Z Herz- Thorax- Gefäßchir 2021 · 35:62–68
<https://doi.org/10.1007/s00398-021-00422-5>
Eingegangen: 1. Oktober 2020
Überarbeitet: 23. November 2020
Angenommen: 23. November 2020
Online publiziert: 7. März 2021
© Der/die Autor(en) 2021

P. Benedikt · J. Gottsberger · A. F. Zierer

Universitätsklinik für Herz-, Gefäß- und Thoraxchirurgie, Kepler Universitätsklinikum Linz, Linz, Österreich

Temperatur- und Perfusionsmanagement bei akuter Typ-A-Aortendissektion

Operationen in milder bis moderater Hypothermie im Kreislaufstillstand und mit antegrader Hirnperfusion

Die Art der Organprotektion, insbesondere des Gehirns, ist eines der am meisten debattierten Themen in der Aortenchirurgie. In den letzten 3 Jahrzehnten wurden, aufbauend auf dem Konzept des Kreislaufstillstands in tiefer Hypothermie, Techniken entwickelt, die das Ziel haben, die Sicherheit und Dauer der zerebralen und viszeralen Protektion während des Kreislaufstillstands zu erhöhen, entweder durch Reduzierung des Metabolismus oder Aufrechterhalten der Durchblutung in bestimmten Organen. Die historische Entwicklung, die physiologischen Grundlagen und der aktuelle Stand dieser Techniken mit besonderem Augenmerk auf der Versorgung der akuten Typ-A-Aortendissektion werden in diesem Beitrag beleuchtet.

Akute Typ-A-Dissektion

Geschichtlicher Abriss

König George II. von England starb am 25.10.1760 im Kensington Palast, „while straining on the toilet“. Als Todesursache wurde bei der Obduktion eine Perikardtamponade, verursacht durch eine Einblutung bei akuter Typ-A-Dissektion, festgestellt [17]. Von dieser prominenten Erstbeschreibung der fatalen Folgen einer Typ A-Dissektion bis zur Entwicklung von sicheren Operationsverfahren zum Ersatz der Aorta ascendens und des

Aortenbogens war es ein langer Weg, gepflastert mit Fehlschlägen.

Mit Entwicklung der extrakorporalen Zirkulation in den 1950er-Jahren war es möglich geworden, erste Eingriffe an Aorta ascendens und am Aortenbogen durchzuführen [22]. Cooley und DeBakey waren 1956 die ersten, die einen Ersatz der Aorta ascendens durchführten. Im Jahr 1957 berichtete das gleiche Team über 6 Eingriffe an der Aorta thoracica und Aorta abdominalis sowie von Operationen am Aortenbogen. Die Eingriffe waren sehr komplex und wiesen eine hohe Mortalität und Morbidität auf. Sie waren jedoch Meilensteine der Aortenchirurgie.

Die Einführung der tiefen Hypothermie zur Organprotektion machte Operationen im Kreislaufstillstand möglich. Borst et al. berichteten 1964 über eine Operation am Aortenbogen [5]. Eine erste Serie von Operationen in tiefer Hypothermie mit Kreislaufstillstand wurde von Griep et al. publiziert [13].

Die Entwicklung der zerebralen Perfusion Anfang der 1990er-Jahre durch Bachet und Usui führte zu einer weiteren Verbesserung der Ergebnisse und leichteren Durchführbarkeit der Eingriffe. Außerdem war es durch die verbesserte Hirnprotektion möglich, komplexere Rekonstruktionen am Aortenbogen bei gleicher Sicherheit durchzuführen [22].

Epidemiologie und therapeutische Maßnahmen

Die akute Aortendissektion (AD) ist die häufigste Erscheinungsform des sog. akuten Aortensyndroms. Dieses beinhaltet das intramurale Hämatom, das penetrierende Ulkus und das rupturierte Aortenaneurysma. Die Inzidenz beträgt weniger als 30/1 Mio. Einwohner und Jahr. Unbehandelt hat die AD eine Mortalität von 1 %/h; die Hälfte der Patienten ist nach 3 Tagen verstorben; nach 2 Wochen sind es 80 % [8].s

Mit wenigen Ausnahmen besteht die Versorgung der AD in einer Notfalloperation durch prothetischen Ersatz eines Teils der Aorta mit oder ohne Rekonstruktion oder Ersatz der Aortenklappe. Bei Patienten mit einer ausgedehnten Dissektion wird vermehrt ein Ersatz des Aortenbogens und der Aorta descendens mithilfe der „Frozen-elephant-trunk“-Technik empfohlen [22].

Physiologie der zerebralen Perfusion

Das menschliche Gehirn macht ungefähr 2 % der Körpermasse aus, wird aber mit 15 % des Herzzeitvolumens durchblutet. Die Durchblutung erfolgt über 4 hirnersorgende Arterien: die beiden Aa. carotides internae und den beiden Aa. vertebrales. Bei vorhandenen Kollateralverbindungen über den Circulus arteriosus cerebri (Circulus Willisii) kann

Tab. 1 Hypothermieklassifizierung in der Aortenchirurgie nach Expertenkonsens. (Yan et al. [27])

Bezeichnung	Nasopharyngeale Temperatur (°C)
Profunde Hypothermie	< 14
Tiefe Hypothermie	14,1–20
Moderate Hypothermie (Niedrig-moderate Hypothermie)	20,1–28 (20,1–24,9)
Milde Hypothermie	28,1–34

eine dieser Arterien den zerebralen Blutfluss sichern [20]. Bei einem wachen, inaktiven Menschen sind dies 45–60 ml Blut/100 g Hirnmasse und min. Um eine ausreichende und gleichmäßige Versorgung des Gehirns mit Nährstoffen und Sauerstoff zu gewährleisten, wird der zerebrale Blutfluss bei Schwankungen des systemischen Blutdrucks über einen weiten Bereich konstant gehalten [4, 20].s

Der wesentliche Parameter bei der Regulation des zerebralen Blutflusses ist der Widerstand der zerebralen Gefäße, der entsprechend dem mittleren arteriellen Blutdruck reguliert wird. Bei einem gesunden Menschen gelingt es dem Körper, über diesen als Autoregulation bezeichneten Mechanismus den zerebralen Blutfluss bei einem systemischen Blutdruck im Bereich zwischen 50 und 150 mm Hg konstant zu halten. Bei niedrigen Temperaturen (<20 °C) funktioniert die Autoregulation allerdings nicht mehr [20].

Hypothermie

Die Hypothermie ist definiert durch eine Körperkerntemperatur unter 36 °C. Um einen Abfall der Körperkerntemperatur zu verhindern, besitzt der Mensch die Fähigkeit der Thermoregulation. Darunter werden alle Regelmechanismen des Körpers, die Körperkerntemperatur in engen Grenzen konstant bei ca. 37 °C zu halten, verstanden. Dies ist insbesondere deshalb wichtig, da die Aktivität des Stoffwechsels auf diese optimale Temperatur angewiesen ist [7, 20].

Die Tatsache, dass das Gehirn einen Kreislaufstillstand länger toleriert, je tiefer die Temperatur ist, macht man sich bei der therapeutischen Hypothermie zunutze. Bei diesem Verfahren

Tab. 2 Hypothermieklassifizierung in der Aortenchirurgie der Johns-Hopkins-Gruppe. (Duke E. Cameron 16))

Bezeichnung der Hypothermie	Temperatur (°C)
Mild	35,9–33,0
Moderat	23,9–28,0
Tief (schwer)	27,9–21,0
Profund	< 20,9

wird die Körperkerntemperatur gezielt unter den physiologischen Normalwert gesenkt, um so die tolerierbaren Ischämiezeiten der Organe, im Speziellen des Gehirns, zu verlängern [7, 20, 22].

» Pro 1 °C Temperaturabnahme reduziert sich der Metabolismus des Menschen um 6–7 %

Das Gehirn hat bei 37 °C einen Sauerstoffverbrauch von rund 3 ml/g Hirngewebe und min. Bei niedrigeren Körpertemperaturen nimmt der Sauerstoffverbrauch proportional zur Körperkerntemperatur ab. Er beträgt bei 25 °C ca. 1 ml/g Hirngewebe und min sowie bei 20 °C nur noch 0,6 ml/g Hirngewebe und min. Das bedeutet, dass er um 50 % des Ausgangslevels pro 7–8 °C Temperaturabfall sinkt. Der Metabolismus reduziert sich um 6–7 % pro 1 °C Temperaturabnahme. Dadurch kann der Zelltod hinausgezögert oder verhindert werden [7, 19].

In der gängigen Praxis haben sich noch keine einheitliche Nomenklatur und Definition der verschiedenen Hypothermie-/Temperaturstadien durchgesetzt. Während ein Konsens internationaler Experten die Stadien nach der Aktivität im EEG einteilt, gibt es wiederum eine andere Einteilung der Johns-Hopkins-Gruppe, die sich mehr an klinischem und physiologischem Sachverhalt orientiert. In beiden Fällen wird die Hypothermie in 4 Stadien eingeteilt. Zusätzlich zu den 3 Stadien der milden, moderaten und tiefen Hypothermie etablierte sich in der Praxis bei tieferen Temperaturen noch die Kategorie der profunden Hypothermie. Die

unterschiedlichen Klassifizierungen sind in **Tab. 1 und 2** zusammengefasst [5, 16, 27].

Perfusionstechniken und Temperaturmanagement

Die operative Versorgung der Aorta bei einer Typ-A-Dissektion erfolgt entweder in tiefer Hypothermie mit Kreislaufstillstand oder in Europa überwiegend im moderaten hypothermen systemischen Kreislaufstillstand mit selektiver antegrader Hirnperfusion [1, 22].

Selektive antegrade zerebrale Perfusion

Die antegrade Hirnperfusion erlaubt eine physiologischere Methode der zerebralen Protektion mit der Möglichkeit einer Verlängerung der Eingriffszeit bei gleichbleibender Komplikationsrate. Am Anfang wurde die antegrade Hirnperfusion mit sehr niedrigen Temperaturen („kalte Zerebroplegie“) durchgeführt, um den Gehirnstoffwechsel möglichst stark zu senken, wobei damals noch nicht vollständig bekannt war, welche negativen Auswirkungen die starke Abkühlung nach sich ziehen kann [3].

In der Folge wendeten immer mehr Zentren eine höhere Temperatur für die Hirnperfusion an. Während initial die antegrade Hirnperfusion typischerweise mit tiefer Hypothermie kombiniert wurde, ging man in den letzten Jahren in vielen Zentren dazu über, eine moderate systemische Hypothermie (28 °C) anzuwenden. Die optimale Zieltemperatur wird kontrovers diskutiert. Von einigen Autoren werden Bedenken bezüglich spinaler und viszeraler Schädigungen geäußert [11, 26].

Moderater bis milder hypothermer Kreislaufstillstand mit antegrader Hirnperfusion (Tab. 3)

Experimentelle Studien lieferten Anhalte dafür, dass eine kalte zerebrale Perfusion zu einer Schädigung des Gehirns führen kann. Unter anderem wird die Autoregulation negativ beeinflusst. Deswegen werden weltweit vermehrt Operationsstrategien mit wärmeren Temperaturen (mo-

derate bis milde Hypothermie) bei Kreislaufstillstand und mit antegrader Hirnperfusion aufgrund der physiologischen Flussraten und Perfusionsdrücke eingesetzt. Sie sind ein vielversprechender Ansatz, um die perioperative Mortalität und Morbidität in der Aortenchirurgie zu senken [1, 28].

Im letzten Jahrzehnt zeigten mehrere Studien die Überlegenheit des Verfahrens des Kreislaufstillstands in moderater Hypothermie mit antegrader Hirnperfusion gegenüber der Methode des Kreislaufstillstands in tiefer Hypothermie und anderen zerebralen Perfusionstechniken. Es erwies sich, dass der moderat- bis mild-hypotherme Kreislaufstillstand mit antegrader Hirnperfusion ein sicheres und reproduzierbares Verfahren für die verschiedensten Aorteneingriffe bei suffizienter Protektion des Gehirns und der Viszeralorgane darstellt [1, 9, 28].

Dieses Verfahren wird zur Korrektur aller Aortenpathologien ohne Einschränkungen angewendet, sowohl bei elektiven als auch bei Notfalloperationen an Aorta und Aortenbogen, einschließlich komplexer Verfahren wie dem Ersatz des Aortenbogens und der thorakalen Aorta descendens mithilfe der Elephant-trunk- oder Frozen-elephant-trunk-Technik. Der Grad der systemischen Kühlung kann anhand der präoperativen Computertomographie und der erwarteten Rekonstruktionszeit angepasst werden. Bei einer erwarteten Bogenrekonstruktionszeit von 45 min oder länger ist laut derzeitiger Datenlage ein Absenken der Körperkerntemperatur auf 28 °C erforderlich [1, 15].

» Grad der systemischen Kühlung wird der erwarteten Rekonstruktionszeit + Sicherheitsmarge angepasst

Die Temperatur des Perfusats, der Druck und die Flussrate der Gehirnperfusion sind elementare Parameter für die optimale Gehirnprotektion. Die druckkontrollierte Perfusion über die rechte A. axillaris und die linke A. carotis erlaubt einen fast physiologischen zerebralen Blutfluss. Unter moderater Hypother-

Z Herz-Thorax-Gefäßchir 2021 · 35:62–68 <https://doi.org/10.1007/s00398-021-00422-5>
© Der/die Autor(en) 2021

P. Benedikt · J. Gottsberger · A. F. Zierer

Temperatur- und Perfusionsmanagement bei akuter Typ-A-Aortendissektion. Operationen in milder bis moderater Hypothermie im Kreislaufstillstand und mit antegrader Hirnperfusion

Zusammenfassung

Die chirurgische Versorgung der akuten Typ-A-Aortendissektion erfuhr in den letzten Jahrzehnten v. a. im Hinblick auf das Perfusions- und Temperaturmanagement eine ständige Entwicklung. Neurologische Komplikationen sind die Hauptursache der postoperativen Morbidität und Mortalität. Die Verwendung einer Herz-Lungen-Maschine, des Kreislaufstillstands in tiefer Hypothermie, die temporäre Unterbrechung der zerebralen Perfusion oder Hypoperfusion des Gehirns und die Manipulation an der Aorta können zu neurologischen Schäden führen. Der Kreislaufstillstand in tiefer Hypothermie ermöglicht Eingriffe an der thorakalen Aorta, die für die Sanierung einer akuten Dissektion notwendig sein können. Dies hat allerdings Limitationen: Einerseits ist die Eingriffszeit begrenzt, andererseits führt die tiefe Hypothermie selbst zu Schäden.

Experimentelle und klinische Studien konnten zeigen, dass der Grad der Hypothermie einen Einfluss auf die Komplikationsrate hat. Auch über den Nutzen der retrograden Hirnperfusion besteht noch Uneinigkeit. Das Konzept des Kreislaufstillstands mit zusätzlicher Hirnperfusion, besonders wenn der Grad der Hypothermie entsprechend der erwarteten Kreislaufstillstandszeit angepasst wird, erwies sich als sichere Methode. Es ermöglicht komplexe Eingriffe an der Aorta bei geringen Komplikationsraten und wird zunehmend als Standardverfahren bei der Versorgung der akuten Typ-A-Dissektion angewandt.

Schlüsselwörter

Kreislaufstillstand · Hypothermie · Gehirn · Neurologische Komplikationen · Mortalität

Temperature and perfusion management in acute type A aortic dissection. Surgery in mild to moderate hypothermic circulatory arrest and antegrade cerebral perfusion

Abstract

The surgical treatment of acute type A aortic dissection has undergone a continuous development in the last decades, particularly with respect to the management of perfusion and temperature. Neurological complications are the main cause of postoperative morbidity and mortality. The use of a heart-lung machine, deep hypothermic circulatory arrest, temporary interruption of cerebral perfusion or hypoperfusion of the brain and manipulation of the aorta can lead to neurological damage. Circulatory arrest in deep hypothermia enables interventions on the thoracic aorta, which can be necessary for the repair of an acute dissection; however, this has limitations: the time for the intervention is limited and even the deep hypothermia leads to damage. Experimental and clinical studies

could show that the degree of hypothermia has an influence on the complication rate. There is even still disagreement over the benefits of retrograde brain perfusion. The concept of circulatory arrest with additional brain perfusion has proven to be a safe method, especially when the degree of hypothermia is adapted corresponding to the expected duration of circulatory arrest. This enables complex interventions on the aorta with low complication rates and is increasingly used as the standard procedure in the treatment of acute type A dissection.

Keywords

Circulatory arrest · Hypothermia · Brain · Neurological complications · Mortality

mie bei 28 °C ist der Sauerstoffverbrauch des Gehirns auf 50 % reduziert. Unter diesen Bedingungen scheint eine antegrade druckkontrollierte Hirnperfusion mit 30 °C, 75 mm Hg und einem Fluss von ungefähr 1,5 l/min eine sichere Methode zur Gehirnprotektion zu sein. Die Verwendung der antegraden Hirnperfusion bis zu 1 h Dauer korreliert nicht mit einem erhöhten Mortalitätsrisiko oder einem erhöhten Risiko für neurologische Ereignisse [10]. Studien von Einzel- und gemischten Kollektiven, von Operationen zur Sanierung einfacher degenerativer Aortenbogenaneurysmen bis zu komplexen Bogeneingriffen im Rahmen einer akuten Dissektion reichend, zeigten gute Ergebnisse in Bezug auf das neurologische Outcome. Die Rate an temporären neurologischen Ereignissen betrug zwischen 2 und 7 %. Permanente neurologische Ereignisse traten bei 2–6 %, fokale zerebrale Ischämien bei 4 %, Koma bei 1 % und Paraplegie bei 0,3–0,6 % der Patienten auf. Diese niedrigen Raten an neurologischen Komplikationen in einer gemischten Kohorte sprechen für das Konzept der

moderaten bis milden Hypothermie mit antegrader Hirnperfusion [1, 29].

Kanülierung

Der Ort der Kanülierung hat einen Einfluss auf die Inzidenz eines Schlaganfalls bei Aortenbogenoperationen. Neurologische Komplikationen können durch Embolien verursacht werden, die im Rahmen des Einbringens der arteriellen Kanüle entstehen. Lange Zeit war die Femoralarterie der bevorzugte Kanülierungsort. Der dadurch entstehende retrograde Fluss erhöht nicht nur das Risiko für Thromboembolien, er kann auch eine Malperfusion mit möglichen zerebralen und viszeralen Schäden bedingen [1, 6].

Die A. axillaris weist gewöhnlicherweise kaum arteriosklerotische Veränderungen auf und kann direkt oder über eine Prothese verwendet werden. Im Jahr 1976 wurde sie erstmals von Villard et al. genutzt. Eine weitreichende Akzeptanz als Kanülierungsort fand sie erst mit der Publikation der Cleveland Clinic 1995. Seit ein positiver neuroprotektiver Ef-

fekt nachgewiesen werden konnte, ist die Kanülierung der A. axillaris eine weit verbreitete Technik in der Aorten Chirurgie geworden [14].

» Die Kanülierung der A. axillaris ist mittlerweile in der Aorten Chirurgie weit verbreitet

Der antegrade Fluss über die Axillarterie ist weniger turbulent als bei der herkömmlichen Kanülierung der Aorta ascendens, da kein Sandstrahleffekt entsteht und so ein Loslösen von thromboembolischen Partikeln aus der Aortenwand vermieden wird. Außerdem kann über die liegende Kanüle in der A. axillaris direkt eine unilaterale Hirnperfusion durchgeführt werden [22].

Unilaterale vs. bilaterale zerebrale Perfusion

In der Theorie stellt eine beidseitige zerebrale Perfusion bei einer Operation an der Aorta im Kreislaufstillstand bei moderater bis milder Hypothermie die phy-

Hier steht eine Anzeige.

Tab. 3 Protokoll für Operationen in moderater bis milder Hypothermie mit Kreislaufstillstand und antegrader Hirnperfusion

Narkose in Allgemeinanästhesie
Rückenlagerung
Kontinuierliche intravasale Blutdrucküberwachung über linke A. radialis und über eine A. femoralis communis
Transösophageale Echokardiographie: Überwachung der Herzfunktion, Bestätigung der Diagnose und Beurteilung der Funktion der Aortenklappe
Temperaturmessung: Ösophagus, Blase oder Rektum ^a
Vollheparinisierung (400 IE/kgKG)
Kanülierung: arteriell rechte A. axillaris direkt, venös eine „Two-stage“-Kanüle im rechten Vorhof
Regulierung des Säure-Basen-Haushalts mithilfe der α_{stat} -Methode
Kühlung, abhängig vom Grad der Aortenpathologie und der erwarteten Rekonstruktionszeit auf 28–32 °C, rektal gemessen
Umschlingen des Truncus brachiocephalicus und der linken A. carotis
Eröffnung der Aorta und Beginn der antegraden Hirnperfusion durch Zuziehen der Bänder
Blocken der linken A. subclavia mit einem Fogarty-Katheter, um ein blutleeres Operationsfeld zu erhalten
Falls notwendig, Einlegen eines Perfusionskatheters in linke A. carotis. Der Katheter wird als Seitenast an die arterielle Perfusionskanüle angeschlossen
Die Gehirnperfusion erfolgt mit 30 °C druckkontrolliert zwischen 75 und 85 mm Hg und einer Flussrate von ungefähr 1,5 l/min
Bei Patienten mit einer akuten Typ-A-Dissektion werden die Dissektionsmembranen mithilfe eines Zweikomponentenklebers (CARDIAL® Chirurgischer Klebstoff, LeMaitre, Saint Etienne, Frankreich) verbunden. Die distale Korrektur wird mit einer kollagenummantelten gewobenen Polyester-gefäßprothese (Hemashield Platinum, Getinge/Maquet, Rastatt, Deutschland) durchgeführt. Die Bogengefäße werden en bloc implantiert. Alle Nähte werden mit Teflonfilzstreifen verstärkt. Nach der Beendigung der distalen Anastomosen wird der Patient in eine Trendelenburg-Position gebracht, und die Silikonbänder um die linke A. carotis und den Truncus brachiocephalicus werden gelöst, der Fogarty-Katheter wird aus der linken A. subclavia entfernt. Die Aortenbogengefäße werden sorgfältig entlüftet. Schließlich wird die Gefäßprothese direkt proximal des Truncus brachiocephalicus geklemmt und die Perfusion für den ganzen Körper freigegeben
Das neurovaskuläre Monitoring erfolgt mithilfe der Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS)

^aDer Ort der Temperaturmessung unterliegt während der Abkühl- und Aufwärmphase verschiedenen Einflüssen und repräsentiert nicht unbedingt die wahre Temperatur des Gehirns. Es sollte an mehreren Orten gemessen werden. Während eines Kreislaufstillstands korrelieren die Temperaturen im Nasopharynx, im Ösophagus und in der Pulmonalarterie am besten mit der im Gehirn [23]

siologische Methode gegenüber einer einseitigen zerebralen Perfusion dar. Bei Letzterer geht man davon aus, dass das Blut von der rechten A. carotis interna über den Circulus Willisii in alle Hirnregionen fließt und so eine adäquate Sauerstoffversorgung in allen Hirnabschnitten gewährleistet [22, 24]. Es konnte jedoch mithilfe funktioneller Tests nachgewiesen werden, dass selbst, wenn der Circulus Willisii nicht komplett ausgebildet ist, eine entsprechende Durchblutung in allen Hirnabschnitten gegeben ist [24].

Das bedeutet, dass keine Korrelation zwischen den anatomischen Gegebenheiten des Circulus Willisii und der funktionellen Durchblutungssituation des Gehirns bei Operationen im Kreis-

laufstillstand und antegrader Hirnperfusion besteht [24].

» Die unilaterale Hirnperfusion ist in den meisten Fällen ausreichend

Die unilaterale Hirnperfusion hat außerdem die Vorteile, dass sie rasch zu etablieren ist und keine Manipulation am Aortenbogen zum Einbringen einer Perfusionskanüle in die linke A. carotis interna notwendig ist. Besonders bei chirurgischen Eingriffen zur Sanierung einer akuten Typ-A-Dissektion, bei der das Gewebe sehr vulnerabel ist bzw. eine Dissektion der Halsgefäße besteht, ist dies evident [18, 22].

Studien, die eine unilaterale mit einer bilateralen zerebralen Perfusion verglichen, zeigten keine Unterschiede in Bezug auf das Auftreten eines temporären oder permanenten neurologischen Defizits und wiesen eine niedrige Frühmortalitätsrate nach [1, 18]. Eher zeigte sich ein Trend zu einer erhöhten neurologischen Komplikationsrate in der bilateralen zerebralen Perfusionsgruppe, die wahrscheinlich durch eine vermehrte Manipulation am Aortenbogen hervorgerufen wurde [1, 22]. Stets muss die zerebrale O₂-Sättigung während einer Operation am Aortenbogen kontinuierlich überwacht werden. Dies erfolgt mithilfe einer Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS)-Messung. Fällt die O₂-Sättigung bei einer unilateralen zerebralen Perfusion unter 75 % des Ausgangswerts, sollte eine weitere Perfusionskanüle in die linke A. carotis interna zur bilateralen Perfusion eingebracht werden [25].

Rückenmarkprotektion

Das Rückenmark kann auf verschiedene Weisen geschützt werden. Neben der protektiven Wirkung der systemischen moderaten Hypothermie führt die antegrade Hirnperfusion bei entsprechendem Perfusionsdruck über Kollateralen zwischen Gehirn und Rückenmark zu einem Schutz. Dies kann gut anhand des Rückflusses von Blut aus der Aorta descendens in das Operationsfeld beobachtet werden. Außerdem ist es wichtig, nach Fertigstellung der distalen Anastomose wieder eine normale Durchblutung des Rückenmarks zu gewährleisten. Beim Kreislaufstillstand in moderater Hypothermie ist die notwendige Aufwärmphase kürzer. Dadurch ist das Risiko von Mikroembolien reduziert, was in einem besseren neurologischen Ergebnis resultiert [1, 11, 22].

Mortalität

Selbst wenn eine akute Typ-A-Dissektion rasch operativ versorgt werden kann, bleibt die Mortalität relativ hoch. Im Deutschen Register für akute Aortendissektion Typ A (German Registry for Acute Aortic Dissection Type A,

GERAADA) betrug sie 16,9% [6]. Mit 27,4% ist die Mortalitätsrate im internationalen Register für akute Aortendissektionen (International Registry of Acute Aortic Dissection, IRAAD) sogar noch höher [12].

Im Zusammenhang mit der Durchführung der Eingriffe in moderater Hypothermie mit antegrader Hirnperfusion gibt es Hinweise, dass eine Reduktion der Mortalität möglich ist [1, 22]. In einer Studie von Stamou et al. konnte eine Reduktion der Mortalität von 17,1 auf 7,4% bei Verwendung einer moderaten Hypothermie im Vergleich zur tiefen Hypothermie gezeigt werden [21]. Eine weitere Untersuchung berichtete eine Reduktion zusammengesetzter Endpunkte für Mortalität und neurologische Ereignisse von 52,8 auf 24% [2].

Fazit für die Praxis

- Die Aorten Chirurgie bei moderater Hypothermie ist sicher und reproduzierbar. Sie hilft dabei, die Zeit an der Herz-Lungen-Maschine zu verkürzen, und vermeidet die Nebenwirkungen der tiefen Hypothermie. In Kombination mit einer antegraden zerebralen Perfusion bietet sie einen ausreichenden Schutz des Gehirns und der übrigen Organe.
- Diese Strategie kann mit hoher Sicherheit auf alle Aortenbogenpathologien angewendet werden – auch bei der Versorgung einer akuten Typ-A-Dissektion und komplexen Operationen am Aortenbogen mit langen Kreislaufstillstandszeiten und langen Phasen einer antegraden zerebralen Perfusion (Zeiten bis zu 60 min und darüber).

Korrespondenzadresse

Dr. P. Benedikt, MSc

Universitätsklinik für Herz-, Gefäß- und Thoraxchirurgie, Kepler Universitätsklinikum Linz
Krankenhausstr. 9, 4020 Linz, Österreich
peter.benedikt@kepleruniklinikum.at

Funding. Open access funding provided by Johannes Kepler University Linz.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. P. Benedikt, J. Gottsberger und A.F. Zierer geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien. Für Bildmaterial oder anderweitige Angaben innerhalb des Manuskripts, über die Menschen zu identifizieren sind, liegt von Ihnen und/oder ihren gesetzlichen Vertretern eine schriftliche Einwilligung vor.

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

Vewendete Literatur

1. Ahmad AE-S, Salem R, Zierer A (2019) Aortic arch surgery under warm conditions (moderate to mild hypothermia). In: Stanger O, Pepper J, Svensson L (Hrsg) Surgical management of aortic pathology. Springer, Vienna https://doi.org/10.1007/978-3-7091-4874-7_67
2. Algarni KD, Yanagawa B, Rao V, Yau TM (2014) Profound hypothermia compared with moderate hypothermia in repair of acute type A aortic dissection. J Thorac Cardiovasc Surg 148(6):2888–2894. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2014.01.020>
3. Bachet J, Guilmet D, Goudot B et al (1991) Cold cerebroprotection. A new technique of cerebral protection during operations on the transverse aortic arch. J Thorac Cardiovasc Surg 102(1):85–94
4. Bachet J (2010) What is the best method for brain protection in surgery of the aortic arch? Selective antegrade cerebral perfusion. Cardiol Clin 28(2):389–401. <https://doi.org/10.1016/j.ccl.2010.01.014>
5. Borst HG, Schaudig A, Rudolph W (1964) Arteriovenous Fistula of the aortic arch: repair during deep hypothermia and circulatory arrest. J Thorac Cardiovasc Surg 48:443–447
6. Conzelmann LO, Hoffmann I, Blettner M, Kallenbach K, Karck M, Dapunt O, Borger MA, Weigang E

- (2012) Analysis of risk factors for neurological dysfunction in patients with acute aortic dissection type A: data from the German Registry for Acute Aortic Dissection type A (GERAADA). Eur J Cardiothorac Surg 42(3):557–565. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezs025>
7. Cronin B, Kaplan JA, Maus T (Hrsg) (2018) Kaplan's essentials of cardiac anesthesia for cardiac surgery, 2. Aufl. Elsevier, Amsterdam
8. Criado FJ (2011) Aortic dissection: a 250-year perspective. Tex Heart Inst J 38(6):694–700
9. Czerny M, Schmidli J, Adler S, van den Berg JC, Bertoglio L, Carrel T, Chiesa R, Clough RE, Eberle B, Etz C, Grabenwöger M, Haulon S, Jakob H, Kari FA, Mestres CA, Pacini D, Resch T, Rylski B, Schoenhoff F, Shrestha M, von Tengg-Kobligh H, Tsagakis K, Wyss TR (2019) Current options and recommendations for the treatment of thoracic aortic pathologies involving the aortic arch: an expert consensus document of the European Association for Cardio-Thoracic surgery (EACTS) and the European Society for Vascular Surgery (ESVS). Eur J Cardiothorac Surg 55(1):133–162. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezy313>
10. Di Eusanio M, Schepens MA, Morshuis WJ, Di Bartolomeo R, Pierangeli A, Dossche KM (2002) Antegrade selective cerebral perfusion during operations on the thoracic aorta: factors influencing survival and neurologic outcome in 413 patients. J Thorac Cardiovasc Surg 124(6):1080–1086. <https://doi.org/10.1067/mtc.2002.124994>
11. Etz DC, Luehr M, Aspern KV et al (2014) Spinal cord ischemia in open and endovascular thoracoabdominal aortic aneurysm repair: new concepts. J Cardiovasc Surg (Torino) 55(2 Suppl 1):159–168
12. Evangelista A, Isselbacher EM, Bossone E, Gleason TG, Eusanio MD, Sechtem U, Ehrlich MP, Trimarchi S, Braverman AC, Myrmet T, Harris KM, Hutchinson S, O'Gara P, Suzuki T, Nienaber CA, Eagle KA (2018) Insights from the International Registry of Acute Aortic Dissection: a 20-year experience of collaborative clinical research. Circulation 137(17):1846–1860. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.117.031264>
13. Griepp RB, Stinson EB, Hollingsworth JF, Buehler D (1975) Prosthetic replacement of the aortic arch. J Thorac Cardiovasc Surg 70(6):1051–1063
14. Hedayati N, Sherwood JT, Schomisch SJ, Carino JL, Markowitz AH (2004) Axillary artery cannulation for cardiopulmonary bypass reduces cerebral microemboli. J Thorac Cardiovasc Surg 128(3):386–390. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2004.01.013>
15. Leshnower BG, Myung RJ, Thourani VH et al (2012) Hemiarth replacement at 28 °C: an analysis of mild and moderate hypothermia in 500 patients. Ann Thorac Surg 93(6):1910–1916. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsurg.2012.02.069>
16. Luehr M, Bachet J, Mohr FW, Etz CD (2014) Modern temperature management in aortic arch surgery: the dilemma of moderate hypothermia. Eur J Cardiothorac Surg 45(1):27–39. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezt154>
17. Nicholls F (1761) Observations concerning the body of his late majesty. Philos Trans R Soc Lond A 52:265–275
18. Preventza O, Simpson KH, Cooley DA et al (2015) Unilateral versus bilateral cerebral perfusion for acute type A aortic dissection. Ann Thorac Surg 99(1):80–87. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsurg.2014.07.049>
19. Rosomoff HL, Holaday DA (1954) Cerebral blood flow and cerebral oxygen consumption during

- hypothermia. Am J Physiol 179(1):85–88. <https://doi.org/10.1152/ajplegacy.1954.179.1.85>
20. Silbernagl S, Lang F (2009) Taschenatlas Pathophysiologie, 3. Aufl. Thieme, Stuttgart <https://doi.org/10.1055/b-001-52>
 21. Stamou SC, McHugh MA, Conway BD, Nores M (2018) Role of moderate hypothermia and antegrade cerebral perfusion during repair of type A aortic dissection. Int J Angiol 27(4):190–195. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1675204>
 22. Stanger O, Pepper J, Svensson LG (Hrsg) (2019) Surgical management of aortic pathology: current fundamentals for the clinical management of aortic disease. Springer, Wien
 23. Stone JG, Young WL, Smith CR, Solomon RA, Wald A, Ostapovich N, Shrebnick DB. Do standard monitoring sites reflect true brain temperature when profound hypothermia is rapidly induced and reversed? Anesthesiology. 1995 Feb;82(2):344–51. <https://doi.org/10.1097/0000542-199502000-00004>
 24. Urbanski PP, Lenos A, Blume JC et al (2008) Does anatomical completeness of the circle of Willis correlate with sufficient cross-perfusion during unilateral cerebral perfusion? Eur J Cardiothorac Surg 33(3):402–408. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2007.12.021>
 25. Urbanski PP, Lenos A, Kolowca M, Bougioukakis P, Keller G, Zacher M et al (2013) Nearinfrared spectroscopy for neuromonitoring of unilateral cerebral perfusion. Eur J Cardiothorac Surg 43(6):1140–1144. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezs557>
 26. Urbanski PP, Luehr M, Di Bartolomeo R et al (2016) Multicentre analysis of current strategies and outcomes in open aortic arch surgery: heterogeneity is still an issue. Eur J Cardiothorac Surg 50(2):249–255. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezw055>
 27. Yan TD, Bannon PG, Bavaria J, Coselli JS, Eleftheriades JA, Griep RB et al (2013) Consensus on hypothermia in aortic arch surgery. Ann Cardiothorac Surg 2(2):163–168. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2225-319X.2013.03.03>
 28. Zierer A, Aybek T, Risteski P, Dogan S, WimmerGreinecker C, Moritz A (2005) Moderate hypothermia (30 °C) for surgery of acute type A aortic dissection. J Thorac Cardiovasc Surg 53:74–79
 29. Zierer A, El-Sayed Ahmad A, Papadopoulos N, Detho F, Risteski P, Moritz A et al (2017) Fifteen years of surgery for acute type A aortic dissection in moderate-to-mild systemic hypothermia. Eur J Cardiothorac Surg 51:97–103

Weiterführende Literatur

30. Baumgartner WA, Owens SG, Cameron DE, Reitz BA (1994) The Johns Hopkins manual of cardiac surgical care. Mosby, St. Louis

SPENDENLAUF 2021 für herzkrankte Kinder

www.ichlaufumdeinleben.de

AB 11.01.2021

Ich lauf um Dein Leben - Spendenlauf für Kinderherztransplantationen

Mit der Aktion „Ich lauf um Dein Leben“ rufen die Deutsche Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie e. V. (DGTHG) und die Deutsche Gesellschaft für Pädiatrische Kardiologie und Angeborene Herzfehler e. V. (DGPK) zu einem virtuellen Spendenlauf auf. Mit dem Spendenlauf sollen Kinder unterstützt werden, die dringend eine Herztransplantation brauchen.

Schwerst herzkrankte Kinder warten häufig viele Monate bzw. mehr als ein Jahr auf ein passendes Spenderherz. Aktuell sind es 50 Mädchen und Jungen bundesweit. Andererseits werden weniger als 30 Spenderherzen jährlich in Deutschland transplantiert. Die Herausforderungen sowie Ängste und Sorgen, mit denen die kleinen Patientinnen und Patienten mit ihren Familien leben müssen, sind immens.

Um auf dieses wichtige Thema besonders aufmerksam zu machen, haben die Deutsche Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie e.V. (DGTHG) und die Deutsche Gesellschaft für Pädiatrische Kardiologie und Angeborene Herzfehler e.V. (DGPK) daher am 11. Januar 2021 einen virtuellen Spendenlauf gestartet. Damit wollen die herzmedizinischen Fachgesellschaften im Rahmen ihrer digitalen Jahrestagungen Herzmedizin 2021 speziell das Thema Kinderherztransplantationen ins Bewusstsein der Öffentlichkeit rufen, um durch die Spenden Kindern, die ein Spenderorgan benötigen, noch gezielter helfen zu können. Der Erlös wird das bundesweit tätige Aktionsbündnis Angeborene Herzfehler e.V. unterstützen, in dem sechs Patientenvertretungen für

angeborene Herzfehler vereint sind, um mit gemeinsamen Kräften Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen mit angeborenen Herzfehlern zu helfen.

Mitmachen kann jeder: Der Erwerb des „Ich-lauf-um-dein-Leben-Laufshirts“ (<https://www.tshirt-drucker.de/c/spendenlauf>) impliziert bereits eine Spende und stattdie Läufer*innen passend für diesen Anlass aus; ebenfalls möglich und willkommen ist auch eine direkte Spende.

Der finale Jahreserlös der Charity-Aktion wird zum 31.12.2021 vorgestellt.

Alle Informationen erhalten Sie unter: <https://www.ichlaufumdeinleben.de>

Spendenkonto Kinderherztransplantationen (DGTHG):

Kontoinhaber:

Deutsche Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie e.V. (DGTHG)

Pax-Bank eG

IBAN: DE64 3706 0193 6005 7270 04

BIC: GENODED1PAX

Stichwort: „Ich lauf um Dein Leben 2021“

Weitere Informationen unter:

<https://www.dgthg-jahrestagung.de>

<http://www.kinderkardiologie.org/jahrestagung/>