SB (64%)
Narkoseeinleitung	k.A.	k.A.	k.A.	Propofol Sufentanil Rocuronium	AA: Midazolam, Propofol, Fentanyl, Rocuronium SB: Midazolam
Narkoseführung	Desfluran (46%) Sevofluran (18%) Desfluran und Propofol (8%) Desfluran und Propofol und Remifentanil (8%) Desfluran und Remifentanil (13%) Sevofluran und Propofol (3%) Sevofluran und Remifentanil (5%)	Midazolam < 1 mg und Remifentanil	Midazolam und Sevofluran und Remifentanil	Sevofluran und Remifentanil	AA: Sevofluran und/oder Propofol, Remifentanil SB: Remifentanil, Zervikalblock
Monitoring	EKG RAD CVP Tc und Tb Urinproduktion	k.A.	EKG RAD ZVD PAK Tb Urinproduktion	EKG RAD ZVD Tc und Tb Urinproduktion	EKG RAD ZVD PAK (nur bei EF < 30%) Tb Urinproduktion
Anästhesiezeit	3,5 h (Range 1,25–7,25 h)	k.A.	k.A.	195,7 ± 65,1 min („Off-pump“-Gruppe)	k.A.
Zeit bis zur Extubation	k.A.	k.A.	k.A.	AWR-Gruppe: 1,4 ± 1,1 h Intensivgruppe: 9,3 ± 6,8 h	Direkt postoperativ 6 Patienten Für Intensivzeit k.A.
LOS (ICU)	k.A.	AA: 1 Tag (Range 0–1 Tage) SB: 0 Tage	k.A.	AWR-Gruppe: 5,5 ± 2,3 h Intensivgruppe: 100,8 ± 131,8 h	6 h (Range 4–23 h)
LOS (H)	k.A.	AA: 5 Tage (Range 3–7 Tage) SB: 3 Tage (Range 2–8 Tage)	11 ± 10,5 Tage (Range 1–58 Tage)	k.A.	8 Tage (Range 8–9 Tage)

AA Allgemeinanästhesie, AWR Aufwachraum, EF Ejektionsfraktion, EKG Elektrokardiogramm, k.A. keine Angaben verfügbar, LOS (ICU) und LOS (H), „length of stay“ (Länge des postoperativen Aufenthalts) auf Intensivstation bzw. im Krankenhaus, PAK Pulmonalarterienkatheter, RAD arterielle Druckmessung, SB anästhesiologisches „stand-by“, Tb Blasentemperatur, Tc Nasaltemperatur, TF-AVI transfemorale, TA-AVI transapikale, TS-AVI transaxilläre, ZVD zentraler Venendruck; C Medtronic Corevalve Klappe; E Edwards Klappe

Die Verwendung kurz wirksamer Medikamente beim Fast-track-Management hat einen positiven Einfluss auf den Extubationszeitpunkt, die Dauer des postoperativen Intensivaufenthalts und die gesamte Krankenhausverweildauer. Die Vermeidung einer passiven Auskühlung des Patienten während des Eingriffs ist eine weitere Voraussetzung für eine frühzeitige Extubation. Des Weiteren ist eine suffiziente postoperative Analgesie zur frühen Mobilisation des Patienten nach TA-TAVI unabdingbar. Da die Patienten nach TAVI vom Fast-track-Management profitieren, ist selbst bei dieser Hochrisikopopulation eine frühzeitige Verlegung von der Intensivüberwachung möglich [54, 62].

Ree et al. [64] führten bei den ersten 4 Patienten die TAVI in Stand-by-Technik durch. Aufgrund der hohen Inzidenz an Gefäßkomplikationen wechselten die Untersucher jedoch das Anästhesieverfahren und führten nachfolgend den Eingriff unter Allgemeinanästhesie durch. Anästhesiebezogene Komplikationen wurden nicht beobachtet; die mittlere Anästhesiedauer lag bei 3,5 h. Die wesentlichen verfahrenstechnischen Komplikationen waren das Auftreten einer Myokardischämie, einer kardialen Arrhythmie nach VOP (5%) sowie eine lebensbedrohliche Hämorrhagie nach vaskulärer Verletzung der Femoralgefäße (5%). Die 30-Tage-Mortalität dieser 40 Patienten lag bei 13% und somit signifikant niedriger als die berechnete prädiktive Mortalität von 20% (log EuroSCORE). Die verfahrensspezifische Mortalität betrug 3%. Eine mögliche Ursache der postoperativen Myokardischämie könnten der niedrige Perfusionsdruck vor VOP und die daraus resultierende längere Erholungszeit nach VOP sein. Die Extubation der Patienten erfolgte im Herzkatheterlabor oder auf der Überwachungsstation.

Covello et al. [65] beschrieben ihre Erfahrungen mit dem Anästhesiemanagement von TF-AVI bei 18 Patienten mit einer prädiktiven Mortalität von $26 \pm 19,1\%$ (log EuroSCORE). Die Implantation erfolgte bei 15 Patienten unter Allgemeinanästhesie und bei 3 Patienten mit Analgosedation. Die Verlegung erfolgte bei 15 Patienten postoperativ auf die Intensivstation, 3 Patienten wurden

auf die „Intermediate Care Station“ verlegt. Bei den Patienten in der Allgemein-anästhesiegruppe konnten 5 Patienten noch im Eingriffsraum extubiert werden. Die Dauer des Krankenhausaufenthalts lag in dieser Studie bei $11 \pm 10,5$ Tagen; die 30-Tage-Mortalität betrug 0%. Die wesentlichen postoperativen Frühkomplikationen waren akutes Nierenversagen (5,5%), kardiale Arrhythmien (11%) und Apoplex (5,5%).

Behan et al. [66] beschrieben die Implantation einer Medtronic-CoreValve-Aortenklappen-Prothese, die zu 75% in anästhesiologischem Stand-by durchgeführt wurde. Bei den ersten 3 Patienten erfolgte der Eingriff unter Allgemein-anästhesie. Diese Patienten konnten innerhalb der ersten postoperativen Stunde auf der Intensivstation extubiert werden. Im weiteren postoperativen Verlauf verstarb ein Patient an den Folgen respiratorischer Komplikationen. Nach diesen Erfahrungen wechselten Behan et al. [66] auf eine remifentanylbasierte Sedierung mit der bedarfsweisen zusätzlichen Gabe von Midazolam. Hier musste bei einem Patienten aufgrund mangelnder Compliance und intraoperativer Körperbewegungen die Stand-by-Technik in eine Allgemein-anästhesie konvertiert werden. Die in dieser Studie genannten verfahrenstechnischen Hauptkomplikationen waren das Auftreten vaskulärer Probleme und einer Aortenklappeninsuffizienz in jeweils einem Fall. Die Autoren folgerten aus ihren Ergebnissen, dass die Stand-by-Technik zu einer kürzeren Implantationszeit, einem kürzeren Aufenthalt auf Überwachungseinheiten und einer kürzeren Krankenhausverweildauer führt.

Bleiziffer et al. [67] führten die TAVI unter Allgemein-anästhesie durch. Alle Patienten konnten nach der Intervention auf der Intensivstation innerhalb von 2–4 h nach dem Eingriff extubiert werden. Die 30-Tage-Mortalität lag bei 12,4%. In der Follow-up-Erhebung von 97 ± 82 Tagen wurde das Überleben von 79% der Patienten festgestellt.

Andere Autoren berichteten über die ersten Anästhesieerfahrungen mit der retrograden TAVI über die linksseitige A. subclavia [32]. Der Eingriff wurde bei 14 Patienten (64%) in anästhesiologischem Stand-by und bei 8 Patienten

(36%) in Allgemein-anästhesie durchgeführt. Als Hauptkomplikationen traten neben der hämodynamischen Instabilität (9%) und einer Aortenklappeninsuffizienz (5%) mit der Notwendigkeit einer weiteren Klappenimplantation in die bereits implantierte Klappe die Dissektion der A. subclavia (5%) bzw. der Aorta ascendens (5%) sowie bei 3 Patienten (14%) eine Apoplexie auf. Bei keinem Patienten aus der Stand-by-Gruppe musste vom Stand-by in eine Allgemein-anästhesie konvertiert werden. Die 30-Tage-Mortalität lag bei 0%, das Sechsmonatsüberleben bei 91%.

Einen Überblick über die in der anästhesiologischen Literatur zur TAVI verwendeten Anästhesietechniken bietet

■ **Tab. 5.**

Fazit für die Praxis

- **Ausgehend von den Ergebnissen der PARTNER-Studie [11] werden Herzchirurgen, Kardiologen und Anästhesisten in Zukunft mit einer steigenden Zahl älterer Patienten mit hohem Risikoprofil konfrontiert werden.**
- **Auch die Zahl der Reaortenklappenoperationen wird aufgrund der besseren Haltbarkeit der implantierten Aortenklappen und der veränderten Demografie im Verlauf der nächsten Jahre zunehmen.**
- **Der Anästhesist muss sich mit der Technik der TAVI, den möglichen perioperativen Komplikationen und dem anästhesiologischen Management dieser Hochrisikopatienten auseinandersetzen.**
- **Wesentlich für den Erfolg der TAVI ist die enge Zusammenarbeit zwischen Kardiochirurgen, Kardiologen und Anästhesisten. Das interdisziplinäre Management schöpft das Potenzial der TAVI aus und ermöglicht die Etablierung dieses neuen minimal-invasiven Verfahrens.**

Korrespondenzadresse

Dr. J. Fassl
 Departement für Anästhesie und Intensivmedizin, Universitätsspital Basel
 Spitalstr. 21, 4031 Basel
 Schweiz
 jfassl@uhbs.ch

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor weist auf folgende Beziehungen hin: Dr. F. Nietlispach arbeitet als Consultant für die Firma Edwards Lifesciences Ltd. Die anderen Autoren geben an, dass keine Interessenkonflikte bestehen.

Literatur

1. Iung B, Baron G, Butchart EG et al (2003) A prospective survey of patients with valvular heart disease in Europe: The Euro Heart Survey on Valvular Heart Disease. *Eur Heart J* 24:1231–1243
2. Nkomo VT, Gardin JM, Skelton TN et al (2006) Burden of valvular heart diseases: a population-based study. *Lancet* 368:1005–1011
3. Lindroos M, Kupari M, Heikkilä J, Tilvis R (1993) Prevalence of aortic valve abnormalities in the elderly: an echocardiographic study of a random population sample. *J Am Coll Cardiol* 21:1220–1225
4. Vahanian A, Baumgartner H, Bax J et al (2007) Guidelines on the management of valvular heart disease: The Task Force on the Management of Valvular Heart Disease of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J* 28:230–268
5. Bonow RO, Carabello BA, Kanu C et al (2006) ACC/AHA 2006 guidelines for the management of patients with valvular heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (writing committee to revise the 1998 guidelines for the management of patients with valvular heart disease): developed in collaboration with the Society of Cardiovascular Anesthesiologists: endorsed by the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions and the Society of Thoracic Surgeons. *Circulation* 114:e84–e231
6. Schwarz F, Baumann P, Manthey J et al (1982) The effect of aortic valve replacement on survival. *Circulation* 66:1105–1110
7. Murphy ES, Lawson RM, Starr A, Rahimtoola SH (1981) Severe aortic stenosis in patients 60 years of age or older: left ventricular function and 10-year survival after valve replacement. *Circulation* 64:1184–1188
8. Gummert JF, Funkat A, Beckmann A et al (2007) Cardiac surgery in Germany during 2006: a report on behalf of the German Society for Thoracic and Cardiovascular Surgery. *Thorac Cardiovasc Surg* 55:343–350
9. Mihaljevic T, Cohn LH, Unic D et al (2004) One thousand minimally invasive valve operations: early and late results. *Ann Surg* 240:529–534, discussion 534
10. Vahanian A, Alfieri O, Al-Attar N et al (2008) Transcatheter valve implantation for patients with aortic stenosis: a position statement from the European Association of Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) and the European Society of Cardiology (ESC), in collaboration with the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI). *Eur Heart J* 29:1463–1470
11. Leon MB, Smith CR, Mack M et al (2010) Transcatheter aortic-valve implantation for aortic stenosis in patients who cannot undergo surgery. *N Engl J Med* 363:1597–1607
12. Smith CR, Leon MB, Mack MJ et al (2011) Transcatheter versus surgical aortic-valve replacement in high-risk patients. *N Engl J Med* 364:2187–2198
13. Davies H, Lessof MH, Roberts CI, Ross DN (1965) Homograft replacement of the aortic valve: follow-up studies in twelve patients. *Lancet* 1:926–929

14. Cribier A, Eltchaninoff H, Bash A et al (2002) Percutaneous transcatheter implantation of an aortic valve prosthesis for calcific aortic stenosis: first human case description. *Circulation* 106:3006–3008
15. Cribier A, Eltchaninoff H, Tron C et al (2004) Early experience with percutaneous transcatheter implantation of heart valve prosthesis for the treatment of end-stage inoperable patients with calcific aortic stenosis. *J Am Coll Cardiol* 43:698–703
16. Webb JG, Chandavimol M, Thompson CR et al (2006) Percutaneous aortic valve implantation retrograde from the femoral artery. *Circulation* 113:842–850
17. Webb JG, Pasupati S, Achtem L, Thompson CR (2006) Rapid pacing to facilitate transcatheter prosthetic heart valve implantation. *Catheter Cardiovasc Interv* 68:199–204
18. Elhmidi Y, Bleiziffer S, Piazza N et al (2011) Incidence and predictors of acute kidney injury in patients undergoing transcatheter aortic valve implantation. *Am Heart J* 161:735–739
19. Bagur R, Webb JG, Nietlispach F et al (2010) Acute kidney injury following transcatheter aortic valve implantation: predictive factors, prognostic value, and comparison with surgical aortic valve replacement. *Eur Heart J* 31:865–874
20. Dawkins S, Hobson AR, Kalra PR et al (2008) Permanent pacemaker implantation after isolated aortic valve replacement: incidence, indications, and predictors. *Ann Thorac Surg* 85:108–112
21. Limongelli G, Ducceschi V, D'Andrea A et al (2003) Risk factors for pacemaker implantation following aortic valve replacement: a single centre experience. *Heart* 89:901–904
22. Gordon RS, Ivanov J, Cohen G, Ralph-Edwards AL (1998) Permanent cardiac pacing after a cardiac operation: predicting the use of permanent pacemakers. *Ann Thorac Surg* 66:1698–1704
23. Elahi M, Usmaan K (2006) The bioprosthesis type and size influence the postoperative incidence of permanent pacemaker implantation in patients undergoing aortic valve surgery. *J Interv Card Electrophysiol* 15:113–118
24. Khawaja MZ, Rajani R, Cook A et al (2011) Permanent pacemaker insertion after CoreValve transcatheter aortic valve implantation: incidence and contributing factors (the UK CoreValve Collaborative). *Circulation* 123:951–960
25. Jilaihawi H, Chin D, Vasa-Nicotera M et al (2009) Predictors for permanent pacemaker requirement after transcatheter aortic valve implantation with the CoreValve bioprosthesis. *Am Heart J* 157:860–866
26. Roten L, Wenaweser P, Delacretaz E et al (2010) Incidence and predictors of atrioventricular conduction impairment after transcatheter aortic valve implantation. *Am J Cardiol* 106:1473–1480
27. Bates MG, Matthews IG, Fazal IA, Turley AJ (2011) Postoperative permanent pacemaker implantation in patients undergoing trans-catheter aortic valve implantation: what is the incidence and are there any predicting factors? *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 12:243–253
28. Ussia GP, Scarabelli M, Mule M et al (2010) Post-procedural management of patients after transcatheter aortic valve implantation procedure with self-expanding bioprosthesis. *Catheter Cardiovasc Interv* 76:757–766
29. Lichtenstein SV, Cheung A, Ye J et al (2006) Transapical transcatheter aortic valve implantation in humans: initial clinical experience. *Circulation* 114:591–596
30. Walther T, Dewey T, Borger MA et al (2009) Transapical aortic valve implantation: step by step. *Ann Thorac Surg* 87:276–283
31. Fraccaro C, Napodano M, Tarantini G et al (2009) Expanding the eligibility for transcatheter aortic valve implantation the trans-subclavian retrograde approach using the III generation CoreValve revalving system. *JACC Cardiovasc Interv* 2:828–833
32. Guarracino F, Covello RD, Landoni G et al (2011) Anesthetic management of transcatheter aortic valve implantation with transaxillary approach. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 25:473–483
33. Bojara W, Mumme A, Gerckens U et al (2009) Implantation of the CoreValve self-expanding valve prosthesis via a subclavian artery approach: a case report. *Clin Res Cardiol* 98:201–204
34. Sharp AS, Michev I, Colombo A (2010) First transaxillary implantation of Edwards Sapien valve to treat an incompetent aortic bioprosthesis. *Catheter Cardiovasc Interv* 75:507–510
35. Lopez-Otero D, Munoz-Garcia AJ, Avanzas P et al (2011) Axillary approach for transcatheter aortic valve implantation: optimization of the endovascular treatment for the aortic valve stenosis. *Rev Esp Cardiol* 64:121–126
36. Petronio AS, De Carlo M, Bedogni F et al (2010) Safety and efficacy of the subclavian approach for transcatheter aortic valve implantation with the CoreValve revalving system. *Circ Cardiovasc Interv* 3:359–366
37. De Robertis F, Asgar A, Davies S et al (2009) The left axillary artery – a new approach for transcatheter aortic valve implantation. *Eur J Cardiothorac Surg* 36:807–812
38. Grube E, Laborde JC, Gerckens U et al (2006) Percutaneous implantation of the CoreValve self-expanding valve prosthesis in high-risk patients with aortic valve disease: the Siegburg first-in-man study. *Circulation* 114:1616–1624
39. Bruschi G, De Marco F, Fratto P et al (2011) Alternative approaches for trans-catheter self-expanding aortic bioprosthetic valves implantation: single-center experience. *Eur J Cardiothorac Surg* 39:e151–e158
40. De Marco F, Bruschi G, Klugmann S (2011) Transcatheter aortic valve implantation by left subclavian access in the presence of a patent LIMA to LAD graft. *Catheter Cardiovasc Interv* 77:430–434
41. Osswald BR, Gegouskov V, Badowski-Zyla D et al (2009) Overestimation of aortic valve replacement risk by EuroSCORE: implications for percutaneous valve replacement. *Eur Heart J* 30:74–80
42. Kalavrouziotis D, Li D, Buth KJ, Legare JF (2009) The European System for Cardiac Operative Risk Evaluation (EuroSCORE) is not appropriate for withholding surgery in high-risk patients with aortic stenosis: a retrospective cohort study. *J Cardiothorac Surg* 4:32
43. Dewey TM, Brown D, Ryan WH et al (2008) Reliability of risk algorithms in predicting early and late operative outcomes in high-risk patients undergoing aortic valve replacement. *J Thorac Cardiovasc Surg* 135:180–187
44. Wendt D, Osswald BR, Kayser K et al (2009) Society of Thoracic Surgeons score is superior to the EuroSCORE determining mortality in high risk patients undergoing isolated aortic valve replacement. *Ann Thorac Surg* 88:468–474, discussion 474–465
45. Rosenhek R, Lung B, Tornos P et al (2011) ESC Working Group on Valvular Heart Disease Position Paper: assessing the risk of interventions in patients with valvular heart disease. *Eur Heart J*. doi:10.1093/eurheartj/ehr061
46. Fassl J, Walther T, Groesdonk HV et al (2009) Anesthesia management for transapical transcatheter aortic valve implantation: a case series. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 23:286–291
47. Dehedin B, Guinot PG, Ibrahim H et al (2011) Anesthesia and perioperative management of patients who undergo transfemoral transcatheter aortic valve implantation: an observational study of general versus local/regional anesthesia in 125 consecutive patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. doi:10.1053/j.jvca.2011.05.008
48. Mukherjee C, Walther T, Borger MA et al (2009) Awake transapical aortic valve implantation using thoracic epidural anesthesia. *Ann Thorac Surg* 88:992–994
49. Billings FT, Kodali SK, Shanewise JS (2009) Transcatheter aortic valve implantation: anesthetic considerations. *Anesth Analg* 108:1453–1462
50. Bergmann L, Kottenberg E, Heine T et al (2009) Anesthesia with transfemoral and transapical aortic valve implantation. *Periinterventional management and hemodynamic observations*. *Herz* 34:381–387
51. Morris D, Mulvihill D, Lew WY (1987) Risk of developing complete heart block during bedside pulmonary artery catheterization in patients with left bundle-branch block. *Arch Intern Med* 147:2005–2010
52. Matthews IG, Fazal IA, Bates MG, Turley AJ (2011) In patients undergoing aortic valve replacement, what factors predict the requirement for permanent pacemaker implantation? *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 12:475–479
53. Guinot PG, Depoix JP, Etchegoyen L et al (2010) Anesthesia and perioperative management of patients undergoing transcatheter aortic valve implantation: analysis of 90 consecutive patients with focus on perioperative complications. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 24:752–761
54. Fassl J, Walther T, Groesdonk HV et al (2009) Anesthesia management for transapical transcatheter aortic valve implantation: a case series. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 23:286–291
55. Kempfert J, Walther T, Borger MA et al (2008) Minimally invasive off-pump aortic valve implantation: the surgical safety net. *Ann Thorac Surg* 86:1665–1668
56. Shannon J, Mussard M, Latib A et al (2011) Recognition and management of complications during transcatheter aortic valve implantation. *Expert Rev Cardiovasc Ther* 9:913–926
57. Zamorano JL, Badano LP, Bruce C et al (2011) EAE/ASE recommendations for the use of echocardiography in new transcatheter interventions for valvular heart disease. *J Am Soc Echocardiogr* 24:937–965
58. Shanewise JS, Cheung AT, Aronson S et al (1999) ASE/SCA guidelines for performing a comprehensive intraoperative multiplane transesophageal echocardiography examination: recommendations of the American Society of Echocardiography, Council for Intraoperative Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force for Certification in Perioperative Transesophageal Echocardiography. *Anesth Analg* 89:870–884
59. Webb JG, Altwegg L, Boone RH et al (2009) Transcatheter aortic valve implantation: impact on clinical and valve-related outcomes. *Circulation* 119:3009–3016
60. Grube E, Buellesfeld L, Mueller R et al (2008) Progress and current status of percutaneous aortic valve replacement: results of three device generations of the CoreValve revalving system. *Circ Cardiovasc Interv* 1:167–175

61. Himbert D, Descoutures F, Al-Attar N et al (2009) Results of transfemoral or transapical aortic valve implantation following a uniform assessment in high-risk patients with aortic stenosis. *J Am Coll Cardiol* 54:303–311
62. Ender J, Borger MA, Scholz M et al (2008) Cardiac surgery fast-track treatment in a postanesthetic care unit: six-month results of the Leipzig fast-track concept. *Anesthesiology* 109:61–66
63. Hantschel D, Fassl J, Scholz M et al (2009) Leipzig fast-track protocol for cardio-anesthesia. Effective, safe and economical. *Anaesthesist* 58:379–386
64. Ree RM, Bowering JB, Schwarz SK (2008) Case series: anesthesia for retrograde percutaneous aortic valve replacement – experience with the first 40 patients. *Can J Anaesth* 55:761–768
65. Covello RD, Maj G, Landoni G et al (2009) Anesthetic management of percutaneous aortic valve implantation: focus on challenges encountered and proposed solutions. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 23:280–285
66. Behan M, Haworth P, Hutchinson N et al (2008) Percutaneous aortic valve implants under sedation: our initial experience. *Catheter Cardiovasc Interv* 72:1012–1015
67. Bleiziffer S, Ruge H, Mazzitelli D et al (2009) Results of percutaneous and transapical transcatheter aortic valve implantation performed by a surgical team. *Eur J Cardiothorac Surg* 35:615–620
68. Fassl J, Augoustides JG (2010) Transcatheter aortic valve implantation - part 2: anesthesia management. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 24:691–699
69. Fassl J, Augoustides JG (2009) Transcatheter aortic valve implantation - part 1: development and status of the procedure. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 24:498–505

Mentoring-Programm des Wissenschaftlichen Arbeitskreises Wissenschaftlicher Nachwuchs der DGAI

Der wissenschaftliche Arbeitskreis Wissenschaftlicher Nachwuchs (WAKWIN) der DGAI bietet ein Mentoring-Programm für besonders engagierte und erfolgreiche Nachwuchswissenschaftler aus dem Bereich der Anästhesiologie und Intensivmedizin an. Ziele des Programms sind, einen vertrauensvollen Austausch zwischen den teilnehmenden Mentees und erfolgreichen, etablierten Wissenschaftlern aus unserem oder benachbarten Fachgebieten zu fördern sowie professionelle Fähigkeiten in Begleitseminaren gezielt zu schulen.

Das diesjährige Programm beginnt mit einer Auftaktveranstaltung auf dem DAC 2012.

Interessierte Mitglieder der DGAI können sich bis zum 1. März 2012 als Mentees bewerben. Bitte senden Sie hierzu einen Lebenslauf mit Publikationsliste und ein Motivations-schreiben, aus dem wissenschaftliche Interessen und Karriereziele hervorgehen, in elektronischer Form an mentoring@wakwin.de. Nominierungen für potentielle Mentoren können ebenfalls formlos an diese Adresse gesendet werden.

Weitere Informationen: www.wakwin.de

Die DGAI bedankt sich bei allen Mentees und Mentoren der vergangenen Jahre für die Mitarbeit und die vielfältigen individuellen Beiträge, die nicht nur zur Förderung jedes Einzelnen sondern auch zum Gelingen des gesamten Mentoring-Programms beigetragen haben. Nachfolgend sind alle seit 2011 neu im Mentoring-Programm engagierten Mentees und Mentoren aufgeführt.

Seit 2011 nehmen teil (alphabetisch):
 Mentees: Dr. Andreas Bornträger (Marburg), Dr. Annika Christin Bundscherer (Regensburg), Dr. Anja Frank (Würzburg), Jens Hansen (Köln), Dr. Erik Kristoffer Hartmann (Mainz), Dr. Nana-Maria Wagner (Rostock), Dr. Patrick Kellner (Halle), Dr. Felix Kork (Berlin), Dr. Stephan Alexander Kratzer (München), Dr. Antje Meinders (Hannover), Dr. Mario Menk (Berlin), Dr. Martin Schick (Würz-

burg), Dr. Oliver Spelten (Köln), Dr. Wolfgang Alois Wetsch (Köln), Dr. Thomas Wiesmann (Marburg)

Mentoren: Prof. Dr. Bernd Antkowiak (Tübingen), Prof. Dr. Michael Bauer (Jena), Prof. Dr. Beatrice Beck-Schimmer (Zürich), PD Dr. Klaus Hahnenkamp (Münster), Dr. Bettina Jungwirth (München), Dr. Rainer Kiefmann (Hamburg), Prof. Dr. Wolfgang Koppert (Hannover), Prof. Dr. Frank Krummenauer (Witten), Prof. Dr. Gernot Marx (Aachen), PD Dr. Benedikt Preckel (Amsterdam), Prof. Dr. Michael Quintel (Göttingen), Prof. Dr. Rolf Roissant (Aachen), Prof. Dr. Bernd Urban (Bonn), Prof. Dr. Thomas Volk (Homburg Saar), Prof. Dr. Bernhard Zwißler (München).