

# SOP Typ-A-Aortendissektion

Erik Beckmann, Andreas Martens, Malakh Shrestha



Die akute Aortendissektion vom Typ A nach Stanford ist eine absolute Notfallsituation. Unbehandelt beträgt die Mortalität historisch etwa 50% in den ersten 48 Stunden. Die unverzügliche Operation gilt als Therapie der Wahl und kann die Mortalität signifikant reduzieren. Dieser Artikel behandelt das perioperative Management sowie die verfügbaren Operationsverfahren. Darüber hinaus gehen wir auf speziell in unserer Klinik etablierte Besonderheiten und Empfehlungen ein.

## Einführung

Die Aortendissektion, eine spezielle Form des akuten Aortensyndroms, ist gekennzeichnet durch die Aufspaltung der 3 Wandschichten der Aorta mit Abhebung der Intima oder der Media. In der Regel ist ein Einriss der Intima („intimal tear“) verantwortlich, welcher das sogenannte „Entry“ für den Bluteinstrom in die Aortenwand darstellt. Hierdurch entstehen ein wahres und ein falsches Lumen [1].

Die Einteilung der Aortendissektion kann nach der Stanford- und nach der DeBakey-Klassifikation erfolgen. Während bei der Stanford Typ-A-Dissektion stets die Aorta ascendens beteiligt ist, so ist bei der Stanford Typ-B-Dissektion nur die Aorta descendens und/oder die abdominelle Aorta betroffen (DeBakey Typ III). Eine Typ-A-Dissektion liegt in etwa 65% aller Fälle vor. Sie kann sich auf die Aorta ascendens beschränken (DeBakey Typ II) oder sich bis in die Aorta descendens, die abdominelle Aorta oder sogar die Iliakalgefäße fortsetzen (DeBakey Typ I).

Die Aortendissektion wird als „akut“ bezeichnet, wenn sie weniger als 14 Tage besteht. Danach wird sie als „subakut“ (14–90 Tage) oder „chronisch“ (> 90 Tage) eingestuft. Das konservative Management der Typ-A-Dissektion weist eine extrem hohe Letalität auf, die in den ersten 48 Stunden bei ca. 40–60% liegt (ca. 1% pro Stunde). Dies ist durch die potenziellen Komplikationen bedingt, wie z. B. Perikardtamponade, Ruptur oder Malperfusion. Nach erfolgter Diagnose ist die notfallmäßige operative Sanierung die Therapie der Wahl.

## Diagnose

Plötzliche und stärkste thorakale Schmerzen sind das klinische Leitsymptom der akuten Aortendissektion [1]. Weitere klinische Symptome können vorliegen und sind

oft abhängig von der Ausprägung und Lokalisation der Dissektion. Hierzu gehören u. a.

- die Aortenklappeninsuffizienz mit konsekutiver Dyspnoe oder Herzinsuffizienzsymptomen,
- „low cardiac output syndrome“ (bedingt durch Perikardtamponade),
- neurologische Zeichen und
- Malperfusionssyndrome.

Während bei der DeBakey-Typ-II-Dissektion nur eine kardiale Malperfusion durch Verlegung der Koronarien bestehen kann, so kann bei der Typ-I-Dissektion zusätzlich auch eine zerebrale, spinale, abdominelle, oder periphere Malperfusion vorliegen. Die klinische Symptomatik richtet sich folglich nach dem ischämischen Organsystem. Laborchemisch kann eine Erhöhung der D-Dimere in hämodynamisch stabilen Patienten mit Brustschmerzen auf eine akute Aortendissektion hinweisen; normale D-Dimere schließen eine Dissektion mit hoher Sicherheit aus.

Eine rasche Diagnosestellung ist essenziell und wird in der Regel über bildgebende Verfahren erreicht. Bei hämodynamischer Instabilität sollte unverzüglich eine transthorakale Echokardiografie, gefolgt von einer Computertomografie (CT) mit Kontrastmittelgabe erfolgen. In den aktuellen Richtlinien wird alternativ zur CT auch die transösophageale Echokardiografie (TEE) oder Magnetresonanztomografie aufgeführt. Eine CT-Untersuchung bietet aber folgende Vorteile: In der Regel ist ein CT-Gerät nahezu ubiquitär verfügbar und die Untersuchung schnell durchzuführen. Die CT erlaubt die Abbildung der gesamten Aorta, was für die nachfolgende Operation und deren Planung von großem Vorteil ist. Im Gegensatz zur TEE kann die CT ohne Sedierung durchgeführt werden, was das Risiko von Blutdruckschwankungen minimiert. Aus diesen Gründen stellt die CT unserer Meinung nach in der Praxis das beste Bildgebungsverfahren im Rahmen der Dissektionsdiagnostik dar.

Nach Diagnosestellung einer akuten Typ-A-Dissektion ist eine unverzügliche Kontaktaufnahme mit einem herzchirurgischen Zentrum notwendig. Der Transport des Patienten hat umgehend und auf schnellstem Wege zu erfolgen. Auf eine Blutdruckeinstellung ggfs. mit intravenösen Antihypertensiva ist zu achten. Während an mancher Stelle empfohlen wird, den Patienten zu seinem Schutz zu intubieren, halten wir diese Maßnahme für kontraproduktiv [2]. Die potenziellen Blutdruckschwankungen im Rahmen der Narkoseeinleitung können sowohl Blutdruckspitzen mit dem Risiko einer Aortenruptur herbeiführen, als auch bei Patienten mit einem Perikarderguss zur Verschärfung der hämodynamischen Instabilität führen. Aus diesen Gründen raten wir i.d.R. von einer Schutzintubation ab.

### Prognose

Prinzipiell ist jeder Patient mit einer akuten Typ-A-Dissektion einer notfallmäßigen Operation zuzuführen [1]. Es wurde gezeigt, dass die Operation die 1-Monats-Mortalität von 90 auf 30% senken kann [3]. Im Langzeitverlauf kommt dieser Unterschied noch deutlicher zum Vorschein [1].

Auch ältere Patienten über dem 80. Lebensjahr scheinen von einer Operation zu profitieren: während die Krankenhaussterblichkeit 55% für konservativ behandelte Patienten beträgt, so liegt diese Rate bei 38% nach Operation [4]. Allerdings ist dieser Unterschied aufgrund einer geringen Fallzahl nicht statistisch signifikant.

Patienten mit präoperativ bestehender neurologischer Symptomatik und v. a. abdomineller Malperfusion haben eine deutlich schlechtere Prognose. Di Eusano und Kollegen berichten eine fast 3-fach erhöhte Mortalitätsrate für Patienten mit abdomineller Malperfusion (64 gegen 24%) [5]. Es existieren verschiedene Ansätze, um Patienten mit abdomineller Malperfusion erfolgreich zu behandeln, wie z. B. die „Frozen Elephant Trunk“-Technik oder TEVAR („thoracic endovascular aortic repair“) vor einer Resektion der ascendierenden Aorta.

In den meisten Zentren mit qualifizierter Aorten Chirurgie besteht die Auffassung, dass jeder Patient, der das Krankenhaus erreicht, auch eine Operation erhalten sollte. Dies schließt auch Patienten mit hämodynamischer Instabilität und Malperfusionssyndromen sowie ältere Patienten ein.

## Operative Technik

Die Operation einer Typ-A-Aortendissektion ist stets ein individueller, auf den jeweiligen Patienten abgestimmter Eingriff. Verschiedene Faktoren müssen bei der Wahl des Operationsverfahrens berücksichtigt werden:

- Patientenalter
- hämodynamische Stabilität

- Ausmaß der Dissektion
- Gewebequalität
- Verfügbarkeit von Prothesen und anderen Materialien
- Erfahrung des chirurgischen Teams

Die Bandbreite von potenziellen Operationen ist groß und reicht vom einfachen suprakommissuralen Ersatz der Aorta ascendens und des proximalen Aortenbogens hin zum aortenklappenerhaltenden Wurzelersatz mit komplettem Aortenbogensersatz in „Frozen Elephant Trunk“-Technik. Während erstgenannter Eingriff für einen älteren Patienten mit Perikardtamponade womöglich die beste Therapie darstellt, so erscheint die letztere Operation geeignet für z. B. einen jungen Marfan-Patienten, der den Operationssaal hämodynamisch stabil erreicht.

### Merke

**Auch wenn komplexere Operationen potenziell möglich sind, so muss das primäre Ziel einer jeden Dissektionsoperation das Überleben des Patienten und der Verschluss/die Resektion des proximalen Entry sein.**

### Zugang und Kanülierung

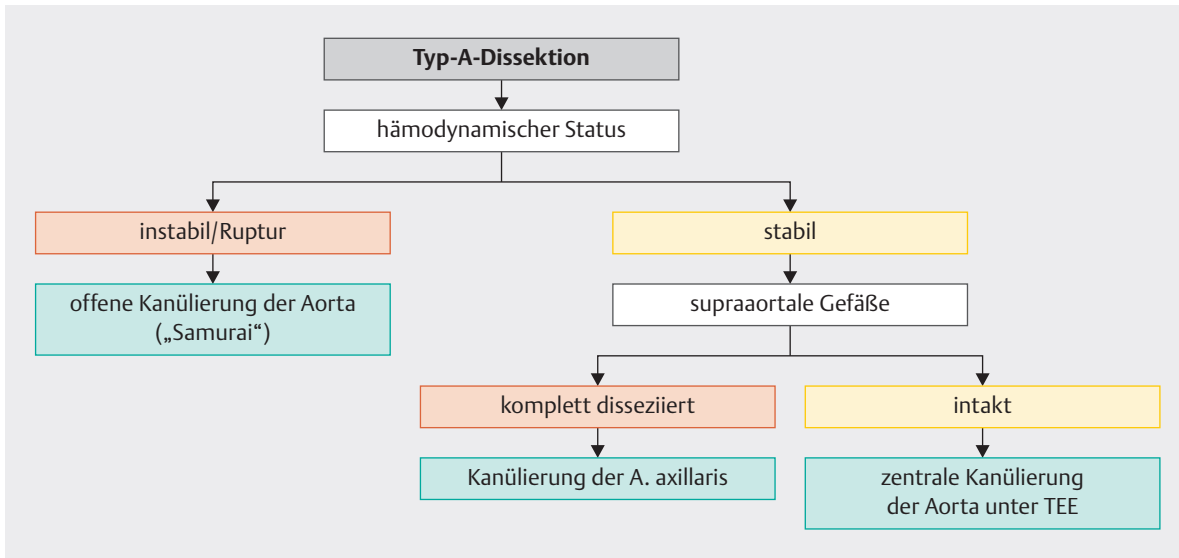
Als operativer Zugang wird stets eine mediane Sternotomie gewählt. Dieser Zugang erlaubt eine optimale Visualisierung aller für die Operation wichtigen Strukturen. Die Etablierung der extrakorporalen Zirkulation (EKZ) kann auf verschiedene Weisen erfolgen [6]. Während die venöse Drainage i.d.R. über einen Zweistufenkatheter im rechten Vorhof erfolgt, so stehen für die arterielle Kanülierung mehrere Optionen zur Verfügung (► **Abb. 1**).

### Merke

**Unabhängig von der Art der arteriellen Kanülierung ist der Grundsatz zu beachten, dass unter allen Umständen das wahre Lumen kanüliert werden muss.**

Eine Option ist die zentrale Kanülierung der Aorta ascendens [7]. Die präoperative CT-Untersuchung gibt bereits Aufschluss über die Lokalisation des wahren Lumens. Meistens befindet sich das wahre Lumen in der inneren Krümmung der Aorta und des Aortenbogens. In unserer Praxis hat sich zudem die TEE-gestützte Punktion in Seldinger-Technik als vorteilhaft erwiesen: Während der Anästhesist das wahre Lumen mittels Echokardiografie darstellt, kann der Operateur eine Nadel in das wahre Lumen einführen und über einen Draht eine EKZ-Kanüle einbringen.

Als präferenzielle Kanülierungsoption bietet sich die rechte A. axillaris an [6]. Als Zugang wird ein etwa 3–5 cm langer, horizontaler Schnitt ca. 1 cm kaudal der Clavicula gewählt. Danach erfolgt die Freilegung der A. axillaris unter Schonung der benachbarten Nervenstrukturen. Die Etablierung der EKZ kann entweder über Punktion mit Ein-



► **Abb. 1** Flussdiagramm zur arteriellen Kanülierung (TEE: transösophageale Echokardiografie).

bringen einer Seldinger-Kanüle oder über das Aufnähen einer kleinen Dacron-Prothese als Seitenarm erfolgen. Letztere Variante bietet den Vorteil, dass der rechte Arm auch mitversorgt werden kann.

Die Kanülierung der Leistengefäße ist ebenfalls eine Option und wurde früher häufig genutzt, hat aber Nachteile. Beim Vorliegen einer Typ-I-Dissektion gilt es, im CT zu verifizieren, welche Seite von der Dissektion ausgespart ist. Da durch diese Kanülierung allerdings ein retrograder Fluss der EKZ entsteht, ist das Risiko für Embolien – gerade bei älteren Patienten mit kalzifizierter Aorta – erhöht [6]. Aus diesem Grund wird diese Art der Kanülierung heutzutage eher vermieden.

Die Aorta kann auch direkt unter Sicht eröffnet und kanüliert werden [8]. Da die Aorta jedoch am unvorbereiteten, ungekühlten Patienten eröffnet wird, ist das Komplikationsrisiko als potenziell hoch einzustufen. Daher sehen wir diese auch als „Samurai-Technik“ bekannte Methode nur als Ultima Ratio bei Aortenruptur an.

### Sanierung von Aortenwurzel und Aortenklappe

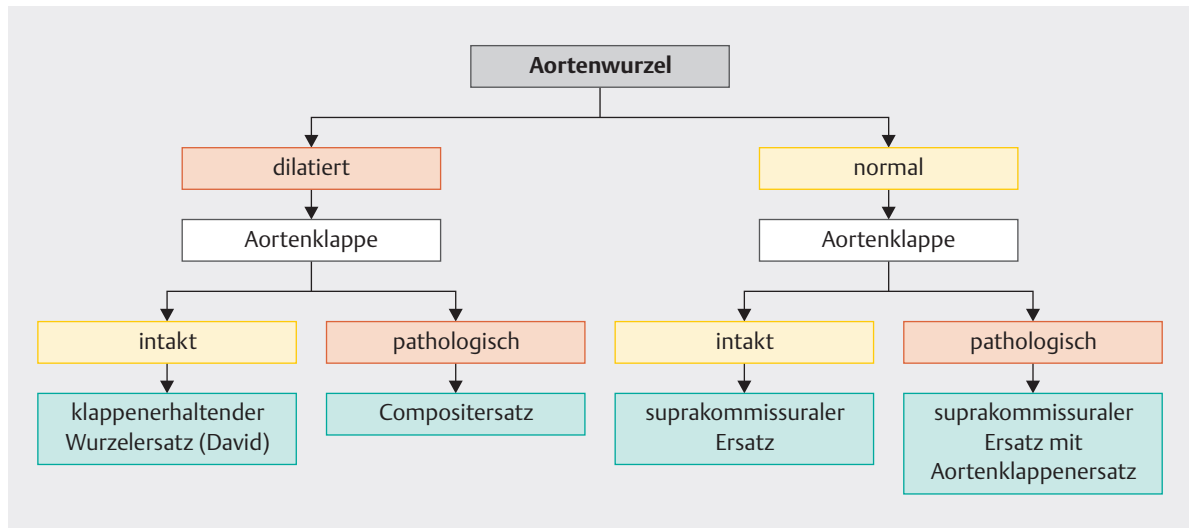
Nach Etablierung der EKZ kann die Aorta vor dem Truncus brachiocephalicus geklemmt werden, um sich nun der Aortenwurzel mitsamt Aortenklappe zuzuwenden. Nach Eröffnen der Aorta ascendens wird das Herz kardioplegiert. Das weitere Vorgehen hängt – wie bereits oben erwähnt – vom jeweiligen Patienten und den vorliegenden Befunden ab (► **Abb. 2**).

Im Falle eines normal großen Aortenannulus und einer strukturell intakten Aortenklappe kann eine Aortenwurzelrekonstruktion mittels Klebung sowie ein suprakom-

missuraler Aorta-ascendens-Ersatz erfolgen. Voraussetzung hierfür ist, dass die Koronarostien intakt sind. Die separierten Schichten der Aortenwand werden mit „Bio-glue“ adaptiert. Gegebenenfalls kann auch eine Verstärkung der Wand mittels Einlage eines Filz- oder Dacron-Streifens erfolgen. Durch den suprakommissuralen Ersatz der Aorta ascendens kann i. d. R. eine Normalisierung des zuvor erweiterten sinotubulären Übergangs erfolgen, was wiederum zur Reduktion einer zuvor bestehenden Aortenklappeninsuffizienz führt.

Wenn die Aortenwurzel dilatiert ist und die Koronarien von der Dissektion betroffen sind, so muss ein Aortenwurzelersatz erfolgen. Bei älteren Patienten mit degenerierter Aortenklappe bietet sich eine Compositprothese in modifizierter Bentall-Technik an [10, 12]. Hierbei wird eine biologische Aortenklappenprothese an eine Dacron-Rohrprothese genäht und diese dann nach zuvoriger Exzision der Aortenklappe in den Aortenannulus implantiert. Schließlich werden auch die beiden Koronarostien anatomisch korrekt in die Dacron-Prothese reimplantiert.

Bei jungen Patienten mit intakter Aortenklappe wird vielerorts eine Compositprothese mit mechanischer Klappe verwendet. Dies erfordert allerdings eine lebenslange Antikoagulation, was zum einen das Risiko für thrombotische Komplikationen und Blutungen erhöht und zum anderen das Austhrombosieren des falschen Lumens unterbindet. Aufgrund dieser Nachteile favorisieren wir in solchen Situationen den klappenerhaltenden Aortenwurzelersatz in David-Technik („Reimplantations-Technik“) [11]. Bei diesem Verfahren wird die native Aortenklappe in eine im Aortenannulus verankerte Dacron-Rohrprothese eingenäht. Die Koronarien werden auch bei dieser



► **Abb. 2** Flussdiagramm zur Sanierung der Aortenwurzel.

Operation am Ende in die Dacron-Prothese eingenäht. Die Operation ist technisch anspruchsvoll, kann in geübten Händen allerdings mit einem relativ niedrigen Operationsrisiko durchgeführt werden. Als Vorteil erweist sich der Erhalt der nativen Aortenklappe, wodurch eine lebenslange Antikoagulation vermieden werden kann – für junge und sportlich aktive Menschen ein großer Vorteil [9].

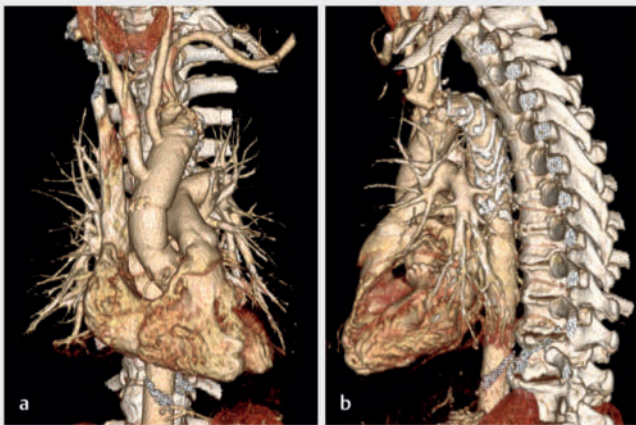
### Ersatz des Aortenbogens

Nach Sanierung der ascendierenden Aorta bzw. der Aortenwurzel wendet man sich dem Aortenbogen zu (► **Abb. 4**). Man führt einen Kreislaufstillstand durch Anhalten der EKZ herbei und öffnet die Aortenklammer, sodass der Aortenbogen inspiziert werden kann. Ist nur der proximale Aortenbogen destruiert, kann nur dieser Teil reseziert und durch eine Dacron-Rohrprothese ersetzt werden.

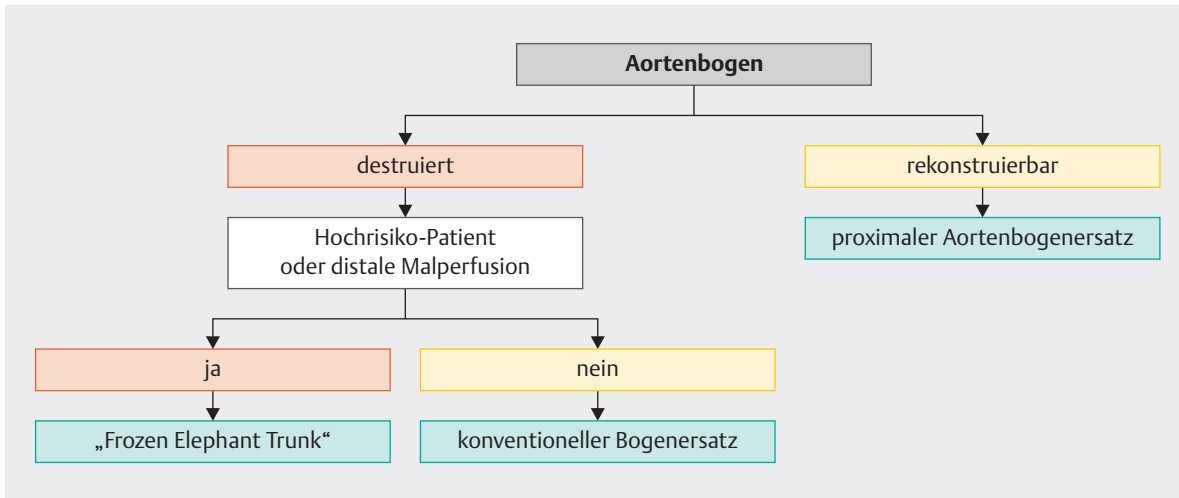
Im Falle einer ausgedehnteren Zerstörung des Aortenbogens empfiehlt sich ein Ersatz des kompletten Aortenbogens mit Reinsierung der 3 supraaortalen Gefäßabgänge. Liegt eine Typ-I-Dissektion vor, favorisieren wir – gerade bei Hochrisiko-Patienten – ein noch aggressiveres Vorgehen mit Implantation einer „Frozen Elephant Trunk“-Prothese [13]. Hierbei wird nicht nur der komplette Aortenbogen durch eine Dacron-Prothese ersetzt, sondern zusätzlich auch die proximale Aorta descendens mittels eines integrierten endovaskulären Stents stabilisiert (► **Abb. 3**).

Der Stentanteil in der Aorta descendens bietet die folgenden Vorteile:

1. Im Falle eines proximalen Aneurysmas der Aorta descendens mit distaler Landungszone kann dieses Aneurysma durch die Stentimplantation komplett ausgeschaltet werden („one stage repair“).
2. Für den Fall einer distalen aneurysmatischen Erweiterung der Aorta bietet der Stent in der Aorta descendens eine optimale Landungszone für potenzielle TEVAR-Eingriffe in der Zukunft [14].
3. Liegt eine abdominelle, spinale oder periphere Malperfusion vor, kann der Stent zur Dekompression und Öffnung des wahren Lumens führen und somit eine regelrechte Perfusion reetablieren [15].



► **Abb. 3** Computertomografie nach „Frozen Elephant Trunk“-Implantation. Bei diesem 56-jährigen Patienten wurde aufgrund einer akuten Aortendissektion Typ Stanford A eine Hybridprothese implantiert. Das CT wurde 2 Jahre nach erfolgter Operation angefertigt. Im Panel (a) ist eine anteriore Sicht auf das Herz inkl. Aorta ascendens und den operierten Aortenbogen zu sehen. Im Panel (b) ist eine laterale Ansicht abgebildet, die den Blick auf den mittels Hybridprothese ersetzten Aortenbogen sowie die Aorta descendens erlaubt.



► **Abb. 4** Flussdiagramm zum Ersatz des Aortenbogens.

Die erste „Frozen Elephant Trunk“-Prothese wurde von Hans Borst und späteren Mitarbeitern entwickelt und seither stetig verbessert. Inzwischen existieren neben einer komplexen 4-Finger-Aortenbogenprothese mit distalem Stent-Graft auch einfachere Prothesenmodelle mit „Frozen Elephant Trunk“ verschiedener Hersteller.

### Organprotektion

Ein kompletter Herz-Kreislauf-Stillstand ist für Patienten ein signifikantes Ereignis – aus diesem Grund müssen verschiedenste Protektionsmaßnahmen getroffen werden. Die Abkühlung des Patienten durch die EKZ reduziert den Metabolismus in allen Organsystemen und verlängert somit die Toleranz für einen potenziell längeren Kreislaufstillstand. Je nach antizipierter Länge des Kreislaufstillstandes wird der Patient auf 25° oder 18° C abgekühlt. Zum Teil werden zusätzlich die supraaortalen Äste über spezielle Katheter intubiert und mit Blut versorgt („selektive antegrade Hirnperfusion“) – vor allem dann, wenn ein längerer Kreislaufstillstand > 10 Minuten zu erwarten ist [16].

Da die Phase der Operation, in der der Chirurg am Aortenbogen arbeitet, ca. 1–2 Stunden dauert, muss während dieser Zeit das Herz, das ebenfalls von der Durchblutung über die Aorta abgetrennt wird, geschützt werden. Dies wird durch die Gabe von kardiologischer Lösung erreicht. Da mit zunehmender Stillstandszeit des Herzens das Risiko für Komplikationen steigt (v. a. postoperatives „low cardiac output syndrome“), wurde eine Methode entwickelt, mit der das Herz während der Aortenbogenoperation wieder mit Blut versorgt wird [17]. Da das Herz während dieser Phase häufig normal kontrahiert, wird diese Methode auch „Beating Heart“-Technik genannt. Durch diese konnte das Risiko von Aortenbogenoperationen deutlich verringert werden.

Allerdings kann es durch die Einlage eines endovaskulären Stentgrafts in die proximale Aorta descendens im Rahmen einer „Frozen Elephant Trunk“-Operation zu einer Verlegung der spinalen Arterien kommen, mit der Folge einer Paraplegie. Aus diesem Grund verwenden wir bei Implantation einer „Frozen Elephant Trunk“-Prothese stets einen relativ kurzen Stent (etwa 10 cm), um möglichst wenige Spinalarterien zu verlegen. Um das Risiko einer Spinalischämie zu minimieren, kann bei elektiven Operationen präoperativ ein spinaler Katheter eingelegt werden, über den der Druck gemessen und reguliert werden kann. Da eine Typ-A-Dissektion immer notfallmäßig durchgeführt wird, hat es sich in unserer klinischen Praxis bewährt, einen solchen Katheter postoperativ auf Intensivstation anzulegen und den Spinaldruck ggf. anzupassen und auf 12 cm Wassersäule zu senken.

### Fazit

Die akute Aortendissektion vom Typ A nach Stanford ist eine absolute medizinische Notfallsituation und weist unbehandelt eine extrem hohe Mortalität auf. Eine schnelle Diagnosefindung, gefolgt von einem unverzüglichen Transport und der Versorgung in einem herzchirurgischen Zentrum sind essenziell. Die notfallmäßige Operation gilt als Therapie der Wahl und kann das Mortalitätsrisiko signifikant senken. Ein individualisiertes, auf die Patienten und deren Situation speziell abgestimmtes Operationsverfahren haben das Potenzial, die Mortalität und die Langzeitergebnisse zusätzlich langfristig zu verbessern.

### Interessenkonflikt

Die Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

## Autorinnen/Autoren



### Erik Beckmann

Dr. med. Erik Beckmann ist Facharzt für Herzchirurgie und Funktionsoberarzt für Intensivmedizin an der Klinik für Herz-, Thorax-, Transplantations- und Gefäßchirurgie der Medizinischen Hochschule Hannover.



### Andreas Martens

PD Dr. med. Andreas Martens ist Oberarzt an der Klinik für Herz-, Thorax-, Transplantations- und Gefäßchirurgie der Medizinischen Hochschule Hannover.



### Malakh Shrestha

Prof. Dr. med. Malakh Shrestha ist stellvertretender Klinikdirektor und Profilbereichsleiter Aorten Chirurgie der Klinik für Herz-, Thorax-, Transplantations- und Gefäßchirurgie der Medizinischen Hochschule Hannover.

## Korrespondenzadresse

### Prof. Dr. Malakh Shrestha

Klinik für Herz-, Thorax-, Transplantations- und Gefäßchirurgie  
Medizinische Hochschule Hannover  
Carl-Neuberg-Str. 1  
30625 Hannover  
shrestha.malakh.lal@mh-hannover.de

## Literatur

- [1] Erbel R, Aboyans V, Boileau C et al. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: Document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Aortic Diseases of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J* 2014; 35: 2873–2926
- [2] Ince H, Nienaber CA. Diagnosis and management of aortic dissection. *Heart* 2007; 93: 266–270
- [3] Trimarchi S, Nienaber CA, Rampoldi V et al. Contemporary results of surgery in acute type A aortic dissection: The International Registry of Acute Aortic Dissection experience. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2005; 129: 112–122
- [4] Trimarchi S, Eagle KA, Nienaber CA et al. Role of age in acute aortic type A dissection outcome: report from the International Registry of Acute Aortic Dissection (IRAD). *J Thorac Cardiovasc Surg* 2010; 140: 784–789
- [5] Di Eusanio M, Trimarchi S, Patel HJ et al. Clinical presentation, management, and short-term outcome of patients with type A aortic dissection complicated by mesenteric malperfusion: observations from the International Registry of Acute Aortic Dissection. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2013; 145: 385–390.e1
- [6] Abe T, Usui A. The cannulation strategy in surgery for acute type A dissection. *Gen Thorac Cardiovasc Surg* 2017; 65: 1–9
- [7] Khaladj N, Shrestha M, Peterss S et al. Ascending aortic cannulation in acute aortic dissection type A: the Hannover experience. *Eur J Cardiothorac Surg* 2008; 34: 792–796
- [8] Kitamura T, Nie M, Horai T et al. Direct true lumen cannulation (“Samurai” cannulation) for acute Stanford Type A aortic dissection. *Ann Thorac Surg* 2017; 104: e459–e461
- [9] Beckmann E, Martens A, Pertz J et al. Valve-sparing David I procedure in acute aortic type A dissection: a 20-year experience with more than 100 patients. *Eur J Cardiothorac Surg* 2017; 52: 319–324
- [10] Bentall H, De Bono A. A technique for complete replacement of the ascending aorta. *Thorax* 1968; 23: 338–339
- [11] 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: 617–621
- [12] Beckmann E, Martens A, Alhadi FA et al. Is Bentall Procedure still the gold standard for acute aortic dissection with aortic root involvement? *Thorac Cardiovasc Surg* 2016; 64: 116–123
- [13] Shrestha M, Martens A, Kaufeld T et al. Single-center experience with the frozen elephant trunk technique in 251 patients over 15 years. *Eur J Cardiothorac Surg* 2017; 52: 858–866
- [14] Rustum S, Beckmann E, Wilhelmi M et al. Is the frozen elephant trunk procedure superior to the conventional elephant trunk procedure for completion of the second stage? *Eur J Cardiothorac Surg* 2017; 52: 725–732
- [15] Shrestha M, Bachet J, Bavaria J et al. Current status and recommendations for use of the frozen elephant trunk technique: a position paper by the vascular domain of EACTS. *Eur J Cardiothorac Surg* 2015; 47: 759–769
- [16] Kazui T, Inoue N, Yamada O et al. Selective cerebral perfusion during operation for aneurysms of the aortic arch: a reassessment. *Ann Thorac Surg* 1992; 53: 109–114
- [17] Martens A, Koigeldiyev N, Beckmann E et al. Do not leave the heart arrested. Non-cardioplegic continuous myocardial perfusion during complex aortic arch repair improves cardiac outcome. *Eur J Cardiothorac Surg* 2016; 49: 141–148

## Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/a-0987-7321>  
Kardiologie up2date 2019; 15: 189–194  
© Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York  
ISSN 1611-6534