



CME

Zertifizierte Fortbildung

Perfusionstechniken bei thorakoabdominellen Aortenaneurysmen

Thomas Schachner¹ · Alexandra Gratl¹ · Olaf Gorny¹ · Florian Enzmann¹ · Sabine H. Wipper²

¹ Medizinische Universität Innsbruck, Innsbruck, Österreich

² Universitätsklinik für Gefäßchirurgie, Medizinische Universität Innsbruck, Innsbruck, Österreich

Zusammenfassung

Die operative Behandlung thorakoabdomineller Aortenaneurysmen (TAAA) ist eine komplexe Prozedur und erfordert eine entsprechende Planung. Die TAAA werden entsprechend der Crawford-Klassifikation (Typen I bis V) eingeteilt. Typ-II-TAAA erfordern den ausgedehntesten Eingriff und weisen dementsprechend die höchste postoperative Morbidität und Mortalität auf. Die Perfusionsstrategie der Viszeralorgane und des Rückenmarks ist bei der operativen Versorgung der TAAA von zentraler Bedeutung. Die distale arterielle Perfusion, die selektive viszerale Perfusion und die additiven protektiven Maßnahmen mit Liquordrainage und hämodynamischem Management zur möglichst frühzeitigen Etablierung eines pulsatilen Flusses spielen dabei eine wesentliche Rolle. Die Techniken der extrakorporalen Zirkulation mit Herz-Lungen-Maschine oder Linksherzbypass werden mit ihren Vor- und Nachteilen diskutiert. Die Möglichkeiten zur viszeralen Organperfusion werden vorgestellt.

Schlüsselwörter

Kanülierung · Viszeralgefäße · Organprotektion · Aortendissektion · Malperfusion

Online teilnehmen unter:
www.springermedizin.de/cme

Für diese Fortbildungseinheit werden 3 Punkte vergeben.

Kontakt

Springer Medizin Kundenservice
Tel. 0800 77 80 777
(kostenfrei in Deutschland)
E-Mail:
kundenservice@springermedizin.de

Informationen

zur Teilnahme und Zertifizierung finden Sie im CME-Fragebogen am Ende des Beitrags.



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

Lernziele

Nach Absolvieren dieser Fortbildungseinheit ...

- kennen Sie die wesentlichen Operationsschritte für die Behandlung thorakoabdomineller Aortenaneurysmen (TAAA) in Zusammenhang mit deren Morphologie.
- verwenden Sie die maßgeblichen Strategien zum Erhalt der adäquaten Rückenmarkperfusion und damit zur Prävention einer postoperativen Paraplegie.
- können Sie die adäquate Technik der extrakorporalen Zirkulation bei TAAA-Operationen bestimmen.
- können Sie die viszerale Organperfusion und Organprotektion sicherstellen.

Prinzipien der chirurgischen Behandlung thorakoabdomineller Aortenaneurysmen

Die operative Versorgung der thorakoabdominellen Aorta führt zur temporären Unterbrechung der Blutversorgung der Viszeralorgane und des Rückenmarks über die thorakalen und lumbalen Arterien. Daher bedarf es intra- und postoperativer Behandlungsstrategien zur Maximierung der Organperfusion und zur Minimierung der **Ischämiedauer**. Die spinale Ischämiedauer wird durch folgende chirurgische Maßnahmen minimiert:

- Anlage einer distalen Aortenperfusion mittels extrakorporaler Zirkulation (Herz-Lungen-Maschine [HLM] oder Linksherzby-pass [LHB]).
- Sequenzielle Aortenklammern: Mit dieser Technik wird die Perfusion der Bauchaorta erhalten, während die Interkostalgefäße im thorakalen Bereich versorgt (Übernähung oder Vorbereitung zur Reimplantation) werden können.
- Selektive Perfusion relevanter Interkostalarterien mit geplanter Reimplantation; dies kann mittels Patchanastomose, Loop-Graft oder über einen Seitenarm der Rohrprothese anastomosiert werden.
- Die frühe Reetablierung eines pulsatilen Blutflusses ist von Bedeutung für die optimale Rückenmarkprotektion.

Die **viszerale Organperfusion** erfolgt über die jeweils verwendete extrakorporale Zirkulation mit Blut oder mittels separater Perfusion durch spezielle kristalloide Lösungen (vgl. Abschnitt „Techniken der Viszeralperfusion bei TAAA“).

Die operative Strategie wird auch wesentlich von der Ausdehnung der thorakoabdominellen Aortenaneurysmen (TAAA) beeinflusst. Die Einteilung erfolgt gemäß der sog. **Crawford-Klassifikation**, welche durch Safi ergänzt wurde (vgl. **Abb. 1**). Das Typ-I-TAAA umfasst die gesamte thorakale Aorta descendens, endet jedoch distal auf Nierenarterienebene (oder kurz darüber). Das Crawford-Typ-II-Aneurysma hat die größte Ausdehnung. Proximal umfasst es die gesamte thorakale Aorta descendens, und distal reicht es bis infrarenal. Dies hat zur Folge, dass Typ-II-TAAA die höchste operative Mortalität und Morbidität unter den TAAA aufweisen. In einem der weltweit erfahrensten Zentren der ope-

Perfusion techniques for thoracoabdominal aortic aneurysms

The surgical treatment of thoracoabdominal aortic aneurysms (TAAA) is a complex procedure and requires appropriate planning. The TAAAs are subdivided according to the Crawford classification (types I–V). Type II TAAA requires the most extensive intervention and accordingly shows the highest postoperative morbidity and mortality. The perfusion strategy for sufficient supply of the spinal cord and visceral organs is crucial during the operative treatment of TAAAs. Distal arterial perfusion, selective visceral perfusion and the additive protective measures with cerebrospinal fluid drainage and hemodynamic management for early re-establishment of pulsatile arterial flow are important components for a good outcome. The techniques of extracorporeal circulation with a heart-lung machine or left heart bypass with the advantages and disadvantages are discussed. The options for visceral organ perfusion are presented.

Keywords

Cannulization · Visceral vessels · Organ protection · Aortic dissection · Malperfusion

rativen TAAA-Therapie fanden Coselli et al. folgende Ergebnisse nach chirurgischer Behandlung von Crawford-Typ-II-Aneurysmen [1]:

- Hospitalmortalität: 9,1 %,
- jegliche Rückenmarkschädigung: 13,9 %,
- permanente Paraplegie: 4,7 %,
- dialysepflichtiges Nierenversagen: 9,6 %,
- pulmonale Komplikationen mit Notwendigkeit der Tracheostomie: 12,3 %,
- linksseitige Stimmbandlähmung: 23,3 %,
- Wundinfektion: 4,8 %.

Für die chirurgische Behandlung von Typ-II-TAAA stehen **Rohrprothesen** mit vorgefertigten Seitenarmen für die Anastomosierung der 4 viszeralen Gefäße zur Verfügung (**Abb. 2**).

Das Crawford-Typ-III-Aneurysma umfasst die untere Hälfte der thorakalen Aorta descendens bis hin zur infrarenalen Bauchaorta. Typ-IV-Aneurysmen umfassen die gesamte Bauchaorta und reichen kranial bis auf Zwerchfellniveau. Die Typ-V-TAAA reichen vom 6. Interkostalraum bis zur Nierenarterienebene (vgl. **Abb. 1**).

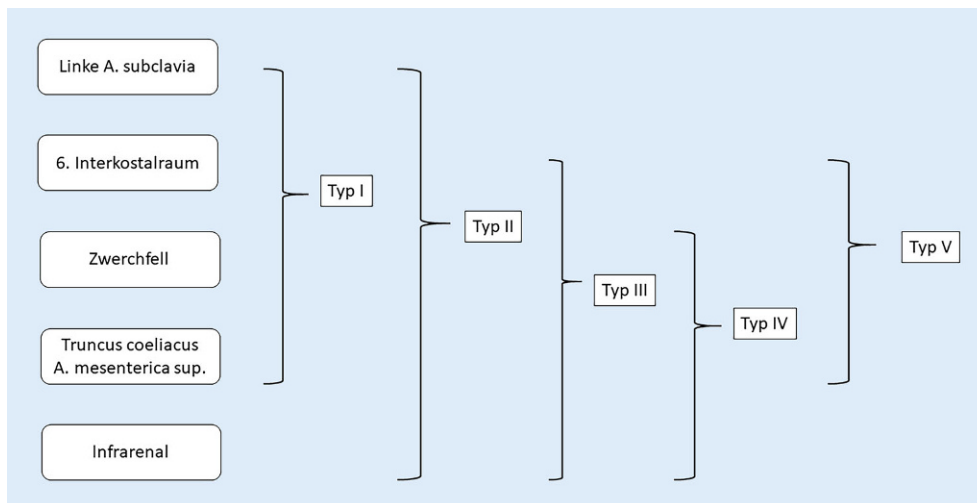


Abb. 1 ◀ Einteilung der thorakoabdominellen Aortenaneurysmen anhand der Crawford-Safi-Klassifikation

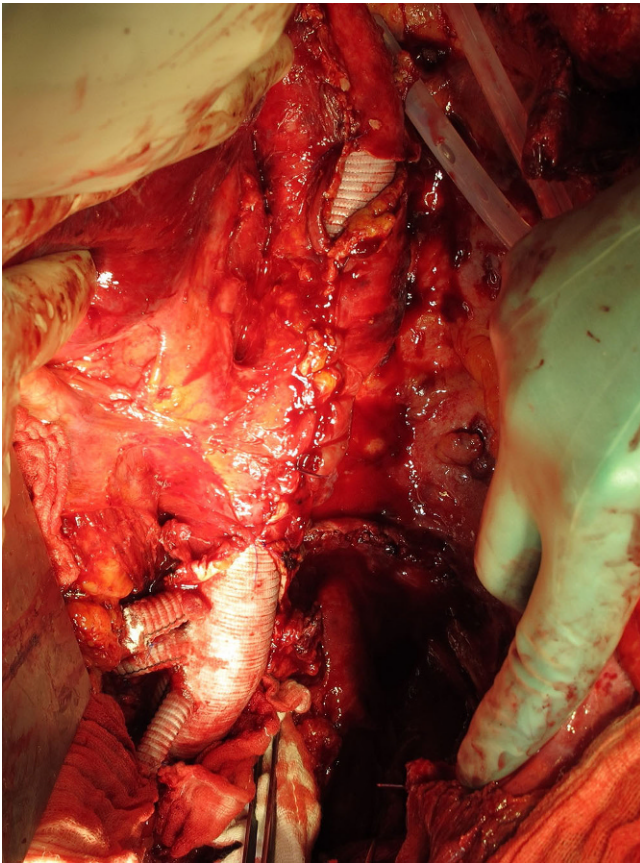


Abb. 2 ▲ Operationssitus nach Ersatz eines Typ-II-TAAA (thorakoabdominelles Aortenaneurysma) mit einer 4-armigen Rohrprothese für die Anastomosen zu Truncus coeliacus, A. mesenterica sup. und beiden Nierenarterien

► **Merke**

Crawford-Typ-II-Aneurysmen umfassen die gesamte Aorta descendens. Dementsprechend weisen sie die höchsten Raten an postoperativer Morbidität und Mortalität auf.

Die grundsätzlichen operativen Schritte in der TAAA-Chirurgie werden in einer bestimmten Reihenfolge durchgeführt. Zuerst erfolgt die proximale **Aorten-anastomose**, danach die distale Aorten-anastomose, um so früh wie möglich eine pulsatile Durchblutung im Rückenmarksbereich zu erzielen. Bei Auffälligkeit im Neuro-monitoring und in Abhängigkeit von der Gesamtsituation (z. B. Voroperationen oder Pathologien, welche die Kollateralen des spinalen Netzwerks reduzieren) werden Interkostalarterien im Bereich T8 bis T12 reimplantiert. Die Viszeralgefäße (Truncus coeliacus und Arteria mesenterica superior) und die Nierenarterien werden reimplantiert; ggf. werden Lumbalarterien reimplantiert. Es gibt hier jedoch durchaus unterschiedliche Herangehensweisen in verschiedenen Zentren bzw. aufgrund individueller Gegebenheiten von Patientenseite. So kann auch die Reimplantation der Mesenterial- und Nierengefäße vor der distalen Aorten-anastomose erfolgen. Dies wird insbesondere bei patchartiger Reimplantation mehrerer Gefäße in die Rohrprothese angewendet.

► **Merke**

Die möglichst rasche Wiederherstellung eines pulsatilen Blutflusses ist ein wichtiger Faktor zur Rückenmarkprotektion.

Die **perioperative Neuroprotektion** ist ein zentrales Element der Chirurgie von TAAA. Hier sind einerseits Monitoringsysteme wie **Near-infrared-Spektrometrie (NIRS)** sowie somatosensorische und somatomotorische **evozierte Potenziale** im Einsatz. Die **Liquordrainage** geht aber über das Monitoring hinaus und stellt durch die Kontrolle (Regulation) der Liquorflüssigkeitsmenge im System auch eine therapeutische Maßnahme zur Organperfusion des Rückenmarks dar, welche wesentlich durch die Anästhesie und die Kardiotechnik unterstützt wird. Intraoperativ müssen ein ausreichender arterieller Mitteldruck sowie ein distaler Perfusionsdruck aufrechterhalten werden. Dies ist pathophysiologisch erklärbar durch die folgende Formel: spinaler Perfusionsdruck = mittlerer arterieller Blutdruck (MAP) minus zerebrospinaler Liquordruck. Somit kann einerseits durch maximal möglichen Erhalt der Perfusion und eines adäquaten Blutdrucks der Blutstrom zum Rückenmark optimiert werden. Hierbei hat sich der systolische Blutdruck mit einem Zielwert von mindestens 130–140 mm Hg als relevant herausgestellt [2, 3]. Des Weiteren ist auch auf adäquate Oxygenierung (pulmonal und HLM) und ausreichende Anzahl an Sauerstoffträgern (Zielhämoglobin: ≥ 10 mg/dl) zu achten. Andererseits lässt sich durch eine Limitierung des Liquordrucks die Durchblutung des Rückenmarks aufrechterhalten. Eine typische Einstellung ist die obere Druckbegrenzung des Liquorkatheters auf weniger als 15 mm Hg. Aufgrund der Möglichkeit von intrakraniellen Blutungen durch eine zu starke Drainage des Liquorraums wird die Förderrate (Flussrate) in der Routineeinstellung auf maximal 10 ml/h oder alternativ 25 ml pro 4 h begrenzt [1]. Die präoperativen Ausgangswerte des Patienten in punkto Liquordruck und Blutdruck geben auch individuelle Adjustierungsmöglichkeiten der intra- und postoperativen Parameter.

► **Merke**

Die **Liquordrainage** muss durch Einstellung der oberen Druckbegrenzung und der maximalen Förderrate adäquat eingestellt werden. Bei Hinweis auf eine Rückenmarksschädigung sind Akutmaßnahmen, wie im COPS-Protokoll beschrieben, anzuwenden.

Bei Hinweisen auf eine Rückenmarksschädigung hat sich das sogenannte **COPS-Protokoll** bewährt [3]. Das C steht für „cerebrospinal fluid (CSF) drain status“; der Liquordruck soll hier unter 5 mm Hg gehalten werden. Das O steht für „oxygen delivery“; es sollen ausreichend Sauerstoffträger im Blut vorhanden sein und ggf. mittels Transfusion substituiert werden. Der Hämoglobinwert sollte zumindest 10 mg/dl betragen. Der Herzindex soll über 2,5 l/min/m² Körperoberfläche (KOF) gehalten werden. Mit den Buchstaben P und S ist der Patientenstatus gemeint; dieser bezieht sich einerseits auf einen ausreichenden systolischen Blutdruck von mehr als 140 mm Hg, andererseits sollte der Liquorstatus durch klare Flüssigkeit in der Drainage gekennzeichnet sein. Eine blutige Drainage ist ein Alarmzeichen und fordert umgehende neurologische Abklärung.

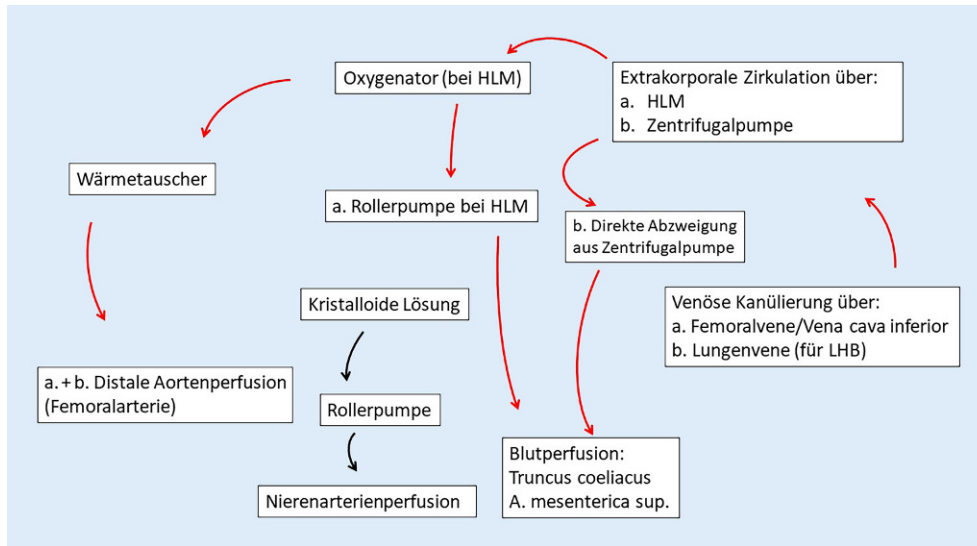


Abb. 3 ◀ Schema der extrakorporalen Zirkulation bei Operationen thorakoabdomineller Aortenaneurysmen: Es sind sowohl die Variante mit Herz-Lungen-Maschine (HLM) als auch die Variante mit Linksherz-bypass (LHB) dargestellt (rote Pfeile Blutperfu-sionswege, schwarze Pfeile Organperfusion mit kristalloider Lösung)

Techniken der extrakorporalen Zirkulation bei TAAA

Da die Rückenmarkperfusion bei der TAAA-Operation durch den langstreckigen Aortenersatz beeinträchtigt ist und die postoperative Paraplegie eine katastrophale Komplikation darstellt, sollte multifaktoriell an Gegenmaßnahmen gearbeitet werden. Grundsätzlich ist eine distale arterielle Perfusion, also unterhalb der Aortenquerklemmung, mit einem Ziel-MAP von 60–80 mm Hg anzustreben, um die Rückenmarkperfusion von distal her intraoperativ aufrechtzuerhalten. Safi et al. konnten bereits in einer älteren Studie den Nutzen von distaler arterieller Perfusion (in Kombination mit der Anlage einer Liquordrainage) im Hinblick auf eine signifikante Reduktion postoperativer Rückenmarkschädigungen (Paraplegie/Paraparese) bei TAAA-Operationen feststellen [4, 5]. Die Guidelines der European Society of Vascular Surgery (ESVS) empfehlen (Klasse IIa) bei Operationen von Typ-I-, -II- und -III-TAAA die Verwendung extrakorporaler Zirkulation, um eine distale aortale Perfusion und eine Organperfusion durchzuführen und somit ischämische Komplikationen zu reduzieren [6].

Einen Sonderfall stellen die Typ-IV-TAAA dar. Hier gibt es auch Berichte über gute operative Ergebnisse mit der sog. **Clamp-and-saw-Technik**, wobei unter obliquen Aortenklammern die Perfusion der thorakalen Interkostalgefäße erhalten bleibt. Patel et al. berichten eine Krankenhausletalität von 2,8% und eine ischämische Rückenmarkschädigung in 2,2% der Fälle, die Splenektomie in dieser Serie betrug jedoch 32% [7].

Für die Durchführung der distalen arteriellen Perfusion stehen 2 Systeme der extrakorporalen Zirkulation zur Verfügung, nämlich die HLM und der LHB. Ein Schema der extrakorporalen Zirkulation und Organperfusion zeigt **Abb. 3**.

► Merke

Die Anlage einer distalen arteriellen Perfusion im Rahmen der offenen TAAA-Operation reduziert das Risiko für ischämische Rückenmarkschädigung.

Kardiopulmonaler Bypass mit Herz-Lungen-Maschine

Grundsätzlich können TAAA-Operationen 1-zeitig oder mit 2 Eingriffen 2-zeitig durchgeführt werden („staged repair“). Bei 1-zeitigen Operationen wird in den meisten Fällen mittels eines partiellen kardiopulmonalen Bypasses am schlagenden Herzen gearbeitet.

Es kann jedoch das volle Spektrum der Hypothermie bis hin zum hypothermen Kreislaufstillstand genutzt werden. Ganz allgemein stellt die **kontrollierte Hypothermie** einen starken Schutzfaktor für Gehirn und Rückenmark dar. Griep und di Luozzo berichten über die Zunahme der möglichen Aortenklammzeit ohne Rückenmarkschädigung von 20 min bei Normothermie auf 50 min bei 32 °C und auf 75 min bei 28 °C. Für das Gehirn liegen die Werte deutlich niedriger; bei Normothermie liegt die Ischämietoleranz zerebral bei etwa 5 min, bei 30 °C bei 9 min, bei 25 °C bei 14 min und bei 20 °C bei 21 min [8]. Wenn bei einem Typ-I- oder Typ-II-TAAA der Aortenbogen von der aneurysmatischen Erkrankung mitbetroffen ist, gibt es grundsätzlich 3 Behandlungsmöglichkeiten:

- 2-zeitige chirurgische Behandlung mit einem ersten herzchirurgischen Eingriff über Sternotomiezugang und Aortenbogenersatz mit Anlage eines „(frozen) elephant trunk“: Hierbei wird ein Rohrprothesenstück oder ein Stentgraftanteil in die proximale Aorta descendens eingebracht. Der zweite Eingriff erfolgt dann offen chirurgisch oder endovaskulär, wobei am bereits liegenden Prothesenstück weiterverlängert wird.
- Bei Patienten mit erhöhtem Risiko (fortgeschrittenes Alter, Komorbiditäten, Gebrechlichkeit) kann ggf. primär endovaskulär behandelt werden.
- Die dritte Möglichkeit besteht im 1-zeitigen offenen Vorgehen. Hierfür ist dann ein Vorgehen im hypothermen Kreislaufstillstand notwendig.

Die Standardkanülierung für die HLM im Rahmen der TAAA-Chirurgie ist die **linksseitige femorofemorale Kanülierung**. Alternativ kann die arterielle Kanülierung auch über einen iliakalen Zugang erfolgen. Eine weitere Alternative wurde von Moriyama et al. beschrieben. Es wurde arteriell die linke A. subclavia von endothorakal

her perfundiert. Hierfür wurde eine 8-mm-Rohrprothese end-zu-seit an die linke A. subclavia genäht [9]. Der Vorteil dieser Technik besteht in der antegraden Perfusion der thorakoabdominellen Aorta, was bei hoher Thrombuslast relevant ist. Voraussetzung für die sichere Durchführung des femorofemorale Zugangs ist die Verfügbarkeit einer **transösophagealen Echokardiographie (TEE)**, über welche die Lage von Draht und Kanüle (**Seldinger-Technik**) kontrolliert werden muss (cave: Perforation). Bei Verwendung der HLM ist eine systemische Heparinisierung mit einer Ziel-**ACT („activated clotting time“)** von mindestens 400 s notwendig, um die Gerinnelbildung im Oxygenator zu verhindern. Der Zielwert für den kompletten HLM-Fluss beträgt 2,4 l/min/m² KOF. Dieser Fluss wird entsprechend reduziert, um nach der Aortenklammung einen distalen arteriellen Perfusionsdruck von 60–80 mm Hg zu erreichen. Bei einem Vorgehen am schlagenden Herzen wird die Körpertemperatur oberhalb von 32–33 °C gehalten. Bei einem Vorgehen im hypothermen Kreislaufstillstand ist auf eine etwaige Dilatation des linken Ventrikels zu achten und mittels Linksvents (über Lungenvene oder direktes Einbringen in Ventrikel) zu behandeln. Die viszerale Organperfusion erfolgt bei Verwendung der HLM mit separaten Rollerpumpen.

Ein weiterer Vorteil der HLM-Nutzung ist das Vorhandensein des Maschinensaugers, welcher große Blutmengen direkt (Vollblut) wieder über die HLM in den Patienten bringt. Nachteile sind die Blutungsneigung durch Verbrauch von Gerinnungsfaktoren und die Ödemneigung durch Komplementaktivierung.

Linksherzbypass

Mithilfe des LHB wird das vom Patienten selbst oxygenierte Blut vom linken Vorhof ins arterielle System distal der Aortenquerklammung gebracht. Das System wird durch eine Zentrifugalpumpe angetrieben und hat im Gegensatz zur HLM keinen Oxygenator. Der Vorteil des LHB ist die niedrigere Heparindosis, die im Vergleich zur HLM gegeben werden muss. Dies ist durch die geringere Fremdoberfläche, v.a. durch Verzicht auf einen Oxygenator, bedingt. Somit reicht üblicherweise eine Ziel-ACT von 200–300 s aus

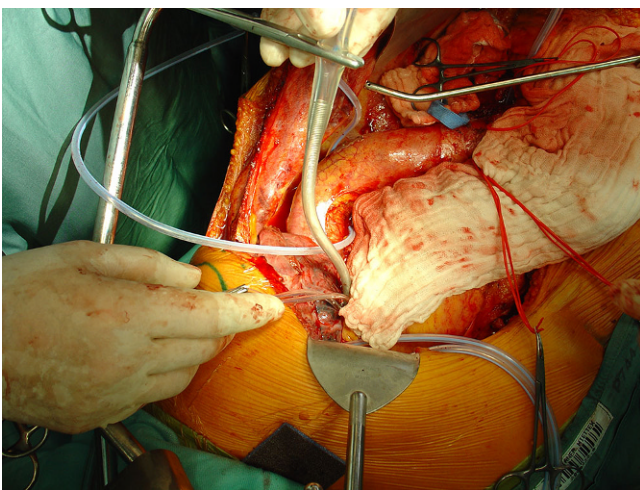


Abb. 4 ▲ Kanülierung der Lungenvene für die Operation mit Linksherzbypass

[3]. Die Kanülierung für den LHB erfolgt im Bereich der linken unteren Lungenvene (**Abb. 4**). Der Rückstrom des Blutes erfolgt aortal. Der Entzug von Blut aus der Lunge ist auch protektiv in punkto Lungenödem. Ein potenzieller Nachteil ist das Risiko einer Nachblutung aus diesem Bereich. Der Nachteil ist, dass kein Maschinensauger vorhanden ist, sodass hier primär mit dem **Cell-saver-Sauger** gearbeitet wird. Die Steuerung der Perfusion mit LHB erfolgt durch den Blutdruck der A.-radialis-Linie und der A.-femoralis-Drucklinie. Mit Steuerung der Umdrehungszahl der Zentrifugalpumpe und durch Katecholamingabe intravenös wird ein distaler Perfusionsdruck von 60–80 mm Hg aufrechterhalten.

Tipp: Bei dissezierten TAAA ist die Orientierung der Abgänge wichtiger Gefäße (aus wahren oder falschem Lumen der Aorta) anhand des präoperativen Computertomographiebildes wichtig. Des Weiteren ist es wichtig zu wissen, wie viel Lumina in den jeweiligen Aortenabschnitten vorhanden sind. Zur generellen Behandlung von komplizierten Typ-B-Aortendissektionen wird auf die aktuelle Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Gefäßchirurgie und Gefäßmedizin (DGG) verwiesen [10].

Techniken der Viszeralperfusion bei TAAA

In der Operationsphase, wo die abdominelle Aorta eröffnet wird, ist die Perfusion der Viszeralarterien von entscheidender Bedeutung. Die Perfusion von Truncus coeliacus und Arteria mesenterica superior erfolgt dabei mittels Blutes. Hierfür wird aus dem Kreislauf der extrakorporalen Zirkulation eine Linie mit 2 Ballonperfusionskathetern gespeist. Die Spitzen der Katheter werden unter direkter Sicht in die Gefäßostien eingebracht und sanft geblockt. Es erfolgt eine kontinuierliche Perfusion mit Blut mit einem Richtwert von 300 (max. 500) ml/min für beide Gefäße zusammen. Die viszerale Organperfusion erfolgt bei Verwendung der HLM mit separaten Rollerpumpen, wohingegen bei Vorgehen mit LHB direkt eine Linie y-förmig zur Hauptperfusionslinie konnektiert wird.

Das **akute postoperative Nierenversagen** ist eine wichtige Komplikation im Rahmen der operativen Behandlung von TAAA. Coselli et al. fanden bei 3309 Patienten in 7,6 % der Fälle ein dialysepflichtiges Nierenversagen; in 5,7 % war dieses mit permanenter Dialyse verbunden. Die höchste Rate an Nierenversagen fand sich mit 9,6 % (7,3 % permanente Dialyse) in der Gruppe der Typ-II-Aneurysmen [1]. Zur renalen Protektion im Rahmen der TAAA-Operationen stehen grundsätzlich 2 Optionen zur Verfügung: Es kann entweder kontinuierlich mit Blut oder intermittierend mit kristalloider Lösung perfundiert werden. Wir verwenden an unserer Klinik die vom renommierten Baylor College of Medicine in Houston publizierte Technik der Nierenperfusion mit kristalloider Lösung (Ringerlaktat mit Zusatz von Methylprednisolon 125 mg/l und Mannitol 12,5 g/l) mit einer Temperatur von 4 °C. Initial erfolgt die Bolusgabe mit 200–300 ml pro Niere, gefolgt von einer intermittierenden Gabe von 100–150 ml pro Niere in 10- bis 15-minütigen Abständen [11]. Wenn ein Vorgehen mit Blutperfusion der Nieren gewählt wird, erfolgt diese über eine separate Rollerpumpe und über einen zusätzlichen Wärmetauscher, um eine kontinuierliche Perfusion mit kaltem Blut (10 °C) gewährleisten zu können. Der Vorteil der auch an unserem Zentrum durchgeführten Nierenperfusion mit kristalloider Lösung ist, dass für die Zeit von

Anastomosenanteilen der Nierenarterie, in denen ein Ballonkatheter im Gefäß störend ist, kein nachteiliger Perfusionsstopp des Organs durchgeführt werden muss.

In einer rezenten Studie konnten mit der Verwendung von HTK(Histidin-Tryptophan-Ketoglutarat)-Lösung sehr gute Ergebnisse der Nierenprotektion bei TAAA-Operationen erzielt werden [12].

► Merke

Die Viszeralgefäße müssen bei Eröffnen der infrarenalen Bauchaorta zur Organprotektion im Rahmen der TAAA-Operation perfundiert werden. Die Nierenarterien können mit kalten kristalloiden Lösungen intermittierend perfundiert werden, ansonsten erfolgt die kontinuierliche Perfusion mit kaltem Blut.

Fazit für die Praxis

- Eine besonders sorgfältige Operationsplanung ist bei Typ II Aneurysmen gegeben da sie die höchste Morbidität und Mortalität aufweisen. Bei diesem Subtyp ist neben adäquatem Neuromonitoring auch eine Liquordrainage zur Verbesserung der Rückenmarksperfusion indiziert.
- Die Optimierung der Perfusion, sowohl intra- als auch postoperativ, stellt einen wesentlichen Faktor zur Reduktion der Morbidität und der Mortalität nach thorakoabdominalem Aortenersatz dar.

Korrespondenzadresse

Univ. Prof. Dr. Sabine H. Wipper

Universitätsklinik für Gefäßchirurgie, Medizinische Universität Innsbruck
Anichstraße 35, 6020 Innsbruck, Österreich
sabine.wipper@i-med.ac.at

Funding. Open access funding provided by University of Innsbruck and Medical University of Innsbruck.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. Gemäß den Richtlinien des Springer Medizin Verlags werden Autoren und Wissenschaftliche Leitung im Rahmen der Manuskripterstellung und Manuskriptfreigabe aufgefordert, eine vollständige Erklärung zu ihren finanziellen und nichtfinanziellen Interessen abzugeben.

Autoren. T. Schachner: A. Finanzielle Interessen: T. Schachner gibt an, dass kein finanzieller Interessenkonflikt besteht. – B. Nichtfinanzielle Interessen: ao. Univ. Prof. an der Medizinischen Universität Innsbruck; Vorstandsmitglied Österreichische Gesellschaft für Herz- und thorakale Gefäßchirurgie; ab 01.04.2023 Primararzt der Abteilung für Herz-, Thorax-, und Gefäßchirurgie am Klinikum Klagenfurt, Österreich. A. Gratl: A. Finanzielle Interessen: A. Gratl gibt an, dass kein finanzieller Interessenkonflikt besteht. – B. Nichtfinanzielle Interessen: Angestellte Gefäßchirurgin an der Medizinischen Universität Innsbruck, Univ.-Klinik für Gefäßchirurgie | Mitgliedschaften: Österreichische Gesellschaft für Gefäßchirurgie (ÖGG), Deutsche Gesellschaft für Gefäßchirurgie (DGG), European Society of Vascular Surgery (ESVS), Vereinigung Norddeutscher Chirurgen (NDCH). O. Gorny: A. Finanzielle Interessen: O. Gorny gibt an, dass kein finanzieller Interessenkonflikt besteht. – B. Nichtfinanzielle Interessen: Geschäftsführender Oberarzt, Univ.-Klinik für Gefäßchirurgie Innsbruck | Mitgliedschaften: ESVS, ÖGG, Österreichische Gesellschaft für Chirurgie (ÖGC), Österreichische Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (ÖGUM). F. Enzmann: A. Finanzielle Interessen: Reise- und Übernachtungskosten für Kongressteilnahme von den Firmen Biotronik, Boston

Scientific, Cook, Gore, Medtronic. – B. Nichtfinanzielle Interessen: Angestellter Gefäßchirurg – Universitätsklinik für Gefäßchirurgie, Medizinische Universität Innsbruck | Mitgliedschaften: DGG, ESVS, ÖGG. S.H. Wipper: A. Finanzielle Interessen: S.H. Wipper gibt an, dass kein finanzieller Interessenkonflikt besteht. – B. Nichtfinanzielle Interessen: Klinikdirektorin, Universitätsklinik für Gefäßchirurgie, Medizinische Universität Innsbruck | Mitgliedschaften: DGG, ESVS, NDCH; Proktoring für Terumo Aortic.

Wissenschaftliche Leitung. Die vollständige Erklärung zum Interessenkonflikt der Wissenschaftlichen Leitung finden Sie am Kurs der zertifizierten Fortbildung auf www.springermedizin.de/cme.

Der Verlag erklärt, dass für die Publikation dieser CME-Fortbildung keine Sponsorengelder an den Verlag fließen.

Für diesen Beitrag wurden von den Autor/-innen keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz 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.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

1. Coselli JS, LeMaire SA, Preventza O, de la Cruz KI, Cooley DA, Price MD, Stolz AP, Green SY, Arredondo CN, Rosengart TK (2016) Outcomes of 3309 thoracoabdominal aortic aneurysm repairs. *J Thorac Cardiovasc Surg* 151(5):1323–1337. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2015.12.050>
2. Sandhu HK, Evans JD, Tanaka A, Atay S, Afifi RO, Charlton-Ouw KM, Azizzadeh A, Miller CC 3rd, Safi HJ, Estrera AL (2017) Fluctuations in spinal cord perfusion pressure: a harbinger of delayed paraplegia after thoracoabdominal aortic repair. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 29:451–459
3. Tanaka A, Safi HJ, Estrera AL (2018) Current strategies of spinal cord protection during thoracoabdominal aortic surgery. *Gen Thorac Cardiovasc Surg* 66(6):307–314. <https://doi.org/10.1007/s11748-018-0906-1>
4. Safi HJ, Estrera AL, Miller CC, Huynh TT, Porat EE, Azizzadeh A, Meada R, Goodrick JS (2005) Evolution of risk for neurologic deficit after descending and thoracoabdominal aortic repair. *Ann Thorac Surg* 80(6):2173–2179. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2005.05.060> (discussion 2179)
5. Coselli JS, de la Cruz KI, Preventza O, LeMaire SA, Weldon SA (2016) Extent II thoracoabdominal aortic aneurysm repair: how I do it. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 28(2):221–237. <https://doi.org/10.1053/j.semthor.2016.07.005>
6. Rimbaut V, Böckler D, Brunkwall J, Cao P, Chiesa R, Coppi G, Czerny M, Fraedrich G, Haulon S, Jacobs MJ, Lachat ML, Moll FL, Setacci C, Taylor PR, Thompson M, Trimarchi S, Verhagen HJ, Verhoeven EL, Esvs Guidelines Committee, Kolh P, de Borst GJ, Chakfé N, Debus ES, Hincliff RJ, Kakkos S, Koncar I, Lindholt JS, Vega de Ceniga M, Vermassen F, Verzini F. Editor's Choice—Management of Descending Thoracic Aorta Diseases: Clinical Practice Guidelines of the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2017 Jan;53(1):4–52.
7. Patel VI, Ergul E, Conrad MF, Cambria M, LaMuraglia GM, Kwolek CJ, Brewster DC, Cambria RP (2011) Continued favorable results with open surgical repair of type IV thoracoabdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg* 53(6):1492–1498. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2011.01.070>
8. Griep RB, Di Luozzo G (2013) Hypothermia for aortic surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 145(3 Suppl):S56–S58. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2012.11.072>
9. Moriyama Y, Iguro Y, Hisatomi K, Yotsumoto G, Yamamoto H, Toda R (2001) Thoracic and thoracoabdominal aneurysm repair under deep hypothermia using subclavian arterial perfusion. *Ann Thorac Surg* 71(1):29–32. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(00\)02237-2](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(00)02237-2)

10. Oberhuber A, Maßmann A, Betge S, Raddatz A, Ott C, Ploenes C, Ito W, Janosi RA, Langheim E, Czerny M, Puls R, Zeyer K, Schelzig H (2022) Leitlinie – S2K Typ B Aortendissektion. https://register.awmf.org/assets/guidelines/004-034I_S2k_Typ_B_Aortendissektion_2022-05.pdf. Zugegriffen: 30. Dez. 2022
11. Aftab M, Coselli JS (2014) Renal and visceral protection in thoracoabdominal aortic surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 148(6):2963–2966
12. Kahlberg A, Tshomba Y, Baccellieri D, Bertoglio L, Rinaldi E, Ardita V, Colombo E, Moscato U, Melissano G, Chiesa R, CURITIBA Investigators (2021) Renal perfusion with histidine-tryptophan-ketoglutarate compared with Ringer's solution in patients undergoing thoracoabdominal aortic open repair. *J Thorac Cardiovasc Surg*. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2021.02.090>



Lesen Sie *Gefäßchirurgie* online auf SpringerMedizin.de



Auf SpringerMedizin.de erhalten Sie Zugang zu allen elektronisch verfügbaren Ausgaben und dem CME-Angebot Ihrer Zeitschrift – unabhängig davon, seit wann Sie *Gefäßchirurgie* abonniert haben. Außerdem können Sie die Zeitschrift mit dem E-Paper auch bequem auf Ihrem Tablet lesen.

Alle Inhalte der Zeitschrift finden Sie unter www.springermedizin.de/gefaesschirurgie

► Genießen Sie die Vorteile der digitalen Nutzung:

- Greifen Sie auf alle Online-Inhalte der Zeitschrift zu - alle Jahrgänge, alle Ausgaben im Archiv.
- Laden Sie die kompletten ePaper-Ausgaben herunter.
- Lesen Sie OnlineFirst-Artikel vor der Druckveröffentlichung.
- Profitieren Sie vom aktuellen CME-Angebot und frischen Sie Ihr CME-Punktekonto auf.
- Die Inhalte sind in verschiedenen Formaten verfügbar und können auf PC, Tablet oder Smartphone gelesen werden.
- Eine kluge Suchfunktion ermöglicht das Auffinden von Schlagworten innerhalb der Zeitschrift.
- Open-Access-Beiträge stehen Ihnen zeitschriftenübergreifend zur Verfügung.

► So einfach erhalten Sie Zugang zum Online-Archiv:

- Registrieren Sie sich einmalig auf www.springermedizin.de/register.
- Geben Sie Ihre Einheitliche Fortbildungsnummer (EFN) an.
- Ihr Benutzername entspricht Ihrer E-Mail-Adresse, Ihr Passwort können Sie frei wählen und später jederzeit unter „Mein Profil“ ändern.
- Geben Sie bei der Registrierung die Lieferadresse Ihrer Zeitschrift an. Damit wird Ihr Abo-Zugang auf SpringerMedizin.de freigeschaltet.

► Sind Sie bereits bei SpringerMedizin.de registriert?

Dann wird Ihr Zeitschriftenabonnement automatisch Ihrem Online-Nutzerkonto hinzugefügt. Sollten die Angaben Ihres Online-Accounts nicht eindeutig mit den Angaben Ihres Zeitschriften-Abonnements übereinstimmen, kann die Zuordnung nicht sicher erfolgen. In diesem Fall und bei allen anderen Fragen zum Online-Zugang kontaktieren Sie bitte unseren Kundenservice.

► Unser Kundenservice ist Ihnen bei Fragen und Problemen gerne behilflich:

Springer Customer Service Center GmbH
Kundenservice Zeitschriften
Tiergartenstr. 15, 69126 Heidelberg
Tel.: +49 6221 345-4303
Fax: +49 6221 345-4229
E-Mail: leserservice@springer.com



Perfusionstechniken bei thorakoabdominellen Aortenaneurysmen

Zu den Kursen dieser Zeitschrift: Scannen Sie den QR-Code oder gehen Sie auf www.springermedizin.de/kurse-gefaesschirurgie

? Bei welchem Typ von thorakoabdominellen Aortenaneurysmen (Crawford-Klassifikation) erwarten Sie die höchste perioperative Mortalität und Morbidität?

- Typ I
- Typ II
- Typ III
- Typ IV
- Typ V

? Die Wichtigkeit der distalen arteriellen Perfusion bei der chirurgischen Behandlung von thorakoabdominellen Aortenaneurysmen ist bedingt durch ...

- Verkürzung der Operationszeit.
- weniger perioperative Bluttransfusionen.
- geringere Rate an ischämischer Rückenmarkschädigung.
- geringere Aortenklemmzeit.
- bessere Hirnperfusion.

? Was ist ein Vorteil der Herz-Lungen-Maschine gegenüber dem Linksherz-bypass zur extrakorporalen Zirkulation bei Operationen von thorakoabdominellen Aortenaneurysmen?

- Weniger Blutung intraoperativ.
- Ermöglichung von gleichzeitigen Aortenbogeneingriffen in Hypothermie.
- Kürzere Operationszeit.
- Eine ACT („activated clotting time“) ≥ 280 s ist ausreichend.
- Weniger postoperative Paraplegieraten.

? Mit welcher Flussrate perfundieren Sie den Truncus coeliacus und die Arteria mesenterica superior (zusammengenommen) im Rahmen einer Operation eines thorakoabdominellen Aortenaneurysmas nach dem Eröffnen der abdominellen Aorta?

- 150–300 ml/min
- 300–500 ml/min
- 600–800 ml/min
- 700–1000 ml/min
- 1,2l/min

? Mit welcher Rate an postoperativem Nierenversagen, welches vorübergehend oder permanent dialysepflichtig ist, rechnen Sie bei der Operation eines thorakoabdominellen Aortenaneurysmas vom Typ II?

- 1%
- 5%
- 10%
- 25%
- 30%

? Welche der folgenden Maßnahmen ist für die Aufrechterhaltung einer optimalen Rückenmarkperfusion während der Operation von thorakoabdominellen Aortenaneurysmen vom Typ II am wenigsten relevant?

- Adäquater Blutdruck
- Distale arterielle Perfusion
- Liquordrainage

- Ausreichende Hämoglobinwerte
- Konstante Herzfrequenz

? Wie sind die routinemäßigen Einstellungen der oberen Druckbegrenzung (mm Hg) und der maximalen Förderrate (Flussrate in ml/h) der Liquordrainage bei Operationen von thorakoabdominellen Aortenaneurysmen?

- Druck < 30 mm Hg, Fluss > 10 ml/h
- Druck > 10 mm Hg, Fluss ≤ 10 ml/h
- Druck < 15 mm Hg, Fluss ≤ 10 ml/h
- Druck > 5 mm Hg, Fluss ≤ 10 ml/h
- Druck < 15 mm Hg, Fluss ≥ 10 ml/h

? Sie sind mit der intensivmedizinischen Betreuung eines Patienten nach thorakoabdominellem Aortenersatz beauftragt. Um eine verzögerte Rückenmarkschädigung zu verhindern, werden Sie den Blutdruck des Patienten optimalerweise mit welchem der folgenden Zielwerte einstellen?

- Systolischer Blutdruck > 100 – 110 mm Hg
- Diastolischer Blutdruck > 50 mm Hg
- Mittlerer arterieller Blutdruck (MAP) > 50 mm Hg
- Systolischer Blutdruck > 130 – 140 mm Hg
- MAP < 70 mm Hg

Informationen zur zertifizierten Fortbildung

Diese Fortbildung wurde von der Ärztekammer Nordrhein für das „Fortbildungszertifikat der Ärztekammer“ gemäß § 5 ihrer Fortbildungsordnung mit **3 Punkten** (Kategorie D) anerkannt und ist damit auch für andere Ärztekammern anerkennungsfähig.

Anerkennung in Österreich und der Schweiz: Für das Diplom-Fortbildungs-Programm (DFP) werden die von

deutschen Landesärztekammern anerkannten Fortbildungspunkte aufgrund der Gleichwertigkeit im gleichen Umfang als DFP-Punkte anerkannt (§ 14, Abschnitt 1, Verordnung über ärztliche Fortbildung, Österreichische Ärztekammer (ÖÄK) 2013). Die Schweizerische Gesellschaft für Gefäßchirurgie vergibt 3 Credits für die zertifizierte Fortbildung in „Gefäßchirurgie“.

Hinweise zur Teilnahme:

- Die Teilnahme an dem zertifizierten Kurs ist nur online auf www.springermedizin.de/cme möglich.
- Der Teilnahmezeitraum beträgt 12 Monate. Den Teilnahmeschluss finden Sie online beim Kurs.
- Die Fragen und ihre zugehörigen Antwortmöglichkeiten werden online in zufälliger Reihenfolge zusammengestellt.

- Pro Frage ist jeweils nur eine Antwort zutreffend.
- Für eine erfolgreiche Teilnahme müssen 70% der Fragen richtig beantwortet werden.
- Teilnehmen können Abonnenten dieser Fachzeitschrift und e.Med-Abonnenten.

? Die spinale Ischämiedauer kann durch verschiedene Maßnahmen im Rahmen des thorakoabdominellen Aortensatzes minimiert werden. Welche der Maßnahmen ist in dieser Hinsicht als Ausnahme zu betrachten?

- Anlage einer distalen Aortenperfusion mittels extrakorporaler Zirkulation (Herz-Lungen-Maschine oder Linksherzbypass)
- Sequenzielle Aortenklammung
- Frühe Reetablierung eines pulsatilen Blutflusses
- „Clamp and sew“-Technik
- Suffiziente und schnelle Anastomosennähte

? Welcher Faktor bleibt im COPS („cerebrospinal fluid drain status“/„oxygen delivery“/„patient status“)-Protokoll unberücksichtigt?

- Liquordruck
- Herzindex
- Körpergewicht
- Hämoglobinwert
- Blutdruck



Online auf alle CME-Fortbildungskurse von SpringerMedizin.de zugreifen

Gestalten Sie Ihre Fortbildung nach Ihren Bedürfnissen: e.Med Interdisziplinär – das Kombi-Abo von SpringerMedizin.de – bietet Ihnen Online-Zugang zu über 500 CME-Fortbildungskursen aller Fachrichtungen. Sie alleine entscheiden, welche Kurse Sie für Ihre Fortbildung nutzen möchten.

e.Med Interdisziplinär bietet Ihnen viele Vorteile:

- Stellen Sie Ihre individuelle Fortbildung einfach und komfortabel selbst zusammen.
- Sie können Ihren Lernerfolg jederzeit messen und in Form von CME-Punkten und Teilnahmebescheinigungen dokumentieren.
- Jeden Monat kommen rund 50 neue CME-Kurse aus den Fachzeitschriften von Springer Medizin hinzu.
- Unser Service für Sie: Nach erfolgreicher Teilnahme werden die CME-Punkte automatisch an die Bundesärztekammer übermittelt.
- Auf Wunsch erhalten Sie mit e.Med Interdisziplinär darüber hinaus eine gedruckte Fachzeitschrift Ihrer Wahl.

Mit den fachspezifischen e.Med-Abos können Sie sich effizient innerhalb Ihres Fachgebietes auf dem Laufenden halten. Das Angebot reicht von AINS bis Radiologie – Sie haben die Wahl!

Testen Sie e.Med kostenlos und unverbindlich!

Jetzt informieren unter www.springermedizin.de → „Abo-Shop“



oder telefonisch unter 0800-77 80 777
(Montag bis Freitag, 10 bis 17 Uhr)