

Journal für Kardiologie

Austrian Journal of Cardiology

Österreichische Zeitschrift für Herz-Kreislauserkrankungen

**Personalisierte chirurgische
Behandlungen bei Erkrankungen der
aufsteigenden Aorta // Personalized
surgical treatments for diseases of
the ascending aorta**

Srekl-Filzmaier P, Laufer G

Andreas M

Journal für Kardiologie - Austrian

Journal of Cardiology 2026; 33

(3-4), 64-69

Homepage:

www.kup.at/kardiologie

Online-Datenbank
mit Autoren-
und Stichwortsuche



Offizielles
Partnerjournal der ÖKG



Member of the ESC-Editor's Club



Offizielles Organ des
Österreichischen Herzfonds



ACVC
Association for
Acute CardioVascular Care

In Kooperation
mit der ACVC

Indexed in ESCI
part of Web of Science

Indexed in EMBASE

Krause & Pachernegg GmbH • Verlag für Medizin und Wirtschaft • A-3003 Gablitz

P.b.b. 02Z031105M,

Verlagsort: 3003 Gablitz, Linzerstraße 177A/21

Preis: EUR 10,-

Veranstaltungskalender

Hybrid-Veranstaltungen der Herausgeber des **Journals für Kardiologie**

Finden Sie alle laufend aktualisierten Termine
auf einem Blick unter

www.kup.at/images/ads/kongress.pdf

Personalisierte chirurgische Behandlungen bei Erkrankungen der aufsteigenden Aorta

P. Srekl-Filzmaier, G. Laufer, M. Andreas

Kurzfassung: Erkrankungen der Aorta ascendens umfassen degenerative, infektiöse und entzündliche Aneurysmen, genetisch bedingte Aortopathien sowie akute und chronische Aortendissektionen. Die früher primär am maximalen Aortendurchmesser orientierte Therapieentscheidung wird den individuellen Risikoprofilen der Patienten nicht gerecht. In den letzten Jahren hat sich daher das Konzept der personalisierten Medizin etabliert, welches genetische, anatomische, funktionelle und klinische Faktoren berücksichtigt.

Man differenziert hauptsächlich zwischen dem Wurzel- und dem Ascendens-Phänotyp, die sich hinsichtlich Patientenkollektiv, Klappenbeteiligung und Pathogenese deutlich unterscheiden können. Degenerative Aneurysmen treten vor allem beim Ascendens-Phänotyp auf, während genetische Aortopathien häufig mit einem erhöhten Dissektions- und Rupturrisiko bei kleineren Durchmessern einhergehen. Die Indikationsstellung zur Operation erfolgt daher zunehmend individualisiert unter Einbeziehung von Wachstumsrate, Familienanamnese, genetischen Befunden, Begleiterkrankungen und Patientenwunsch. Neben klassischen Grenzwerten gelten bei genetischen Syndromen deutlich niedrigere Grenzwerte.

Chirurgisch stehen neben dem konventionellen Aortenersatz verschiedene klappenerhaltende und personalisierte Verfahren zur Verfügung, darunter die David-Operation, Bentall-Operation, Lansac-

Technik sowie innovative Konzepte wie Aortic-PEARS (personalisierte externe Unterstützung der Aorta) und Ross-PEARS. Letztere ermöglichen eine externe Stabilisierung der Aorta unter Erhalt von nativem Gewebe und physiologischer Funktion. Bei akuten Typ-A-Dissektionen ist hingegen eine sofortige, situationsangepasste chirurgische Versorgung erforderlich. Insgesamt zeigt sich, dass personalisierte chirurgische Strategien eine verbesserte Risikoabschätzung, funktionelle Ergebnisse und langfristige Prognosen ermöglichen.

Schlüsselwörter: Wurzelaneurysma, Ascendensaneurysma, Aorta ascendens, PEARs, Ross-PEARs, David-Operation, Bentall-Operation

Abstract: Personalized surgical treatments for diseases of the ascending aorta. Diseases of the ascending aorta include degenerative aneurysms, genetically determined aortopathies, and acute as well as chronic aortic dissections. Traditional therapeutic decision-making based primarily on the maximum aortic diameter does not adequately reflect the individual risk profiles of patients. Consequently, the concept of personalized medicine has gained increasing importance in recent years, incorporating genetic, anatomical, functional, and clinical factors.

Two main phenotypes are distinguished: the root phenotype and the ascending phenotype,

which differ significantly in patient characteristics, valve involvement, and pathogenesis. Degenerative aneurysms predominantly occur in the ascending phenotype, whereas genetic aortopathies are associated with an increased risk of dissection and rupture at comparatively smaller diameters. Therefore, surgical indication is increasingly individualized, taking into account growth rate, family history, genetic findings, comorbidities, and patient preference. In genetic syndromes, significantly lower threshold values for intervention apply compared to standard criteria.

In addition to conventional aortic replacement, a wide range of valve-sparing and personalized surgical techniques is available, including the David procedure, Bentall procedure, Lansac technique, and innovative approaches such as Aortic PEARs (Personalized External Aortic Root Support) and Ross-PEARs. These latter techniques allow external stabilization of the aorta while preserving native tissue and physiological function. In contrast, acute Stanford type A dissections require immediate, situation-adapted surgical intervention. Overall, personalized surgical strategies enable improved risk stratification, functional outcomes, and long-term prognosis. *J Kardiologie* 2026; 33 (3–4): 64–9.

Keywords: root aneurysm, ascending aneurysm, ascending aorta, PEARs, Ross-PEARs, David operation, Bentall operation

■ Einleitung

Erkrankungen der aufsteigenden Aorta (Aorta ascendens) umfassen ein breites Spektrum an Pathologien, darunter degenerative Aneurysmen, infektiöse und entzündliche Aneurysmen, genetisch bedingte Aortopathien sowie akute und chronische Aortendissektionen [1–4]. Bei Aneurysmen kommt das Laplace-Gesetz zu tragen: je größer der Radius, desto höher wird die Wandspannung. Ein Teufelskreis, denn die Spannung führt zu weiterer Dilatation: Das Risiko für eine Ruptur oder Dissektion erhöht sich zunehmend [5].

Historisch basiert die Indikationsstellung zur operativen Therapie primär auf dem maximalen Aortendurchmesser. Dieses eindimensionale Kriterium vernachlässigt jedoch individuelle Faktoren wie Patientengröße, die Aortenwandstabilität, die genetischen Risikokonstellationen, die Progressionsdynamik der Erkrankung sowie relevante Komorbiditäten. In den letzten zwei Jahrzehnten hat sich daher zunehmend das Konzept der

personalisierten Medizin etabliert, das eine individualisierte Therapieplanung auf Grundlage patientenspezifischer, klinischer, morphologischer und genetischer Parameter verfolgt.

Ziel dieser Arbeit ist es, die Möglichkeiten der personalisierten chirurgischen Therapie der Aorta ascendens und die zugrunde liegenden Entscheidungsprozesse darzustellen.

■ Phänotypen der Aortenaneurysmen

Auf Basis der dominierenden Lokalisation werden zwei Hauptphänotypen unterschieden:

- Wurzel-Phänotyp (ca. 15–20 %) (Abb. 1)
- Ascendens-Phänotyp (ca. 70–75 %) (Abb. 2)

Beide Phänotypen können sich im Lauf zu einem erweiterten Phänotyp (extended phenotype, 5–10 %) weiterentwickeln, sodass kombinierte Aneurysmen der Aortenwurzel und Ascendens bzw. der Ascendens und des Aortenbogens auftreten können. Die Zuordnung erfolgt anhand des führenden maximalen Durchmessers [1, 6].

Patienten mit Wurzel-Phänotyp sind typischerweise jünger, größer gewachsen, häufiger männlich, besitzen häufiger

Eingelangt am: 19.01.2026, angenommen am: 05.02.2026

Aus der Klinischen Abteilung für Herzchirurgie, LKH-Univ. Klinikum Graz

Korrespondenzadresse: OÄ Dr. Petra Srekl-Filzmaier, Klinische Abteilung für Herzchirurgie, LKH-Univ. Klinikum Graz, A-8036 Graz, Auenbruggerplatz 29, E-mail: petra.srekl-filzmaier@uniklinikum.graz.at



Abbildung 1: Wurzel-Typ



Abbildung 2: Ascendens-Typ

eine bikuspidale Aortenklappe und weisen infolge der Dilatation der Sinus valsalvae oder des Aortenklappenanusulus oft eine begleitende Aortenklappeninsuffizienz auf.

Beim Ascendens-Phänotyp handelt es sich hingegen meist um ältere Patienten beiderlei Geschlechts. Häufig besteht eine Assoziation mit einer Aortenklappenstenose (poststenotische Dilatation) und einer arteriellen Hypertonie [1, 3, 6–8].

■ Pathophysiologie

Degenerative Aortenaneurysmen

Degenerative Veränderungen der Media, insbesondere elastische Fragmentierung und Apoptose glatter Muskelzellen, führen zu einer progressiven Dilatation der Aorta. Zu den wichtigsten Risikofaktoren zählen arterielle Hypertonie, Nikotinkonsum, höheres Lebensalter und männliches Geschlecht. Diese Form tritt überwiegend beim Ascendensphänotyp auf und kann auch mit einer bikuspidalen Aortenklappe assoziiert sein [1, 4, 6].

Genetische Aortopathien

Hereditäre thorakale Aortenerkrankungen (HTAD) werden in syndromale und nicht-syndromale (nsHTAD) Formen unterteilt. Die zugrunde liegenden Gendefekte betreffen strukturelle Komponenten des Bindegewebes oder der glatten Muskelzellen der Aortenwand. Bisher wurden insgesamt 67 Gene mit thorakalen Aortendissektionen in Assoziation gebracht [1, 9–11].

Syndromale HTAD, wie das Marfan-Syndrom, das Loeys-Dietz-Syndrom, Turner-Syndrom oder das vaskuläre Ehlers-Danlos-Syndrom, gehen mit extravaskulären Manifestationen einher und sind mit Mutationen u.a. des *FBN1*, *TGFBR1/2*, *SMAD3* oder *COL3A1* assoziiert.

Nicht-syndromale HTAD beschränken sich auf die Aorta, sind familiär gehäuft und unter anderem mit Mutationen z. B. in *ACTA2* oder *MYH11* verknüpft. Eine diagnostizierte Pathogenetik ist jedoch nicht zwingend, die positive Familienanamnese, vor allem wenn mehrere Verwandte betroffen sind, ist hier hinweisgebend [2, 4, 9–11].

HTAD ist mit einem deutlich erhöhten Risiko für Ruptur und Dissektion bereits bei kleineren Durchmessern verbunden, weshalb niedrigere Schwellenwerte für eine operative Intervention gelten und die eingeschränkte Wandqualität bei der Wahl des Verfahrens berücksichtigt werden muss [1, 6].

Bikuspidale Aortenklappe

Die mit der bikuspidalen Aortenklappe (BAV) verbundene Aortopathie entsteht durch ein Zusammenspiel genetischer Faktoren und hämodynamischer Belastung. Je nach Phänotyp überwiegt einer dieser Mechanismen, was lange zu unterschiedlichen Therapieempfehlungen geführt hat.

Der Wurzelphänotyp gilt als aggressiver, schneller im Wachstum, mit familiärer Häufung und höherem Risiko für Dissektion und erfordert daher eine engmaschigere Kontrolle und frühere Operation. Beim Ascendensphänotyp beschränken sich die Wandveränderungen auf Bereiche mit hoher Strömungsbelastung und nach Klappenersatz wächst die Aorta aufgrund der veränderten Strömung meist nur langsam. Der erweiterte Phänotyp entsteht durch Ausdehnung auf benachbarte Aortenabschnitte [1, 7].

Aortendissektion

Die akute Aortendissektion stellt eine der dramatischsten Manifestationen aortaler Erkrankungen dar. Sie entsteht durch einen Intimariss mit Ausbildung eines falschen Lumens und ist eng mit strukturellen Wandveränderungen assoziiert [1, 6].

■ Indikationsstellung zur Operation

Eine operative Versorgung eines Aortenwurzels- oder Ascendensaneurysmas ist generell ab einem Durchmesser von ≥ 55 mm indiziert. Beim Ascendensphänotyp kann bei niedrigem Operationsrisiko und zusätzlichen Risikofaktoren bereits ab ≥ 50 mm operiert werden, ohne zusätzliche Risikofaktoren ab ≥ 52 mm. Bei bikuspidaler Aortenklappe und Wurzelphänotyp wird eine Intervention ab ≥ 50 mm empfohlen. Bei trikuspidaler Klappe und Wurzelphänotyp kann bei niedrigem Operationsrisiko und vorhandenen Risikofaktoren ebenfalls ab ≥ 50 mm operiert werden [1, 6].

Unabhängig vom Phänotyp gilt:

- Bei geplanter Aortenklappenoperation: Intervention ab ≥ 45 mm
- Bei anderen kardialen Eingriffen: ab ≥ 50 mm

Zusätzliche Risikofaktoren und in der Entscheidungsfindung zu berücksichtigen sind:

- Wachstumsrate > 3 mm/Jahr
- Länge der Aorta ascendens > 11 cm
- positive Familienanamnese
- therapierefraktäre Hypertonie
- Alter < 50 Jahre
- geringe Körpergröße ($< 1,69$ m)
- Schmerzen oder Beschwerden
- Patientenpräferenz

Das natürliche Risiko für Ruptur und Dissektion der Aorta steigt an zwei kritischen Punkten an: bei 5,25–5,5 cm und bei 5,75–6,0 cm. Zudem tendiert man mittlerweile dazu, die

Körpergröße individuell zu berücksichtigen mit dem „Aortic Height Index“ (AHI, Aortendurchmesser in cm/Körpergröße in m) und dem „Aortic Size Index“ (ASI, Aortendurchmesser in cm/Körperoberfläche in m²) [12].

Bei HTAD wird die Indikation nicht vom Phänotypus beeinflusst, sondern vom Diameter, von der Genetik und den Risikofaktoren. Bei ACTA2-Mutation wird eine Operation ab ≥ 45 mm, bei zusätzlichen Risikofaktoren bereits ab ≥ 42 mm empfohlen. Bei Marfan-Syndrom gilt unabhängig vom Phänotyp eine Indikation ab ≥ 50 mm, bei Risikofaktoren ab ≥ 45 mm. Bei Loeys-Dietz-Syndrom richtet sich die Schwelle nach dem Genotyp: bei TGFBR1/2-Mutationen ab ≥ 45 mm, mit Risikofaktoren kann ab ≥ 40 mm eine Operation in Betracht gezogen werden [1, 6].

Eine präventive Operation kann insbesondere bei Frauen mit HTAD, insbesondere bei genetischen Syndromen und bestehendem Kinderwunsch sinnvoll sein [13, 14].

Eine genetische Testung wird empfohlen bei thorakaler Aortenerkrankung unter 60 Jahren, positiver Familienhistorie für Typ-A-Aortendissektion, Aneurysmen anderer Gefäße oder syndromalen Merkmalen. Bei Nachweis einer Mutation sollten erstgradige Angehörigen auch getestet werden.

Die Entscheidung zur Operation sollte auf jeden Fall individuell getroffen werden und hängt von der genauen Diagnose, dem klinischen Zustand des Patienten, der Anatomie der Aorta, den Begleiterkrankungen und der gemeinsamen Entscheidung mit dem Patienten / der Patientin ab [1, 6, 15].

■ Chirurgische Therapieoptionen

Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden die folgenden Operationsverfahren nur beispielhaft erklärt, es gibt jedoch unterschiedliche Methoden u.a. klappenerhaltend zu operieren.

Klassische Aorten Chirurgie

Beim klassischen Aortenersatz wird der betroffene Abschnitt durch eine gewebte („woven“) Dacron®-Prothese aus Polyethylenterephthalat- (PET-) Kunststoff ersetzt. Dies führt zur Reduzierung des Windkesseneffekts mit erhöhter Inzidenz von Herzinsuffizienz.

Spätkomplikationen wie Protheseninfekte oder Entwicklung von Pseudoaneurysmen im Nahtbereich können auftreten, die eine neuerliche Operation notwendig machen. Die Personalisierung beschränkt sich hier auf die Wahl des Durchmessers [1, 16, 17].

Klappenerhaltende Verfahren

David-Operation

Die klappenerhaltende Aortenwurzelrekonstruktion nach David ist insbesondere bei jungen Patientinnen und Patienten mit erhaltener Klappenmorphologie indiziert. Sie erlaubt den Erhalt der nativen Klappe und vermeidet lebenslange Antikoagulation. Additiv kann auch eine Aortenklappenrekonstruktion, z. B. bei Prolaps einer Tasche, eingesetzt wer-

den. So können auch bikuspidale Klappen durch Rekonstruktion für eine David-Operation verwendbar sein.

Bei der Operation wird die Aortenwurzel außen bis unter den Klappen-Anulus frei präpariert und die Aorta ascendens bis in die Sinus mit einem verbleibendem Randsaum reseziert. Die Koronarostien werden als sogenannte Buttons von der Wurzel ausgeschnitten. Anschließend werden Nähte unterhalb des Anulus nach außen gestochen. Eine passende Prothese, meist eine in Wurzelform geformte Valsalvaprothese, die die Erweiterung der Sinus valsalvae simuliert, wird zur Rekonstruktion genutzt. Diese wird nun von außen über die Klappe gestülpt und mit den vorgelegten Nähten fixiert. Die native Aortenklappe wird anschließend innerhalb der Prothese eingenäht und die Koronarbuttons reinseriert [18–22].

Lansac-Technik

Bei Aortenklappeninsuffizienz mit erhaltener Wurzel und Aneurysma distal des sinutubulären Übergangs (STJ) ermöglicht eine externe Anulus-Stabilisierung eine funktionelle Rekonstruktion. Hierbei wird der Aortenannulus von außen durch ein Stück einer passenden Dacron-Rohrprothese oder speziellen Anuloplastie-Ringen stabilisiert und zudem gerafft. Dies kann dann mit einem klassischen Ersatz der A. ascendens mittels Rohrprothese kombiniert werden [23–25].

PEARS – Personalized External Aortic Root Support

ExoVasc® PEARs ist ein patientenspezifisches externes Stützimplantat aus biokompatiblen gestricktem („knitted“) Polyethylenterephthalat (PET). Durch das Strickverfahren ist das Implantat netzförmig, weich, biegsam und elastischer als eine herkömmliche Rohrprothese und wird auf Basis einer CT-Angiographie mit Triggerung in der Diastole individuell für den Patienten gefertigt.

Das Implantat stabilisiert die gesamte Aortenwurzel und Ascendens bis zum Abgang des Truncus brachiocephalicus ohne intraluminales Fremdmaterial und erhält weitgehend den Windkesseneffekt. Das Verfahren wurde ursprünglich für genetische Aortopathien mit Wurzelphänotyp entwickelt, wird aber mittlerweile auch für Wurzel- und Ascendensaneurysmen anderer Genese verwendet [26–30].

Bei der Operation wird die Aorta ascendens von der Aortenannulusebene, über die Wurzel bis zum Bogeneingang von ihren umliegenden Strukturen getrennt. Die Koronarabgänge werden zirkulär dargestellt und umfahren. Anschließend wird das Implantat an der vorgefertigten Längsnaht eröffnet, die Öffnungen für die markierten Koronarostien eingeschnitten und danach T-förmig mit der vorhandenen Längsöffnung verbunden. Das PEARs wird um die Aortenwurzel, die Koronarabgänge und die aufsteigende Aorta bis zum Truncusabgang gelegt und anschließend entlang der Längsnaht verschlossen. Um eine Migration zu verhindern, wird das Implantat proximal im Bereich des Aortenannulus und am distalen Ende des Implantats fixiert. Der Eingriff wird ohne Herzlungenmaschine durchgeführt, der Blutdruck muss aber für die Präparation der Aortenwurzel auf ca. 60 mmHg systolisch gesenkt werden. Bei Karotisstenose oder Niereninsuffizienz wird die Operation mit Herzlungenmaschine am schlagenden Herzen durchgeführt, um eine Durchblutungsstörung und einhergehende Funktionsprobleme zu verhindern [30, 31].

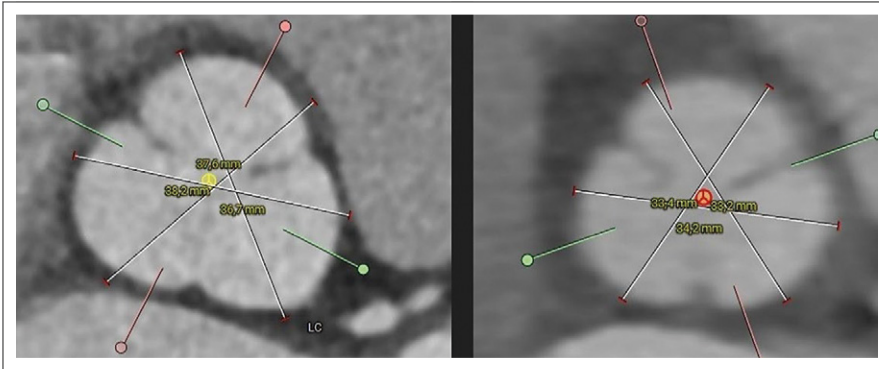


Abbildung 3: Aortenwurzel bei PEARs: links präoperativ, rechts postoperativ

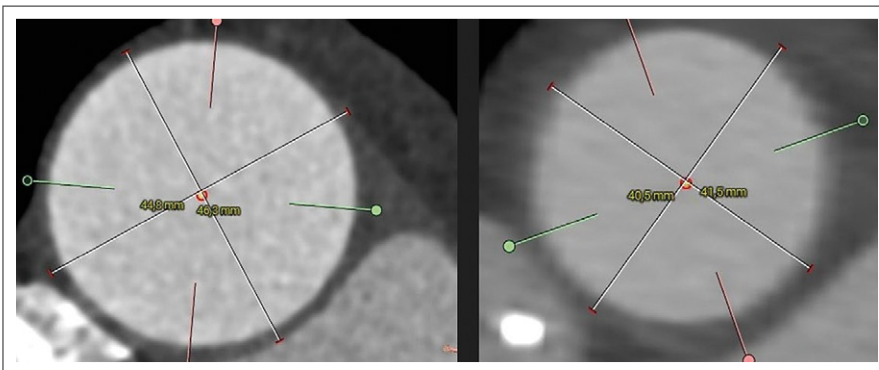


Abbildung 4: Aorta ascendens bei PEARs: links präoperativ, rechts postoperativ

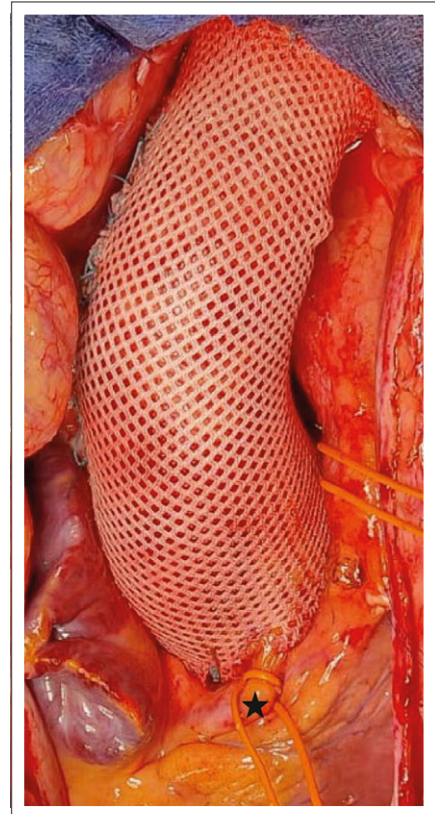


Abbildung 5: Aortic-PEARs (* rechte Koronararterie)

Der PEARs wird in der Regel 5 % kleiner als im Vergleich zu den Nativmaßen gefertigt, sodass eine geringe Größenreduktion des Aneurysmas, des Aortenannulus und Wurzel erreicht wird (Abb. 3 bis 5). Dadurch wird es auch bei leicht- bis mittelgradiger Aortenklappeninsuffizienz verwendet, da sich so eine Reduktion des Insuffizienzgrads ergibt. Durch die Stützfunktion wird eine weitere Expansion des Aneurysmas verhindert, zudem wächst das Gewebe durch die netzförmige Struktur, sodass die Aortenwand verdickt und stabilisiert wird. Dadurch wird eine Aortendissektion oder -ruptur verhindert. Bei höhergradiger Aortenklappeninsuffizienz muss ein Verfahren mit Klappenrekonstruktion oder Ersatz gewählt werden [27, 29, 30, 32, 33].

Postoperativ kommt es gelegentlich zum Postimplantations-Syndrom, da der Körper auf das Fremdmaterial mit einer Entzündung reagiert. Dies manifestiert sich durch nicht-infektiöses Fieber, Anstieg der Entzündungsparameter mit CRP und Leukozyten sowie Thrombozytopenie. Mittels NSARs ist dies gut zu behandeln [34].

Klappenersetzende Verfahren

Bentall-de-Bono-Operation

Bei strukturell nicht rekonstruierbarer Aortenklappe oder höherem Operationsrisiko wird die Wurzel mit einer kombinierten Klappen-Gefäß-Prothese ersetzt. Es gibt vorgefertigte mechanische oder biologische Bentall-Prothesen, die eine Valsalva-Konfiguration aufweisen. Diese Methode wird eher bei älteren Patienten oder schlechter EF eingesetzt, da die Operationszeit kürzer als im Vergleich zu klappenerhaltenden Methoden ist.

Die Vorbereitungen sind vergleichbar mit der David-Operation, zusätzlich wird jedoch die Aortenklappe exzidiert. Die Nähte werden anschließend wie für einen konventionellen Aortenklappenersatz durch den Anulus gestochen. Nach Einknüpfen der Prothese in den Anulus werden die Koronarostien noch reinseriert und die distale Anastomose gelegt [35–38].

Ross-Operation

Die Ross-Operation ersetzt die Aortenklappe durch die autologe Pulmonalklappe und ist bei Stenose oder Insuffizienz der Aortenklappe indiziert. Bei dieser technisch aufwendigen und komplexen Operationsmethode wird die eigene Pulmonalklappe (Autograft) auspräpariert und in Aortenklappenposition wieder eingenäht, während die Pulmonalklappe mittels Homograft ersetzt wird. Eine lebenslange Antikoagulation wird dadurch vermieden. Zudem zeigen sich eine sehr gute Langzeitfunktion und eine erhaltene Lebenserwartung, die jene von Patienten mit biologischem oder mechanischem Aortenklappenersatz übertrifft [39–42].

Ferner verhält sich das Autograft wie eine natürliche Klappe und wächst bei Kindern mit. Im Langzeitverlauf kann es jedoch zu einer Degeneration des Homografts oder einer Dilatation der Neo-Aortenwurzel kommen, welche eine Re-Operation notwendig machen. Um eine späte Dilatation des Autografts zu verhindern, wurden in den letzten Jahren verschiedene Methoden entwickelt, um dies zu verhindern. Beim Root-Reinforcement wird der Autograft in einen Dacron-Zylinder eingenäht [43]. Dabei geht jedoch ein Teil der Elastizität verloren und bei Reoperationen hat sich gezeigt, dass die Gefäßwand im Zylinder deutlich ausgedünnt ist [44–60].

Ross-PEARS

Die Ross-Operation wird zur Stabilisierung der Neo-Aortenwurzel und der Aorta ascendens durch ein Ross-PEARS-Implantat erweitert [61]. Im Gegensatz zum Aortic-PEARS erfolgt die CT-Angiographie in der Systole und das Implantat wird auf Basis des Pulmonaltruncus gefertigt. Eine Größenzugabe von 15 % wird berechnet, um dem Autograft genügend Platz zu geben.

Das Implantat wird bei der Anastomose des Autografts an den Aortenklappenannulus außenseitig mitgestochen. Anschließend werden Löcher für die Koronarinsertion in das Implantat geschnitten. Bei einem zusätzlichen Aneurysma der Aorta ascendens wird eine Reduktionsplastik durchgeführt. Das PEARS-Implantat liegt danach von der Anulusebene bis zum Truncusabgang. Schließlich wird das Ross-PEARS verschlossen.

Bei dieser Methode zeigen sich die gleichen Benefits wie beim Aortic-PEARS, eine spätere Dilatation der Neo-Aortenwurzel wird verhindert [26, 31, 51, 56, 62, 63].

Typ-A-Aortendissektion

Die Stanford-Typ-A-Dissektion erfordert eine sofortige chirurgische Intervention. Abhängig von der Wurzelbeteiligung erfolgt ein supracoronarer Ascendens-Ersatz, eine klappen-erhaltende Wurzelrekonstruktion oder eine Bentall-Operation [1, 6, 37, 64].

Andere vorgestellte personalisierte Methoden fallen aufgrund der organisatorischen Vorlaufzeit (Fertigung des PEARS, Bestellung Homograft für Ross) als Behandlungsmethode weg.

■ Conclusio

Erkrankungen der aufsteigenden Aorta stellen aufgrund ihrer heterogenen Ätiologie, Morphologie und klinischen Dynamik eine besondere Herausforderung in der herzchirurgischen Entscheidungsfindung dar. Die traditionelle Orientierung am maximalen Aortendurchmesser alleine greift dabei zunehmend zu kurz, da sie der individuellen Variabilität der Aortenwandqualität, genetischer Prädispositionen, funktioneller Klappenpathologien sowie patientenspezifischer Risikokontellationen nicht ausreichend Rechnung trägt.

Literatur:

- Czerny M, Grabenwöger M, Berger T, et al. EACTS/STS Guidelines for diagnosing and treating acute and chronic syndromes of the aortic organ. *Eur J Cardiothorac Surg* 2024; 65: ezad426.
- Kuzmik GA, Sang AX, Eleftheriades JA. Natural history of thoracic aortic aneurysms. *J Vasc Surg* 2012; 56: 565–71.
- Salameh MJ, Black III JH, Ratchford EV. Thoracic aortic aneurysm. *Vasc Med* 2018; 23: 573–8.
- Ganizada BH, Veltrop RJA, Akbulut AC, et al. Unveiling cellular and molecular aspects of ascending thoracic aortic aneurysms and dissections. *Basic Res Cardiol* 2024; 119: 371–95.
- Emmott A, Garcia J, Chung J, et al. Biomechanics of the ascending thoracic aorta: a clinical perspective on engineering data. *Can J Cardiol* 2016; 32: 35–47.
- Isselbacher EM, Preventza O, Hamilton Black J, et al. 2022 ACC/AHA guideline for the diagnosis and management of aortic disease: a report of the American Heart Association/American College of Cardiology joint committee on clinical practice guidelines. *Circulation* 2022; 146: e334–e482.
- Tadros TM, Klein MD, Shapira OM. Ascending aortic dilatation associated with bicuspid aortic valve. *Circulation* 2009; 119: 880–90.
- Wilton E, Jahangiri M. Post-stenotic aortic dilatation. *J Cardiothorac Surg* 2006; 1: 7.
- Milewicz DM, Guo D, Tran-Fadulu V, et al. Genetic basis of thoracic aortic aneurysms and dissections: Focus on smooth muscle cell contractile dysfunction. *Annu Rev Genomics Hum Genet* 2008; 9: 283–302.
- Milewicz DM, Guo D, Hostetler E, Marin I, Pinard AC, Cecchi AC. Update on the genetic risk for thoracic aortic aneurysms and acute aortic dissections: Implications for clinical care. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 2021; 62: 203–10.
- Brownstein AJ, Kostuk V, Ziganshin BA, et al. Genes associated with thoracic aortic aneurysm and dissection: 2018 update and clinical implications. *Aorta (Stamford)* 2018; 6: 13–20.
- Zafar MA, Li Y, Rizzo JA, et al. Height alone, rather than body surface area, suffices for risk estimation in ascending aortic aneurysm. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2018; 155: 1938–50.
- Montanaro C, Kacar P, Iannaccone G, et al. Connective tissue disorder and high risk pregnancy: a case series with personalised external aortic root support (PEARS). *Nat Commun* 2025; 16: 6165.
- Ramlakhan KP, Ahmed I, Johnson MR, Ross-Hesslink JW. Congenital heart disease and family planning: Preconception care, reproduction, contraception and maternal health. *Int J Cardiol Congenital Heart Disease* 2020; 1: 100049.
- Papakonstantinou NA, Norris F. Elective replacement of the ascending aorta: Is the 5.5-cm threshold appropriate? The insidious, small aorta. *Eur J Cardiothorac Surg* 2021; 59: 554–61.
- Bianco V, Kilic A, Gleason TG, Arnaoutakis GJ, Sultan I. Management of thoracic aortic graft infections. *J Card Surg* 2018; 33: 658–65.
- Scharfshwerdt M, Sievers H, Greggersen J, Hanke T, Misfeld M. Prosthetic replacement of the ascending aorta increases wall tension in the residual aorta. *Ann Thorac Surg* 2007; 83: 954–7.
- Beckmann E, Martens A, Krueger H, et al. Aortic valve-sparing root replacement (David I

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass eine differenzierte Phänotypisierung, die Berücksichtigung genetischer Aortopathien und die Einbindung zusätzlicher Risikofaktoren eine präzisere und sicherere Indikationsstellung ermöglichen. Insbesondere bei hereditären Aortenerkrankungen und jüngeren Patientinnen und Patienten rechtfertigt das erhöhte Dissektions- und Rupturrisiko ein früheres chirurgisches Eingreifen. Die personalisierte Medizin erlaubt hierbei eine individualisierte Risiko-Nutzen-Abwägung, die sowohl anatomische als auch funktionelle und patientenzentrierte Aspekte integriert.

Auf chirurgischer Ebene steht heute ein breites Spektrum an Therapieoptionen zur Verfügung, das von klassischen Ersatzverfahren bis hin zu klappenerhaltenden und externen Stützkonzepten reicht. Moderne Techniken wie die David-Operation, die Ross-Operation und insbesondere das Aortic-PEARS- und Ross-PEARS-Verfahren verdeutlichen den Paradigmenwechsel weg vom reinen Ersatz hin zur funktionellen Erhaltung und strukturellen Stabilisierung der nativen Aorta. Diese Verfahren ermöglichen es, den Windkesseleffekt weitgehend zu bewahren, Fremdmaterial im Blutstrom zu vermeiden und langfristige Komplikationen zu reduzieren.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die personalisierte chirurgische Therapie der aufsteigenden Aorta einen wesentlichen Fortschritt in der Behandlung aortaler Erkrankungen darstellt. Sie erfordert eine interdisziplinäre Zusammenarbeit, fundierte Bildgebung, genetische Diagnostik und hohe chirurgische Expertise.

Ziel ist es, nicht nur akute Komplikationen zu verhindern, sondern auch langfristig Lebensqualität, Klappenfunktion und Überleben der Patientinnen und Patienten zu optimieren. Die Weiterentwicklung individualisierter Konzepte wird daher auch in Zukunft eine zentrale Rolle in der Aortenchirurgie einnehmen.

■ Interessenkonflikt

P. Srekl-Filzmaier: keine
G. Laufer: Proctor ExoVasc
M. Andreas: Proctor/Consultant/Speaker (Edwards, Abbott, Medtronic, Zoll, P+F), Institutional Research Grants (Edwards, Abbott, Medtronic, LSI)

- procedure) in adolescents: long-term outcome. *Thorac Cardiovasc Surg* 2021; 69: 308–13.
19. David TE, Feindel CM. An aortic valve-sparing operation for patients with aortic incompetence and aneurysm of the ascending aorta. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1992; 103: 617–22.
20. David TE. Aortic valve-sparing operations. *Ann Thorac Surg* 2024; 117: 45–53.
21. Salehi Omran A, Aeen A, Nayebirad S, et al. Short and mid-term outcomes of valve-sparing aortic root reimplantation (David's procedure). *J Cardiothorac Surg* 2024; 19: 36.
22. Buratto E, Konstantinov IE. Valve-sparing aortic root surgery in children and adults with congenital heart disease. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2021; 162: 955–62.
23. Zakkar M, Youssefi P, Di Centa I, Khelil N, Debauchez M, Lansac E. Isolated aortic valve repair-how to do it and long-term results: External ring annuloplasty. *Ann Cardiothorac Surg* 2019; 8: 418–21.
24. Ehrlich T, de Kerchove L, Vojacek J, et al. State-of-the-art bicuspid aortic valve repair in 2020. *Progr Cardiovasc Dis* 2020; 63: 457–64.
25. Lansac E, de Kerchove L. Aortic valve repair techniques: State of the art. *Eur J Cardiothorac Surg* 2018; 53: 1101–7.
26. Pepper J, Golesworth T, Utley M. Manufacturing and placing a bespoke support for the Marfan aortic root: description of the method and technical results and status at one year for the first ten patients. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2010; 10: 360–5.
27. Izgi C, Nyktari E, Alpenderada F. Effect of personalized external aortic root support on aortic root motion and distension in Marfan syndrome patients. *Int J Cardiol* 2015; 197: 154–60.
28. Van Hoof L, Rega F, Golesworth T, et al. Personalised external aortic root support for elective treatment of aortic root dilation in 200 patients. *Heart* 2021; 107: 1790–5.
29. Golesworth T. ExoVasc® Personalised External Aortic Root Support (PEARS). Project Status, 21 May 2024. https://www.researchgate.net/publication/380792959_ExoVasc_R_Personalised_External_Aortic_Root_Support_PEARs_Project_Status_21_May_2024 [zuletzt abgerufen: 23.02.2026]
30. Pepper J, Golesworth T, Austin C, et al. Personalized external aortic root support (PEARS): a narrative review. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2024; 168: 1628–31.
31. Pepper J, Petrou M, Rega F, Rosendahl U, Golesworth T, Treasure T. Implantation of an individually computer-designed and manufactured external support for the Marfan aortic root. Multimedia manual of cardiothoracic surgery: MMCTS / European Association for Cardio-Thoracic Surgery. 2013; 2013: mmt004.
32. Verbrugghe P, Verbeke E, Pepper J, et al. External aortic root support: a histological and mechanical study in sheep. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2013; 17: 334–9.
33. Pepper J, Goddard M, Mohiaddin R, Treasure T. Histology of a Marfan aorta 4.5 years after personalized external aortic root support. *Eur J Cardiothorac Surg* 2015; 48: 502–5.
34. Kockova R, Malý J, Krebsova A, Laboš M, Pirk J. Inflammatory response after ExoVasc® personalized external aortic root support (PEARS) procedure in patients with Marfan syndrome or non-Marfan genetic aortopathy. *Cor et Vasa* 2021; 63: 435–40.
35. Bentall H, De Bono A. A technique for complete replacement of the ascending aorta. *Thorax* 1968; 23: 338–9.
36. Mookhoek A, Korteland NM, Arabkhani B, et al. Bentall procedure: a systematic review and meta-analysis. *Ann Thorac Surg* 2016; 101: 1684–9.
37. Biancari F, Mastroiacovo G, Rinaldi M, et al. The David versus the Bentall procedure for acute type A aortic dissection. *J Cardiovasc Dev Dis* 2024; 11: 370.
38. Ohira S, Cameron DE, Lansman SL, Spielvogel D. Complex Bentall operation: clinical pearls to standardize the procedure. *Ann Thorac Surg* 2025; 119: 744–54.
39. Oeser C, Uyanik-Uenal K, Kocher A, Laufer G, Andreas M. The Ross procedure in adult patients: a single-centre analysis of long-term results up to 28 years. *Eur J Cardiothorac Surg* 2022; 62: e2379.
40. Anas A, Charitos Efstratios I, Buntaro F, et al. Long-term outcomes of patients undergoing the Ross procedure. *JACC* 2021; 77: 1412–22.
41. Oeser C, Uyanik-Uenal K, Kocher A, Laufer G, Andreas M. Long-term performance of pulmonary homografts after the Ross procedure: experience up to 25 years. *Eur J Cardiothorac Surg* 2019; 55: 876–84.
42. Andreas M, Wiedemann D, Seebacher G, et al. The Ross procedure offers excellent survival compared with mechanical aortic valve replacement in a real-world setting. *Eur J Cardiothorac Surg* 2014; 46: 409–14.
43. Andreas M, Oeser C, Kocher A, Laufer G. The Ross procedure in 2021 – aiming for operative perfection. *Eur J Cardiothorac Surg* 2021; 60: 1122–3.
44. Luciani GB, Viscardi F, Pilati M. The Ross-Yacoub procedure for aneurysmal aortic root: a strategy to preserve autologous pulmonary valves. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2010; 139: 536–42.
45. Nappi F, Nenna A, Spadaccio C. Pulmonary autograft in aortic position: Is everything known? *Transl Pediatr* 2010; 6: 2017–8.
46. Singh B, Singh G, Tripathy A. The outcomes of the inclusion Ross in select patients aged 50 years, compared to a younger cohort. *Ann Thorac Surg* 2022; 113: 83–91.
47. Ozturk M, Tongut A, Hanabergh SS. The Ross procedure with the inclusion technique. *Operat Tech Thorac Cardiovasc Surg* 2010; 27: 414–22.
48. El-Hamamsy I, Vricella LA. Late pulmonary autograft dilation: can we make a good operation great? Tailored Approach. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu* 2024; 27: 42–6.
49. El-Hamamsy I, Toyoda N, Itagaki S. Propensity-matched comparison of the Ross procedure and prosthetic aortic valve replacement in adults. *J Am Coll Cardiol* 2022; 79: 805–15.
50. Skillington PD, Mokhles MM, Takkenberg J. The Ross procedure using autologous support of the pulmonary autograft: techniques and late results. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2015; 149 (2 suppl): S46–52.
51. Van Hoof L, Verbrugghe P, Jones E. Understanding pulmonary autograft remodeling after the Ross procedure: stick to the facts. *Front Cardiovasc Med* 2022; 9: 829120.
52. Mazine A, El-Hamamsy I, Verma S. Ross procedure in adults for cardiologists and cardiac surgeons. *J Am Coll Cardiol* 2018; 72: 2761–77.
53. Brown JW, Ruzmetov M, Shahriari AP, Rodefeld MD, Mahomed Y, Turrentine MW. Modification of the Ross aortic valve replacement to prevent late autograft dilatation. *Eur J Cardio-Thorac Surg* 2010; 37: 1002–7.
54. Gebauer R, Cerny S. A modification of the Ross procedure to prevent pulmonary autograft dilatation. *Eur J Cardiothorac Surg* 2009; 36: 195–7.
55. Slater M, Shen I, Welke K, Komanapalli C, Ungerleider R. Modification to the Ross procedure to prevent autograft dilatation. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu* 2005; 181–4.
56. Chauvette V, Chamberland ME, El-Hamamsy I. A review of pulmonary autograft external support in the Ross procedure. *Exp Rev Med Dev* 2019; 16: 9981–8.
57. Generali T, Mcpherson I, Visan AC. Autograft reoperation following the Ross procedure: evolving strategies and future perspectives. *World J Pediatr Congenit Heart Surg* 2024; 15: 571–80.
58. Ouzounian M, Mazine A, David TE. The Ross procedure is the best operation to treat aortic stenosis in young and middle-aged adults. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2017; 154: 778–82.
59. El-Hamamsy I, Eryigit Z, Stevens L, et al. Long-term outcomes after autograft versus homograft aortic root replacement in adults with aortic valve disease: a randomised controlled trial. *Lancet* 2010; 376: 524–31.
60. Sievers H, Stierle U, Charitos EI, et al. A multicentre evaluation of the autograft procedure for young patients undergoing aortic valve replacement: update on the German Ross registry. *Eur J Cardiothorac Surg* 2016; 49: 212–8.
61. Vojacek J, Gofus J, Andreas M, et al. EACTS Expert Consensus Statement on the Ross procedure in adult patients. *Eur J Cardiothorac Surg* 2025, Oct 9; e24295 [online ahead of print].
62. Hebal M, Nassar M, Austin C, Kenny L. Personalized external root support for the pulmonary autograft in the aortic position: the ROSS-PEARS procedure. *Operat Tech Thorac Cardiovasc Surg* 2025; 30: 232–43.
63. Redondo A, Austin C. Our 7-year experience supporting the Ross autograft with the novel technique of personalized external aortic root support. *JTCVS Tech* 2024; 24: 121–7.
64. Waterford SD, Gardner RL, Moon MR. Extent of aortic replacement in type A dissection: current answers for an endless debate. *Ann Thorac Surg* 2018; 106: 1246–50.

Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere Rubrik

☒ Medizintechnik-Produkte



Neues CRT-D Implantat
Intica 7 HF-T QP von Biotronik



Artis pheno
Siemens Healthcare Diagnostics GmbH



Philips Azurion:
Innovative Bildgebungslösung

Aspirator 3
Labotect GmbH



InControl 1050
Labotect GmbH

e-Journal-Abo

Beziehen Sie die elektronischen Ausgaben dieser Zeitschrift hier.

Die Lieferung umfasst 4–5 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Unsere e-Journale stehen als PDF-Datei zur Verfügung und sind auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

☒ Bestellung e-Journal-Abo

Haftungsausschluss

Die in unseren Webseiten publizierten Informationen richten sich **ausschließlich an geprüfte und autorisierte medizinische Berufsgruppen** und entbinden nicht von der ärztlichen Sorgfaltspflicht sowie von einer ausführlichen Patientenaufklärung über therapeutische Optionen und deren Wirkungen bzw. Nebenwirkungen. Die entsprechenden Angaben werden von den Autoren mit der größten Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Die angegebenen Dosierungen sind im Einzelfall anhand der Fachinformationen zu überprüfen. Weder die Autoren, noch die tragenden Gesellschaften noch der Verlag übernehmen irgendwelche Haftungsansprüche.

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

[Impressum](#)

[Disclaimers & Copyright](#)

[Datenschutzerklärung](#)