Z Herz- Thorax- Gefäßchir 2017 · 31:241–246
DOI 10.1007/s00398-017-0167-9
Eingegangen: 5. Juni 2017
Angenommen: 6. Juni 2017
Online publiziert: 5. Juli 2017
© Der/die Autor(en) 2017. Dieser Artikel ist eine Open-Access-Publikation.

M. Andreas · S. Mahr · A. Kocher · G. Laufer

Abteilung für Herzchirurgie, Medizinische Universität Wien, Wien, Österreich

Minimalinvasiver Aortenklappen-ersatz über eine anteriore rechtsseitige Thorakotomie

Erkrankungen der Aortenklappe gehören zu den häufigsten Herzfehlern. Der chirurgische Aortenklappenersatz ist einer der häufigsten und wichtigsten herzchirurgischen Eingriffe. In Deutschland werden über 14.000 Prozeduren/Jahr durchgeführt [4]. Die therapeutischen Möglichkeiten wurden durch kathetergestützte Systeme erweitert. Der perkutane Aortenklappenersatz wird bereits öfter als der isolierte chirurgische Aortenklappenersatz durchgeführt. Die Zahl der chirurgischen Eingriffe ist leicht zurückgegangen; minimalinvasive Techniken sind aber auf dem Vormarsch [12].

Hintergrund

Der chirurgische Klappenersatz stellt bei Patienten mit einer operationswürdigen Aortenklappenkrankung und geringem oder intermediärem Operationsrisiko die erste Wahl dar und garantiert ein langfristig verlässliches Ergebnis [14]. Seit den 1990er-Jahren stehen dafür auch minimalinvasive Verfahren zur Verfügung [2]. Diese werden sowohl von den zuweisenden Kardiologen als auch von den Patienten zunehmend verlangt und stellen einen wesentlichen Bestandteil im chirurgischen Repertoire dar. Es konnte eine deutliche Zunahme des Aortenklappenersatzes über die anteriore rechtsseitige Thorakotomie verzeichnet werden (ART, [11]).

Der vorliegende Beitrag präsentiert einen Überblick über die Indikationsstellung für diesen speziellen minimalinvasiven Zugang und das chirurgische Prozedere, wie es derzeit an der Medizinischen Universität Wien angewandt wird.

Der chirurgische Zugang anderer Zentren wurde bereits von Lamelas [5] sowie Glauber et al. beschrieben [3]. Als alternativer minimalinvasiver Zugang steht die obere Hemisternotomie zur Verfügung. Diese ermöglicht ein größeres und für den Beginn eines minimalinvasiven Programms wahrscheinlich vertrauter Operationsfeld im Vergleich zur anterioren rechten Thorakotomie, geht aber auch mit einer Sternotomie und einer Narbe auf dem Dekolleté einher. Die technischen Aspekte der oberen Hemisternotomie werden in diesem Beitrag nicht im Detail beschrieben. Eine Übersichtsarbeit mit generellen Überlegungen zur Etablierung eines neuen minimalinvasiven Zentrums wurde von Nguyen und Lamelas verfasst [10].

Patientenselektion und -vorbereitung

Ausschließlich Patienten mit isoliertem Aortenklappenersatz sollen in diesem Beitrag für die technischen Überlegungen in Betracht gezogen werden. Eine Erweiterung des Eingriffsspektrums über diesen Zugang ist prinzipiell möglich, stellt aber eine derzeit nichtrelevante technische Variante dar. Ein präoperatives Elektrokardiogramm (EKG)-getriggertes oder zeitlich hochauflösendes (Ultrafast-)Computertomogramm (Ultrafast-CT) nativ und mit Kontrastmittel zur Darstellung der Aorta sind für den Eingriff erforderlich. Dabei wird die Aorta auf Verkalkungen, „soft plaques“ und aneurysmatische Erweiterungen untersucht. Der Bereich der geplanten Kanülierung und der Aortenklammung

darf nicht oder nur minimal pathologisch verändert sein.

» Der Bereich der geplanten Kanülierung soll nicht pathologisch verändert sein

Die Lage der Aorta in Relation zum knöchernen Thorax ist ebenfalls relevant. Von Glauber et al. wurden folgende Vorgaben für die Patientenselektion publiziert [3]:

- Mehr als die Hälfte der ascendierenden Aorta auf Höhe der Pulmonalarterie sollte über den rechten Rand des Sternums reichen.
- Die Aorta soll nicht mehr als 10 cm vom Sternum entfernt sein.

Die Lage der Aorta in Relation zum Sternum spielt nach Ansicht der Autoren des vorliegenden Beitrags bei der Patientenselektion keine zentrale Rolle mehr. Es werden der Abstand zwischen der geplanten Thorakotomie und der Aortenklappenebene sowie der Abstand zwischen Aorta und Sternum evaluiert. Der 2. oder 3. Interkostalraum (jeweils mit Durchtrennung der 3. Rippe) ist der typische Zugang. Für eine Inzision im 3. Interkostalraum sprechen ein weiter Abstand zwischen Thorakotomie und Aortenklappenebene sowie ein weiter Abstand zwischen Aorta und Sternum, um die Kanülierung zu ermöglichen. Wenn der Abstand zwischen Aorta und Sternum allerdings gering ist, muss über den 2. Interkostalraum eingegangen werden, um die arterielle Kanülierung an der Aorta zu ermöglichen.

Abb. 1 ▲ Perkutaner femoraler Zugang. Das ProGlide-System sollte 45° nach oben und 15° seitlich appliziert werden (beide Seiten)

Abb. 2 ▲ Position der perikardialen Haltenähte. Die perikardialen Haltenähte werden teilweise an der Haut und teilweise am Soft-Tissue Retractor angebracht

Abb. 3 ▲ Intrathorakale Platzierung der venösen Kanüle. Die Inzision für die venöse Kanüle wird im 5. Interkostalraum gesetzt und die angeschrägte Kanüle dann durch den Thorax durchgeführt. Neben der Kanüle wird eine perikardiale Haltenaht mithilfe einer Hohlzahn angelegt

Des Weiteren kann mithilfe der CT-Untersuchung eine Thoraxdeformität im Sinne einer Trichterbrust festgestellt werden, die bei geringer Ausprägung eine relative Kontraindikation und bei evidenter Ausprägung bereits ohne Befund in der bildgebenden Untersuchung eine absolute Kontraindikation für diesen Zugang darstellt. Andere Kontraindikationen sind:

- pathologische Veränderungen der Aortenwand (Kalzifikationen und/oder „soft plaques“), die eine komplikationslose Kanülierung und Klemmung an den vorgesehenen Stellen ausschließen,
- Voroperationen am Herzen,
- hohe Wahrscheinlichkeit von kombinierten Eingriffen (stark dilatierte Aorta, eine weitere Herzklappe mit [grenzwertiger] Operationsindikation).

Wenn der Patient bzw. die Patientin aufgrund der oben genannten Kriterien nicht geeignet erscheint, muss ein anderer Zugang, wie z. B. eine obere Hemisternotomie, gewählt werden.

Operativer Zugang

Patientenlagerung und -vorbereitung

Die Operation findet in Rückenlage des Patienten statt. Eine schräge Lagerung des Thorax ist nicht erforderlich. Es müssen externe Defibrillatorelektroden auf-

geklebt werden, wobei darauf zu achten ist, dass das Herz in der Stromlinie liegt. Dazu wird eine Defibrillatorelektrode am linken M. pectoralis major 3 cm lateral der Sternummitte und die 2. Defibrillatorelektrode am Rücken des Patienten im Bereich des rechten Schulterblatts angebracht. Eine Intubation mithilfe eines Doppellumentubus ist nicht erforderlich.

Anschluss der Herz-Lungen-Maschine

Für die Anlage der Kanülen bestehen mehrere Optionen:

- **Femorale Kanülierung:** Der Anschluss der Herz-Lungen-Maschine erfolgt über die Leistengefäße.
- **Intrathorakale Kanülierung:** zentrale Kanülierung wie bei einer offenen Operation, wobei eine zusätzliche Inzision für die venöse Kanüle im 5. Interkostalraum erfolgt.
- **Kombinierte Kanülierung:** Die arterielle Kanüle wird intrathorakal platziert, die venöse Kanüle perkutan über die V. femoralis eingebracht.

Femorale Kanülierung

Die femorale Kanülierung ermöglicht ein größeres Arbeitsfeld verglichen zur intrathorakalen Kanülierung und kann daher zur Neuimplementierung dieser Technik oder bei Patienten mit einer herausfordernden anatomischen Situation von Vorteil sein. Murzi und Glauber haben in ihrer Übersichtsdarstellung auf

die erhöhten neurologischen Risiken der femoralen Kanülierung hingewiesen [8]. Zudem können Blutungskomplikationen oder eine retrograde Dissektion auftreten. Lamelas et al. hingegen zeigten eine niedrige Rate schwerer Komplikationen nach femoraler Kanülierung, jedoch kommt es bei der offenen Präparation in über 6 % der Fälle zu einer Serombildung [6]. Daher empfehlen die Autoren des vorliegenden Beitrags nach Möglichkeit den intrathorakalen Zugang. Falls aus oben genannten Gründen der femorale Zugang gewählt wird, kann dieser sowohl offen über eine standardisierte chirurgische Technik als auch komplett perkutan erfolgen.

» Eine Tabaksbeutelnaht wird als Rechteck parallel zur Gefäßrichtung gestochen

Offene femorale Kanülierung. Ein kurzer, 3–4 cm langer Schnitt wird parallel zum Leistenband zwischen Leistenfalte und Leistenband durchgeführt. Danach wird unter Schonung der Lymphbahnen bis auf die Leistengefäße präpariert. Es wird jeweils nur die Vorderseite der Gefäße freigelegt, um das Risiko einer Lymphfistel zu minimieren. Da im Fall einer vaskulären Komplikation dann allerdings die Kontrolle der Gefäße schwieriger ist, sollte eine doppelte Tabaksbeutelnaht an beiden Gefäßen durchgeführt werden. Die Tabaksbeutelnaht wird als

Rechteck parallel zur Gefäßrichtung gestochen. Damit kann eine postoperative Stenose vermieden werden.

Nun wird das Gefäß am distalen Ende des Rechtecks innerhalb der Naht punktiert, und die Drähte werden unter Ultraschallkontrolle vorgelegt. Die Insertion der Kanülen erfolgt nach der Thorakotomie. Dazu wird zunächst gewichtsadaptiert Heparin verabreicht. Danach wird die venöse Kanüle über den Draht bis zur Vene vorgeschoben und schließlich das Gefäß innerhalb der Naht inzidiert, um ein Verschieben der Kanüle ohne Einreißen des Gefäßes zu ermöglichen. Die venöse Kanüle wird vorsichtig unter ständiger Echokontrolle des Drahts bis in den Vorhof vorgeschoben. Ein Widerstand muss durch vorsichtige Repositionierung gelöst werden. Nach korrekter Lage der Vene wird auch die arterielle Kanüle unter Echokontrolle eingebracht. Diese muss an der Haut mit einer Seidennaht fixiert werden; die venöse Kanüle sollte zur intraoperativen Repositionierung bei schlechter Drainage vorerst nicht fixiert werden.

Perkutane femorale Kanülierung. Die femorale Kanülierung kann komplett perkutan erfolgen. Dabei ist für die arterielle Kanülierung die Verwendung von 2 ProGlide-Systemen (Perclose ProGlide; Fa. Abbott, Illinois, USA) erforderlich. Die Arterie wird möglichst proximal punktiert, um bei hoher Bifurkation der A. femoralis eine sichere Lage in der A. femoralis communis zu erreichen. Die Vene kann auch etwas weiter distal punktiert werden. Die Anlage der beiden ProGlide-Systeme erfolgt jeweils ca. 15° schräg zum Gefäßverlauf, um eine kreuzende Naht zu erzielen (■ Abb. 1). Nachdem die Drähte vorgelegt wurden, schließt sich die Thorakotomie an. Erst danach kann zur Vermeidung von Blutungen aus dem Thorax die systemische Heparinisierung folgen. Nun werden die Kanülen eingelegt. Dabei ist auf die korrekte Lage der Drähte zu achten. Im Zweifel kann ein Bildverstärker verwendet werden. Im Gegensatz zur offenen Kanülierung können der Punktionswinkel und die anatomischen Gegebenheiten einen steiferen Führungsdraht verglichen mit dem beige packten Führungsdraht

Z Herz- Thorax- Gefäßchir 2017 · 31:241–246 DOI 10.1007/s00398-017-0167-9
© Der/die Autor(en) 2017. Dieser Artikel ist eine Open-Access-Publikation.

M. Andreas · S. Mahr · A. Kocher · G. Laufer

Minimalinvasiver Aortenklappenersatz über eine anteriore rechtsseitige Thorakotomie

Zusammenfassung

Minimalinvasive herzchirurgische Techniken sind auf dem Vormarsch. Der technische Aufwand und die erforderliche Planung sind teilweise deutlich höher als bei der konventionellen Operation über eine komplette Sternotomie. Patientenselektion, spezifische Programme und eine gute chirurgische Ausbildung sind Erfolgsfaktoren für eine sichere Operation. Auch durch die Zunahme der kathetergestützten Klappenimplantationen wird die Nachfrage nach minimalinvasiven chirurgischen Techniken größer. Der isolierte Aortenklappenersatz über eine obere Hemisternotomie ist an vielen Zentren bereits etabliert. Der Zugang über eine anteriore rechtsseitige Thorakotomie stellt eine Weiterentwicklung ohne Durchtrennung des Sternums dar. Dabei ist speziell auf die Lage der Aorta in Relation zum Sternum und die Besonderheiten bei der Kanülierung zu achten, um ein sicheres und reproduzierbares Ergebnis zu

erreichen. Die vorliegende Beschreibung der chirurgischen Technik befasst sich mit dem Zugang und dessen Adaptierung aufgrund einer Computertomographie, deren Durchführung vor dem Eingriff erforderlich ist. Die Kanülierung für die Herz-Lungen-Maschine ist sowohl femoral als auch komplett oder teilweise intrathorakal möglich. Nach der Aortenklammung wird mit Bretschneider-Lösung kardioplegiert und schließlich nach guter Einstellung des Operationssitus die Klappe implantiert. Die Standardisierung wesentlicher technischer Details trägt zur Vereinfachung des Eingriffs sowie zu einer erhöhten Sicherheit bei und wird im Folgenden im Detail behandelt.

Schlüsselwörter

Anterolaterale Thorakotomie · Herzchirurgische Prozeduren · Patientenselektion · Kanülierung · Kardioplegielösung

Minimally invasive aortic valve replacement via anterior right thoracotomy

Abstract

Minimally invasive techniques are increasingly applied in cardiac surgery. The technical requirements and necessary preprocedural planning are significantly more demanding compared to conventional sternotomy. Patient selection, specific programs and surgical skills are key factors for a successful operation. Due to the increase in catheter-assisted valve implantation, patients and cardiologists frequently request minimally invasive techniques. Many centers perform an isolated aortic valve replacement through an upper hemisternotomy. The access via an anterior right thoracotomy represents a further technical advancement without the need of a sternal incision. Preoperative assessment of the ascending aorta in relation to the sternum is mandatory to select patients, intercostal access site and cannulation strategy in order to achieve a safe and reproducible result. This description of the surgical technique focuses on the specific procedural details including

the obligatory planning with computed tomography and the various options for cannulation. The cannulation for the heart-lung machine can be connected via the femoral vessels, completely intrathoracic or in a mixed approach. Institutional experience and patient characteristics guide the decision process. Bretschneider's cardioplegic solution is applied after clamping the aorta and the operative field is optimized with several steps for surgical valve implantation. High standardization of essential technical details and intense surgical training are key aspects for procedural success. Specific technical details of the procedure are described in this article.

Keywords

Anterolateral thoracotomy · Cardiac surgical procedures · Patient selection · Cannulation · Cardioplegic solutions

Tab. 1 Venöse Kanülen

Name	French	Hersteller	Zugang	Referenz
QuickDraw	22, 25	Edwards Lifesciences, Irvine, Kalifornien, USA	Femoral	[7]
Bio-Medicus Multi-Stage	19, 21, 25	Medtronic, Minneapolis, Minnesota, USA	Femoral	[7]
Remote Access Perfusion Femoral Venous cannula (RAP™ FV)	–	Estech Inc., San Ramon, Kalifornien, USA	Femoral	[9, 13]
Single Stage Venous Cannula (Ref 67536)	36	Medtronic, Minneapolis, Minnesota, USA	Thorakal	Wiener Programm

Tab. 2 Arterielle Kanülen

Name	French	Hersteller	Zugang	Referenz
OptiSite arterial cannula	18, 20, 22	Edwards Lifesciences, Irvine, Kalifornien, USA	Femoral (offen)	[7]
Bio-Medicus™	17, 19, 21	Medtronic, Minneapolis, Minnesota, USA	Thorakal Femoral (perkutan)	[7]

erfordern. Dieser sollte nur über einen Katheter eingeführt werden. Entscheidend für den perkutanen Zugang ist die Dekanülierung. Während venöse Blutungen praktisch immer durch Druck und eine tiefgreifende Seidennaht kontrolliert werden können, sind arterielle Blutungen nicht selten. Daher sollte vor Entfernen der arteriellen Kanüle wieder ein Draht über diese vorgeschoben werden. Wenn nach Verschluss der beiden ProGlide-Systeme weiterhin eine relevante Blutung besteht, kann ein 8-F-Angio-Seal™ Vascular Closure Device (Terumo Deutschland GmbH, Eschborn) über den Draht gelegt werden. Bei sehr starken Blutungen wird ein Dilator vorgeschoben und die Blutung chirurgisch behandelt.

Thorakotomie

Die Inzision erfolgt im 2. oder 3. Interkostalraum. Die Inzision beginnt parasternal und wird 7–8 cm nach lateral geführt. Es wird parallel zum Verlauf des M. pectoralis major durch den Muskel eingegangen und schließlich der korrekte Zwischenrippenraum durch Tasten aufgesucht. Vor Durchtrennung der Interkostalmuskulatur wird die Beatmung des Patienten unterbrochen und komplett diskonnektiert, um ein Zusammenfallen der Lungen zu ermöglichen. Danach wird der Muskel mit dem Elektrokauter durchtrennt und die Pleura mit einer Schere eröffnet. Damit soll eine Ver-

letzung der Lungen vermieden werden, die später zu einem „air leak“ führen könnte. Danach wird nach medial präpariert sowie die A. mammaria mit ihren Begleitvenen aufgesucht und ligiert. Die 3. Rippe wird mithilfe der oszillierenden Säge direkt am Sternumrand abgetrennt. Die Interkostalmuskulatur wird lateral der Hautinzision weiter durchtrennt, um mehr Flexibilität zu erreichen und eine Fraktur der Rippe zu verhindern. Danach werden der Soft-Tissue Retractor (Port Access Soft Tissue Retractor; Fa. Edwards Lifesciences, Irvine, Kalifornien, USA) und ein Thoraxspreitzer eingesetzt (z. B. Fa. Geister Medizintechnik, Tuttlingen). Ab hier müssen endoskopische Instrumente benutzt werden (z. B. Fa. Geister Medizintechnik, Tuttlingen). Nach diesem Schritt wird ggf. die Kanülierung über die Leiste fertiggestellt.

Das Perikard wird schräg eröffnet; Aorta und rechter Vorhof werden dargestellt. Das Perikard wird hochgenäht; hierbei werden die anterioren Nähte am Soft-Tissue Retractor fixiert (Abb. 2). Von den posterioren Nähten wird eine nach kaudal neben der venösen Kanüle ausgeleitet (Abb. 3). Dies erfolgt am einfachsten mithilfe einer Hohnadel und eines Nahtfängers. Eine weitere posteriore Naht wird nach lateral aus dem Thorax ausgeleitet, und die 3., kranial gelegene Haltenaht wird am Soft-Tissue Retractor fixiert.

Intrathorakale Kanülierung

Als venöse Kanüle wird eine gewinkelte, ringverstärkte Kanüle noch vor dem Fixieren der Haltenähte in den Thorax geführt. Dazu wird sie zunächst schräg angeschnitten (Abb. 3; Tab. 1). Die Inzision erfolgt im 5. Interkostalraum. Durch diese wird die venöse Kanüle mithilfe einer gebogenen Klemme durchgezogen. Danach wird sie wieder gerade abgeschnitten.

Die Aorta wird mit einer Klemme nach kaudal gehalten und eine doppelte Tabaksbeutelnaht mit einem 3-0 Prolene(RB-1)-Faden vorgelegt. Dabei ist darauf zu achten, dass die Nähte nur durch die Adventitia gestochen werden. Nach Heparinisierung wird die passende Aortenkanüle in Seldinger-Technik unter Ultraschallkontrolle eingelegt (Abb. 4; Tab. 2). Es ist darauf zu achten, dass der Draht in der deszendierenden Aorta liegt. Die Kanüle wird mit einer Seidennaht am Tourniquet (Tourniquet Kit [Ref 79006]; Medtronic, Minneapolis, USA) und an der Haut fixiert (Abb. 5).

In weiterer Folge wird das rechte Herzohr mit einer Vorhofklemme gefasst, die Spitze amputiert und ebenfalls eine Tabaksbeutelnaht vorgelegt. Danach wird die gewinkelte venöse Kanüle eingebracht. Die Tabaksbeutelnaht wird mit einem Tourniquet gesichert. Das Tourniquet wird mithilfe einer Seidennaht an der Kanüle fixiert und im Thorax platziert. Nun kann durch Zug an der Kanüle der Vorhof aus dem Sichtfeld gebracht werden. Es folgen: Insufflation von Kohlenstoffdioxid (CO₂) ins Operationsgebiet (2 l/min; Abb. 5), Start der Herz-Lungen-Maschine und Abkühlung des Patienten auf 34 °C. Der Vent wird vorgebogen und über die rechtsseitige obere Lungenvene eingebracht (Abb. 6; Soft and flexible vent [Ref 12016], Fa. Medtronic, Minneapolis, USA). Dieser wird unter dem Spreizer ausgeleitet.

Aortenklammung und Kardioplegie

Die Aorta wird inspiziert und nach ventral gehalten, um den Sinus transversus aufzusuchen. Unter reduziertem Bypass-Fluss wird die Aorta hochgehalten und das Perikard links lateral der Aorta

Abb. 4 ▲ Arterielle und venöse Kanüle im Thorax. Die arterielle Kanüle wird in Seldinger-Technik platziert. Die Aorta wird mit einer Klemme (Tupfer an der Spitze) zur besseren Exposition nach kaudal gedrückt

und ventral der Pulmonalarterie eröffnet (**Abb. 5b**). Dort wird später die Spitze der Aortenklemme fixiert, um eine Migration der Klemme zu verhindern. Die Aorta wird mit einer Novare-Klemme (Cygnat® clamp; Fa. Novare Surgical Systems Inc, Cupertino, Kalifornien, USA) oder einer Glauber-Klemme (Glauber Aortic Clamp; Fa. LivaNova, London, Vereinigtes Königreich) abgeklemmt.

» Hämofiltration an der Herz-Lungen-Maschine reduziert die postoperative Überwässerung

Bei einer dichten Aortenklappe wird die Kardioplegielösung (Custodiol HTK; Fa. Essential Pharmaceuticals, LLC, Ewing, New Jersey, USA) über eine lange Nadel oder eine lange Kardioplegiekanüle appliziert (**Abb. 5a3**). Bei Vorliegen einer höhergradigen Aorteninsuffizienz wird die Aorta eröffnet und die Kardioplegielösung direkt über die Ostien appliziert. Es empfiehlt sich, eine Hämofiltration an der Herz-Lungen-Maschine durchzuführen, um die postoperative Überwässerung durch die applizierte Flüssigkeitsmenge zu reduzieren.

Klappenersatz

Die Aorta wird nach Inzision mit 5-0 Prolene-Fäden über das Perikard hochgenäht und schließlich die Klappe ausgeschnitten. Danach erfolgt das Hochnähen der Kommissuren mit 3-0 Prolene-Fäden. Die Klappengröße sollte bei ent-

Abb. 5 ▲ Operationssitus kurz vor der Aortenklammung. **a** 1 Ein Infusionsschlauch wurde zur Insufflation von Kohlenstoffdioxid fixiert. 2 Die Aortenkanüle wurde an der Austrittsstelle aus dem Thorax angenäht. 3 Eine lange Metallnadel ist für die Applikation der Bretschneider-Kardioplegie-Lösung bereits in die Aorta gelegt. 4 Die Novare-Klemme wird an der vorher präparierten Stelle angelegt. **b** Das Perikard wird zwischen der Aorta (Ao) und der Pulmonalarterie (PA) inzidiert, um eine sichere Lage der Aortenklemme zu ermöglichen und ihre Migration zu verhindern

spannten Kommissurnähten vermessen werden, da sonst die Größe unterschätzt werden kann. „Rapid-deployment-“ bzw. „Sutureless“-Aortenklappen eignen sich besonders gut für diesen Zugang, es können aber auch konventionelle Klappen verwendet werden [1]. Die Fadenfixierung mithilfe des Cor-Knot Device (Cor-Knot; Fa. LSI Solutions, New Jersey, USA) kann die Implantationszeit ebenfalls verkürzen. Die Nähte sollten zur besseren Exposition zunächst im rechts-koronaren Sinus vorgelegt werden. Nach erfolgreicher Klappenimplantation wird die Aorta mit 5-0 Prolene-Fäden doppelläufig verschlossen.

Verschluss

Die ventrikulären Schrittmacherdrähte werden vor dem Öffnen der Aortenklamme angebracht. Nach sorgfältigem Entlüften wird die Aortenklamme eröffnet. Nun erfolgen das Abgehen von der

Abb. 6 ▲ Vent mit entsprechender Biegung. Der Vent wird noch vor Start der Herz-Lungen-Maschine über die rechtsseitige obere Lungenvene gelegt. Er muss im Ventrikel liegen, sollte aber nicht zu tief Richtung Apex geschoben werden, um eine Verletzung durch die Spitze zu verhindern

Herz-Lungen-Maschine und die Gabe von Protamin. Das Perikard wird mit wenigen Fäden adaptiert. Die Spitze der venösen Kanüle wird abgeschnitten und eine gewinkelte Drainage durch die Kanüle aus dem Thorax gezogen. Die Rippe wird am Sternum mithilfe einer PDS®-Kordel (Ethicon Inc., Somerville, NJ, USA) refixiert. Die 3. Rippe wird ebenfalls mit 2 Kordeln an der 2. bzw. 4. Rippe fixiert. Danach schließt sich der schichtweise Wundverschluss an.

Fazit für die Praxis

- Der ART-Zugang ermöglicht den kompletten Erhalt des Brustbeins.
- Die Vorteile einer chirurgischen Klappe mit rascher Mobilisierung und gutem kosmetischen Ergebnis können kombiniert werden.
- Die chirurgische Lernkurve und die höhere Komplexität des Eingriffs sollten bei der Planung bedacht werden.
- Optimale Patientenvorbereitung sowie schrittweise und korrekte chirurgische Durchführung sind

wesentliche Erfolgsfaktoren für diesen Zugang.

Korrespondenzadresse

Assoc. Prof. Dr. M. Andreas
Abteilung für Herzchirurgie,
Medizinische Universität
Wien
Währinger Gürtel 18–20,
1090 Wien, Österreich
martin.andreas@
meduniwien.ac.at

Acknowledgements. Open access funding provided by Medical University of Vienna.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. M. Andreas und S. Mahr erhielten Reisekostenunterstützung (Edwards Lifesciences, Abbott). A. Kocher und G. Laufer haben ein Consulting Agreement (Edwards Lifesciences).

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

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Literatur

1. Andreas M, Wallner S, Habertheuer A et al (2016) Conventional versus rapid-deployment aortic valve replacement: a single-centre comparison between the Edwards Magna valve and its rapid-deployment successor. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 22:799–805
2. Cohn LH, Adams DH, Couper GS et al (1997) Minimally invasive cardiac valve surgery improves patient satisfaction while reducing costs of cardiac valve replacement and repair. *Ann Surg* 226:421–426 (discussion 427–428)
3. Glauber M, Miceli A, Bevilacqua S et al (2011) Minimally invasive aortic valve replacement via right anterior minithoracotomy: early outcomes and midterm follow-up. *J Thorac Cardiovasc Surg* 142:1577–1579
4. Holzhey D, Mohr FW, Walther T et al (2016) Current results of surgical aortic valve replacement: insights from the German aortic valve registry. *Ann Thorac Surg* 101:658–666
5. Lamelas J (2015) Minimally invasive aortic valve replacement: the “Miami Method”. *Ann Cardiothorac Surg* 4:71–77
6. Lamelas J, Williams RF, Mawad M et al (2017) Complications associated with femoral cannulation

- during minimally invasive cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 103:1927–1932
7. Malaisrie SC, Barnhart GR, Farivar RS et al (2014) Current era minimally invasive aortic valve replacement: techniques and practice. *J Thorac Cardiovasc Surg* 147:6–14
 8. Murzi M, Glauber M (2015) Central versus femoral cannulation during minimally invasive aortic valve replacement. *Ann Cardiothorac Surg* 4:59–61
 9. Murzi M, Kallushi E, Solinas M et al (2009) Video-assisted right atrial surgery with a single two-stage femoral venous cannula. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 9:9–10
 10. Nguyen TC, Lamelas J (2015) From the ground up: building a minimally invasive aortic valve surgery program. *Ann Cardiothorac Surg* 4:178–181
 11. Nguyen TC, Terwelp MD, Thourani VH et al (2017) Clinical trends in surgical, minimally invasive and transcatheter aortic valve replacement. *Eur J Cardiothorac Surg* 51:1086–1092
 12. Reinohl J, Kaier K, Reinecke H et al (2015) Effect of availability of transcatheter aortic-valve replacement on clinical practice. *N Engl J Med* 373:2438–2447
 13. Schachner T, Bonaros N, Laufer G et al (2004) The ESTECH remote access perfusion cannula in minimally invasive cardiac surgery. *Heart Surg Forum* 7:E632–E635
 14. Vahanian A, Alfieri O, Andreotti F et al (2012) Guidelines on the management of valvular heart disease (version 2012). *Eur Heart J* 33:2451–2496

In eigener Sache

Auch online Zugang zu allen Beiträgen Ihres Individualabonnements

Wussten Sie, dass Sie als Abonnent dieser Zeitschrift automatisch online Zugriffsrechte auf das gesamte Beitragsarchiv und die CME-Kurse haben?

Der Zugang zu Ihrer Online-Bibliothek und den CME-Kursen ist im Abonnement Ihrer Zeitschrift inbegriffen. Neben den gedruckten Ausgaben, können Sie Themen einfach am Computer recherchieren. Für den Zugang müssen Sie sich lediglich einmal über www.springermedizin.de/register registrieren.

Über diesen QR-Code schnell und einfach registrieren

Für die Registrierung brauchen Sie nur
- **die Nummer Ihres Abonnements**
(siehe Adressaufkleber auf Ihrem Heft) und
- **Ihre Lieferanschrift.**
So stellen Sie die Zugehörigkeit zu Ihrer Zeitschrift sicher.

Nach Login erhalten Sie dann sofort die Online-Rechte für den Volltextzugriff und den Zugang zu Ihren CME-Kursen.

Mit Benutzernamen und Passwort haben Sie außerdem Zugang zu den freien Inhalten auf den Seiten von:

<https://www.springermedizin.de/>
<http://www.aerztezeitung.de/>
<http://www.heilberufe-online.de/>

Sollten Fragen oder Probleme auftauchen, wenden Sie sich einfach an Ihren Kundenservice über:

kundenservice@springermedizin.de