

Die Perfusion ³ **Perfusiologie**

Technische Medizin · Perfusion · Organprotektion · Rhythmologie · Medizininformatik

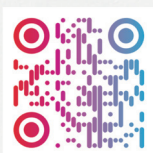
Einsatz einer neuartigen Doppellumen-ECMO-Kanüle zur stufenweisen Therapieanpassung ohne erneute chirurgische Intervention

N. Kwapil, L. Polster, W. Wälisch, A. Weigelt, A. Purbojo, F. Münch

Vergleich der aktuell verfügbaren Hämoabsorptionsverfahren während der extrakorporalen Zirkulation C. Thümler, S. Maier, F. Münch

Statistik Teil 19: Analysepopulationen M. Kohl, F. Münch

Gerinnungsdiagnostik im Kontext: Die PTT als klinischer Parameter I. Birschmann, T. Eller

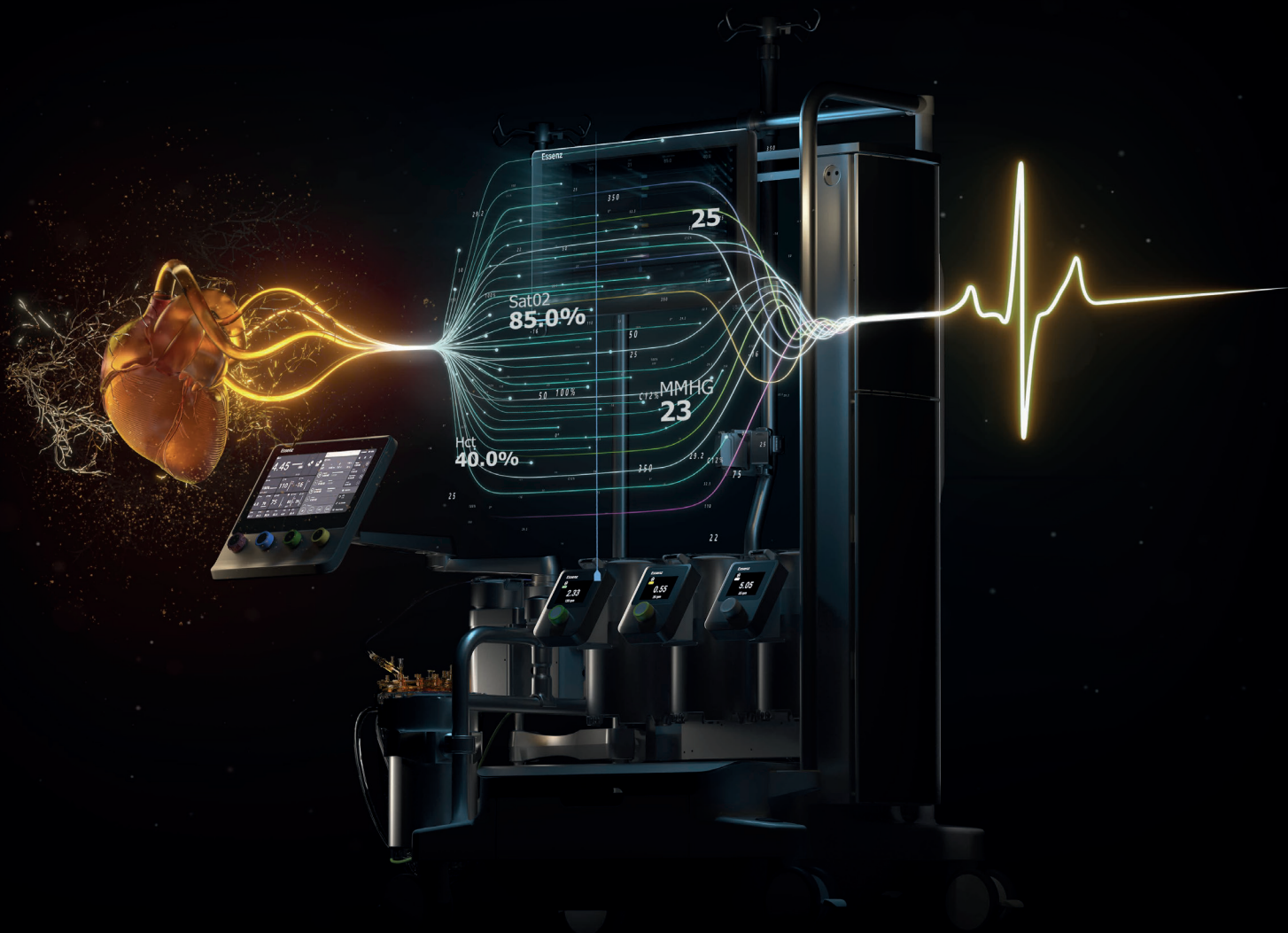


EFN: 85 276 50 000000

Life Systems
the perfusion specialists

Essenz™

Perfusion System



Elevating Perfusion into a New Era

Editorial	106
D. Buchwald	
Einsatz einer neuartigen Doppellumen-ECMO-Kanüle zur stufenweisen Therapieanpassung ohne erneute chirurgische Intervention	107
N. Kwapił, L. Polster, W. Wällisch, A. Weigelt, A. Purbojo, F. Münch	
Vergleich der aktuell verfügbaren Hämoadsorptionsverfahren während der extrakorporalen Zirkulation	111
C. Thümler, S. Maier, F. Münch	
Statistik Teil 19: Analysepopulationen	127
M. Kohl, F. Münch	
Gerinnungsdiagnostik im Kontext: Die PTT als klinischer Parameter	130
I. Birschmann, T. Eller	
Journalclub	133
Aus- und Weiterbildung	135
Reisebericht	137
Recht	139
Kongressnotizen	140
Industrie	141
Aktuell	142
85 – Die einheitliche Fortbildungsnummer für Perfusionist:innen	143
Blaue Seiten	144
Veranstaltungen	148

Die Perfusionologie · German Journal of Perfusion
Offizielles Organ der Deutschen Gesellschaft für Perfusionologie und Technische Medizin e. V.
The Official Publication Organ of the German Society for Perfusionology and Technical Medicine



Website Die Perfusionologie
<https://perfusionologie.de/fachzeitschrift/>

Website DGPTM e. V.
<https://perfusionologie.de/>



Impressum

Publisher Deutsche Gesellschaft für Perfusionologie und Technische Medizin e. V.,
Verlag, Herausgeber Rödelstraße 13, 04229 Leipzig
Telefon: +49 (0)341 2380 5268, E-Mail: geschaeftsstelle@dgptm.de

Editor-in-Chief Dr. Lars Saemann
Anschrift für Autoren bzw. E-Mail: l.saemann@dgptm.de
Fachbeiträge

Associate Editor Dr. Maik Foltan, Dr. Johannes Gehron, Prof. Sven Maier,
PD Dr. Frank Münch

Editorial Board Dr. Adrian Bauer, Dr. Dirk Buchwald, Prof. Dr. Christina Feldmann,
Prof. Dr. Bernd Niemann, Prof. Dr. Thomas Schiepp, Dipl. Ing. Sebastian
Schmidt, Dipl. Ing. Sebastian Tiedge, Jan Turra M. Sc.

Managing Editor Antje-Kristin Mosig M. Eng.
Redaktion, Gestaltung, Telefon +49 (0)1579 239 8514, E-Mail: a.mosig@dgptm.de
Abonnentenservice,
Anzeigenverwaltung

Lektorat, Korrektorat Anna Menth M. A.

Druck Strube Druck & Medien GmbH
Die Perfusionologie wird auf chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt.

Erscheinungsweise 4 x jährlich: Februar, Mai, September, November

Druckauflage 1.000 Exemplare

ISSN 2941-556X (Print), 3052-6256 (Online)

Preis Jahresabonnement € 34,- (Deutschland), € 40,- (Ausland)

Preis Einzelheft € 10,- (Deutschland), € 12,- (Ausland)
jeweils zzgl. Versandkosten. Inlandspreise inkl. ges. MwSt. Abonnementbestellung schriftlich beim Verlag. Mindestbezugsdauer 1 Jahr, Verlängerung jeweils um 1 Jahr, wenn keine Abbestellung erfolgt. Kündigung 3 Monate zum Jahresende.

Gelistet und indiziert in **Current Contents Medizin, EMBASE – Excerpta Medica, SCImago Journal and Country Rank, SCOPUS**

Redaktionstermine

Die Perfusionologie Nr. 4 / 2026 | Erscheinungstermin 9.11.2026 |
Einsendeschluss für redakt. Beiträge 12.8.2026 | Anzeigenschluss 5.10.2026
Die Perfusionologie Nr. 1 / 2027 | Erscheinungstermin 10.2.2027 |
Einsendeschluss für redakt. Beiträge 18.10.2026 | Anzeigenschluss 3.1.2026

Die Zeitschrift **Die Perfusionologie** veröffentlicht im Peer-Review-Verfahren Originalartikel, klinische und experimentelle Arbeiten, Fallberichte, Übersichtsreferate, Leserbriefe und Buchbesprechungen aus dem Bereich technische Medizin, Perfusion, Organprotektion, Rhythmologie und Medizininformatik.

The German Journal of Perfusion is a peer-reviewed journal. It publishes original articles, clinical and experimental papers, case reports, review articles, letters to the editors and book reviews in the field of technical medicine, perfusion, organ protection, rhythmology and medical informatics.

Von Autoren gekennzeichnete Beiträge geben nicht unbedingt die Meinung des Editor in Chief wieder. Für unverlangt eingesandte Manuskripte übernehmen Herausgeber, Editor in Chief und Verlag keine Haftung. Mit der Annahme der Manuskripte von Erstveröffentlichungen erwirbt der Verlag das ausschließliche Recht der Vervielfältigung, Verbreitung und Übersetzung. Die in der Zeitschrift veröffentlichten Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in andere Sprachen, Mikroverfilmung, Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen einschl. Aufnahme auf die Internetseite der DGPTM, auch auszugsweise, sind dem Herausgeber/Verlag vorbehalten. Nachdrucke, auch auszugsweise, sind nur mit Genehmigung und mit Quellenangabe gestattet. Fotokopien für den persönlichen und sonstigen eigenen Gebrauch dürfen nur von einzelnen Beiträgen oder Teilen daraus als Einzelkopien hergestellt werden.

Evolution statt Revolution

Zur kontinuierlichen Weiterentwicklung der Perfusiologie



Korrespondenz

Dr. rer. medic. Dirk Buchwald
BG Universitätsklinikum Bergmannsheil gGmbH
Klinik für Herz- und Thoraxchirurgie
Funktionsbereich Kardiotechnik
Bürkle de la Camp-Platz 1
44789 Bochum

Liebe Leserin, lieber Leser,

rückblickend betrachtet war die Perfusiologie – und damit meine ich nicht diese Zeitschrift, sondern unser Fachgebiet insgesamt – weniger von Revolutionen als vielmehr von einer kontinuierlichen Evolution geprägt.

Eine solche langfristige Entwicklung lässt sich besonders eindrucksvoll am Beispiel der Extrakorporalen Membranoxygenierung (ECMO) nachvollziehen. Als lebendes Fossil mit nahezu 40 Berufsjahren in der Kardiotechnik habe ich die Anfänge des ECMO-Einsatzes selbst miterlebt. Damals stellte die ECMO beim Postkardiotomie-Pumpversagen eine Ultima-ratio-Therapie dar, häufig mit letalem Ausgang. Zugleich waren die Fallzahlen selbst in großen Herzzentren gering.

Die zentrale Kanülierung von Aorta und rechtem Vorhof war Standard und ging häufig mit Blutungskomplikationen sowie Rethorakotomien einher. Eine periphere Kanülierung, beispielsweise über die Femoralgefäße, kam mangels geeigneter Kanülen kaum infrage. Gerade hier zeigt sich die bemerkenswerte Evolution unseres Fachgebiets. Heute werden unterschiedlichste Kanülierungsstra-

tegien und Devices gezielt kombiniert, um versagende Organsysteme bestmöglich zu entlasten. V-A-, V-V- und V-VA-ECMO, RA-PA-ECMO, ECMELLA und weitere hybride Konzepte sind längst Bestandteil des intensivmedizinischen Alltags geworden.

In diese Entwicklung reiht sich auch der Bericht von Herrn Kwapil und der Arbeitsgruppe aus Erlangen ein. Der erfolgreiche Einsatz einer neuartigen Doppellumenkanüle ermöglichte bei einem Neugeborenen mit komplexer Herzerkrankung eine schrittweise Anpassung der Therapie. Das beschriebene Vorgehen erforderte von allen beteiligten Berufsgruppen ein tiefgehendes Verständnis der ECMO-Rheologie und Pathophysiologie.

„Alle Dinge sind Gift, und nichts ist ohne Gift; allein die Dosis macht, dass ein Ding kein Gift ist“, sinnierte Paracelsus bereits 1538. Diese Erkenntnis gilt auch für Zytokine, die im menschlichen Organismus wichtige regulatorische Funktionen bei der Steuerung des Immunsystems übernehmen. Ein durch den Einsatz der Herz-Lungen-Maschine ausgelöster Zytokinsturm kann hingegen erhebliche deletäre Effekte verursachen. Frau Thümler aus der herzchirurgischen Klinik in Erlangen gibt einen umfassenden Überblick über die derzeit verfügbaren Möglichkeiten der Zytokinadsorption. Aus perfusiologischer Sicht sind dabei insbesondere die Verfahren von Interesse, die intraoperativ an der Herz-Lungen-Maschine eingesetzt werden können.

Abschließend danke ich allen Autorinnen und Autoren sowie allen weiteren Mitwirkenden, die zum Gelingen dieser Ausgabe der „Perfusiologie“ beigetragen haben. Ihnen, liebe Leserinnen und Leser, wünsche ich eine anregende Lektüre und zahlreiche neue Erkenntnisse.

Dr. Dirk Buchwald, Bochum

Einsatz einer neuartigen Doppellumen-ECMO-Kanüle zur stufenweisen Therapieanpassung ohne erneute chirurgische Intervention

Use of a Novel Dual Lumen ECMO Cannula for Stepwise Therapy Adjustment without Repeat Surgical Intervention

Korrespondenz

Nicola Kwapil, M.Sc. ECCP

Bereichsleitung Kinderperfusionologie

Klinik und Poliklinik für Herz- und Gefäßchirurgie

Langenbeckstraße 1

55131 Mainz

E-Mail: Nicola.Kwapil@wkk-gmbh.de

Kwapil N.^{1,2}, Polster L.^{2,3}, Wälisch W.⁴, Weigelt A.⁴, Purbojo A.⁵, Münch F.³

© F. Münch 0000-0002-2790-0418; N. Kwapil 0000-0002-0862-3371

¹ Universitätsmedizin der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz, Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie – Kinderherzchirurgie, Mainz, Deutschland

² WKK Perfusionsservice GmbH & Co. KG, Mainz, Deutschland

³ Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Herzchirurgische Klinik mit Sektion Kinderherzchirurgie, Funktionsbereich Perfusionologie und Technische Medizin, Erlangen, Deutschland

⁴ Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Kinderkardiologie, Erlangen, Deutschland

⁵ Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Klinik für Herzchirurgie mit Sektion Kinderherzchirurgie, Erlangen, Deutschland

Zusammenfassung

Einleitung: Ein Neugeborenes mit pränatal nicht detektierter Transposition der großen Arterien wurde nach rascher postnataler Verschlechterung und kurzer Reanimation aus einem kommunalen Krankenhaus in ein spezialisiertes Zentrum verlegt. Bei kardialer Dekompensation erfolgte ein Rashkind-Manöver. Nach hämodynamischer Stabilisierung wurde am 4. Lebenstag die arterielle Switch-Operation durchgeführt. Intraoperativ traten in der Reperfusionphase respiratorische Probleme mit pulmonaler Hämorrhagie auf. Aufgrund einer prolongierten EKZ-Zeit von 272 Minuten, ausgeprägter Koagulopathie, progredienter pulmonaler Verschlechterung sowie eingeschränkter linksventrikulärer Funktion wurde die Indikation zur zentralen VA-ECMO-Unterstützung gestellt. Wegen persistierender diffuser Blutungen erfolgte am 4. postoperativen Tag der sekundäre Thoraxverschluss mit Anpassung der ECMO-Therapieziele und der Option, eine reine pulmonale Unterstützung im Verlauf etablieren zu können.

Material und Methoden: Hierzu war die Umstellung auf eine cervicale VA-ECMO erforderlich. Erstmals in Europa wurde eine neuartige 13-Fr-Doppellumenkanüle (Crescent RA, Medtronic) implantiert. Der atypische Kanüleneinsatz erfolgte ausschließlich als Drainage-Komponente einer VA-ECMO über einen Y-Konnektor an den venösen ECMO-Schlauch. Arteriell wurde eine 8 Fr. arterielle Kanüle direkt in die rechte Arteria carotis communis implantiert. Dies ermöglicht einen unkomplizierten Wechsel auf eine VV-ECMO ohne erneute größere chirurgische Intervention.

Ergebnisse: Nach initialen Drainageproblemen erfolgte am Folgetag die Umstellung auf eine V-VA-ECMO. Durch eine Drosselklemme sowie zusätzliches Flussmesssystem wurden der veno-venöse und veno-arterielle Anteil situationsabhängig jeweils reguliert.

Dieses Setting führte zu einer klinischen Stabilisierung des Patienten. Am 9. postoperativen OP-Tag wurde die V-VA-ECMO auf eine VV-ECMO umgestellt. Nach kurzzeitiger VV-ECMO-Unterstützung sowie kontrolliertem Weaning-Test erfolgte die erfolgreiche Explantation.

Schlussfolgerung: Die Doppellumenkanüle ermöglicht nach technisch unkomplizierter Einführung eine präzise Positionierung im rechten Vorhof ohne zwingende Lage in der Vena cava inferior. Dies erleichtert die Implantation und erlaubt eine flexiblere Lagerung der Patienten bei reduziertem Dislokationsrisiko. Die Crescent-RA-Kanüle wies als reine Drainagekanüle aufgrund ihres begrenzten Lumendurchmessers Flusslimitationen auf. Dennoch bietet dieses Vorgehen im Rahmen einer geplanten, gestuften ECMO-Strategie deutliche Vorteile und kann insbesondere im Hinblick auf spätere Konfigurationswechsel als vielversprechender Ansatz betrachtet werden.

Zusammenfassung: Die extrakorporale Membranoxygenierung (ECMO) stellt eine lebensrettende Therapieoption bei neonatologischen kardiorespiratorischen Krisen dar, insbesondere im Rahmen komplexer angeborener Herzfehler. Bei der Transposition der großen Arterien (TGA) kann die frühe postnatale Phase durch eine rasche hämodynamische Dekompensation geprägt sein, sodass Notfallmedizinische und chirurgische Maßnahmen erforderlich werden. Postoperativ wird eine ECMO-Unterstützung in ausgewählten Fällen zur Überbrückung myokardialer oder pulmonaler Erholungsphasen eingesetzt. Traditionell erfordert die Anpassung der ECMO-Konfiguration, etwa der Wechsel von einer veno-arteriellen (VA) zu einer veno-venösen (VV) ECMO, eine erneute chirurgische Intervention mit entsprechenden Risiken; Blutung, Infektion und Gefäßkomplikationen sind bekannte Folgen.

Der vorliegende Fallbericht beschreibt den erstmaligen Einsatz einer 13-Fr-Doppellumenkanüle (Crescent RA, Medtronic) in Europa bei einem Neugeborenen mit TGA und pulmonaler Hämorrhagie, um eine flexible, stufenweise Anpassung der ECMO-Strategie zu ermöglichen.

Schlüsselwörter

Doppellumenkanüle, ECMO, ECLS, Strategie, Neugeborene

Abstract

Introduction: A neonate with prenatally undetected transposition of the great arteries was transferred from a community hospital to a specialized center following rapid postnatal deterioration and brief resuscitation. In the setting of cardiac decompensation, a Rashkind procedure was performed. After hemodynamic stabilization, the arterial switch operation was carried out on the fourth day of life. Intraoperatively, respiratory complications with pulmonary hemorrhage occurred during the reperfusion phase. Owing to a prolonged cardiopulmonary bypass time of 272 minutes, marked coagulopathy, progressive pulmonary deterioration, and impaired left ventricular function, central VA-ECMO support was indicated. Because of persistent diffuse bleeding, secondary chest closure was performed on the fourth postoperative day, with adjustment of the ECMO therapeutic goals and the option of subsequently establishing purely pulmonary support.

Materials and Methods: This required a conversion to cervical VA-ECMO. For the first time in Europe, a novel 13 Fr dual lumen cannula (Crescent RA, Medtronic) was implanted. The cannula was used atypically, exclusively as the drainage component of a VA-ECMO, connected to the venous ECMO line via a Y-connector. Arterially, an 8 Fr cannula was implanted directly into the right common carotid artery. This allows an uncomplicated transition to VV-ECMO without a repeat major surgical intervention.

Results: After initial drainage problems, conversion to V-VA-ECMO was performed the following day. Using a tubing clamp and an additional flow measurement system, the veno-venous and veno-arterial portions were each regulated as required according to the situation. This setting led to clinical stabilization of the patient. On the ninth postoperative day, the V-VA-ECMO was converted to VV-ECMO. After short-term VV-ECMO support and a controlled weaning test, successful explantation was achieved.

Conclusion: After technically uncomplicated insertion, the dual lumen cannula enables precise positioning in the right atrium without an obligatory position in the inferior vena cava. This facilitates implantation and permits more flexible patient positioning with a reduced risk of dislocation. As a pure drainage cannula, the Crescent RA cannula showed flow limitations due to its limited lumen diameter. Nevertheless, within a planned, staged ECMO strategy, this approach offers clear advantages and can be regarded as a promising approach, particularly with respect to later configuration changes.

Keywords

Dual lumen cannula, ECMO, ECLS, strategy, new born

Einleitung

Die postoperative Versorgung neonatologischer Patienten nach arterieller Switch-Operation stellt hohe Anforderungen an das interdisziplinäre Behandlungsteam. Prolongierte extrakorporale Zirkulation, Koagulopathien, myokardiale Dysfunktion und pulmonale Komplikationen können eine temporäre ECMO-Unterstützung erforderlich machen [1]. Während die initiale ECMO-Implantation häufig zentral erfolgt, ist eine spätere Anpassung der Konfiguration im Verlauf der Erholung teilweise notwendig. Konventionell sind solche Anpassungen mit erneuten chirurgischen Eingriffen verbunden, was insbesondere bei bestehenden Gerinnungsstörungen mit einem erhöhten Komplikationsrisiko einhergeht. Um diese Komplikationen zu minimieren, entstand die Idee, mit der Doppellumenkanüle, die primär für VV-ECMO eingesetzt wird, eine mehrstufige ECMO-Therapie durchzuführen. Mit der bekannten Doppellumenkanüle, z.B. Avalon (Maquet, Rastatt, Deutschland), für Säuglinge und Kleinkinder ist es notwendig, dass die Kanüle in der oberen und unteren Hohlvene zum Liegen kommt. Des Weiteren muss der Zufluss für arterialisierendes Blut Richtung Trikuspidalklappe gerichtet sein. Diese Lageposition, mit der Kanülenspitze in der IVC, ist überaus herausfordernd und kann gerade bei Säuglingen dislozieren [2]. Eine Fehllage der Kanülenspitze führt zu einer hohen Rezirkulationsrate im ECMO-System, da reinfundiertes, arterialisierendes Blut unmittelbar wieder drainiert wird; dies mindert die Effektivität der ECMO-Behandlung erheblich [3, 4]. Zusätzlich besteht bei Fehllage bzw. Vorschub der Kanülenspitze

in den rechten Ventrikel die Gefahr einer Ruptur des rechten Ventrikels mit Perikardtamponade [5]. Eine neuartige Doppellumenkanüle MC3 Crescent RA (Medtronic, Meerbusch, Germany) wird anders positioniert (Abb. 1). Diese neuartige Spezialkanüle wird über die V. cava superior implantiert und kommt mit der Spitze im Vorhof des Patienten zum Liegen. Die Crescent-RA-Kanüle wurde so konzipiert, dass durch die räumliche Trennung von Drainage- und Reinfusionssegment die Rezirkulation trotz Positionierung im rechten Vorhof gering gehalten wird [4]. Dies eröffnete uns die Möglichkeit, unsere Idee der strategischen stufenweisen ECMO-Deeskalation im nachfolgenden Fallbericht zu evaluieren.

Fallbericht

Im vorliegenden Fall wird der Verlauf eines termingeborenen Neugeborenen geschildert, das aufgrund einer pränatal nicht diagnostizierten Transposition der großen Arterien unmittelbar postnatal eine schwere respiratorische und hämodynamische Verschlechterung entwickelte. Nach kurzzeitiger Reanimation erfolgte die Verlegung in ein spezialisiertes kinderherzchirurgisches Zentrum. Bei ausgeprägter kardialer Dekompensation wurde ein Rashkind-Manöver zur Verbesserung der interatrialen Mischzirkulation durchgeführt. Nach hämodynamischer Stabilisierung erfolgte am 4. Lebenstag die arterielle Switch-Operation. In der Reperusionsphase traten schwerwiegende respiratorische Komplikationen mit pulmonaler Hämorrhagie auf. Zusätzlich bestanden eine ausgeprägte Koagulopathie, eine prolongierte extrakorporale Zirkulationszeit von 272 Minuten sowie eine relevante linksventrikuläre Dysfunktion. Aufgrund der kombinierten kardio-pulmonalen Insuffizienz wurde eine zentrale VA-ECMO bei offenem Thorax implantiert. Am 4. postoperativen Tag erschwerten anhaltende diffuse Blutungen die Aufrechterhaltung des offenen Thorax, welche auch weiter durch die zentrale ECMO begünstigt wurde. Zusätzlich stellt der offene Thorax bei einer prolongierten ECMO-Therapie ein erhebliches Infektionsrisiko dar. Zur Reduktion des Blutungsrisikos erfolgte ein sekundärer Thoraxverschluss, der gleichzeitig eine Umstellung der ECMO von der zentralen auf eine zervikale Kanülierung erforderte.

Hierbei wurde erstmals in Europa die 13-Fr-Crescent-RA-Doppellumenkanüle (Medtronic, Meerbusch, Deutschland) implantiert (Abb. 1). Die Kanüle wurde atypisch ausschließlich als venöse Drainagekanüle verwendet und über einen Y-Konnektor in die venöse ECMO-Leitung integriert. Zur Vervollständigung der VA-ECMO wurde arteriell eine 8-Fr-Kanüle (Medtronic, Meerbusch, Deutschland) in die rechte Arteria carotis communis implantiert. Dieses Setup wurde bewusst gewählt, um spätere Übergänge zu einer V-VA- oder VV-ECMO ohne erneute chirurgische Freilegung zu ermöglichen (Abb. 2).

Nach Implantation zeigte sich initial eine intermittierende Drainageinstabilität mit limitierter maximaler Flussleistung durch die Reduzierung des venösen Kanüledurchmessers von 16 Fr. auf 13 Fr. und temporären Ansaug-(Suck-down-)Ereignissen, die durch Volumenoptimierung und Anpassung der Kanülenposition beherrscht werden konnten (siehe Diskussion). Durch Optimierung der Kanülenposition sowie gezielte hämodynamische Anpassungen konnte eine suffizientere Drainage etabliert werden, sodass am Folgetag eine Umstellung auf eine V-VA-ECMO-Konfiguration erfolgte.

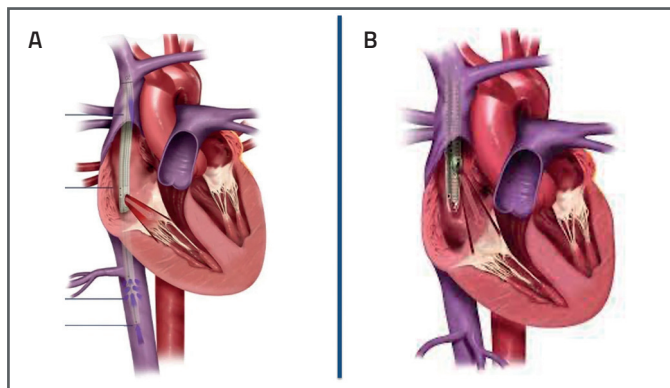


Abb. 1: (A) Links dargestellt Kanülenart der Mitbewerber mit Kanülenspitze in der IVC; (B) rechts dargestellt Medtronic Crescent RA mit Kanülenspitze im rechten Vorhof [10].

Die Flussregulation und Therapieanpassung erfolgten mithilfe einer Drosselklemme und eines externen Flussmesssystems (Abb. 2B). Dadurch konnte das Verhältnis zwischen veno-venöser und veno-arterieller Unterstützung präzise und situationsabhängig reguliert werden. Unter zentraler VA-ECMO wurden Flussraten bis etwa 580 ml/min erreicht. Nach Umstellung auf die V-VA-Konfiguration lagen die maximal stabil erreichbaren Flussraten bei etwa 150 ml/min (V-A-Anteil) und 300 ml/min (V-V-Anteil). Unter VV-ECMO konnten stabile respiratorische Unterstützungsflüsse von etwa 300 ml/min erzielt werden. Dieses Vorgehen führte zu einer deutlichen klinischen Stabilisierung mit Verbesserung der pulmonalen Funktion, Rückgang der Kreislaufinstabilität und Normalisierung der Gerinnungsparameter. Besonders hilfreich war auch in dieser initialen Situation das Nahinfrarotspektroskopie(NIRS)-Monitoring, welches nach weiterer Flussanpassung stetig in Richtung der Baseline tendierte. Das NIRS-Monitoring ist essentiell für die Behandlung mit ECMO [6].

Am 9. postoperativen Tag wurde die ECMO auf eine reine VV-ECMO umgestellt, ohne dass eine erneute chirurgische Intervention erforderlich war. Die arterielle Kanüle konnte gezogen werden. Nach einer kurzen Phase der reinen respiratorischen Unterstützung mittels VV-ECMO-Konfiguration sowie erfolgreichem Weaning-Test konnte das Assist-System vollständig explantiert werden. Der weitere klinische Verlauf gestaltete sich stabil mit suffizienter Atmung und stabilen Kreislaufverhältnissen. Am 5. Tag nach der erfolgreichen Explantation ist das Kind leider an einem Leber- bzw. Multiorganversagen verstorben.

Diskussion

Der vorliegende Fall beschreibt den erfolgreichen klinischen Einsatz einer neuartigen RA-Doppellumenkanüle zur flexiblen ECMO-Therapiesteuerung bei einem neonatologischen Hochrisikopatienten. Der wesentliche Vorteil dieses Zugangs liegt in der Möglichkeit, ECMO-Konfigurationen ohne erneute chirurgische Intervention anzupassen. Die Deeskalation von einer VA- über eine V-VA- zu einer VV-ECMO zur reinen pulmonalen Erholung war in diesem Fall ohne zusätzliche operative Risiken realisierbar.

Die postoperative ECMO-Unterstützung nach arterieller Switch-Operation bzw. bei Neugeborenen mit TGA ist als Überbrückung myokardialer und pulmonaler Erholungsphasen etabliert [1]. Doppellumenkanülen für die VV-ECMO sind grundsätzlich auch bei

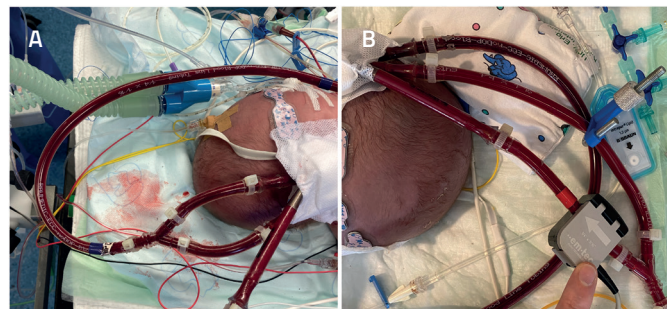


Abb. 2: (A) Links dargestellt VA-Konfiguration; (B) rechts V-VA-Konfiguration mit Drosselklemme und separatem Flussmesser.

Neugeborenen und Kleinkindern einsetzbar; ihre klassische bika-vale Positionierung mit der Kanülenspitze in der V. cava inferior ist jedoch technisch anspruchsvoll und mit einem relevanten Dislokations- und Fehllagerisiko verbunden, das zu erhöhter Rezirkulation bis hin zur Verletzung des rechten Ventrikels führen kann [2, 3, 5]; die echokardiographisch gestützte Lagekontrolle ist hierbei essenziell [7]. Die vorhofnahe Positionierung der Crescent-RA-Kanüle verzichtet auf die zwingende Lage in der V. cava inferior und kann dadurch das Dislokationsrisiko reduzieren, während die Rezirkulation konstruktionsbedingt gering bleibt [4]. Der hier beschriebene, strategisch geplante Deeskalationspfad von der VA- über die V-VA- zur VV-ECMO ohne erneute chirurgische Freilegung reduziert das mit einer Rekanülierung verbundene Blutungs- und Infektionsrisiko – ein in der frühen postoperativen Phase mit ausgeprägter Koagulopathie besonders relevanter Aspekt. Die flussgesteuerte Therapieanpassung wurde kontinuierlich mittels zerebraler Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) überwacht, was den Empfehlungen zum Neuromonitoring unter ECMO entspricht [6]. Von besonderer Bedeutung ist das Design der Crescent-RA-Kanüle. Die Kanüle ist in den Größen 13, 15 und 19 Fr verfügbar und ermöglicht eine präzise Positionierung im rechten Vorhof, ohne zwingend in der Vena cava inferior liegen zu müssen. Dadurch reduziert sich das Risiko einer Dislokation, und es ergibt sich eine größere Flexibilität bei der Lagerung des Patienten. Diese Eigenschaften sind insbesondere bei Neugeborenen mit komplexen postoperativen Verläufen klinisch relevant.

Der Fall zeigt einen vielversprechenden Ansatz insbesondere bei kardiopulmonalen Mischbildern im neonatalen und frühkindlichen Alter. Durch die Möglichkeit einer strategisch geplanten ECMO-Deeskalation kann der chirurgische Aufwand reduziert und das Gesamtmanagement sowie das Outcome verbessert werden.

Initial zeigte sich unter alleiniger Nutzung der 13-Fr-Crescent-RA-Kanüle als venöse Drainage eine limitierte maximale Flussleistung. Ursächlich ist der kleine Innendurchmesser des Drainagelumens: Nach dem Hagen-Poiseuille-Zusammenhang steigt der Strömungswiderstand näherungsweise mit der vierten Potenz des reziproken Radius, sodass bereits geringe Lumenreduktionen einen überproportionalen Druckabfall und damit einen hohen erforderlichen Sog verursachen [8]. Die Drainage-(Zufluss-)Seite von Doppellumenkanülen weist zudem einen deutlich höheren Druckabfall auf als die Reinfusionsseite [9]. Der resultierende hohe negative Drainagedruck begünstigt bei grenzwertiger Vorlast intermittierende Ansaug-(Suck-down-)Ereignisse an der Vorhofwand mit konsekutiver Drainageinstabilität. Diese ließ sich durch Volumenoptimierung, Feinjustierung der Kanülenposition

sowie eine Drosselklemme mit separatem Flusssensor zur situationsabhängigen Aufteilung des veno-venösen und veno-arteriellen Anteils beherrschen. Die begrenzte maximale Flussleistung ist somit eine technische Eigenschaft der Kanüle und keine methodische Limitation des Fallberichts; sie sollte insbesondere bei neonatologischen Patienten mit hohem Unterstützungsbedarf bzw. bei Erfordernis eines vollen Herzzeitvolumens im VA-Anteil berücksichtigt werden.

Limitationen

Die vorliegende Arbeit ist als Einzelfallbericht (n = 1) zu werten und erlaubt keine verallgemeinernden Aussagen zu Sicherheit und Wirksamkeit; der Einsatz der Crescent-RA-Kanüle als alleinige Drainagekanüle erfolgte off-label.

Schlussfolgerung

Die Doppellumenkanüle ermöglicht nach technisch unkomplizierter Implantation eine sichere und präzise Positionierung im rechten Vorhof ohne zwingende Lage in der Vena cava inferior. Dies erleichtert die Implantation und erlaubt eine flexiblere Lagerung der Patienten bei reduziertem Dislokationsrisiko. Trotz flussbedingter Limitationen bei Verwendung als alleinige Drainagekanüle bietet dieses Vorgehen im Rahmen einer geplanten, gestuften ECMO-Strategie deutliche Vorteile. Die wesentlichen Vorteile liegen in der Möglichkeit einer stufenweisen ECMO-Deeskalation (VA → V-VA → VV) mit denselben Kanülen und ohne erneute chirurgische Intervention, der damit verbundenen Reduktion von Blutungs- und Infektionsrisiken, der einfachen Platzierung der Kanüle sowie der flexibleren Lagerung des Patienten bei reduziertem Dislokationsrisiko durch die vorhofnahe Positionierung. Insbesondere im Hinblick auf spätere Konfigurationswechsel stellt der Einsatz der Crescent-RA-Kanüle einen vielversprechenden Ansatz für komplexe neonatale ECMO-Verläufe dar.

Interessenkonflikte

Die Autoren haben keine Interessenkonflikte im Rahmen des vorliegenden Case Reports.

Literatur

1. Weeda JA, Van Der Palen RLF, Bunker-Wiersma HE, Koers L, Van Es E, Hazekamp MG, et al. Perioperative extracorporeal membrane oxygenation in neonates with transposition of the great arteries: 15 years of experience. *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery*. 2025; 67(2).
2. Moscatelli A, Febbo F, Buratti S, Pezzato S, Bagnasco F, Lampugnani E, et al. Intensivists Performed Percutaneous Bicaval Double-Lumen Echo-Guided Extracorporeal Membrane Oxygenation Cannulation at Bedside in Newborns and Children: A Retrospective Analysis. *Pediatric critical care medicine : a journal of the Society of Critical Care Medicine and the World Federation of Pediatric Intensive and Critical Care Societies*. 2019; 20(6): 551 – 9.
3. Lindholm JA. Cannulation for veno-venous extracorporeal membrane oxygenation. *Journal of thoracic disease*. 2018; 10(Suppl 5): S606 – S12.
4. Parker LP, Svensson Marcial A, Brismar TB, Broman LM, Pahl Wittberg L. Hemodynamic and recirculation performance of dual lumen cannulas for venovenous extracorporeal membrane oxygenation. *Sci Rep*. 2023; 13(1): 7472.
5. Hirose H, Yamane K, Marhefka G, Cavarocchi N. Right ventricular rupture and tamponade caused by malposition of the Avalon cannula for venovenous extracorporeal membrane oxygenation. *Journal of cardiothoracic surgery*. 2012; 7: 36.
6. Pandiyan P, Cvetkovic M, Antonini MV, Shappley RKH, Karmakar SA, Raman L. Clinical Guidelines for Routine Neuromonitoring in Neonatal and Pediatric Patients Supported on Extracorporeal Membrane Oxygenation. *ASAIO journal (American Society for Artificial Internal Organs: 1992)*. 2023; 69(10): 895 – 900.
7. Griffie MJ, Tonna JE, McKellar SH, Zimmerman JM. Echocardiographic Guidance and Troubleshooting for Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation Using the Dual-Lumen Bicaval Cannula. *Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia*. 2018; 32(1): 370 – 8.
8. Broman LM, Westlund CJ, Gilbers M, Perry da Camara L, Pahl Wittberg L, Taccone FS, et al. Pressure and flow properties of dual-lumen cannulae for extracorporeal membrane oxygenation. *Perfusion*. 2020; 35(8): 736 – 44.
9. Wang S, Force M, Kunselman AR, Palanzo D, Brehm C, Undar A. Hemodynamic Evaluation of Avalon Elite Bi-Caval Dual Lumen Cannulas and Femoral Arterial Cannulas. *Artificial organs*. 2019; 43(1): 41 – 53.
10. Medtronic. Extracorporeal Membrane Oxygenation (ECMO) U.S. product catalog. Medtronic; 2025.

Vergleich der aktuell verfügbaren Hämoabsorptionsverfahren während der extrakorporalen Zirkulation

Comparison of available hemoabsorption methods during extracorporeal circulation



Korrespondenz

Cherylene Thümler B.Sc.
Universitätsklinikum Erlangen
Herzchirurgische Klinik
Funktionsbereich Perfusion und Technische Medizin
Krankenhausstraße 12
91054 Erlangen
E-Mail: c.thuemler@web.de

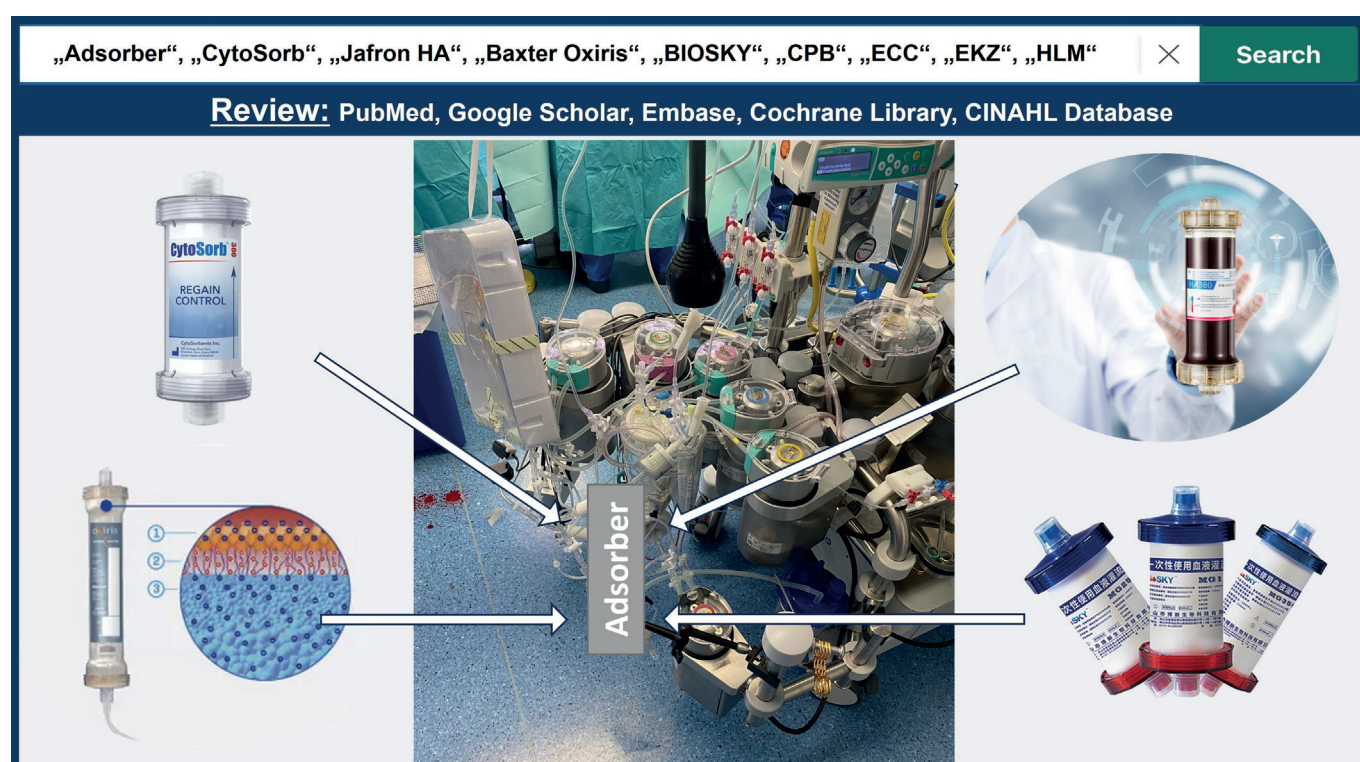
C. Thümler ORCID 0009-0009-8638-1601; S. Maier ORCID 0000-0003-4118-948X; F. Münch ORCID 0000-0002-2790-0418

¹ Herzchirurgische Klinik mit Sektion Kinderherzchirurgie des Universitätsklinikums Erlangen, Funktionsbereich Perfusion und Technische Medizin, Krankenhausstraße 12, D-91054 Erlangen

² Hochschule Furtwangen – Campus Villingen-Schwenningen, Fakultät II: Engineering & Technology, Jakob-Kienle-Straße 17, D-78054 Villingen-Schwenningen

Thümler C.^{1,2}, Maier S.², Münch F.¹

Grafikabstract



Zusammenfassung

Einleitung: Trotz der Notwendigkeit der extrakorporalen Zirkulation (EKZ) bei herzchirurgischen Eingriffen können hierbei auch unerwünschte Nebenwirkungen, wie die Bildung von Endotoxinen, vasoaktiven Substanzen und Organversagen auftreten. Daher gibt es einen Bedarf an verbesserten Therapien dieser Nebenwirkungen. Mittlerweile bieten verschiedene Hersteller spezielle Blutreinigungstherapien in Form von Hämoabsorbern an, um die Nebenwirkungen zu mindern. Ziel dieser Arbeit ist es, einen Überblick und Vergleich der unterschiedlichen Hämoabsorber in Zusammenhang mit dem Einsatz während der EKZ zu untersuchen.

Material und Methoden: In einer systematischen Literaturrecherche wurden wissenschaftliche Veröffentlichungen aus den Datenbanken PubMed, Google Scholar, Embase, Cochrane Library sowie CINAHL Database gesammelt. Als Suchbegriffe wurden

„Adsorber“, „CytoSorb“, „Jafron HA“, „Baxter Oxiris“, „BIOSKY“, „CPB“, „ECC“, „EKZ“ und „HLM“ für den Abfragezeitraum vom 01.01.2000 bis 31.03.2025 gewählt. Eingeschlossen wurden Publikationen in deutscher und englischer Sprache, bei denen während der EKZ ein Adsorber eingesetzt wurde. Als Ausschlusskriterien galten Tierstudien, Kongressabstracts, Versuchsregistereinträge, „zurückgezogene Publikationen“, Bücher/Buchkapitel, Guidelines und Briefe. Die Ergebnisse werden in einem PRISMA-Flussdiagramm visualisiert. Die verbleibenden Studien sollen in einem deskriptiven Vergleich der Adsorber, Handhabung, Wirk- und Einsatzweisen verglichen werden.

Ergebnisse: In den entsprechenden Datenbanken wurden 2317 Studien gefunden. Nach dem Entfernen von Duplikaten wurden 963 Studien auf ihre Relevanz gescreent. Ausgeschlossen wurden 799 Studien, die nicht den Einschlusskriterien entsprachen, so dass 164 relevante Studien in den deskriptiven Vergleich überführt werden konnten.

Adsorber	Pro	Contra
CytoSorb 300	• Sehr schnell einsatzbereit • Übertherapie nicht möglich • Vielfältig einsetzbar (HLM, ECMO, Stand-Alone, Dialyse) • Konzentrationsabhängige Entfernung der Zytokine • Studienlage recht umfassend • Auch bei HIT anwendbar • Anwendung einfach und sicher • IL-10 nachweisbar	• Studien teils firmengesponsort • Konzentrationsabhängige Entfernung der Zytokine • Nicht-selektive Zytokin-Entfernung • Keine Endotoxin-Elimination • Studienlage bei LVAD unzureichend
Jafron HA-Serie	• Verschiedene Größen	• Aufwendige Vorbereitung • Begrenzte Einsatzzeit • Übertherapie möglich • Nicht bei HIT anwendbar • Signifikante IL-10 Entfernung
Oxiris	• Sehr schnell einsatzbereit • Anwendung: Hämofiltration, Hämodiafiltration • Entfernung von Zytokinen und Endotoxinen	• Übertherapie möglich • Benötigt technische Plattform • Nicht-selektive Zytokin-Entfernung • Unzureichende Studienlage
BIOSKY	• Verschiedene Größen • Auch bei HIT anwendbar • Entfernung proteingebundener Toxine • Einsatz bei Urämie	• Aufwendige Vorbereitung • Begrenzte Einsatzzeit • Nur in Kombination mit Hämodialyse • Max. Flussrate von 250 ml/min • Keine Studien vorhanden

Schlussfolgerung: Bei infektiöser Endokarditis, in der Aorten Chirurgie, bei Herztransplantation und bei Notfalleingriffen, wenn Patienten mit antithrombotischen Substanzen vorbehandelt sind, ist der Einsatz der Adsorbertechnologie während der EKZ vielversprechend. Darüber hinaus zeigen sich anhand von Fallberichten erweiterte Einsatzgebiete, die weitere Indikationsfelder eröffnen. Neben der Patientenauswahl und Indikationserweiterung ist auch die postoperative Weiterbehandlung mit einem Adsorber bzw. die Dauer der Behandlung nach der EKZ eine aktuelle Forschungslücke. Die Studienlage zur Verwendung bei LVAD-Implantation (Linksventrikuläres Herzunterstützungssystem) ist ausbaufähig, ebenso wären größere Studienpopulationen zur Verwendung der Adsorber bei Kindern wünschenswert.

Schlüsselwörter

Hämoabsorber, Zytokine, Herz-Lungen-Maschine, Extrakorporale Zirkulation

Abstract

Introduction: Despite the necessity of extracorporeal circulation (ECC) in cardiac surgery, undesirable side effects such as the formation of endotoxins, vasoactive substances, and organ failure can occur. Therefore, there is a need for improved therapies to treat these side effects. Various manufacturers now offer special blood purification therapies in the form of hemoabsorbers to reduce these side effects. The aim of this study is to provide an overview and comparison of the different hemoabsorbers in connection with their use during ECC.

Materials and methods: Scientific publications were collected from the PubMed, Google Scholar, Embase, Cochrane Library, and CINAHL

databases in a systematic literature search. The search terms “adsorber,” “CytoSorb,” “Jafron HA,” “Baxter Oxiris,” “BIOSKY,” “CPB,” “ECC,” “EKZ,” and “HLM” were selected for the search period from January 1, 2000, to March 31, 2025. Publications in German and English in which an adsorber was used during ECC were included. Exclusion criteria included animal studies, conference abstracts, trial registry entries, “retracted articles,” books/book chapters, guidelines, and letters. The results are visualized in a PRISMA flow chart. The remaining studies will be compared in a descriptive comparison of the adsorbers, handling, modes of action, and methods of use.

Results: A total of 2,317 studies were found in the relevant databases. After removing duplicates, 963 studies were screened for relevance. A total of 799 studies that did not meet the inclusion criteria were excluded, leaving 164 relevant studies that could be included in the descriptive comparison.

Conclusion: The use of adsorber technology during ECC is promising in cases of infectious endocarditis, aortic surgery, heart transplantation, and emergency procedures when patients have been pretreated with antithrombotic substances. In addition, case reports indicate expanded areas of application that open up further fields of indication. In addition to patient selection and indication expansion, postoperative follow-up treatment with an adsorber and the duration of treatment after CPB (cardiopulmonary bypass) are also current research gaps. The study situation regarding use in LVAD (Left Ventricular Assist Device) implantation is capable of development, and larger study populations would also be desirable for the use of adsorbers in children.

Keywords

Hemoabsorption, Cytokines, Cardiopulmonary Bypass, Extracorporeal Circulation

Einleitung

Die extrakorporale Zirkulation (EKZ) mittels Herz-Lungen-Maschine (HLM) ist eine fortschrittliche technologische Erfindung der letzten Jahrzehnte, welche täglich vielen Patienten mit schweren Erkrankungen an Herz und Lunge das Leben rettet. Der Einsatz und die Wirkung der EKZ ist evidenzbasiert wissenschaftlich belegt [1,2]. Allen positiven Eigenschaften einer EKZ stehen unerwünschte, zum Teil systembedingte Nebenwirkungen, wie beispielsweise die Freisetzung von Endotoxinen, vasoaktiver sowie inflammatorischer Substanzen, Ischämie- und Reperfusionsschäden, die Aktivierung von Blutbestandteilen bis hin zum Organversagen gegenüber [3]. Eine gefürchtete Komplikation an der EKZ ist der Zytokinsturm. Durch eine übermäßige Ausschüttung von Entzündungsmediatoren werden Immunzellen aktiviert, die weitere Zytokine freisetzen. Die dadurch entstehende Abwehrreaktion ist so tiefgreifend, dass der gesamte Organismus geschädigt wird [4,5]. Ausgelöst wird dieser Mechanismus durch Entzündungen, beispielsweise durch Infektionen mit Bakterien oder Viren [6]. Eine Hyperinflammation ist eine pathologische Reaktion auf solch eine Infektion oder Verletzung [7]. Gekennzeichnet durch hohes Fieber, hohe Herzfrequenz und einer hohen Anzahl an Leukozyten, einem Blut-Marker für Entzündungswerte, entwickeln ca. 2 – 10 % der Patienten an der EKZ eine solche Symptomatik [8,9].

Daraus lässt sich ableiten, dass ein Mangel an wirksamen therapeutischen Optionen besteht, diese Nebenwirkungen zu beheben. Inzwischen gibt es von verschiedenen Herstellern spezielle adsorptive extrakorporale Blutreinigungstherapien (EBP) auf dem Markt, die therapeutische Ansätze zur Lösung dieser Probleme bereitstellen. Auch wenn die verschiedenen Produkte der verschiedenen Hersteller auf den ersten Blick große Ähnlichkeiten aufweisen, so unterscheiden sie sich doch in den angewandten Technologien.

Die vorliegende Arbeit enthält einen Überblick sowie einen deskriptiven Vergleich zwischen den aktuell vier gängigsten auf dem Markt befindlichen Adsorbentien und deren Relevanz im klinischen Einsatz an der EKZ.

Theoretische Grundlagen

Inflammation

Eine ernstzunehmende Komplikation der EKZ ist die Aktivierung inflammatorischer Substanzen, die eine Abwehrreaktion des Körpers auslösen, um Schäden zu begrenzen oder zu beheben [3,10]. Bei der Herzoperation mit EKZ zeigt sich dies durch Kontaktaktivierung in Verbindung mit der Fremdoberfläche, dem chirurgischen Trauma oder einer bereits bestehenden Infektion [11]. Reaktionen auf die Ausschüttung inflammatorischer Stoffe ins Blut sind unter anderem die Vasodilatation [10].

Eine übergeordnete Rolle in dem Prozess spielen die sogenannten Entzündungsmediatoren wie der Plättchenaktivierende Faktor (PAF), Prostaglandine, Leukotriene und Zytokine [12 – 14].

Leukotriene sind vor allem Mediatoren für „allergische und anaphylaktische Reaktionen in der Lunge“ [15] sowie für die „Bildung von Superoxid-Radikalen mit entzündungsfördernder und gewebeerstörender Wirkung“ [15].

Zytokine sind körpereigene Stoffe, die sowohl eine unspezifische als auch spezifische Immunantwort auslösen. Sie lassen sich, je

nach Bindung, in proinflammatorisch sowie antiinflammatorisch unterteilen. Bei physiologischer Funktion werden sie nur nach Bedarf produziert und ausgeschüttet, danach sehr schnell wieder abgebaut. Oftmals wird die Zytokinproduktion durch Zytokine an der Zielzelle selbst angeregt. Die Zytokine werden in Interleukine (IL-1 bis IL-13, IL-16 bis IL-18, IL-23), Interferone, Tumornekrosefaktoren und koloniestimulierende Faktoren unterschieden. Zytokine konnten bei vielen chronisch-entzündlichen Erkrankungen des menschlichen Körpers, wie der rheumatoiden Arthritis, Morbus Crohn, Colitis ulcerosa, COPD (chronisch obstruktive Lungenerkrankung), Multipler Sklerose oder Psoriasis nachgewiesen werden [16 – 18].

Bei einer vermehrten Ausschüttung von Entzündungsmediatoren spricht man vom Zytokinsturm. Zytokine aktivieren dabei Immunzellen, welche dann weitere Zytokine freisetzen, die in eine Abwehrreaktion im gesamten menschlichen Körper mündet und Organschäden und Versagen hervorrufen kann [4,5].

Hyperinflammation

Die Hyperinflammation beschreibt eine „Pathologie“ und stellt „eine abnormale Entzündung von lebendem Gewebe als Antwort auf Verletzung oder Infektion“ [7] dar. Es findet eine übertriebene Reaktion des Immunsystems auf den aktuellen Zustand des Organismus statt [19].

Im klinischen Kontext als Systemic Inflammatory Response Syndrome (SIRS) bekannt, wird es vom Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) definiert, wenn mindestens zwei der vier folgenden Symptome vorzuweisen sind [8]:

- Fieber (mind. 38 °C) oder Hypothermie (36 °C oder weniger), bestätigt durch eine rektale oder intravasale Messung
- Tachykardie: Herzfrequenz mind. 90/min
- Tachypnoe (Frequenz mind. 20/min) oder Hyperventilation (PaCO₂ 4,3 kPa oder weniger / 33 mmHg oder weniger)
- Leukozytose (mind. 12.000/mm³) oder Leukopenie (4.000/mm³ oder weniger) oder mind. 10 % unreife Neutrophile im Differentialblutbild

Bei 2 – 10 % der Operationen entwickeln Herzpatienten unter der EKZ eine SIRS-Symptomatik unterschiedlicher Ausprägung [9].

Von einer Sepsis spricht man, wenn die Immunantwort soweit fehlreguliert wurde, dass es zu lebensbedrohlichen Organfunktionsstörungen aufgrund einer Infektion kommt. Laut AWMF (Arbeitsgesellschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e. V.) definiert sich eine „Sepsis-assoziierte[...] Organdysfunktion“ [20] über einen Anstieg des SOFA-Score (Sequential Organ Failure Assessment) um mindestens zwei Punkte. Hierbei werden die Funktion der sechs wichtigsten Organe bzw. Systeme (Atmung, Zentrales Nervensystem, Herz-Kreislauf-System, Leber, Niere, Blutgerinnung) im Körper beurteilt und Punkte von null (Normalfunktion) bis vier (massive Einschränkung) verteilt [20,21].

Bei Multiorganversagen sind mehrere Organe beteiligt. Es liegt eine Allgemeininfektion des gesamten Körpers vor, welche meist aus einer gewöhnlichen, lokal begrenzten Infektion hervorgeht. Auf eine hyperinflammatorische Antwort des Körpers folgt eine immunsupprimierte Phase. In dieser Phase herrscht meist eine multiple Organdysfunktion und der Patient wird empfänglicher für nosokomiale Infektionen. Eine Sepsis ist auch heute noch eine potenziell tödliche Diagnose [22,23].

Maßnahmen zur Verringerung der Hyperinflammation

Es gibt verschiedene Ideen, wie man die Entstehung der Hyperinflammation während der EKZ verringern könnte. Die technischen Strategien umfassen allen voran Änderungen an den Materialien der HLM. Im Wesentlichen werden drei verschiedene Ansätze verfolgt:

1. Optimierung der physiologischen Bedingungen sowie der Biokompatibilität der verwendeten Materialien. Beispielsweise sollen Kreisläufe minimiert werden (kürzere und dünnere Schlauchsysteme), eine Oberflächenverringering stattfinden, spezielle Oberflächenbeschichtungen Verwendung finden, es können Füllvolumina, Durchflussraten und Pumpentypen angepasst werden. Diese Maßnahme konnte bereits umfassend klinisch belegt werden [24,25], allerdings gibt es auch Studien, die beispielsweise den Einsatz eines miniaturisierten EKZ-Systems als nicht ausreichende Option [26] zur Senkung der Zytokine während der EKZ erachten [3,25].
2. Intra- und postoperative Behandlung des Blutes mittels Hämofiltration. Die Theorie besagt, dass durch die Senkung des Plasmaspiegels ebenfalls eine Senkung der Entzündungsmediatoren stattfindet. Leider bringt die Therapie mittels Konvektion oder Diffusion (Dialyse, Hämofiltration) in der Praxis nur mäßigen bis keinen Erfolg. Überzeugende klinische Belege bleiben leider aus. Gründe gegen diese Maßnahme sind sowohl die Größe der Moleküle als auch die Bindungsfähigkeit der Proteine [24,25,27,28].
3. Intraoperative (als auch postoperative) Behandlung des Blutes mittels eines Hämoabsorptionsverfahrens. Hierdurch soll die Anzahl der Entzündungsmarker gesenkt und somit die Aktivierung der Entzündungskaskaden begrenzt werden, um eine postoperative Hyperinflammation weitreichend zu verhindern [25].

Zu erkennen ist ein deutlich ungedeckter Bedarf an wirksamen therapeutischen Optionen, die dieses Problem adressieren. Wünschenswert wäre eine technische Einwirkung auf die Immunantwort als Ganzes, nicht nur auf einzelne Mediatoren, um die Wirkung großflächig einzuleiten. Hierbei kommen die sogenannten Hämoabsorptionsverfahren ins Spiel, die eine wirksame Lösung für dieses Problem versprechen [25].

Hämoabsorption

Unter der Hämo-perfusion bzw. Hämoabsorption versteht man Verfahren, welche zur „Elimination überschüssiger proinflammatorischer Mediatoren“ verwendet werden können [29]. Hierfür wird Blut während der EKZ durch eine spezielle Kartusche (Adsorber) geleitet. In dieser Kartusche befinden sich kleine Kügelchen, sogenannte Sorbents, welche über ihre speziellen Eigenschaften die entsprechenden fettlöslichen oder proteingebundenen Stoffe aus dem Blut binden. Je nach Eigenschaft ergeben sich die Anwendungsbereiche für Adsorber. Bei diesem Verfahren wird kein Volumen reduziert, wie es bei der Hämo-filtration bzw. Hämodiafiltration der Fall wäre [28,29].

Die Adsorption beschreibt den Vorgang, dass sich Gase oder Flüssigkeiten (so genannte Adsorbate) an die Sorbents oder Adsorbens, also die Oberfläche eines Feststoffes anreichern. Außerdem gibt es die Absorption (Chemie), hierbei dringen kleinste Teilchen (z.B. Ionen, Moleküle, Atome), auch Absorbate, einer Flüssigkeit

oder eines Gases „in das Volumen einer flüssigen oder festen Phase, des Absorbens, ein“ [30].

Nicht zu verwechseln ist das Verfahren der Hämoabsorption mit der Hämo-filtration. Hierbei wird ein Filter in das EKZ-System eingebaut, welcher über eine siebähnliche Dialysemembran und mit Hilfe von Dialysat (Elektrolytlösung) das Blut filtert. Je nach Größe der Mikroporen werden Moleküle bis zu einem Gewicht von ca. 65 kDa (z.B. Kreatinin, Harnstoff, Natrium, Kalium) aus dem Blut gefiltert, sonstige größere Blutbestandteile (z.B. Erythrozyten, Leukozyten) können die Membran nicht passieren [25].

Als Zytokine bezeichnet man Stoffe im Körper, die vom Körper selbst freigesetzt werden und eine wichtige Bedeutung für die Kommunikation zwischen verschiedenen Zellen haben. Das Molekulargewicht beträgt weniger als 30 kDa, chemisch gesehen sind es Peptide oder Glykoproteine. Zytokine haben verschiedene Wirkungen, es gibt solche mit proinflammatorischer Wirkung und welche mit antiinflammatorischer Wirkung. Die Wirkung ist abhängig von der Bindungsstelle an der Oberfläche der Zielzelle [17,18]. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die Biomarker, die von Hämoabsorber während einer EKZ entfernt werden können (Tabelle 1).

Tab. 1: Biomarker und ihr Molekulargewicht (angelehnt an [40])

Biomarker	Molekulares Gewicht
IL-8	11 kDa
IL-2	15 kDa
IL-4	15 kDa
TNF α	17 kDa
Myoglobin	17 kDa
IL-10	18 kDa
IL-6	21 kDa
IL-1 β	31 kDa
IFN γ	33 kDa
IL-12p35	35 kDa
IL-12p40	40 kDa
sIL-2R	55 kDa

Durch die EKZ kann ein Anstieg an proinflammatorischen Entzündungsmarkern getriggert werden, das ist eine natürliche Antwort des Körpers auf eine Verletzung. Dadurch entsteht ein systemisches inflammatorisches Response-Syndrom (SIRS), welches wiederum unter anderem zu einem Postperfusionssyndrom (akute Lungenentzündung) oder einem Multiorganversagen führen kann. Das SIRS beinhaltet die Aktivierung von chemotaktischen Faktoren sowie verschiedener proinflammatorischer Zytokine. Hervorgerufen wird dieses Phänomen beispielsweise aufgrund der Exposition des Blutes zu verschiedenen Kunststoffmaterialien (vor allem im Oxygenator) sowie zur Raumluft im Reservoir, durch die Reperfusion oder aufgrund von Endotoxinen. In mehreren Studien wurde dies nachgewiesen [31 – 34]. In der Theorie sollen bei einer Hämo-filtration ebenfalls die Anzahl an Entzündungsmediatoren durch die Senkung des Plasmaspiegels sinken. Hierbei gibt es jedoch ein Ungleichgewicht zwischen Theorie und Praxis, denn

Tab. 2: Übersicht über die aktuell auf dem Markt angebotenen Hämoadsorber mit Indikation, Anwendungs- und Einsatzmöglichkeiten sowie Vorbereitung

Typ	Name	Zulassung	Indikation	Vorbereitung (min)	Flow (ml/min)	Vorbereitung/Spülung	Einsatz
Mittelmolekül-Adsorber [25]	CytoSorb 300 (CytoSorbents Europe GmbH, Berlin)	CE, FDA nur Emergency Use Authorization [35,37]	Entfernung von Zytokinen, Bilirubin, Myoglobin, Ticagrelor, Rivaroxaban, Staph. aureus Toxin; Hyperinflammation, Sepsis, Endokarditis, verminderte Nutzung von Blutprodukten [35]	ca. 5 [35]	Minimum: 100, Empfohlen: 150 – 700 [35]	2000 ml NaCl 0,9 % [35]	Max. 24 h pro Adsorber, Anzahl unbegrenzt [35]
Mittelmolekül-Adsorber [25]	Jafron HA-Serie (Jafron Biomedical Co., China)	CE, ISO, EN ISO 13485, China GMP National Certification [38]	Entfernung von Drogen, Gift, Bilirubin, Gallensäuren, Arzneimittel; Zytokinsturm, Sepsis, Hyperinflammation, akutes Nierenversagen, Rhabdomyolyse [39,40]	ca. 50 [25]	100 – 700 [40], max. 250 [36]	500 ml Glukose 5 %, 2500 ml NaCl 0,9 % mit 6250 IE Heparin, 500 ml NaCl 0,9 % mit 12500 IE Heparin, 500 ml NaCl 0,9 % [25]	Empfohlen: 2 – 2,5 h [36], 1 – 2x/Tag für bis zu 12 h, 3 – 5 Tage [40]
Hämofilter mit AN69-Membran [41]	Oxiris (Baxter HealthCare, USA)	FDA, CE [42,43]	Entfernung von Entzündungsmediatoren, Zytokinen, Endotoxinen, urämische Toxine; Covid-19, Sepsis, Multiorganversagen [41,42]	ca. 5 (angelehnt an [44])	100 – 450 [42]	Beutel mit Priminglösung (mind. 1000 ml) versetzt mit 5000 IE unfractioniertem Heparin/Liter [44]	Empfohlen: 24 h pro Filter, max. aber 72 h pro Filter [44]
Mittel-, Großmolekül-Adsorber und proteingebundene Toxine [45]	BIOSKY (Foshan Biosun Medical Technology Co., China)	ISO 13485, CE, China [45]	Entfernung von Toxinen (z. B. Zytokine, Leptin, Homocystein); bei terminaler Niereninsuffizienz, Urämie [45]	Abgeleitet ca. 50	Max. 250 [45]	500 ml 5 % Glukose (optional), 3000 ml heparinisiertes NaCl 0,9 % (2500 ml mit 1875 – 2500 IE/ 500 ml NaCl, 500 ml mit 12.500 IE Heparin), 500 ml NaCl 0,9 % [45]	max. 3x täglich für 120 – 150 min [45,46]

in der Praxis werden die Entzündungsmarker nicht wie gewünscht entfernt. Die Ursachen liegen einerseits darin, dass die gewünscht aussortierten Moleküle viel zu klein für die aktuell auf dem Markt erhältlichen Hämofilter sind, somit werden nur geringe Mengen an Zytokinen aus dem Blut entfernt. Andererseits ist die Bindungsfähigkeit der Proteine ein Problem, denn Proteine mit geringer Bindungsfähigkeit können von Hämofiltern besser erfasst werden als Proteine mit hoher Bindungsfähigkeit [28].

Hämoadsorber sind alternative Lösungsansätze, um dieses Problem während der EKZ zu adressieren [28]. Von Bedeutung für die Wahl einer Hämoadsorptionstherapie ist das Molekulargewicht eines Stoffes, wie beispielsweise Medikamente und Blutbestandteile. Hämoadsorber haben ein Adsorptionsspektrum, je nach Hersteller, von ca. 500 Da bis 60 kDa [35,36].

CytoSorb

Die CytoSorbents Europe GmbH stellt den Mittelmolekül-Adsorber „CytoSorb 300“ her [47]. Die Technologie kann extrakorporal als Stand-Alone-System, in der EKZ oder ECMO (Extrakorporale Membranoxygenierung), aber auch in vielen Dialysesystemen eingesetzt werden. Der CytoSorb300 ist initial als Zytokinadsorber zugelassen worden, weitere Einsatzgebiete bieten die Entfernung von Ticagrelor und Rivaroxaban während der EKZ sowie von Bilirubin und Myoglobin bei der Rhabdomyolyse [48]. Der Hämoadsorber entfernt eine Vielzahl an Entzündungsmediatoren aus dem Blut, diese haben eine hydrophobe Anziehung zur Oberfläche der Adsorber-Kügelchen. Die entfernten Substanzen haben ein Molekulargewicht von ca. 0,5 bis 60 kDa, befinden sich damit im niedrig- bis mittelmolekularen Bereich, auf einer Oberfläche von 45.000 m² [35,48]. „Bei hohen Konzentrationen können sehr schnell große Mengen entfernt werden; mit sinkender Konzentration nimmt die Entfernrungsrate ab, was der kompletten Elimination physiologischer Mediatoren entgegenwirkt“ [49]. Es wird eine gezielte Adsorption der Stoffe sichergestellt, bei gleichzeitiger Erhaltung der Biokompatibilität, um eine Koagulation oder Komplementsystemaktivierung zu vermeiden [49] (Tabelle 2 sowie Supplement im QR).

Jafron HA-Serie

Das Unternehmen Jafron Biomedical Co., Ltd. stellt einen Mittelmolekül-Adsorber in verschiedenen Größen und Indikationen bereit [40,50]. Der HA380 hat eine Zulassung in EKZ-Kreisläufen und soll „Entzündungsmediatoren, entzündungsfördernde und entzündungshemmende Zytokine, Bilirubin, Myoglobin, Stoffwechselgifte, proteingebundene Toxine, übermäßige Triglyceride und Cholesterin“ [40] aus dem Blut entfernen [40,50]. Die Indikation zur Verwendung eines Jafron HA-Adsorbers liegt in der Entfernung verschiedener Moleküle mit einem Molekulargewicht von 10 bis 60 kDa auf einer Oberfläche von ca. 60.000 m² [40]. Bei der Entfernung von Arzneimitteln können auch unerwünschte Nebenwirkungen auftreten, da z.B. Antibiotika oder Thrombozytenaggregationshemmer mit entfernt werden [40] (Tabelle 2 sowie Supplement im QR).

Baxter Oxiris

Der Oxiris ist ein Hämofilter mit AN69-Membran der Baxter Healthcare Corporation [51 – 53]. AN69 ist eine hochpermeable Po-

lyacrylonitril-Membran, welche zusätzlich eine positiv geladene Polyethylenimin-Oberfläche besitzt. Die synthetische Membran ist hydrophob und adsorbiert Proteine mit geringem Molekulargewicht bzw. mittelgroße Proteine, Zellen und Entzündungsmediatoren. Durch diese Eigenschaften kann der Hämofilter nicht nur zur veno-venösen Hämofiltration, sondern auch zur veno-venösen Hämodiafiltration verwendet werden und adsorbiert dabei negativ geladene Endotoxine und Zytokine. Die Membran zeichnet sich durch eine hohe Permeabilität für Flüssigkeiten, sowie ihre ausgezeichnete Biokompatibilität aus [41,54]. Der dreischichtige Membranaufbau ist unterteilt in einen Heparin-Graft (ca. 4500 IE/m²) zur Reduzierung der Thrombenbildung. Die zweite Schicht besteht aus Polyethylenimin (PEI) zur Adsorption von Endotoxinen und die letzte Schicht, die AN69-Membran, ermöglicht die Adsorption von Zytokinen und Toxinen [44,53]. Der Oxiris-Filter darf lediglich in Kombination mit der Prismaflex oder der PrisMax-Steuereinheit verwendet werden [42,53]. Die Einsatzindikationen bestehen aus der Adsorption von Zytokinen wie IL-10, IL-6, HMGB-1 sowie TNF- α und Endotoxinen [44]. Der Filter hat eine Wirkoberfläche von 1,5 m² mit einem Innendurchmesser der Faser von 240 μ m bei einer Faserwandstärke von 50 μ m [42,44,53,55] (Tabelle 2 sowie Supplement im QR).

BIOSKY

Foshan Biosun Medical Technology Co. vertreibt eine Hämoperfusions-Kartusche in drei verschiedenen Größen [56]. Es sollen mittel- und großmolekulare Toxine sowie proteingebundene/urämische Toxine aus dem Patientenblut entfernt werden, die bei einer einfachen Hämodialyse nicht entfernt werden können, wie z.B. Nebenschilddrüsenhormone, IL-1, IL-6, Leptin, β 2-Mikroglobulin, oxidative Proteinprodukte und Homocystein. Der Einsatz ist indiziert für Patienten mit terminaler Niereninsuffizienz in Kombination mit Dialyseverfahren [45,57]. Die Sorbents bestehen aus medizinischem porösem adsorptivem Harz mit einer Oberfläche von ca. 35.700 m². Die BIOSKY MG-Kartusche wurde entwickelt, um eine Kombination aus Hämo-perfusion und Hämodialyse als Therapiekonzept anzubieten. Es können sowohl die metabolischen Stoffe und urämischen Toxine aus dem Blut entfernt als auch eine Balance des Wassers und der Elektrolyte hergestellt werden [45,46]. Die Activated Clotting Time (ACT) soll an der EKZ um die 200 Sek. liegen [45] (Tabelle 2 sowie Supplement im QR).

Material und Methode

In einer Literaturrecherche wurde der Einsatz von Adsorber während der EKZ untersucht. Die Datenerhebung war somit sowohl quantitativ als auch qualitativ. Relevante Teile der Forschungsliteratur der Recherche wurden strukturiert bewertet. Die Literatur wurde systematisch analysiert und tabellarisch zusammengefasst. Anschließend wurden sämtliche Datenquellen interpretiert, miteinander verglichen und diskutiert.

Literaturrecherche

Die systematische Literaturrecherche wurde gemäß des Leitfadens zu systematischen Reviews nach Riley et al. [58] ausgeführt und zur Dokumentation ein Flussdiagramm nach PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis)

gemäß Page et al. [59] erstellt. Um die potentiell relevante Literatur zur wissenschaftlichen Fragestellung zu ermitteln, wurden komplexe Literaturrecherchen in den folgenden Informationsquellen konzipiert und durchgeführt:

- PubMed (MEDLINE (OvidSP))
- Google Scholar
- Embase (OvidSP)
- Cochrane Library
- CINAHL Database (EBSCO)

Der Abfragezeitraum wurde vom 01.01.2000 bis 31.03.2025 gewählt. Diese Datenbanken werden im klinischen Umfeld als relevant bewertet [60]. Als Grundlage dienen datenbankspezifisch kontrolliertes Vokabular, Indexbegriffe, Freitextbegriffe, Synonyme, Akronyme und alternative Begriffe. In keiner der Quellen werden datenbankgestützte Beschränkungen in Bezug auf Studientypen, Sprache, Publikationsjahre oder andere formale Kriterien angewandt, um keine relevanten Suchergebnisse auszuschließen.

Als Suchbegriffe wurden definiert: „Adsorber“, „CytoSorb“, „Jafron HA“, „Baxter Oxiris“, „BIOSKY“, „CPB“, „ECC“ und Suche auf Deutsch mit „EKZ“ oder „HLM“. Zur erweiterten Suche wurden außerdem die Begriffe „cardiac surgery“, „Oxiris filter“, „MG150“, „MG250“, „MG350“, „Biosun“, „cardiopulmonary bypass“, „extracorporeal circuit“, „extracorporeal circulation“, „Extrakorporale Zirkulation“ und „Herz-Lungen-Maschine“ hinzugefügt.

Die Suchergebnisse wurden als RIS (Research Information System Format) in das Zitationsprogramm Zotero [61] exportiert, dupliziert und der Screening-Prozess in zwei aufeinanderfolgenden Screening-Schritten durchgeführt. Ausgewählt wurden Peer-Review-Studien, die die wissenschaftliche Fragestellung behandeln. Ein- und Ausschlusskriterien sowie der detaillierte Screening-Prozess werden als PRISMA-Flussdiagramm dargestellt.

Ergebnisse

Ergebnisse der Datenbankabfrage

Bei der endgültigen Literaturrecherche wurden insgesamt 2185 Studien identifiziert. Zusätzliche kamen aus einer Handrecherche n = 115 Studien aus einem Register von CytoSorb [62], sowie n = 17 Studien aus einer Literaturdatenbank von Jafron [63]. Die Eingrenzungen in diesen beiden Registern beziehen sich auf die oben genannten Suchbegriffe und beinhalten beispielsweise „Herzchirurgie“ bzw. „Intraoperativer Einsatz“, „Cardiac Surgery“ sowie „Cardiopulmonary Bypass“. Somit wurden 2317 Studien identifiziert, nach Entfernen von Duplikaten durch Zotero, sowie 60 manuell ausgeschlossenen Studien, verblieben 963 Studien.

Im zweiten Schritt wurde explizit Forschungsliteratur ausgeschlossen. Diese beinhaltet die Kategorie „Nicht-Adsorber und/oder Adsorber ohne EKZ/CPB“, außerdem Kongressabstracts, Versuchsregistereintragungen, Studien, die nicht auf Deutsch oder Englisch verfügbar waren, Briefe/Anmerkungen/Meinungen, Studien ohne Zugriff auf den Volltext, Tierstudien, Bücher/Buchkapitel, Guidelines, falscher Zeitraum, nicht Peer-Reviewed sowie zurückgezogene Artikel. Ausgeschlossen wurden auch Studien ohne Patienteneinschluss bzw. EKZ-Bezug, sowie wenn keiner der vier Adsorber verwendet wurde. Die verbliebenen 103 Studien wurden für die Diskussion eingebunden (Abb. 1).



Im digitalen Supplement ist eine detaillierte technische Beschreibung der im Review-Artikel bedachten Adsorber hinterlegt. Des Weiteren wurden alle gefundenen relevanten Studien in einer Einzelbetrachtungsanalyse aufgeführt.

Auswertung

Im Supplement (im QR) werden alle verbleibenden 103 Studien mit Erstautor, Originaltitel, Art der Studie, Jahr und Journal, sowie Patiententyp, Anzahl der Patienten, Verwendungsmodus sowie Art des Adsorbers aufgelistet und in den Vergleich eingeschlossen. Dabei entsprechen 14 Studien Reviews und/oder sind Meta-Analysen [36,46,64 – 75]. Es wurden 18 randomisierte kontrollierte Studien eingeschlossen [76 – 93]. Es sind 16 retrospektive Studien eingeschlossen [9,94 – 108]. Außerdem findet man 33 Case Reports [109 – 141] sowie zwei Case Series [142,143]. Es sind außerdem 20 sonstige Studien zu finden, unter anderem eine Post-hoc-Analyse [144], zwei Pilotstudien [145,146], ein Studienprotokoll [147], eine Dual-Center-Studie [148], eine In-vivo-Studie [149], zwei prospektive Studien [150,151], vier nicht näher definierte (u. a. klinische) Studien [152 – 155], eine Real-Life-Studie [156], eine ambispektive Studie [157], eine Beobachtungsstudie [158], eine Wirkungsanalyse [159], eine prospektive als auch retrospektive Studie [160], eine Interimsanalyse [161], eine internationale, firmengesponsorte Registrierung [162] sowie eine Subkohorten-Analyse [163]. In 18 Studien werden Adsorber von Jafron belichtet, in 14 Studien der Oxiris Adsorber. Nur in einem Review-Artikel wird der BIOSKY Adsorber erwähnt, bezogen auf die Ökonomie, nicht aber die klinische Anwendung [46].

Diskussion

Die Hämoabsorbertechnologie ist eine fortschrittliche Entwicklung, vor allem des letzten Jahrzehnts. Im Bereich der intra- und postoperativen Hyperinflammation besteht Innovations- und Handlungsbedarf und Hämoabsorber sind eine sinnvolle, nützliche und patientenorientierte Erfindung mit verschiedenen Schwerpunkten der jeweiligen Hersteller. Leider ist die Studienlage zu den verschiedenen Produkten sehr rar. CytoSorb ist diesbezüglich vergleichsweise sehr gut und breitflächig aufgestellt. Teilweise sind die Projekte jedoch firmengesponsort.

Adsorber haben ein sehr großes Einsatzspektrum, sollten aber nicht grundsätzlich in einen extrakorporalen Kreislauf eingebaut werden. Durch das zusätzliche Device wird mehr Primingvolumen benötigt, was zu einer vermehrten Hämodilution führt. Insbesondere bei anämischen Patienten ist dies abzuwägen. Außerdem entfernt ein Adsorber nicht rein selektiv, sondern auch eigentlich gewünschte Stoffe im Blut.

Von Bedeutung ist die Dauer der Hämoabsorptionstherapie. In einigen Studien mit lediglich intraoperativer Anwendung konnten keine positiven Veränderungen des Zytokinspiegels festgestellt werden. Chia et al. weisen darauf hin, dass die Veränderung der Immunomodulation während der aktiven Entzündung normalerweise 2 – 7 aufeinanderfolgende Tage in Anspruch nimmt [145,164]. Lediglich eine Studie hatte den Unterschied zwischen intraoperativer sowie intra- und postoperativer Hämoabsorption verglichen und zeigt auf, ob schon innerhalb der ersten 24 Stun-

den nach Sepsisbeginn mit der Therapie begonnen werden sollte [165]. Beispielsweise gilt für den CytoSorb eine konzentrationsabhängige Entfernung der Zytokine. Ist diese zu gering, wirkt sich das auf die Adsorption negativ aus [166]. Bezogen auf die Entfernung von Ticagrelor wird eine Auswaschzeit von mindestens

drei Tagen empfohlen [167]. Studien bei Notfalleinsätzen konnten dennoch eine valide Entfernung von Ticagrelor intraoperativ bestätigen [128,149]. Der Einsatz von Hämoabsorber bei Organtransplantationen ist kontrovers, da die Adsorber potenziell Medikamente wie Immunsuppressiva reduzieren können [106].

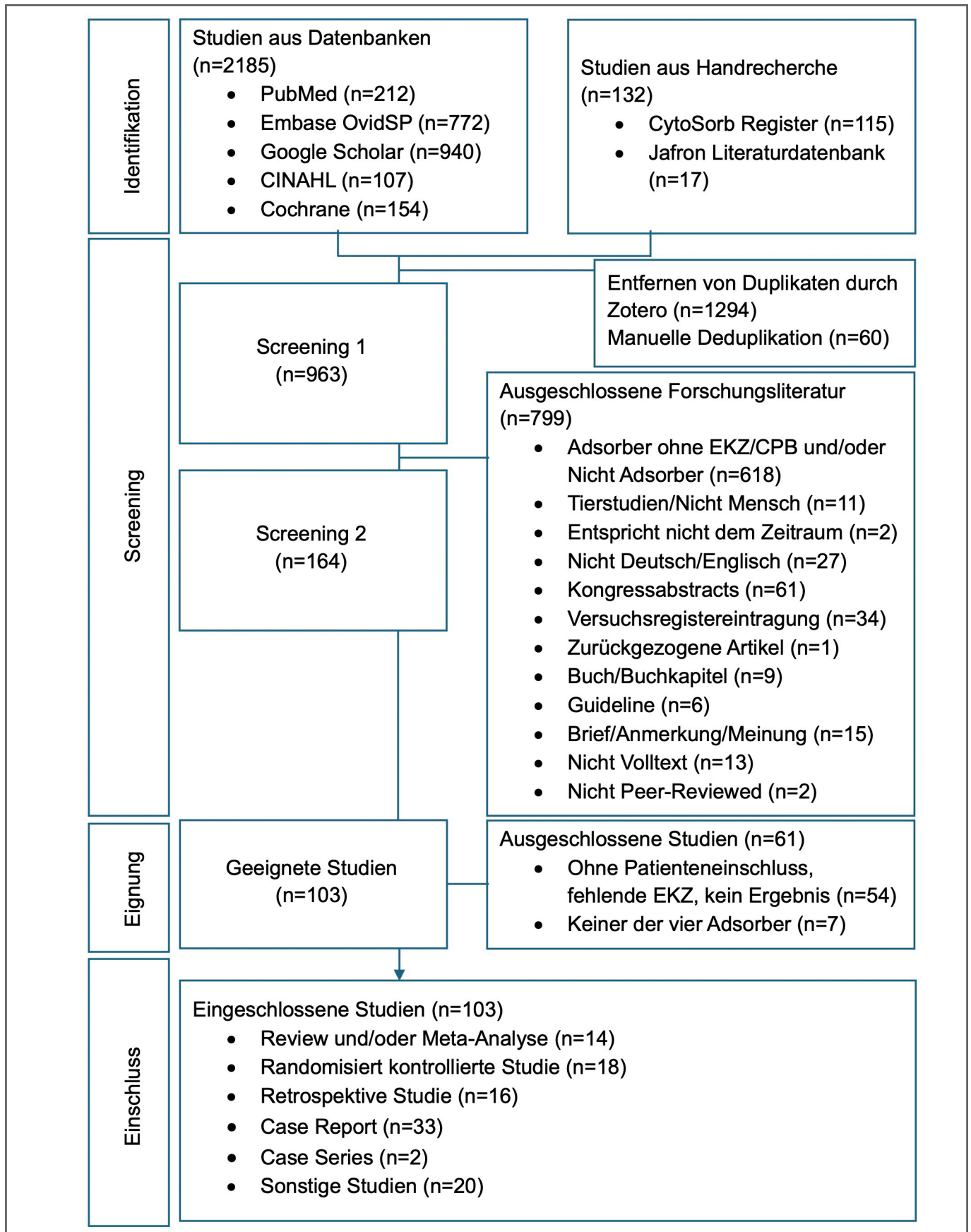


Abb. 1: PRISMA-Diagramm

Vorteile haben der CytoSorb sowie der BIOSKY-Adsorber im Vergleich zum Jafron HA330, denn die beiden erstgenannten dürfen auch bei Patienten mit HIT (heparininduzierter Thrombozytopenie) eingesetzt werden [46]. Da auf HIT nicht standardmäßig in jedem Krankenhaus gescreent wird, stellen diese beiden Adsorber einen validen Vorteil dar. Dagegen steht die Tatsache, dass der CytoSorb nicht-selektiv sowohl proinflammatorische als auch antiinflammatorische Zytokine entfernt. Endotoxine werden nicht adressiert. Dahingegen kann der Oxiris-Filter Zytokine als auch Endotoxine entfernen, beides jedoch ebenfalls nicht-selektiv [168].

Einzelbetrachtung der Adsorber

CytoSorb

Der Mittelmoleküladsorber CytoSorb ist für die Entfernung von Zytokinen, Bilirubin, Myoglobin, Ticagrelor, Rivaroxaban, sowie bei infektiöser Endokarditis, Hyperinflammation und Sepsis indiziert. Die Vorbereitung geht sehr schnell, die Kartusche muss lediglich mit NaCl durchspült werden. Eine Verwendung in der EKZ ist problemlos möglich bei Flussvolumina bis 700 ml/min. Mit maximal 24 Stunden Verwendungszeit pro Adsorber und einer unbegrenzten Anzahl an nacheinander verwendeten Kartuschen kann der Adsorber nicht übertherapiert werden [35]. Durch die schnelle und anwenderfreundliche Vorbereitung kann der Adsorber auch in Notfällen problemlos verwendet werden.

Grundsätzlich wird die Verwendung als einfach und sicher während der EKZ betitelt [110,116,119]. Die Entfernung der entsprechenden Zytokine (z.B. IL-6) funktioniert durchwachsen, in der direkten postoperativen Phase konnte teilweise kein direkter signifikanter Unterschied festgestellt werden [169]. Wenn mit CytoSorb jedoch postoperativ, beispielsweise in Kombination mit CRRT, weitertherapiert wurde, konnten signifikante positive Unterschiede in den Konzentrationen verzeichnet werden [81]. Es gibt jedoch auch Studien, die eine direkte postoperative Reduktion des Zytokinlevels belegen (z.B. TNF- α , IL-8) [83]. Positiv zu erwähnen ist, dass mehrere Studien belegen, dass in den CytoSorb-Studiengruppen das proinflammatorische Zytokin IL-10 länger nachweisbar ist [70,79]. Außerdem konnte in mehreren Studien die Entfernung von Thrombozytenaggregationshemmern nachgewiesen und somit postoperative Blutungskomplikationen verhindert werden [128,149]. Bei dem Katecholaminbedarf wird einerseits von einem geringeren Katecholaminbedarf intra- als auch postoperativ berichtet [109,113], andererseits wird ein teils höherer Bedarf postoperativ bestätigt [77]. Auswirkung hat dies auch jeweils auf den Transfusionsbedarf [115]. Unterschiedliche Ergebnisse gibt es auch im Falle der Entfernung des Procalcitonins [9,86]. Ein signifikanter Unterschied des C-reaktiven Proteins bei Verwendung des Adsorbers kann postoperativ nicht nachgewiesen werden [79,81,87]. Grundsätzlich wurde bei Verwendung des CytoSorb-Adsorbers keine Differenz in der Mortalität [64,144], bzw. vereinzelt sogar erhöhtes Risiko für höhere Mortalitätsraten nachgewiesen [70].

Eine grundlegende intraoperative hämodynamische Stabilisierung durch den Adsorber konnte in mehreren Fällen nachgewiesen werden [118,119,123]. Bei Endokarditis scheint eine CytoSorb-Behandlung allgemein positive Auswirkungen zu verzeichnen [118,134].

Der CytoSorb-Adsorber stellt eine vielversprechende Lösung dar, die bei Bedarf in einer EKZ zum Einsatz kommen kann. Durch die

nachgewiesene Reduktion verschiedener Zytokine, den vergleichsweise prolongierten Nachweis von IL-10 und einem geringerem Katecholaminbedarf, scheint er für Patienten eine valide Therapie darzustellen. Durch die schnelle Bereitstellung und kurze sowie einfache Vorbereitungszeit ist das Device im Alltag und in Notfallsituationen hervorragend anwendbar. Eine Übertherapie durch CytoSorb ist ausgeschlossen, eine Langzeittherapie für den Patienten bei Bedarf möglich [35]. Die hämodynamische Stabilisierung überzeugt besonders in Fällen von Sepsis und infektiöser Endokarditis [81,143]. Die Studienlage zur Verwendung des Adsorbers bei LVAD-Implantationen ist zum aktuellen Zeitpunkt sehr unsicher, sodass möglicherweise darauf verzichtet werden sollte [75,103].

Jafron

Die HA-Serie von Jafron, ebenfalls ein Mittelmoleküladsorber, soll bei der Entfernung von Drogen, Giften, Bilirubin, Gallensäure und Arzneimitteln helfen. Indiziert ist er somit beispielsweise bei einem Zytokinsturm, einer Sepsis, Hyperinflammation, akutem Nierenversagen und der Rhabdomyolyse. Mit fast 50 Minuten Vorbereitungszeit, in welcher der Adsorber mit verschiedenen heparinisierten und nicht-heparinisierten NaCl-Lösungen durchspült werden muss, ist er nicht für Notfälle und dringliche Eingriffe geeignet. Wird dieser Spülprozess nicht ordnungsgemäß durchgeführt, kann dies zu Hämolyse und Gerinnungskomplikationen führen [46]. Durch die empfohlene Einsatzzeit von 2–2,5 Stunden kann es zu Adsorber-Wechseln noch an EKZ kommen. Es sollten maximal ein bis zwei Adsorber pro Tag verwendet werden, so kann bei extrem langen Bypasszeiten möglicherweise nicht dauerhaft ein Adsorber eingesetzt werden. Der Jafron-Adsorber scheint gewisse Zytokine (z.B. IL-6) intraoperativ und im postoperativen Verlauf nachhaltig zu reduzieren [85,107,108]. Jedoch wurde auch eine signifikante Reduktion von nützlichem IL-10 festgestellt [85]. Eine Studie bestätigt einen geringeren Bedarf an Vasopressoren durch den Adsorber im postoperativen Verlauf [157]. Der Einsatz hatte keinen Einfluss auf die Mortalität [100]. Die Studienlage über die Verwendung der Jafron-Adsorber, und speziell den HA380 während der EKZ ist noch gering.

Zusammenfassend verzeichnet der Jafron-Adsorber ebenfalls äußerst aussichtsreiche Ergebnisse in Bezug auf die Entfernung von Zytokinen. Die lange und recht komplexe Vorbereitung stellt eine technische Hürde dar. Die vergleichsweise kurze Einsatzzeit von 2,5 h [38] sprechen gegen einen Einsatz des Jafron-Adsorbers bei möglicherweise sehr langen EKZ-Zeiten.

Oxiris

Der Oxiris von Baxter HealthCare ist ein Hämofilter mit AN69-Membran, welcher jedoch ebenfalls wie ein Hämoadsorber angewendet werden kann. Er soll bei der Entfernung von Entzündungsmediatoren, Zytokinen, Endotoxinen und urämischen Toxinen sowie bei Covid-19, Sepsis und Multiorganversagen Anwendung finden. Die Vorbereitung ist ebenfalls sehr einfach, dabei wird lediglich heparinisierte Priminglösung benötigt und der Filter gespült. Die empfohlene Verwendungszeit pro Filter beträgt 24 Stunden. Nach 72 Stunden muss das Set spätestens gewechselt werden, aufgrund möglicher Rissbildung im Material. Über die Anzahl der maximal nacheinander zu verwendenden Sets macht der Hersteller leider keine Angaben [44]. Das Set darf nur in Kombination mit der Platt-

form *Prismaflex* verwendet werden. Neben den laufenden Kosten der Einmalkartuschen muss das Krankenhaus/der Anwender anfangs noch in die Plattform investieren. Durch die Verwendung des Adsorbers konnte keine Reduzierung von Zytokinen (IL-6, IL-10, IL-8, TNF- α) intraoperativ nachgewiesen werden [76]. Lediglich in einer Studie wurde eine signifikante Reduktion von TNF- α nachgewiesen [89]. Eine Verringerung des Gesamtkatecholaminbedarfs und der Mortalität wurden nicht bestätigt [76]. Grundsätzlich behandelt die Studie von Abou-Arab et al. den Oxiris-Hämofilter, diese stellt in keinem Betrachtungspunkt eine positive Wirkung auf die Studienpopulation fest [76]. Die Studienlage zur Verwendung des Oxiris Hämofilters während der EKZ ist aktuell unzureichend. Der Oxiris Hämofilter verspricht einen großen Anwendungsbereich. In Kombination mit einer simplen und kurzen Vorbereitung sowie einer langen Einsatzzeit pro Filter scheint dies eine optimale Lösung postoperativ zu sein. Einschränkend ist die Notwendigkeit einer separaten Device-Plattform für die Verwendung an der EKZ. Die aktuell sehr geringe Studienlage bringt keine exquisiten Anwendungsbereiche oder Ergebnisse im Vergleich zu den anderen Adsorbern hervor. Zum erstmaligen Gebrauch bzw. zum Testen, ob Adsorber in einer Klinik Anwendung finden sollen, mag dieser Filter, aufgrund der zusätzlichen Device-Plattform, bedingt geeignet sein.

BIOSKY

Der BIOSKY Hämoabsorber soll mittel- und großmolekulare Bestandteile sowie proteingebundene Toxine aus dem Blut entfernen. Hierzu zählen Zytokine, Leptin, Homocystein, außerdem indiziert sind terminale Niereninsuffizienzen und Urämien. Die Vorbereitung gestaltet sich als sehr aufwändig. Benötigt werden Glukose, heparinisierte Kochsalzlösung in verschiedenen Konzentrationen und nicht-heparinisierte Kochsalzlösung. Eine Verwendung in Notfällen und dringlichen Situationen ist somit ungeeignet. Der Adsorber darf maximal mit 250 ml/min durchflossen werden, was gewisse Einsatzarten an der EKZ limitiert. Ein Adsorber darf für maximal 120 – 150 Minuten eingesetzt werden, maximal drei Adsorber pro Tag. Auch muss intraoperativ das Device, aufgrund der vergleichsweise geringen Verwendungszeit, möglicherweise (mehrmals) gewechselt werden, was bei der langen Vorbereitungszeit unpraktikabel ist. Daher ist eine kombinierte intra- und postoperative Verwendung eher ausgeschlossen. Zu dem BIOSKY-Adsorber ist keine klinische Studie oder Review gefunden worden. Somit kann der Adsorber nicht adäquat mit den anderen Absorbern verglichen werden. Es sind auch keine aktuell laufende oder geplante Studie in Clinicaltrials.gov gefunden worden. Der BIOSKY Adsorber verspricht zusätzlich eine Entfernung proteingebundener Toxine. Auch bei Urämie soll er anwendbar sein. Durch die fehlende Studienlage, die aufwändige und zeitintensive Vorbereitung, sowie die vergleichsweise geringe Einsatzzeit ist dieses Produkt zum aktuellen Zeitpunkt auf dem europäischen Markt nicht wettbewerbsfähig.

Einzelbetrachtung der patientenrelevanten Daten der ausgewählten Studien

Entfernung von Zytokinen

Der Oxiris Hämofilter konnte bei langen EKZ-Einsätzen keine signifikante Zytokin-Reduktion nachweisen [76].

Mehrere Studien konnten bei langen EKZ-Einsätzen unter Verwendung von CytoSorb bei Klappenoperationen, ACVB und kombinierten Eingriffen keinen signifikanten Unterschied zwischen Studiengruppe und Kontrollgruppe nachweisen [70,77,79,86,95]. Dies konnte Deppe et al. bei einer groß angelegten Studie von 300 Patienten mit einem signifikanten IL-6-Rückgang widerlegen. Es wurden 100 Pat. mit CytoSorb, 200 Pat. ohne Device (100 mit EKZ und 100 Off-pump) eingeschlossen [146].

Auch Born et al. zeigten bei Aortenbogeneingriffen mit hypothermen Herz-Kreislauf-Stillstand unter Einsatz des CytoSorb eine signifikante Senkung des IL-6 [9].

He et al. konnten ebenfalls signifikant geringere Level an IL-6 in der Jafron-HA380-Studiengruppe feststellen [85]. Wang et al. konnten beim gleichen Adsorber, im EKZ Einsatz bei Typ-A-Dissektion, zwar einen postoperativ höheren IL-6-Wert verzeichnen, der aber in der Studiengruppe signifikant niedriger ausfiel [107]. Yang et al. konnten in der Jafron-HA380-Gruppe ein relativ geringeres IL-6-Level postoperativ nachweisen [108]. Pace Napoleone et al. berichteten von einer HTX nach Fontan mit einem Jafron HA380-Adsorber in der EKZ und konnten IL-6 und CRP auf ein Minimum reduzieren [135].

Sowohl in der CytoSorb- wie auch in der Jafron-HA330-Adsorbergruppe kam es im Vergleich zur Kontrollgruppe nach 1 h Bypass zu einem Anstieg des IL-6 mit kontinuierlichem Abfall über die Bypasszeit bis 24 Stunden postoperativ. In der Kontrollgruppe gibt es diesen Anstieg bis zwei Stunden postoperativ, mit kontinuierlichem geringen Abfall, jedoch nicht auf das niedrige Niveau der Adsorber-Gruppen [100]. Diab et al. konnten dieses Phänomen des signifikant geringeren IL-6 in der CytoSorb-Gruppe postoperativ bei infektiöser Endokarditis ebenfalls nachweisen [81].

Kuanyshebek et al. (n=36) verzeichneten in einem Vergleich zwischen Jafron HA330, CytoSorb und einer Kontrollgruppe bei infektiöser Endokarditis keine Unterschiede [101]. Saller et al. konnten leicht höhere IL-6-Werte am ersten postoperativen Tag nachweisen [104]. Allerdings konnten Träger et al. zeigen, dass der Anstieg des Zytokinlevels, sowohl IL-6 wie auch IL-8, intraoperativ mit einem Peak unmittelbar postoperativ, mit dem CytoSorb-Adsorber bei infektiöser Endokarditis stärker sinkt [143].

Weder der Jafron HA330, noch der CytoSorb konnten dem IL-6-Anstieg während der LVAD-Implantation entgegenwirken [75,103].

Es wurde kein signifikanter Unterschied des IL-10 beobachtet, weder beim Oxiris noch beim CytoSorb [70,81]. Hohn et al. konnten eine signifikante Reduktion in der CytoSorb-Gruppe beobachten [86]. Bei Kuanyshebek et al. waren die IL-10-Werte in den Adsorber-Gruppen (Jafron und CytoSorb) signifikant geringer präoperativ, sowie 2 h, 6 h und 72 h postoperativ [101]. Bernardi et al. beschreiben beim IL-10-Level Veränderung nach 24 und 48 Stunden postoperativ, die aber in der CytoSorb-Studiengruppe geringer ausfällt bzw. länger nachweisbar war [79]. He et al. konnten dagegen einen signifikant geringere Level an IL-10 in der Jafron-HA380-Studiengruppe feststellen [85].

Insgesamt zeigte es sich bei der IL-1-Entfernung, dass die Datenlage noch uneinig ist als bei IL-6, IL-8 und IL-10. Während Diab et al. einen signifikant geringeren IL-1 β - und sogar IL-18-Wert in der CytoSorb-Gruppe bei infektiöser Endokarditis sah [81], konnten Heymann et al. dies für IL-1 nicht nachweisen [70]. Bei der

LVAD-Implantation stieg das IL-1 α , IL-8 und TNF- α stark an, was wir bereits beim IL-6 sahen und weder durch den Einsatz des Jafron HA330, noch des CytoSorb gedämpft werden konnte [103]. Es konnten signifikant geringere IL-8-Serumwerte in der CytoSorb-Gruppe [83,86], in der Jafron-HA380-Studiengruppe [85] sowie beim Oxiris-Filter nachgewiesen werden [89]. Jabayeva et al. verzeichneten ebenfalls IL-8-Abfälle in den Adsorber-Gruppen, die in der Jafron-Gruppe jedoch geringer ausfielen als in der CytoSorb-Gruppe [100]. Yang et al. verzeichneten ein geringeres IL-8-Level am ersten postoperativen Tag in der Studiengruppe bei Klappenoperationen unter Verwendung des Jafron HA380 Adsorbers [108]. Heymann et al. widersprechen diesen Aussagen. Sie konnten bei der Verwendung eines CytoSorb-Adsorbers keine Verringerung des IL-8-Levels in der Studiengruppe in den ersten 24 Stunden feststellen [70]. Dies wurde in der Studie von Kuanysbek für die Jafron- und CytoSorb-Adsorber bestätigt [101]. Durch die Senkung von Tumornekrosefaktor- α (TNF- α) als multifunktionalen Signalstoff kann die Ausschüttung weiterer Zytokine ebenfalls verringert werden. Hier zeigte aber weder der Oxiris-Filter [76], noch der Jafron HA330-Adsorber [101,108] und auch in mehreren Studien beim EKZ-Einsatz des CytoSorb-Adsorber [70,77,79,81,101] signifikante Reduktionen von TNF- α . Garau et al. konnten allerdings in der CytoSorb-Hämoabsorbergruppe am Ende der EKZ sowie 6 h postoperativ signifikant geringere Level an TNF- α messen [83]. Einzig Pérez-Fernández et al. konnten bei der Verwendung des Oxiris-Filters an der EKZ eine signifikante Reduktion des TNF- α in der Studiengruppe beobachten [89].

Einfluss auf Enzyme

Yang et al. konnten keinen signifikanten Einfluss des Jafron HA380-Adsorbers bei Herzklappenoperationen auf das CK-MB (Creatinkinase „Muscle-brain type“) nachweisen [108]. Ebenso konnten Pérez Fernandez et al. keinen Einfluss des Oxiris-Adsorbers auf das Troponin I sehen [89].

Thrombozytenaggregationshemmer

Hassan et al. untersuchten Patienten bei Notfallherzoperationen, die unter Ticagrelor- oder Rivaroxaban-Therapie standen und mit einem CytoSorb-Adsorber an der EKZ versorgt wurden. Die Studiengruppe hatte dabei eine signifikante Reduktion der Re-Thorakotomien, an Bluttransfusionsbedarf sowie an Intensiv- und Krankenhausaufenthalt zu verzeichnen [98]. Sie konnten auch zeigen, dass bei Patienten mit Typ-A-Dissektionen unter Rivaroxaban/Ticagrelor-Therapie in der Hämoabsorptions-Gruppe signifikant geringer Thrombozytentransfusionen erfolgten [99]. In einer weiteren Studie konnte die Vermutung, dass Ticagrelor durch den Einsatz eines Adsorber entfernt wird, bestätigt werden. Bei elf Patienten konnte der Ticagrelorspiegel signifikant um 67 % postoperativ verringert werden [149]. In einer Studie von Schmoeckel et al. wird berichtet, dass die intraoperative Verwendung eines Hämoabsorbers zu geringeren intraoperativen Blutungskomplikationen führt, selbst wenn die blutungsfördernden Medikamente nicht vollständig eliminiert wurden [161]. Matejic-Spasic schreibt über den CytoSorb-Adsorber, dass seine Verwendung mit einer Reduzierung der Re-Thorakotomien-Rate,

kürzeren Operationszeiten, geringeren Transfusionsvolumina sowie Thorax-Drainage-Volumina und Krankenhausaufenthaltsdauer einhergeht. Dies bringt er in Zusammenhang mit der Entfernung von Ticagrelor durch den Adsorber-Einsatz an der EKZ [71]. Schultz berichtet in einem Case-Report von seiner Vermutung, dass der Einsatz eines CytoSorb-Hämoabsorber im EKZ-Kreislauf Rivaroxaban effektiv reduziert. Bei einer Patientin unter Rivaroxaban-Langzeitbehandlung mit Mitralklappen-Ersatz konnte weder im intra- noch im postoperativen Verlauf eine übermäßige hämorrhagische Neigung festgestellt werden [138].

Buonocore et al. schreiben von einem Patienten mit Vorhofflimmern, der unter Apixaban-Therapie (24 h präop. abgesetzt) aufgrund einer Aortenklappenendokarditis operiert werden muss. In 288 min EKZ-Zeit mit CytoSorb-Adsorber konnte das Apixaban-Level signifikant gesenkt werden [111].

Frering et al. transplantierten ein Herz unter Apixaban-Therapie. An der EKZ wurde ein CytoSorb-Adsorber eingesetzt. Das Apixaban-Level, welches mittels des Anti-Faktor-Xa-Aktivität-Tests kontrolliert wurde, sank von Level 330 ng/ml auf 57 ng/ml nach EKZ [117].

In mehreren Fall-Berichten wurde über eine signifikante Reduktion des Apixaban-Spiegels berichtet [130,131,151].

Hassan et al. berichteten über Notfallherzoperationen unter Apixaban-Therapie. In der Studiengruppe (CytoSorb) waren die postoperativen Drainageverluste signifikant geringer, obwohl in der Kontrollgruppe vermehrt Desmopressin verabreicht wurde [150]. Holmén et al. verzeichneten einen signifikant geringeren Bedarf für die EK-Transfusion im EKZ-Einsatz bei infektiöser Endokarditis in der CytoSorb-Gruppe [87].

Koster et al. berichteten über einen Patienten zur Herztransplantation. Aufgrund einer Heparin-induzierten Thrombozytopenie (HIT) wird der Patient präoperativ mit Argatroban behandelt und nach Standardprotokoll heparinisiert. Es wurde ein Argatroban-Spiegel von 0,60 μ g/ml festgestellt bei unzureichender Activated Clotting Time (ACT) von 223 s und mikrovaskulären Blutungen. Nach Einsatz eines CytoSorb-Adsorber in die EKZ konnte die Argatroban-Konzentration auf 0,04 μ g/ml gesenkt werden. Die Daten lassen vermuten, dass der Adsorber ein wirksames Instrument für die schnelle extrakorporale Entfernung therapeutischer Konzentrationen von Argatroban ist [122].

Einfluss auf Katecholamine

Saller et al. konnten eine signifikante Senkung des Norepinephrin-Bedarfs in der Studiengruppe (CytoSorb) an 336 Patienten mit EKZ bei Aorten-Operationen mit hypothermen Kreislaufstillstand feststellen [104].

Mehrere Case-Reports beschreiben geringeren Norepinephrin-Bedarf bei der Anwendung von Absorbern in der EKZ [109,113,124,125].

Andere Case-Reports und Studien berichten sogar, dass bei infektiöser Endokarditis mit CytoSorb während der EKZ der intraoperative Katecholaminbedarf steigt, aber postoperativ schnell gesenkt werden konnte [110].

In einer Studie von Hohn et al., mit 38 Patienten, wurde ein signifikant kürzerer Bedarf an Dobutamin bis zum zweiten postoperativen Tag der Adsorbergruppe (CytoSorb) verzeichnet [86]. Manohar et al. sahen eine signifikante Reduzierung des Vasoaktiv-inotropen

Scores (VIS) der Studiengruppe (CytoSorb) [102]. Nemeth et al. untersuchten den CytoSorb-Einsatz bei Herztransplantationen und konnte einen signifikant niedrigeren VIS in der Studiengruppe nachweisen [88]. Dies konnten Sliskovic et al. bei 81 HTX-Patienten nicht bestätigen [106].

In der Meta-Analyse von Becker et al. zeigte sich kein signifikanter Unterschied in der Norepinephrin-Menge zwischen Studiengruppe (CytoSorb) und Kontrollgruppe [64]. Bernardi et al. konnten keine Unterschiede im Bedarf an Katecholaminen beim Adsorbereinsatz bei elektiven Operationen unter Einsatz der EKZ feststellen [79]. Die Dauer des Noradrenalin-Bedarfs in der Herz-/Lungen-Transplantatchirurgie (n = 22) mit EKZ war in der Studiengruppe (CytoSorb) kürzer [145]. Deppe et al. verzeichneten in ihrer Pilotstudie, dass die Patienten in der Studiengruppe (CytoSorb, ACVB) eine kürzere, nicht signifikante Katecholamindosis benötigen würden [146].

Freiburger et al. beziehen sich auf eine Studie von Pausch et al. (n = 40), die besagt, dass der Einsatz des CytoSorb-Adsorbers bei LVAD-Implantationen nicht mit einer reduzierten benötigten Vasopressorendosis oder Laktat-Clearance einhergeht [66,170].

Haidari et al. berichten, dass für die intraoperative Nutzung eines CytoSorb-Adsorbers bei infektiöser Endokarditis sich postoperativ signifikant geringerer Vasopressoren- und Inotropikabedarf (insgesamt n = 130) zeigte [148].

Hawchar et al. bezogen sich auf Mehta et al. und konnten keinen geringeren Vasopressoren-Bedarf in der Studiengruppe (CytoSorb) aufzeigen. 24 h postoperativ gab es in der Hämoadsorptions-Gruppe allerdings einen signifikant geringeren Bedarf an Vasopressoren [68,171]. Spatola et al. beziehen sich ebenfalls auf Mehta et al. Die Hämoadsorptionsgruppe verzeichnet auch geringere IL-6- und Procalcitonin-Werte. Es wird eine bessere Organfunktion und schnellere Genesung festgestellt, die sich äußerten in einem geringerem Katecholaminbedarf, weniger maschinelle Beatmung und kürzeren ICU-Aufenthalten [73,171].

Holmén et al. und Kühne et al. sahen bei der Behandlung infektiöser Endokarditis-Operationen einen niedrigeren, aber nicht signifikanten Unterschied in der Studiengruppe mit Adsorber [87,142].

Nemeth et al. konnten bei Herztransplantationen (n = 84), unter Verwendung des CytoSorb-Adsorbers intraoperativ keinen unterschiedlichen Noradrenalin-Bedarf feststellen [158]. Die Gesamtdosis an Norepinephrin war zwischen der Studiengruppe (Oxiris) und der Kontrollgruppe vergleichbar (Abou-Arab et al., 2025). Garau et al. stellten eine signifikante Erhöhung des CI in der Studiengruppe (CytoSorb) fest. [83].

Die Studiengruppe (Jafron HA380) hatte einen geringeren Vasopressorenbedarf im Verlauf und war auf kürzere maschinelle Beatmungszeiten angewiesen. Somit kann man schlussfolgern (in Kombination mit dem Fakt, dass der Jafron-Adsorber signifikant die IL-6-Level reduziert hat), dass die Jafron HA380-Hämooperationskartusche effektiv SIRS reduzieren und das postoperative Outcome des Patienten verbessern kann [36,85].

Einfluss auf Biomarker

Bezogen auf das Procalcitonin (PCT) hatte der Einsatz des CytoSorb-Adsorbers in der EKZ keinen Einfluss [70,81,83]. Bei infektiöser Endokarditis hatte die intraoperative Hämoadsorptionsgruppe eine schnellere postoperative Normalisierung des PCT als die Kontrollgruppe ohne Intervention [96,142,158].

Nemeth et al. widersprechen der Aussage und konnten ein signifikant geringeres PCT-Level in der Interventionsgruppe sehen [88]. Auch Pace Napoleone et al. konnten intraoperativ das PCT reduzieren, was aber postoperativ wieder anstieg [135].

Die Verwendung des CytoSorb-Adsorbers hatte keinen Einfluss auf das C-reaktive Protein (CRP) [9,70,79,81,86,86 – 88,158].

Demgegenüber konnten Kuanyshbek et al. in den Adsorber-Gruppen (Jafron, CytoSorb) signifikant geringere CRP-Werte gegenüber der Kontrollgruppe nachweisen [101]. Auch Wang et al. konnten bei Typ-A-Dissektion und unter Einsatz des Jafron HA380-Adsorbers direkt postoperativ signifikant geringere CRP-Werte nachweisen [107].

Gong et al. beziehen sich in ihrer Studie auf Kalisnik et al. und erwähnen, dass der Hämoadsorber (CytoSorb) einen signifikanten Beitrag zur Reduzierung der postoperativen Sepsis und der damit verbundenen Mortalität geleistet hat. Außerdem wurde in der Studie festgestellt, dass die CytoSorb-Behandlung zu einem niedrigeren CRP-Wert 24 Stunden postoperativ geführt hat [67,172].

Durch den CytoSorb-Einsatz an der EKZ konnte eine signifikante Reduktion der Komplementfaktoren C3a und C5a festgestellt werden [84].

Einfluss auf die Leukozyten

Born et al. konnten postoperativ sowohl in der Studiengruppe als auch in der Kontrollgruppe eine Leukozytose nachweisen. Allerdings zeigten Patienten der Studiengruppe einen schnellen Abfall der Leukozyten, wohingegen die Kontrollgruppe in der Leukozytose verweilt [9].

Gong et al. erwähnen aus der Studie von Kalisnik et al. eine geringere Leukozytenzahl am 2. Tag postoperativ und einen geringeren Bedarf an Bluttransfusionen im postoperativen Verlauf [67,172]. Zhigalov et al. verzeichneten einen signifikanten Anstieg der Leukozytenzahl während der LVAD-Implantation, wo auch die Interventionsgruppe nichts entgegen setzen konnte [75].

Mortalität

Der Endpunkt „Tod“ ist der relevanteste und muss daher am genauesten betrachtet werden. Hierzu wurden mehrere Studien zusammengefasst, die keinen signifikanten Unterschied in der Behandlung mit und ohne Adsorber finden konnten [64,76,88,144]. Auch bei der Implantation von LVAD, wie auch bei 22 Herztransplantationen, konnten keine signifikanten Unterschiede in der Mortalität zwischen Hämoadsorber-(CytoSorb) und Kontrollgruppe nachgewiesen werden [66,145].

Dutta et al. zeigten in einer Meta-Analyse über infektiöse Endokarditis eine 42 % geringere Sterblichkeit bei CytoSorb, die aber keine Signifikanz aufwies [65].

Die Hämoadsorptionsgruppe (CytoSorb-Adsorber) zeigt eine statistisch signifikant niedrigere Mortalität für die Sepsis-bezogene Mortalität [96,97,148].

Jabayeva et al. konnten sowohl beim CytoSorb- wie auch beim Jafron HA330-Adsorber keine Unterschiede in der Mortalität sehen (Jabayeva et al., 2024).

Die Studiengruppe mit Adsorber von CytoSorb verzeichnete eine 26 %, nicht signifikante, höhere Krankenhausmortalität bei LVAD-Implantation [75].

Heymann et al. assoziierten den Einsatz des CytoSorb-Adsorber bei kritisch kranken Patienten mit einer höheren Mortalität. Allerdings wiesen sie auf erhebliche Unsicherheit in den Daten der Meta-Analyse, sowie einiger Interessenkonflikte hin und empfehlen das Device gezielter einzusetzen und weitere unabhängige Daten zu generieren [69,70].

Manohar et al. konnten in der Studiengruppe (CytoSorb) eine signifikant geringere Mortalität nachweisen [102].

Limitation

Es bestanden keine Limitationen in den Zugriffsrechten der einzelnen Datenbanken.

Schlussfolgerung

Hämoadsorptionsverfahren haben besonders in den letzten zehn Jahren einen technologischen Fortschritt erlebt. Die vier vorgestellten Adsorber sind valide Verfahren, die während des kardio-pulmonalen Bypasses in europäischen herzchirurgischen Abteilungen Anwendung finden können. Die Studienlage ist durchwachsen, wünschenswert wären weitaus mehr klinische Studien, insbesondere mit deutlich größeren Studienpopulationen. Auch mehr Vergleiche zur Verwendung zwischen verschiedenen Zeitpunkten (intra- und/oder postoperativ) oder zwischen verschiedenen Patienten-BMI-Gruppen wären klinische Studien wert. Insbesondere die Verwendung von den Devices bei der Implantation von LVAD sollte endgültig und valide geklärt werden. Selbstverständlich lassen sich Hämoadsorber nicht nur in Kombination mit der extrakorporalen Zirkulation an der Herz-Lungen-Maschine, sondern mit weitaus mehr Verfahren anwenden. In der kardiochirurgischen Intensivmedizin ist dabei beispielsweise die Anwendung in Kombination mit ECMO noch relevant. Hierzu gibt es ebenfalls eine Vielzahl an Studien [173 – 175], durch die sich neue Forschungsfragen und andere Themenschwerpunkte ergeben. Hämoadsorber werden auch auf der Intensivstation als Therapie bei einer Vielzahl von Krankheiten angewendet (Covid-19, in Kombination mit CRRT bei Nierenschädigung, verschiedene Infektionen, nach Verbrennungen, bei Transplantationen etc. [176 – 179]). Weiteres Forschungspotential zeigt sich in der Verwendung der Adsorber bei Kindern. Eigentlich wird der Einsatz bei allen Adsorbern nur für Erwachsene empfohlen, dennoch gibt es Case Reports über die erfolgreiche Implementation in die EKZ bei Kindern [135,141]. Bezogen auf die Fragestellung des Einsatzes eines Absorbers während der EKZ konnte gezeigt werden, wo die Pro- und Contrapunkte bei den einzelnen Devices liegen. Weiterführende Studien differenzierter Art wären hilfreich, um die Empfehlungen weiter zu validieren.

Interessenkonflikte

Es bestehen keine konkurrierenden Interessen oder externe Finanzierungen.

Danksagung

Herzliches Dankeschön an PD. Dr. Frank Münch ECCP und Prof. Dr. Sven Maier ECCP, nicht nur für die exzellente fachlich und zeitlich umfassende Betreuung, sondern auch für den ausführlichen Einblick in das für mich bisher weitgehend unbekannte Gebiet des wissenschaftlichen Arbeitens sowie die Bereitstellung des

Themas. Bei Hr. Zsifkovits und Hr. Fuchs von der MEDOVIS Healthcare GmbH in Frauental, Österreich, möchte ich mich für die vielseitige und zügige Informationsbereitstellung zu ihren Produkten bedanken. Natürlich möchte ich mich auch bei meinem Freund für die mentale Unterstützung und das Korrekturlesen der Bachelorthesis bedanken.

Literatur

1. Barbu M, Hjärpe A, Martinsson A, Dellgren G, Ricksten SE, Lannemyr L, u. a. Cardiopulmonary bypass management and acute kidney injury in cardiac surgery patients. *Acta Anaesthesiol Scand*. März 2024; 68(3): 328 – 36.
2. Ismail A, Semien G, Sharma S, Collier SA, Miskolczy SY. Cardiopulmonary Bypass. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 [zitiert 18. Januar 2025]. Verfügbar unter: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482190/>
3. Schmid C, Philipp A. Leitfaden Extrakorporale Zirkulation. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2011. 1 S.
4. Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften. Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache. 2024. Zytokinsturm. Verfügbar unter: <https://www.dwds.de/wb/Zytokinsturm>
5. Haas I, Antwerpes F, Fink B, Reissmann F. DocCheck Flexikon. 2021. Zytokinsturm. Verfügbar unter: https://flexikon.doccheck.com/de/Zytokinsturm?utm_source=www.doccheck.com&utm_medium=DC%2520Search&utm_campaign=DC%2520Search%2520content_type%253Aall&utm_content=DC%2520Search%2520zytokinsturm
6. Hübner J, Simon A, Haas N, Schirmer R. Deutsche Gesellschaft für Pädiatrische Infektiologie e.V. 2020 [zitiert 26. August 2025]. Hyperinflammationssyndrom im Zusammenhang mit COVID-19. Verfügbar unter: <https://dgpi.de/stellungnahme-dgpi-dgpk-hyperinflammationssyndrom-covid-19/>
7. HarperCollins Publishers. Collins English Dictionary. [zitiert 8. April 2025]. hyperinflammation. Verfügbar unter: <https://www.collinsdictionary.com/de/worterbuch/englisch/hyperinflammation>
8. Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte. 2007. Was versteht man unter SIRS - Systemisches inflammatorisches Response-Syndrom? (ICD-10-GM Nr. 1007). Verfügbar unter: <https://www.bfarm.de/DE/Kodiersysteme/Services/Kodierfragen/ICD-10-GM/Spezielle-Kodierfragen/icd-10-gm-1007.html>
9. Born F, Pichlmaier M, Peterß S, Khaladj N, Hagl C. Systemic Inflammatory Response Syndrome in der Herzchirurgie: Neue Therapiemöglichkeiten durch den Einsatz eines Zytokin-Adsorbers während EKZ? Kardiotechnik [Internet]. 2014 [zitiert 14. April 2025];(2/2014). Verfügbar unter: <https://perfusionologie.de/wp-content/uploads/2025/01/KARDIOTECHNIK-Ausgabe-2014-2-Born.pdf>
10. Silbernagl S, Lang F, Gay R, Rothenburger A. Entzündung. In: Taschenatlas Pathophysiologie. 6., vollständig überarbeitete Auflage. Stuttgart New York: Georg Thieme Verlag; 2020. S. 64 – 7. (Thieme eRef).
11. Walter M, Ulrich C, Haupt B, Kutschka I, Asch S. Review: Klinischer Nutzen von CytoSorb Hämoadsorption in der Herzchirurgie. Kardiotechnik [Internet]. 2020 [zitiert 11. März 2025]; Verfügbar unter: <https://perfusionologie.de/wp-content/uploads/2025/01/Walter.pdf>
12. Walter de Gruyter GmbH. Pschyrembel Online. 2018. Plättchenaktivierender Faktor (PAF). Verfügbar unter: <https://www.pschyrembel.de/plaettchenaktivierender%20faktor/K0G51/doc/>
13. Aertsen A, Aguzzi A, Baier H, Bartels M, Becker A, Born J. Spektrum.de. [zitiert 8. April 2025]. Prostaglandine. Verfügbar unter: <https://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/prostaglandine/10359>
14. Walter de Gruyter GmbH. Pschyrembel Online. 2020. Prostaglandine (PG). Verfügbar unter: <https://www.pschyrembel.de/prostaglandine/K0HT/doc/>
15. Altmeyer P. Altmeyers Enzyklopädie. 2024. Leukotriene. Verfügbar unter: <https://www.altmeyers.org/de/allergologie/leukotriene-15476>
16. Leyrer R, Antwerpes F, Meiners J, Springer F, van Krimpen J, Freyer T, u. a. DocCheck Flexikon. 2023. Zytokin. Verfügbar unter: <https://flexikon.doccheck.com/de/Zytokin>
17. Deutsches Zentrum für Infektionsforschung e.V. Deutsche Zentren der Gesundheitsforschung. [zitiert 18. Januar 2025]. Zytokine. Verfügbar unter: <https://www.dzif.de/de/glossar/zytokine#:~:text=Zytokine%20sind%20kleine%20Proteine%2C%20die,und%20Kommunikation%20zwischen%20Zellen%20beeinflussen.>
18. Feuchtenberger M, Kneitz C, Tony HP. Zytokine. *Z Für Rheumatol*. Juli 2007; 66(4): 297 – 303.
19. Heyl S. Gesundheitsindustrie BW. 2023. Teufelskreis der Hyperinflammation. Verfügbar unter: <https://www.gesundheitsindustrie-bw.de/fachbeitrag/aktuell/teufelskreis-der-hyperinflammation>
20. Deutsche Sepsis-Gesellschaft e.V., Herausgeber. Kurzfassung der S3-Leitlinie: Sepsis-Prävention, Diagnose, Therapie und Nachsorge – Update 2025 [Internet]. 2025 [zitiert 6. August 2025]. Verfügbar unter: https://register.awmf.org/assets/guidelines/079-001k_S3_Sepsis-Praevention-Diagnose-Therapie-Nachsorge_2025-07.pdf
21. Antwerpes F, Reh F, Knopf J, Walter F, Schlieper D, Kropf E, u. a. DocCheck Flexikon. 2025 [zitiert 6. August 2025]. SOFA-Score. Verfügbar unter: <https://flexikon.doccheck.com/de/SOFA-Score>
22. Briegel J. Systemic Inflammatory Response-Syndrom (SIRS), Sepsis und Multiorganversagen. In: Rossaint R, Werner C, Zwißler B, Herausgeber. Die Anästhesiologie [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2019 [zitiert 8. April 2025]. S. 2143 – 61. (Springer Reference Medizin). Verfügbar unter: https://link.springer.com/10.1007/978-3-662-54507-2_142

23. Faix JD. Biomarkers of sepsis. *Crit Rev Clin Lab Sci.* Januar 2013; 50(1): 23 – 36.
24. Landis RC, Brown JR, Fitzgerald D, Likosky DS, Shore-Lesserson L, Baker RA, u. a. Attenuating the Systemic Inflammatory Response to Adult Cardiopulmonary Bypass: A Critical Review of the Evidence Base. *J Extra Corpor Technol.* September 2014; 46(3): 197 – 211.
25. Münch F, Purbojo A, Cesnjevar R, Teske A. Update Hämofiltration und Hämo-perfusion. *Kardio-technik.* 2019; 28: 26 – 36.
26. Schwabenland I. Vergleichende Untersuchungen konventioneller und minimierter extrakorporaler Zirkulation bei aorto-koronaren Bypassoperationen: Beeinflussung der perioperativen Inflammation [Internet]. [München]: Ludwig-Maximilians-Universität München; 2006 [zitiert 25. Juli 2025]. Verfügbar unter: <https://edoc.ub.uni-muenchen.de/id/eprint/5329>
27. Grünenfelder J, Zünd G, Schoeberlein A, Maly FE, Schurr U, Guntli S, u. a. Modified ultrafiltration lowers adhesion molecule and cytokine levels after cardiopulmonary bypass without clinical relevance in adults. *Eur J Cardiothorac Surg.* Januar 2000; 17(1): 77 – 83.
28. Münch F. Special Aspects of Hemofiltration and Hemoperfusion. In: Tschaut RJ, Herausgeber. *Extracorporeal circulation in Theory and Practice.* Lengerich, Germany: Pabst Science Publishers; 2020. S. 451 – 66.
29. Baumbach H. *Handbuch Extrakorporale Organunterstützung.* 1. Auflage. Geldner G, Alscher MD, Herausgeber. München: Elsevier; 2019. 1 S. (German Medical Collection).
30. Schiestel S. Reichelt Chemietechnik GmbH + Co. [zitiert 25. Juli 2025]. Der Unterschied zwischen Adsorption und Absorption. Verfügbar unter: <https://www.rct-online.de/magazin/der-unterschied-zwischen-adsorption-und-absorption/>
31. Halter J, Steinberg J, Fink G, Lutz C, Picone A, Maybury R, u. a. Evidence of systemic cytokine release in patients undergoing cardiopulmonary bypass. *J Extra Corpor Technol.* September 2005; 37(3): 272 – 7.
32. Hirai S. Systemic inflammatory response syndrome after cardiac surgery under cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Cardiovasc Surg Off J Assoc Thorac Cardiovasc Surg Asia.* Dezember 2003; 9(6): 365 – 70.
33. Khabar KSA, Elbarbary MA, Khouqer F, Devol E, Al-Gain S, Al-Halees Z. Circulating Endotoxin and Cytokines after Cardiopulmonary Bypass: Differential Correlation with Duration of Bypass and Systemic Inflammatory Response/Multiple Organ Dysfunction Syndromes. *Clin Immunol Immunopathol.* Oktober 1997; 85(1): 97 – 103.
34. Sablotzki A, Friedrich I, Mühling J, Dehne MG, Spillner J, Silber RE, u. a. The systemic inflammatory response syndrome following cardiac surgery: different expression of proinflammatory cytokines and procalcitonin in patients with and without multiorgan dysfunctions. *Perfusion.* März 2002; 17(2): 103 – 9.
35. CytoSorbents Europe GmbH. CytoSorbents. 2023 [zitiert 9. Januar 2025]. CytoSorb Guide. Practice Manual. Verfügbar unter: <https://downloads.cytosorbents.com/CytoSorbGuide-English-B1031R10ENG2023-WEB.pdf>
36. Li Y, Han M, Yang M, Su B. Hemoperfusion with the HA330/HA380 Cartridge in Intensive Care Settings: A State-Of-The-Art Review. *Blood Purif.* 21. November 2024; 1 – 16.
37. CytoSorbents. CytoSorbents. 2024 [zitiert 30. Januar 2025]. Investor Relations. FDA Accepts DrugSorb-ATR De Novo Application to Reduce the Severity of CABG-Related. Verfügbar unter: <https://ir.cytosorbents.com/pressrelease/fda-accepts-drugsorb-atr-de-novo-application-reduce-severity/>
38. Jafron Biomedical Co. Jafron. [zitiert 9. Januar 2025]. About JAFRON. Our Technology. Verfügbar unter: https://www.jafroninternational.com/our_technology
39. Pomarè Montin D, Ankawi G, Lorenzin A, Neri M, Caprara C, Ronco C. Biocompatibility and Cytotoxic Evaluation of New Sorbent Cartridges for Blood Hemoperfusion. *Blood Purif.* 2018; 46(3): 187 – 95.
40. MEDOVIS Healthcare GmbH. Jafron HA380 Einweg-Hämo-perfusionspatrone. MEDOVIS Healthcare GmbH; 2024.
41. Fiedler MQ, Nußbag C. Hämo-adsorption durch supportive Etablierung eines Oxiris® Filters im septischen Schock bei Verdacht auf Zytokinausschüttungssyndrom – eine randomisiert kontrollierte Interventionsstudie. 2021.
42. Baxter HealthCare. Baxter. 2020 [zitiert 9. Januar 2025]. OXIRIS Set. Verfügbar unter: https://usrenalacute.baxter.com/sites/g/files/ebysai3231/files/2020-09/Oxiris_Spec_Sheet.pdf
43. Baxter International Inc. Baxter launches first 3-in-1 set for use in continuous renal replacement therapy and sepsis management protocols. 2017.
44. Baxter. IFU Insert. oXiris. 2019.
45. Foshan Biosun Medical Technology Co. Biosun. 2016 [zitiert 9. Januar 2025]. Treatment Guidelines. Verfügbar unter: <https://www.orientamajaya.com/wp-content/uploads/2016/09/MG-SERIES-HEMOPERFUSION-CARTRIDGE-TREATMENT-GUIDELINES1.pdf>
46. Krenn CG, Steltzer H. Hämo-adsorption zur Blutreinigung – Unvergleichbarkeit der klinisch angebotenen Verfahren. *Med Klin - Intensivmed Notfallmedizin.* Juni 2021; 116(5): 449 – 53.
47. CytoSorbents Europe GmbH. CytoSorbents. 2025. Our Solutions. Verfügbar unter: <https://cytosorbents.com/our-solutions/>
48. CytoSorbents Europe GmbH. CytoSorbents. 2024 [zitiert 15. April 2025]. CytoSorb® - Expanding the dimension of blood purification. Verfügbar unter: https://downloads.cytosorbents.com/240717_ProductBrochure-English-B1187R05ENG2024_8-Seiter_WEB%202.pdf
49. CytoSorbents Europe GmbH. CytoSorbents. 2019. CytoSorb-Therapie. Indikationen und Kurzanleitungen.
50. Jafron Biomedical Co. Jafron. [zitiert 16. April 2025]. About Jafron. Company Profile. Verfügbar unter: https://www.jafroninternational.com/company_profile
51. Baxter Deutschland GmbH. Baxter. 2025. Baxter. Impressum. Verfügbar unter: <https://www.baxter.de/de/impressum>
52. Baxter HealthCare Corporation. Baxter. 2025. Baxter. Verfügbar unter: <https://www.baxter.com/>
53. Vantive. Vantive. 2025. Oxiris Set. Verfügbar unter: <https://pro.vantive.com/oxiris-set>
54. Kobayashi S, Ohtake T. The Characteristics of Dialysis Membranes: Benefits of the AN69 Membrane in Hemodialysis Patients. *J Clin Med.* 31. Januar 2023; 12(3): 1123.
55. Monard C, Rimmelé T, Ronco C. Extracorporeal Blood Purification Therapies for Sepsis. *Blood Purif.* 2019; 47(Suppl. 3): 2 – 15.
56. Foshan Biosun Medical Technology Co. BIOSKY. [zitiert 9. Januar 2025]. Disposable hemoperfusion cartridge. Verfügbar unter: https://en.biosunmed.com/products_detail/948989940561080320.html
57. Foshan Biosun Medical Technology Co. BIOSKY. [zitiert 23. April 2025]. BIOSKY. The innovation for life. Verfügbar unter: <https://en.biosunmed.com/>
58. Riley RD, Moons KGM, Snell KIE, Ensor J, Hooft L, Altman DG, u. a. A guide to systematic review and meta-analysis of prognostic factor studies. *BMJ.* 30. Januar 2019; k4597.
59. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, u. a. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ.* 29. März 2021; n71.
60. Berger A, Gasteli M, Huber J. Bibliothek der Universität Zürich. 2023 [zitiert 23. Januar 2025]. Datenbanken. Verfügbar unter: <https://www.ub.uzh.ch/de/unterstuetzung-erhalten/fachliche-unterstuetzung/medizin/datenbanken.html>
61. Corporation for Digital Scholarship. zotero. 2025 [zitiert 6. August 2025]. Zotero. Your personal research assistant. Verfügbar unter: <https://www.zotero.org>
62. CytoSorbents Europe GmbH. CytoSorbents. 2025 [zitiert 6. August 2025]. Literatur Datenbank. Verfügbar unter: <https://cytosorbents.com/lit-db/>
63. Jafron Biomedical Co. Jafron. [zitiert 6. August 2025]. Medical Center. Verfügbar unter: <https://www.jafroninternational.com/index.php?c=category&id=69>
64. Becker S, Lang H, Vollmer Barbosa C, Tian Z, Melk A, Schmidt BMW. Efficacy of CytoSorb®: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care.* 31. Mai 2023; 27(1): 215.
65. Dutta P, Ganduboina R, Muderrisoglu C, Obulareddy ACR, Palagati K, Aredy VR, u. a. Hemoadsorption use in adult cardiac surgery for infective endocarditis: A comprehensive meta-analysis. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 28. März 2025; 02184923251328119.
66. Freiburger S, Caldonazo T, Tasoudis P, Färber G, Schulze PC, Franz M, u. a. Hemoadsorption in Heart Failure Requiring Mechanical Circulatory Support—A Systematic Review and Meta-Analysis. *Rev Cardiovasc Med.* 5. Mai 2023; 24(5): 137.
67. Gong A, Li Y, Yang M, Wang S, Su B. A Contemporary Review of the Use of Extracorporeal CytoSorb® Hemoadsorption Therapy in Patients with Infective Endocarditis. *J Clin Med.* 29. Januar 2024; 13(3): 763.
68. Hawchar F, Rao C, Akil A, Mehta Y, Rugg C, Scheier J, u. a. The Potential Role of Extracorporeal Cytokine Removal in Hemodynamic Stabilization in Hyperinflammatory Shock. *Biomedicines.* 1. Juli 2021; 9(7): 768.
69. Heymann M, Schorer R, Putzu A. Mortality and adverse events of hemoadsorption with CytoSorb® in critically ill patients: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Acta Anaesthesiol Scand.* Oktober 2022; 66(9): 1037 – 50.
70. Heymann M, Schorer R, Putzu A. The Effect of CytoSorb on Inflammatory Markers in Critically Ill Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials*. *Crit Care Med.* Dezember 2023; 51(12): 1659 – 73.
71. Matejic-Spasic M, Hassan K, Thielmann M, Geidel S, Storey RF, Schmoedel M, u. a. Management of perioperative bleeding risk in patients on antithrombotic medications undergoing cardiac surgery—a systematic review. *J Thorac Dis.* August 2022; 14(8): 3030 – 44.
72. Ng Yin Ling C, Umakumar K, Moss L, Stock UA, Raja SG, De Waal EEC, u. a. Cytosorb® haemo-adsorption: a potential game changer for patients needing myocardial surgical revascularisation. *Vessel Plus.* 2022; 6:6.
73. Spatola L, Granata A, D'Amico M, Oddo G, Gambaro A. Hemadsorption with CytoSorb®: focus on the latest experiences in cardiac surgery patients. *J Artif Organs [Internet].* 21. Dezember 2024 [zitiert 12. Mai 2025]; Verfügbar unter: <https://link.springer.com/10.1007/s10047-024-01485-5>
74. Thielmann M, Dohle DS, Czerny M, Bonaros N, Wendt D, Folliguet T, u. a. Haemo-adsorption in infective endocarditis: a systematic review. *Indian J Thorac Cardiovasc Surg.* Mai 2024; 40(5): 69 – 77.
75. Zhigalov K, Van Den Eynde J, Zubarevich A, Chrosch T, Goerd L, Arjomandi Rad A, u. a. Initial experience with CytoSorb therapy in patients receiving left ventricular assist devices. *Artif Organs.* Januar 2022; 46(1): 95 – 105.
76. Abou-Arab O, Huette P, Ibrahim A, Beyls C, Bayat G, Guilbart M, u. a. Cytokine Hemoadsorption versus Standard Care in Cardiac Surgery Using the Oxiris Membrane: The OXICARD Single-center Randomized Trial. *Anesthesiology.* 1. Mai 2025; 142(5): 874 – 84.
77. Asch S, Kaufmann TP, Walter M, Leistner M, Danner BC, Perl T, u. a. The effect of perioperative hemoadsorption in patients operated for acute infective endocarditis—A randomized controlled study. *Artif Organs.* November 2021; 45(11): 1328 – 37.
78. Bao Y, Wang X, Zi Y, Qian X, Li Y, Li S, u. a. Hemoadsorption during cardiopulmonary bypass to absorb plasma-free hemoglobin in patients with acute type a aortic dissection: a randomized controlled trial. *Perfusion.* 2024; 2676591241305276.
79. Bernardi MH, Rinoesl H, Dragosits K, Ristl R, Hoffelner F, Opfermann P, u. a. Effect of hemoadsorption during cardiopulmonary bypass surgery – a blinded, randomized, controlled pilot study using a novel adsorbent. *Crit Care.* Dezember 2016; 20(1): 96.
80. Condello I, Morvillo JB, Fiore F, Teora V, Nasso G, Speciale G. Hemadsorption to Contain Post-operative Cell-Free Hemoglobin and Haptoglobin Preservation for Extended Cardiopulmonary Bypass Time in Cardiac Surgery for Acute Kidney Injuries Prevention. *Braz J Cardiovasc Surg [Internet].* 2024 [zitiert 28. April 2025]; 39(3). Verfügbar unter: <https://cdn.publisher.gn1.link/bjcv.org/pdf/0102-7638-rtbvc-39-03-e20230272.pdf>
81. Diab M, Lehmann T, Bothe W, Akhyari P, Platzer S, Wendt D, u. a. Cytokine Hemoadsorption During Cardiac Surgery Versus Standard Surgical Care for Infective Endocarditis (REMOVE): Results From a Multicenter Randomized Controlled Trial. *Circulation.* 29. März 2022; 145(13): 959 – 68.
82. Diab M, Franz M, Hamadanshi A, Maschke A, Faerber G, Doenst T. Infektiöse Endokarditis: Die Rolle von Entzündungsmediatoren und Komorbiditäten. *Z Für Herz-Thorax- Gefäßchirurgie.* Oktober 2023; 37(5): 241 – 6.
83. Garau I, März A, Sehner S, Reuter DA, Reichensperner H, Zöllner C, u. a. Hemadsorption during cardiopulmonary bypass reduces interleukin 8 and tumor necrosis factor α serum levels in cardiac surgery: a randomized controlled trial. *Minerva Anesthesiol.* Juli 2019; 85(7): 715 – 23.
84. Gleason TG, Argenziano M, Bavaria JE, Kane LC, Coselli JS, Engelman RM, u. a. Hemoadsorption to Reduce Plasma-Free Hemoglobin During Cardiac Surgery: Results of REFRESH I Pilot Study. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2019; 31(4): 783 – 93.

85. He Z, Lu H, Jian X, Li G, Xiao D, Meng Q, u. a. The Efficacy of Resin Hemoperfusion Cartridge on Inflammatory Responses during Adult Cardiopulmonary Bypass. *Blood Purif.* 2022; 51(1): 31 – 7.
86. Hohn A, Malewicz-Oeck NM, Buchwald D, Annecke T, Zahn PK, Baumann A. Removal of cytokines during Cardiac surgery (RECCAS): a randomised controlled trial. *Crit Care Lond Engl.* 12. Dezember 2024; 28(1): 406.
87. Holmén A, Corderfeldt A, Lannemyr L, Dellgren G, Hansson EC. Whole Blood Adsorber During CPB and Need for Vasoactive Treatment After Valve Surgery in Acute Endocarditis: A Randomized Controlled Study. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* August 2022; 36(8 Pt B): 3015 – 20.
88. Nemeth E, Soltesz A, Kovacs E, Szakal-Toth Z, Tamaska E, Katona H, u. a. Use of intraoperative haemoadsorption in patients undergoing heart transplantation: a proof-of-concept randomized trial. *ESC Heart Fail.* 2024; 11(2): 772 – 782.
89. Pérez-Fernández X, Ulsamer A, Cámara-Rosell M, Sbraga F, Boza-Hernández E, Moret-Ruiz E, u. a. Extracorporeal Blood Purification and Acute Kidney Injury in Cardiac Surgery: The SIRAKIO2 Randomized Clinical Trial. *JAMA.* 5. November 2024; 332(17): 1446.
90. Poli EC, Alberio L, Bauer-Doerries A, Maruccci C, Roumy A, Kirsch M, u. a. Cytokine clearance with CytoSorb® during cardiac surgery: a pilot randomized controlled trial. *Crit Care.* Dezember 2019; 23(1): 108.
91. Taleska Stupica G, Sostaric M, Bozhinovska M, Rupert L, Bosnic Z, Jerin A, u. a. Extracorporeal Hemoadsorption versus Glucocorticoids during Cardiopulmonary Bypass: A Prospective, Randomized, Controlled Trial. *Cardiovasc Ther.* 2020;2020:7834 173.
92. Wagner R, Soucek P, Ondrasek J, Filip P, Sterba J, Spacilova H, u. a. Plasma Levels of Myocardial MicroRNA-133a Increase by Intraoperative Cytokine Hemoadsorption in the Complex Cardiovascular Operation. *J Clin Med Res.* 2019; 11(12): 789 – 97.
93. Doukas P, Hellfritsch G, Wendt D, Magliani M, Barbati ME, Jalaie H, u. a. Intraoperative Hemoadsorption (CytosorbTM) during Open Thoracoabdominal Aortic Repair: A Pilot Randomized Controlled Trial. *J Clin Med.* 9. Januar 2023; 12(2): 546.
94. Datzmann T. Neue Behandlungen im Spannungsfeld zwischen Medizinethik und Medizinökonomie am Beispiel der Cytosorb®-Behandlung. Datzmann T Sausmann Reinelt H Träg K Neue Behandl Im Spannungsfeld Zwischen Med Med Am Beisp Cytosorb®-Behandl. 10. Mai 2021; (5–2021): 193 – 8.
95. Geisler D, Arleth N, Grabenwöger J, Arnold Z, Aschacher T, Winkler B, u. a. Impact of CytoSorb® on interleukin-6 in cardiac surgery. *Front Cardiovasc Med.* 30. August 2023; 10:1166093.
96. Haidari Z, Wendt D, Thielmann M, Mackowiak M, Neuhäuser M, Jakob H, u. a. Intraoperative Hemoadsorption in Patients With Native Mitral Valve Infective Endocarditis. *Ann Thorac Surg.* 2020; 110(3): 890 – 896.
97. Haidari Z, Demircioglu E, Boss K, Tyczynski B, Thielmann M, Schmack B, u. a. Intraoperative hemoadsorption in high-risk patients with infective endocarditis. *Careddu L, Herausgeber. PLOS ONE.* 28. Juli 2022; 17(7): e0266820.
98. Hassan K, Kannmacher J, Wohlmuth P, Budde U, Schmoedel M, Geidel S. Cytosorb Adsorption During Emergency Cardiac Operations in Patients at High Risk of Bleeding. *Ann Thorac Surg.* Juli 2019; 108(1): 45 – 51.
99. Hassan K, Brünig T, Caspary M, Wohlmuth P, Pioch H, Schmoedel M, u. a. Hemoadsorption of Rivaroxaban and Ticagrelor during Acute Type A Aortic Dissection Operations. *Ann Thorac Cardiovasc Surg Off J Assoc Thorac Cardiovasc Surg Asia.* 20. Juni 2022;28(3):186 – 92.
100. Jabayeva N, Bekishev B, Lesbekov T, Nurmykhametova Z, Kaliyev R, Faizov L, u. a. Impact of extracorporeal haemoadsorption during prolonged cardiopulmonary bypass on the incidence of acute kidney injury. *J Extra Corpor Technol.* Juni 2024; 56(2): 45 – 54.
101. Kuanyshbek A, Lesbekov T, Bekishev B, Kaliev R, Jabayeva N, Faizov L. Hemadsorption in infectious endocarditis requiring open heart surgery. *Clin Exp Surg.* 2023; 11(3):116 – 125.
102. Manohar M, Jawali V, Neginahal S, Gt S, Muniraj G, Chakravarthy M. Hemoadsorption in Complex Cardiac Surgery—A Single Center Experience. *J Clin Med.* 27. November 2022; 11(23): 7005.
103. Nurmykhametova Z, Lesbekov T, Kaliyev R, Bekishev B, Jabayeva N, Novikova S, u. a. Preliminary report of extracorporeal blood purification therapy in patients receiving LVAD: Cytosorb or Jafron HA330. *J Extra Corpor Technol.* März 2024; 56(1): 10 – 5.
104. Saller T, Hagl C, Woitsch S, Li Y, Niedermayer S, Born F, u. a. Haemadsorption improves intraoperative haemodynamics and metabolic changes during aortic surgery with hypothermic circulatory arrest. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1. Oktober 2019; 56(4): 731 – 7.
105. Santer D, Miazza J, Koehlin L, Gahl B, Rrahmani B, Hollinger A, u. a. Hemoadsorption during Cardiopulmonary Bypass in Patients with Endocarditis Undergoing Valve Surgery: A Retrospective Single-Center Study. *J Clin Med.* 3. Februar 2021; 10(4): 564.
106. Sliskovic N, Sestan G, Gjorgjevska S, Baric D, Unic D, Varodic J, u. a. Intraoperative Hemoadsorption in Heart Transplant Surgery: A 5-Year Experience. *J Cardiovasc Dev Dis.* 28. März 2025; 12(4): 119.
107. Wang J, Chen B, Xie J, Chen H, Li L, Zhang W, u. a. Effects of Blood Hemoadsorption Therapy with HA-380 in Total Arch Replacement for Acute Type A Aortic Dissection: A Retrospective Observational Study. *Blood Purif.* 2024;53(2):138–50.
108. Yang K, Huang H, Dai R, He S, Zhang J, Wu F, u. a. Efficacy of Hemoperfusion Cartridge Procedure on Patients Undergoing Cardiac Valve Replacement Surgery with Cardiopulmonary Bypass: Efficacy of Hemoperfusion in Cardiac Valve Replacement Surgery with CPB. *Heart Surg Forum.* 11. Januar 2023; 26(1): E020 – 6.
109. Alarie M, Savelberg M, Vautour D, Ribeiro IB. Use of CytoSorb® hemoadsorption column during prolonged cardiopulmonary bypass in complex cardiac surgery patient. *J Cardiothorac Surg.* 7. Juli 2022; 17(1): 172.
110. Andrade D, Orozco-Vinasco D. CytoSorbents. 2021. Intraoperativer Einsatz von CytoSorb bei einem erneuten Mitral- klappenersatz aufgrund einer infektiösen Endokarditis. Verfügbar unter: https://litdb-admin.cytosorb-therapy.com/wp-content/uploads/2021/08/CoW_34_2021_D_web.pdf
111. Buonocore M, Rex S, Degezelle K, Meyns B. CytoSorb haemoadsorption for removal of apixaban-A proof-of-concept pilot case for a randomized controlled trial. *J Clin Pharm Ther.* Dezember 2022; 47(12): 2373 – 5.
112. Christophel-Plathier E, Mendes V, Verdy F, Maun S, Murry C. CytoSorbents. 2022. Erste Hämoabsorption während eines kardiopulmonalen Bypasses bei einem Neugeborenen mit komplexer Herzfehlbildung. Verfügbar unter: https://litdb-admin.cytosorb-therapy.com/wp-content/uploads/2024/09/CoW_31_2022_D_web-1.pdf
113. Clerici M, Guillermo G, Perez F, Santucci J, Baratta S, Vaccarino GN. CytoSorbents. 2021. Einsatz der CytoSorb-Therapie in Kombination mit extrakorporaler Zirkulation bei Prothesenendokarditis. Verfügbar unter: https://litdb-admin.cytosorb-therapy.com/wp-content/uploads/2020/12/CoW_01_2021_D_web.pdf
114. Clerici M, Gutierrez G, Badino E, Klinger D, Chiostrì B, Gamboz F, u. a. CytoSorbents. 2021. Einsatz der Hämoabsorptionstherapie in der Neugeborenenchirurgie - Ein Fall von extremer Fallot-Tetralogie und schwerer Pulmonalstenose mit operativer Korrektur, unter besonderer Berücksichtigung der technischen Aspekte. Verfügbar unter: https://litdb-admin.cytosorb-therapy.com/wp-content/uploads/2021/12/CoW_49_2021_D_web.pdf
115. Devananda NS, Bandagi LH, Krishna M, Elayaraja B. CytoSorbents. 2020. Verwendung von CytoSorb bei einem Patienten mit orthotoper Herztransplantation. Verfügbar unter: https://litdb-admin.cytosorb-therapy.com/wp-content/uploads/2020/04/CoW_15_2020_D_web.pdf
116. Federiak DV, Goncharuk AV, Anokhin AV. CytoSorbents. 2017 [zitiert 14. Mai 2025]. Verwendung von CytoSorb bei einem kombinierten Aortenbogen- und Koronar-arterien-eingriff. Verfügbar unter: https://cytosorbents.com/wp-content/uploads/2017/03/csw_102017_D_1.pdf
117. Frering A, Abi Lutfallah A, Carillion A, Wendt D, Leprince P, Bougle A, u. a. CytoSorb hemoadsorption of apixaban during cardio-pulmonary bypass for heart transplantation. *JHLT Open.* Februar 2025; 7:100165.
118. Furtado A, Goutham H. CytoSorbents. 2020. Einsatz von CytoSorb in Verbindung mit der Herz-Lungen-Maschine bei einem Patienten mit infektiöser Endokarditis. Verfügbar unter: https://litdb-admin.cytosorb-therapy.com/wp-content/uploads/2020/11/CoW_48_2020_D_web.pdf
119. Gaur A, Sandeep, Pravin, Javali, Amish, Prajakta, u. a. CytoSorbents. 2018. Intraoperative extrakorporale Zytokinadsorption bei Herztransplantation mit kongestiver Hepatitis nach viraler dilatativer Kardiomyopathie. Verfügbar unter: https://cytosorbents.com/wp-content/uploads/2018/08/CoW_342018_D_web.pdf
120. Gross A, Colombier S, Arlettaz L, Delay D. Systemic Mastocytosis Successfully Managed using Cytosorb® During Cardiopulmonary Bypass for Aortic Valve Replacement. *Ann Card Anaesth.* 1. Oktober 2024; 27(4): 364 – 7.
121. Haidari Z, Weißenberger W, Tyczynski B, Demircioglu E, Deliargyris E, Christ M, u. a. CytoSorbents. 2022. Erfolgreiche Behandlung einer systemischen Entzündungsreaktion aufgrund eines fulminanten Herpes Zoster im Rahmen einer dringlichen Koronararterien-Bypass-Grafting-Komplikation mit adjunctiver extrakorporaler Hämoabsorption: Ein Fallbericht. Verfügbar unter: https://cytosorbents.com/lit-db/infoitem/11048__2022-06-08__zaki-haidari1
122. Koster A, Warkentin H, von Dossow V, Morshuis M. Use of the CytoSorb® filter for elimination of residual therapeutic argatroban concentrations during heparinized cardiopulmonary bypass for heart transplantation. *Perfusion.* Juli 2023; 38(5): 1088 – 91.
123. Kotoulas C, Chouliaras E, Galinos I, Panagiotou I, Georgiou C, Rammou A, u. a. CytoSorbents. 2021. Intra- und postoperativer Einsatz von CytoSorb bei einem Patienten mit infektiöser Endokarditis, septischem Schock und Myokardinfarkt. Verfügbar unter: https://litdb-admin.cytosorb-therapy.com/wp-content/uploads/2020/12/CoW_02_2021_D_web.pdf
124. Kühne LU, Rieß FC, Binczyk R. CytoSorbents. 2017. Verwendung von CytoSorb bei einem Patienten mit Aortenklappenendokarditis und schwerem septischen Schock. Verfügbar unter: https://cytosorbents.com/wp-content/uploads/2017/10/CoW_422017_D_web.pdf
125. Kühne LU, Rieß FC, Binczyk R. CytoSorbents. 2019. Verwendung von CytoSorb bei einem Patienten mit Typ-A-Dissektion. Verfügbar unter: https://cytosorbents.com/wp-content/uploads/2019/02/CoW_062019_D_web.pdf
126. Kühne LU, Rieß FC, Binczyk R. CytoSorbents. 2020. Verwendung von CytoSorb bei einem Patienten mit kombinierter hochgradiger Aortenklappenstenose, Aorta ascendens-Aneurysma und Low Cardiac Output Syndrom. Verfügbar unter: https://cytosorbents.com/wp-content/uploads/2019/12/CoW_02_2020_D_web.pdf
127. Kühne LU, Rieß FC, Binczyk R. CytoSorbents. 2021. Einsatz von CytoSorb bei einer Patientin mit Endokarditis der Aortenklappe mit Abszesshöhle im Bereich der links-koronaren Klappenentasche und Endokarditis der nativen Mitralklappe. Verfügbar unter: https://litdb-admin.cytosorb-therapy.com/wp-content/uploads/2021/10/CoW_41_2021_D-web.pdf
128. Kumar A, Joshi RK, Aggarwal N, Ray M, Joshi R. Strategies to mitigate inflammation in management of complex congenital heart disease complicated by "multisystem inflammatory syndrome in children". *Ann Pediatr Cardiol.* Mai 2022; 15(3): 276 – 9.
129. Kumar N, Keshri VK, Bhuyan RR. CytoSorbents. 2022. Einsatz von CytoSorb® bei einem Patienten unter dualer Thrombo-zytenaggregationshemmer-Therapie während eines CABG Eingriffs mit Bergung eines abgerissenen Führungsdraths aus dem Ostium der rechten Koronararterie. Verfügbar unter: https://litdb-admin.cytosorb-therapy.com/wp-content/uploads/2022/04/CoW_17_2022_D_web.pdf
130. Mendes V, Colombier S, Verdy F, Bechtold X, Schlaepfer P, Scala E, u. a. Cytosorb® hemoadsorption of apixaban during emergent cardio-pulmonary bypass: a case report. *Perfusion.* November 2021; 36(8): 873 – 5.
131. Mendes V, Mamode J, Jolou J, Malki M, Ellenberger C, Cikirikcioglu M, u. a. Effective Apixaban removal using hemoadsorption during emergent open-heart surgery: a case report and narrative literature review. *J Cardiothorac Surg.* 6. April 2024;19(1): 185.
132. Moresco E, Dejaco H, Humbert V, Thoma M. The use of CytoSorb® in a prasugrel-loaded patient undergoing emergent coronary artery bypass graft surgery. *Clin Case Rep.* März 2023; 11(3): e6990.
133. Nemeth E, Kovacs E, Raczk K, Gal J. CytoSorbents. 2017. Präemptiver Einsatz von CytoSorb während orthotoper Herztransplantation. Verfügbar unter: https://cytosorbents.com/wp-content/uploads/2017/01/csw_022017_D.pdf
134. Ochoa M, Ferrer N, Castro G, Castro J, Calzada N. CytoSorbents. 2019. Verwendung von Cytosorb bei einem septischen Patienten mit komplizierter Mitralklappen- und Aortenklappenendo-

- karditis und Hirnabszess. Verfügbar unter: https://cytosorbents.com/wp-content/uploads/2019/09/CoW_38_2019_D_web.pdf
135. Pace Napoleone C, Aidala E, Cascarano MT, Deorsola L, Iannandrea S, Longobardo A, u. a. Hemoadsorption Contribution in Failing Fontan Pediatric Heart Transplantation. *Cardiorenal Med.* 2024; 14(1): 67 – 73.
 136. Pascucci F, Donati T, Tinelli G, Arlotta G, Luparelli A, Tshomba Y. Intraoperative immunomodulation during left heart bypass in open thoracoabdominal aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg Cases Innov Tech.* September 2023; 9(3): 101276.
 137. Rutka K, Leibuss R, Strike E. CytoSorbents. 2018. Perioperative Anwendung des extrakorporalen Zytokinadsorbens CytoSorb bei einem Patienten mit septischer Endokarditis. Verfügbar unter: https://cytosorbents.com/wp-content/uploads/2018/05/CoW_172018_D_web.pdf
 138. Schultz R. CytoSorbents. 2018. Einsatz von CytoSorb bei einem elektiven Mitralklappen-Ersatz und Verschluss des linken Vorhofohrs unter Rivaroxaban-Langzeitbehandlung. Verfügbar unter: https://cytosorbents.com/wp-content/uploads/2018/11/CoW_442018_D_web.pdf
 139. Singh A, Nanda C, Mehta Y, Bhan A. Successful Extracorporeal Cytokine Hemoadsorption in a Marfan Syndrome Patient with COVID-19 Undergoing Redo Bentall Procedure. *Am J Case Rep.* 26. September 2023; 24: e940383.
 140. Stajevic M, Kronic I, Vranic L, Djordjevic N, Dimic B, Markovic M, u. a. CytoSorbents. 2021. Einsatz von CytoSorb bei der operativen Entfernung eines massiven Thrombus an einem Hickman-Katheter im rechten Vorhof bei einem pädiatrischen Patienten mit Non-Hodgkin-Lymphom. Verfügbar unter: https://itdb-admin.cytosorb-therapy.com/wp-content/uploads/2021/09/CoW_37_2021_D_web.pdf
 141. Tirilomis T. CytoSorbents. 2021 [zitiert 14. Mai 2025]. Blutreinigung während einer Klappenoperation im Rahmen einer infektiösen Endokarditis bei einem Jugendlichen. Verfügbar unter: https://cytosorbents.com/lit-db/infoitem/10613_2021-11-10_theodor-tirilomis--thoracic-and-cardiovascular-surgery
 142. Kühne LU, Binczyk R, Rieß FC. Comparison of intraoperative versus intraoperative plus postoperative hemoadsorption therapy in cardiac surgery patients with endocarditis. *Int J Artif Organs.* 2019; 42(4): 194 – 200.
 143. Träger K, Skrabal C, Fischer G, Datzmann T, Schroeder J, Fritzer D, u. a. Hemoadsorption treatment of patients with acute infective endocarditis during surgery with cardiopulmonary bypass – a case series. *Int J Artif Organs.* 29. Mai 2017; 40(5): 240 – 9.
 144. Caldonazo T, Van Den Eynde J, Doenst T, Kirov H, Franz M, Hagel S, u. a. Effect of haemoadsorption during cardiac surgery for Staphylococcus aureus endocarditis: a REMOVE trial post hoc analysis. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1. März 2024; 65(3): ezae093.
 145. Chia M (Rong H, Naidoo R, Chinthamuneedi R, Tesar P. Intraoperative cytokine adsorption in cardiothoracic transplant patients: An Australian propensity-score matched pilot study. *ANZ J Surg.* Oktober 2024; 94(10): 1787 – 93.
 146. Deppe AC, Weber C, Choi YH, Wahlers T. Einsatz eines Zytokinfilters in die Herz-Lungen-Maschine: Modifikation der postoperativen Entzündungsreaktion. *Z Für Herz-Thorax-Gefäß-chirurgie.* August 2016; 30(4): 254 – 9.
 147. Friessecke S, Träger K, Schitteck GA, Molnar Z, Bach F, Kogelmann K, u. a. International registry on the use of the CytoSorb® adsorber in ICU patients: Study protocol and preliminary results. *Med Klin – Intensivmed Notfallmedizin.* November 2019; 114(8): 699 – 707.
 148. Haidari Z, Leiler S, Mamdooh H, Fittkau M, Boss K, Tyczynski B, u. a. Effect of intraoperative haemoadsorption therapy on cardiac surgery for active infective endocarditis with confirmed Staphylococcus aureus bacteraemia. *Interdiscip Cardiovasc Thorac Surg.* 4. Januar 2023; 36(1): ivad010.
 149. Hassan K, Geidel S, Zamvar V, Tanaka K, Knezevic-Woods Z, Wendt D, u. a. Intraoperative ticagrelor removal via hemoadsorption during on-pump coronary artery bypass grafting. *JTCVS Open.* September 2023; 15: 190 – 6.
 150. Hassan K, Thielmann M, Easo J, Kamler M, Wendt D, Haidari Z, u. a. Removal of Apixaban during Emergency Cardiac Surgery Using Hemoadsorption with a Porous Polymer Bead Sorbent. *J Clin Med.* 5. Oktober 2022; 11(19): 5889.
 151. Røed-Undlien H, Schultz NH, Husebråten IM, Wollmann BM, Akerkar RR, Molden E, u. a. Apixaban removal during emergency surgery for type A acute aortic dissection: a prospective cohort study. *Int J Surg Lond Engl.* 1. Dezember 2024; 110(12): 7782 – 90.
 152. Hawchar F, Tomescu D, Träger K, Joskowiak D, Kogelmann K, Soukup J, u. a. Hemoadsorption in the critically ill-Final results of the International CytoSorb Registry. *PLoS One.* 2022; 17(10): e0274315.
 153. Javanbakht M, Trevor M, Rezaei Hemami M, Rahimi K, Branagan-Harris M, Degener F, u. a. Ticagrelor Removal by CytoSorb® in Patients Requiring Emergent or Urgent Cardiac Surgery: A UK-Based Cost-Utility Analysis. *Pharmacoeconomics – Open.* Juni 2020; 4(2): 307 – 19.
 154. Piskovatska V, Navarrete Santos A, Kalies K, Korca E, Stiller M, Szabó G, u. a. Proteins Adsorbed during Intraoperative Hemoadsorption and Their In Vitro Effects on Endothelium. *Healthcare.* 19. Januar 2023; 11(3): 310.
 155. Shumilkin ME, Krivobokov AA, Starukhin PN, Izosimov AM, Kim. INITIAL EXPERIENCE WITH EXTRACORPORAL CYTOKINE ADSORBER CYTOSORB® DURING ASCENDING AORTA SURGERY. *Sci J "Хирургия" Surg [Internet].* 25. Oktober 2018; Verfügbar unter: https://cytosorbents.com/wp-content/uploads/2018/10/Study_Cardiac_surgery_RUS_intraop.pdf
 156. Hohn A, Baumann A, Pietroschinsky E, Franklin J, Illerhaus A, Buchwald D, u. a. Hemoadsorption: effective in reducing circulating fragments of the endothelial glycocalyx during cardiopulmonary bypass in patients undergoing on-pump cardiac surgery? *Minerva Anestesiol.* Januar 2021; 87(1): 35 – 42.
 157. Li Q yuan, Duan L, Wang, Zhang C liang, Xiang Z hao, Zhao F, u. a. Hemoadsorption and Coagulation Systemic Rebalance in Patients Undergoing Nonelective Cardiac Surgery and Treated with Antithrombotics. *Blood Purif.* 2024; 53(5): 386 – 95.
 158. Nemeth E, Kovacs E, Racz K, Soltesz A, Szigeti S, Kiss N, u. a. Impact of intraoperative cytokine adsorption on outcome of patients undergoing orthotopic heart transplantation—an observational study. *Clin Transplant.* April 2018; 32(4): e13211.
 159. Rao C, Preissing F, Thielmann M, Wendt D, Haidari Z, Kalisnik JM, u. a. Hemoadsorption Using CytoSorb® in Patients with Infective Endocarditis: A German-Based Budget Impact Analysis. *J Cardiovasc Dev Dis.* 26. August 2023; 10(9): 366.
 160. Schmoeckel M, Thielmann M, Hassan K, Geidel S, Schmitt J, Meyer AL, u. a. Intraoperative hemoadsorption for antithrombotic drug removal during cardiac surgery: initial report of the international safe and timely antithrombotic removal (STAR) registry. *J Thromb Thrombolysis.* August 2024; 57(6): 888 – 97.
 161. Schmoeckel M, Thielmann M, Vitanova K, Eberle T, Marczin N, Hassan K, u. a. Direct-acting oral anticoagulant removal by intraoperative hemoadsorption in CABG and/or single valve surgery: interim analysis of the International Safe and Timely Antithrombotic Removal (STAR) registry. *J Cardiothorac Surg.* 20. Januar 2025; 20(1): 74.
 162. Storey RF, Hassan K, Meyer AL, Eberle T, deNeve N, Thielmann M, u. a. Early CABG with intraoperative hemoadsorption in patients on ticagrelor: Real world data from the international Safe and Timely Antithrombotic Removal (STAR) registry. *Cardiovasc Revasc Med.* Februar 2025; S155383892500065X.
 163. Wisgrill L, Lamm C, Hell L, Thaler J, Berger A, Weiss R, u. a. Influence of hemoadsorption during cardiopulmonary bypass on blood vesicle count and function. *J Transl Med.* 15. Mai 2020; 18(1): 202.
 164. Ankawi G, Xie Y, Yang B, Xie Y, Xie P, Ronco C. What Have We Learned about the Use of Cytosorb Adsorption Columns? *Blood Purif.* 2019; 48(3): 196 – 202.
 165. Datzmann T, Träger K. Extracorporeal membrane oxygenation and cytokine adsorption. *J Thorac Dis.* März 2018; 10(55): S653 – 60.
 166. Peng ZY, Carter MJ, Kellum JA. Effects of hemoadsorption on cytokine removal and short-term survival in septic rats. *Crit Care Med.* Mai 2008; 36(5): 1573 – 7.
 167. Tibi P, McClure RS, Huang J, Baker RA, Fitzgerald D, Mazer CD, u. a. STS/SCA/AmSECT/SABM Update to the Clinical Practice Guidelines on Patient Blood Management. *Ann Thorac Surg.* September 2021; 112(3): 981 – 1004.
 168. Teixeira JP, Zeidman A, Beaubien-Souligny W, Cerdá J, Connor Jr. MJ, Eggleston K, u. a. Proceedings of the 2022 UAB CRRT Academy: Non-Invasive Hemodynamic Monitoring to Guide Fluid Removal with CRRT and Proliferation of Extracorporeal Blood Purification Devices. *Blood Purif.* 2023; 52(11 – 12): 857 – 79.
 169. Bernardi MH, Rinoesl H, Ristl R, Weber U, Wiedemann D, Hiesmayr MJ. Hemoadsorption does not Have Influence on Hemolysis During Cardiopulmonary Bypass. *ASAIO J Am Soc Artif Intern Organs* 1992. 2019; 65(7): 738 – 43.
 170. Pausch J, Mersmann J, Bhadra OD, Barten MJ, Alassar YA, Schulte-Uentrop L, u. a. Preliminary Experience of Extracorporeal Cytokine Hemoadsorption during Left Ventricular Assist Device Implantation in Cardiogenic Shock Patients. *Thorac Cardiovasc Surg.* Juni 2024; 72(04): 266 – 72.
 171. Mehta Y, Singh A, Singh A, Gupta A, Bhan A. Modulating the Inflammatory Response With Hemoadsorption (CytoSorb) in Patients Undergoing Major Aortic Surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* Februar 2021; 35(2): 673 – 5.
 172. Kalisnik JM, Leiler S, Mamdooh H, Zibert J, Bertsch T, Vogt FA, u. a. Single-Centre Retrospective Evaluation of Intraoperative Hemoadsorption in Left-Sided Acute Infective Endocarditis. *J Clin Med.* 7. Juli 2022; 11(14): 3954.
 173. Akil A, Ziegeler S, Reichelt J, Rehers S, Abdalla O, Semik M, u. a. Combined Use of CytoSorb and ECMO in Patients with Severe Pneumogenic Sepsis. *Thorac Cardiovasc Surg.* April 2021; 69(03): 246 – 51.
 174. Bruenger F, Kizner L, Weile J, Morshuis M, Gummert JF. First Successful Combination of ECMO with Cytokine Removal Therapy in Cardiogenic Septic Shock: A Case Report. *Int J Artif Organs.* Februar 2015; 38(2): 113 – 6.
 175. Haertel F, Lehmann T, Heller T, Fritzenwanger M, Pfeifer R, Kretzschmar D, u. a. Impact of a VA-ECMO in Combination with an Extracorporeal Cytokine Hemadsorption System in Critically Ill Patients with Cardiogenic Shock—Design and Rationale of the ECMOsorb Trial. *J Clin Med [Internet].* 2023; 12(15). Verfügbar unter: <https://www.cochranelibrary.com/central/doi/10.1002/central/CN-02609194/full>
 176. Akalay S, Hosgood SA. How to Best Protect Kidneys for Transplantation—Mechanistic Target. *J Clin Med.* 23. Februar 2023; 12(5): 1787.
 177. Al Shareef K, Bakouri M. Cytokine Blood Filtration Responses in COVID-19. *Blood Purif.* 2021; 50(2): 141 – 9.
 178. Andermatt R, Bloemberg GV, Ganter CC, Mueller NJ, Mueller AMS, Muellhaupt B, u. a. Elimination of Herpes Simplex Virus-2 and Epstein-Barr Virus With Seraph 100 Microbind Affinity Blood Filter and Therapeutic Plasma Exchange: An Explorative Study in a Patient With Acute Liver Failure. *Crit Care Explor.* 11. August 2022; 4(8): e0745.
 179. Houschyar KS, Nietzschmann I, Siemers F. CytoSorbents. 2017 [zitiert 23. August 2025]. Einsatz des CytoSorb-Adsorbens bei einem Patienten mit septischem Schock und Multiorganversagen nach einer Verbrennung. Verfügbar unter: https://cytosorbents.com/wp-content/uploads/2017/01/csw_042017_D.pdf

Statistik Teil 19: Analysepopulationen

Korrespondenz

Prof. Dr. Matthias Kohl

Faculty III: Health, Medical and Life Sciences

Institute of Precision Medicine

Hochschule Furtwangen

Jakob-Kienzle-Str. 17, 78054 Villingen-Schwenningen (Germany)

Phone: +49 (0) 7720 307 - 4635

E-Mail: matthias.kohl@hs-furtwangen.de

www.hs-furtwangen.de · www.life-data-science.org

Kohl M., Münch F.

Auf den Punkt gebracht

Pro:

- Die Intention-To-Treat(ITT)-Population ist der Goldstandard für randomisierte Studien, in denen die Überlegenheit einer Therapie gezeigt werden soll. Die Ergebnisse der ITT-Analyse lassen sich meist sehr gut auf die reale Welt übertragen.
- Die Analyse Per-Protokoll(PP)-Population liefert Hinweise darauf, was eine Therapie unter idealen Bedingungen leisten kann. Die PP-Analyse dient als Sensitivitätsanalyse für die ITT-Analyse und ist bei Äquivalenz- oder Nicht-Unterlegenheitsstudien meist die primäre Analyse.
- Die Completer-Population ist eine pragmatisch orientierte Auswahl, die Hinweise dafür liefert, welches Potential eine Therapie bei dauerhafter Teilnahme hat.
- Mit der As-Treated(AT)-Population kann untersucht werden, was bei der tatsächlich angewendeten Therapie passiert.
- Die Safety-Population wird nach dem AT-Prinzip ausgewertet und bildet die Basis für die Untersuchung von Nebenwirkungen, Laborwerten und Vitalparametern.

Contra:

- Die ITT-Analyse kann bei Äquivalenz- oder Nicht-Unterlegenheitsstudien zu verzerrten Ergebnissen führen.
- Bei PP-, Completer- und AT-Analyse besteht ein hohes Risiko für eine Verzerrung, da die Vorteile der Randomisierung nicht mehr gegeben sind.

Einführung

In kaum einer Studie läuft alles nach Plan. Es gibt die unterschiedlichsten Ereignisse, die im Verlauf einer Studie auftreten können. Dazu zählen beispielsweise mehr oder weniger starke beabsichtigte oder unbeabsichtigte Abweichungen vom Studienprotokoll [1,2] oder fehlende Werte, die wiederum verschiedenste Ursachen haben können [3]. Entsprechend muss bei der statistischen Analyse der Studie entschieden werden, wie mit solchen Ereignissen umgegangen wird. Dies muss bereits bei der Planung der Studie festgelegt werden. Die Analysepopulationen beschreiben, welche Teilnehmenden einer Studie in die statistische Auswertung einbezogen werden und nach welchem Prinzip dies geschieht. In diesem Tutorial stellen wir verschiedene Arten von Analysepopulationen vor und veranschaulichen die zugehörigen Analysen anhand realer Daten.

Intention-To-Treat(ITT)-Population

Bei einer **ITT-Analyse** werden alle Personen, die erfolgreich randomisiert wurden, in die Auswertung einbezogen, unabhängig davon, was nach der Randomisierung passiert [4,5]. Das bedeutet insbesondere, dass alle Patient:innen in ihren ursprünglichen Gruppen bleiben, selbst wenn ein im Studienprotokoll nicht vorgesehener Gruppenwechsel im Verlauf der Studie erfolgt. Dies spiegelt die Realität wider, in der beispielsweise Medikamente nicht verschreibungsgemäß eingenommen werden oder Therapien gewechselt oder sogar abgebrochen werden. Dadurch bleiben die für die Validität der Studienergebnisse zentralen Vorteile der Randomisierung erhalten: (i) bekannte und unbekannte Einflussgrößen werden gleichmäßig auf die Gruppen verteilt, (ii) es gibt keine Selektionseffekte, (iii) die p-Werte und Konfidenzintervalle sind formal gültig und (iv) Unterschiede im Ergebnis können den Gruppen kausal zugeschrieben werden. Da die Daten der ITT-Population selten vollständig sind, erfordert die ITT-Analyse nahezu immer den Einsatz statistischer Verfahren zur Behandlung fehlender Werte [3].

Die konservative ITT-Auswertung, bei der die berechneten Effekte oft geringer ausfallen als biologisch möglich, ermöglicht eine gute Übertragung der Ergebnisse auf die Praxis. Die ITT-Analyse gilt bei randomisierten Studien, in denen die Überlegenheit einer Therapie gezeigt werden soll, daher als **Goldstandard** und wird auch von Zulassungsbehörden sowie für Behandlungsleitlinien gefordert. Bei Äquivalenz- oder Nicht-Unterlegenheitsstudien kann die ITT-Analyse jedoch zu verzerrten Ergebnissen führen, da die berechneten Unterschiede zwischen Gruppen kleiner ausfallen können [6]. In diesem Fall sollte zusätzlich eine Per-Protokoll(PP)-Analyse durchgeführt werden, gegebenenfalls auch noch weitere Analysen [7].

Oft wird die ITT-Population vor der Analyse noch etwas modifiziert, weshalb man in diesem Fall auch von einer **modifizierten ITT(mITT)-Analyse** spricht. Konkret bedeutet dies, dass vom strengen ITT-Prinzip abgewichen wird und Patient:innen von der Analyse ausgeschlossen werden. Dies muss immer sehr gut begründet werden. Die möglichen Gründe für einen Ausschluss müssen vorab im Studienprotokoll definiert werden. Typische Ausschlussgründe, die meistens akzeptiert werden, sind solche, bei denen eine sinnvolle Analyse objektiv nicht möglich ist. Hierzu zählen zum Beispiel: (i) es kam zu keiner einzigen Behandlung und die zugewiesene Therapie ist nicht bekannt, (ii) es liegen keinerlei Baseline- oder Wirksamkeitsdaten vor oder (iii) ein wesentliches, vor der Randomisierung objektiv messbares Einschlusskriterium wurde verletzt [5]. Außerdem darf die Anzahl der ausgeschlossenen Patient:innen nicht zu hoch sein, damit die Gültigkeit des ITT-Prinzips nicht grundsätzlich infrage gestellt wird.

Per-Protokoll(PP)-Population

Bei der **PP-Analyse** werden nur Patient:innen in die Analysepopulation eingeschlossen, die protokollgemäß behandelt wurden oder bei denen es zumindest keine wesentlichen Protokollverletzungen gab. Im Unterschied zur ITT-Analyse schätzt die PP-Analyse eher den biologisch möglichen Effekt unter idealen Bedingungen.

Es wird demnach eher gezeigt, was eine Therapie theoretisch leisten kann, wenn sie korrekt angewendet wird und weniger, welcher Effekt in der „realen Welt“ zu erwarten ist. Außerdem können Verzerrungen durch Ungleichgewichte bei bekannten und unbekannten Einflussgrößen sowie durch Selektionseffekte entstehen, da die Vorteile der Randomisierung nicht mehr gewährleistet sind. Die PP-Analyse wird in der Regel als Sensitivitätsanalyse parallel zur ITT-Analyse durchgeführt, um die Robustheit der Effekte zu untersuchen. Im Fall von Äquivalenz- und Nicht-Unterlegenheitsstudien ist es jedoch oft umgekehrt: Hier wird die PP-Analyse als primäre Analyse angesehen. Es ist daher nahezu immer sinnvoll, sowohl die ITT- als auch die PP-Population für die statistische Analyse heranzuziehen.

Completer-Population

Meist werden bei der Completer-Population etwas weniger strenge Einschlusskriterien als bei der PP-Population zugrunde gelegt. In diese Population werden alle Personen eingeschlossen, die die Studie bis zu einem vordefinierten Zeitpunkt bzw. bis zum Studienende vollständig durchlaufen haben. Dabei können Protokollverletzungen zugelassen werden, die nicht zwingend zum Ausschluss führen müssen. In diesem Fall handelt es sich um eine weniger restriktive, stärker pragmatisch orientierte Analyse, die Hinweise dafür liefert, wie eine Therapie bei dauerhafter Teilnahme wirkt. Da ein Studienabbruch durch die Teilnehmer:innen häufig auch mit der Studie selbst zusammenhängt, besteht bei dieser Form der Analyse ein hohes Risiko für eine Verzerrung. Der Effekt wird überschätzt, da eher die „stabileren“ und motivierteren Teilnehmer:innen übrig bleiben. Die Ergebnisse sind somit weniger repräsentativ für die „reale Welt“. Die **Completer-Analyse** kann zusätzlich als Sensitivitätsanalyse parallel zur ITT-Analyse durchgeführt werden [8].

As-Treated(AT)-Population

In der **AT-Analyse** werden alle Personen unabhängig von der ursprünglichen Zuteilung danach ausgewertet, welche Behandlung sie tatsächlich erhalten haben. Wechselt eine Patientin oder ein Patient beispielsweise von einer konservativen Therapie zu einer Operation, so erfolgt die Analyse in der Operationsgruppe. Diese Art der Analyse spiegelt somit wider, was unter der tatsächlich angewendeten Therapie real passiert und eignet sich daher auch für die Analyse von Nebenwirkungen. Sie kann auch als eine praxisnahe Betrachtungsweise bei Therapiewechseln angesehen werden. Wie bei der PP- und der Completer-Analyse besteht jedoch ein hohes Risiko für Verzerrungen, da die Vorteile der Randomisierung nicht mehr gelten [9].

Safety-Population

Es handelt sich um die Population, die für Sicherheitsanalysen verwendet wird, wie diese auch von den Zulassungsbehörden gefordert werden. Generell sollte in jeder Studie die Sicherheit der Patient:innen an erster Stelle stehen. In diesem Fall werden alle Teilnehmer:innen eingeschlossen, die mindestens eine Behandlung erhalten haben und zwar gemäß der Behandlung, die sie tatsächlich erhalten haben. Die Safety-Population ist demnach eine

Population, die nach dem AT-Prinzip ausgewertet wird. Der Fokus der **Safety-Analyse** liegt somit nicht auf der Untersuchung der Wirksamkeit der Therapien. Stattdessen werden die Häufigkeit und das Ausmaß von Nebenwirkungen analysiert und es werden Laborwerte und Vitalzeichen dokumentiert [10].

Praxisbeispiel

Zur Demonstration der verschiedenen Arten von Analysepopulationen betrachten wir einen Datensatz, der den Einsatz verschiedener Kardioplegieverfahren bei 1.039 Säuglingsherzoperationen unter Einsatz der Herz-Lungen-Maschine dokumentiert. Wir untersuchen die 30-Tage-Mortalität in Abhängigkeit vom Kardioplegieverfahren. Bei 331 Operationen wurde das Kardioplegieverfahren Custodiol (CCC) verwendet, bei 537 Operationen die pädiatrische Mikroplegie (MBC) und bei 114 Operationen konnte auf die Ischämie verzichtet und am schlagenden Herzen (BH) operiert werden. Bei weiteren 57 Operationen wollte der Operateur während der Prozedur einen Wechsel vom geplanten Verfahren CCC zu MBC. Dies bewerten wir als einen (beabsichtigten) Verstoß gegen das Protokoll. Als weiteren (unbeabsichtigten) Protokollverstoß bewerten wir es, wenn nach der Operation die Bestimmung von Magnesium, Troponin oder CK-MB nicht erfolgt ist. Dies war bei 111 der 1.039 Operationen (10,7%) der Fall. Insgesamt kam es somit zu 164 Protokollverstößen. Bei der ITT-Population zählen wir die 57 Operationen mit einem Wechsel des Kardioplegieverfahrens zur ursprünglich geplanten CCC-Gruppe. Im Fall der PP-Population werden die 164 Operationen mit einem Protokollverstoß nicht berücksichtigt. Für die Completer-Analyse lassen wir die 57 Operationen mit einem Wechsel unberücksichtigt. Bei der AT-/Safety-Population werden die 57 Operationen mit einem Wechsel des Kardioplegieverfahrens zur MBC-Gruppe hinzugefügt. Damit ergeben sich die in Tabelle 1 dargestellten Populationen. Für jede Population führen wir eine logistische Regressionsanalyse durch [11]. Die geschätzten Wahrscheinlichkeiten für die 30-Tage-Mortalität inklusive der zugehörigen 95%-Konfidenzintervalle sind in Abb.1 dargestellt. Bei keiner der Analysen ergibt sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen. Deutlich erkennbar ist jedoch, dass sich die Populationen auf die geschätzten Wahrscheinlichkeiten und insbesondere auch die Längen der Konfidenzintervalle auswirken.

Zusammenfassung

Die Analysepopulationen legen fest, wer in die Auswertung einer klinischen Studie einbezogen wird und nach welchem Prinzip die Zuordnung erfolgt. Sie sind somit von zentraler Bedeutung für die Interpretation von Wirksamkeit und Sicherheit. Alle Analysepopulationen und ihre Kriterien müssen vorab im Studienprotokoll klar definiert werden. Die Ergebnisse müssen transparent berichtet werden, idealerweise einschließlich Sensitivitätsanalysen (z. B. ITT vs. PP), um die Robustheit und mögliche Verzerrungen der Effektschätzungen beurteilen zu können. Die ITT Population umfasst alle oder nahezu alle randomisierten Patient:innen und wertet sie nach der ursprünglichen Randomisierung aus. Damit erhält sie die Vorteile der Randomisierung und liefert eine realitätsnahe, eher konservative Effektschätzung. Die PP Population beschränkt sich auf Patient:innen mit (weitgehend) protokoll-

Tab. 1: Anzahl der OPs in der ITT¹-, PP²-, Completer- und AT³-Population.

Kardioplegieverfahren		ITT ¹ -Population	PP ² -Population	Completer-Population	AT ³ -/Safety-Population
CCC ⁴	verstorben	17 (5,1 %)	13 (4,4 %)	17 (5,1 %)	18 (4,6 %)
	überlebt	314 (94,9 %)	281 (95,6 %)	314 (94,9 %)	370 (95,4 %)
	alle	331	294	331	388
MBC ⁵	verstorben	27 (4,5 %)	22 (4,6 %)	26 (4,8 %)	26 (4,8 %)
	überlebt	567 (95,5 %)	460 (95,4 %)	511 (95,2 %)	511 (95,2 %)
	alle	594	482	537	537
BH ⁶	verstorben	4 (3,5 %)	4 (4,0 %)	4 (3,5 %)	4 (3,5 %)
	überlebt	110 (96,5 %)	95 (96,0 %)	110 (96,5 %)	110 (96,5 %)
	alle	114	99	114	114
Gesamt		1.039	875	982	1.039

(1) Intention-To-Treat, (2) Per-Protokoll, (3) As-Treated, (4) Custodiol, (5) pädiatrische Mikroplegie, (6) schlagendes Herzen

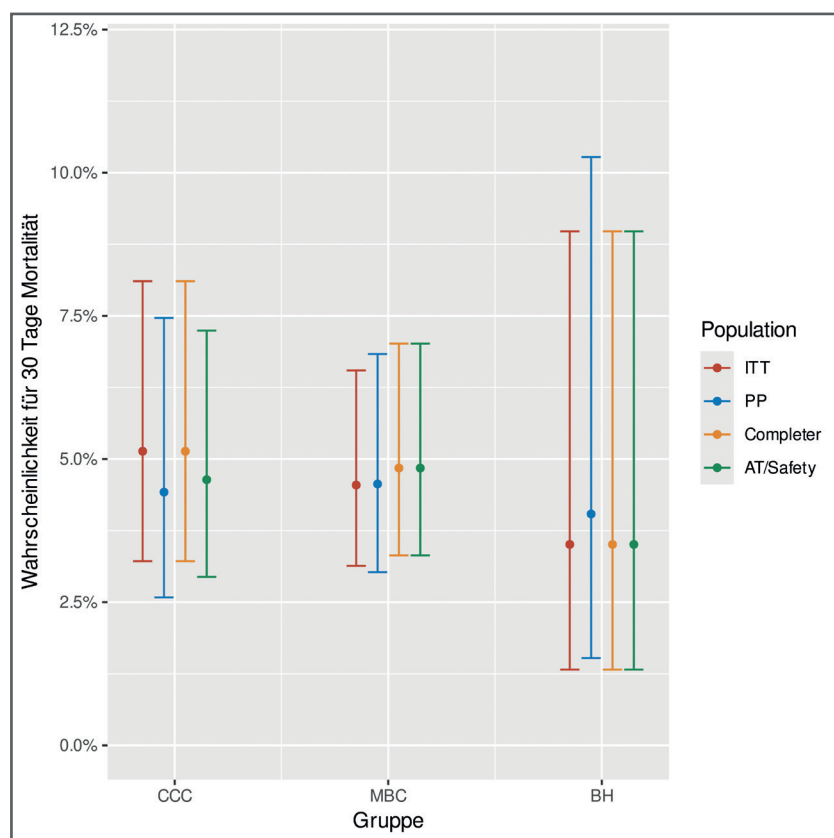


Abb. 1: Geschätzte Wahrscheinlichkeiten und 95%-Konfidenzintervalle für die 30-Tage-Mortalität (erstellt mit dem Paket ggplot2 [12] der Statistiksoftware R [13]).

gerechtem Verlauf. Sie bildet eher den idealen biologischen Effekt ab, ist aber anfälliger für eine Verzerrung durch selektive Ausschlüsse. AT Analysen ordnen nach der tatsächlich erhaltenen Behandlung zu, wirken praxisnah, unterlaufen jedoch die Randomisierung und erschweren damit kausale Schlussfolgerungen. Completer Analysen berücksichtigen typischerweise nur Teilnehmende, die einen definierten Zeitraum oder die Studie vollständig durchlaufen haben. Dies führt häufig zu optimistischeren Effekten, da Studienabbrüche systematisch ausgeblendet werden. Die Safety Population umfasst alle Patient:innen mit mindestens einer Behandlung und wird üblicherweise nach dem AT-Prinzip

ausgewertet. Sie ist der Standard für die Beurteilung von Nebenwirkungen und Sicherheit.

Literatur

- Ghooi RB, Bhosale N, Wadhvani R, Divate P, Divate U (2016). Assessment and classification of protocol deviations. *Perspect Clin Res.* 7(3): 132 – 6. doi: 10.4103/2229-3485.184817.
- Getz K, Smith Z, Jain A, Krauss R (2022). Benchmarking Protocol Deviations and Their Variation by Major Disease Categories. *Ther Innov Regul Sci.* 56(4): 632 – 636. doi: 10.1007/s43441-022-00401-4.
- Kohl M, Münch F. Statistik Teil 18: Fehlende Werte. *Die Perfusion* 2026(2): 82 – 87.
- Lewis J, Machin D (1993). Intention to treat – who should use ITT?. *Br J Cancer* 68, 647 – 650. doi: 10.1038/bjc.1993.402
- Schulgen/Kristiansen G, Schumacher M (2008). Intention-to-Treat Analyse. In: *Methodik klinischer Studien. Statistik und ihre Anwendungen.* Springer, Berlin, Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-540-85136-3_9
- Walker E, Nowacki AS (2011). Understanding equivalence and noninferiority testing. *J Gen Intern Med.* 6(2): 192 – 6. doi: 10.1007/s11606-010-1513-8.
- Molero-Calafell J, Burón A, Castells X, Porta M (2024). Intention to treat and per protocol analyses: differences and similarities. *Journal of Clinical Epidemiology.* 2024; 173. doi: 10.1016/j.jclinepi.2024.111457
- Andrade C (2022). Intent-to-Treat (ITT) vs Completer or Per-Protocol Analysis in Randomized Controlled Trials. *Indian J Psychol Med.* 44(4): 416 – 418. doi: 10.1177/02537176221101996.
- Ahn E, Kang H (2023). Intention-to-treat versus as-treated versus per-protocol approaches to analysis. *Korean J Anesthesiol.* 76(6):531-539. doi: 10.4097/kja.23278.
- Friedman LM, Furberg CD, DeMets DL, Reboussin DM, Granger CB, Moore TJ (2015). Assessment and Reporting of Harm. In: *Fundamentals of Clinical Trials.* Springer. doi: 10.1007/978-3-319-18539-2_12
- Kohl M, Münch F. Statistik Teil 14: Logistische Regression. *Die Perfusion* 2025(2): 74 – 77.
- Wickham H. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis.* 2016. Springer-Verlag New York.
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, 2026. Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>

Gerinnungsdiagnostik im Kontext: Die PTT als klinischer Parameter

Korrespondenz

Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. Ingvild Birschmann
Oberärztin, Leitung Hämostaseologie HDZ/ILTM
Herz- und Diabeteszentrum NRW
Universitätsklinik der Ruhr-Universität Bochum
Medizinische Fakultät OWL (Universität Bielefeld)
Institut für Laboratoriums- und Transfusionsmedizin
Georgstr. 11, 32545 Bad Oeynhausen
Phone: +49 (0)5731 97 – 3819
Email: IBirschmann@hdz-nrw.de
www.hdz-nrw.de

Birschmann I., Eller T.

Grundlagen

Die Hämostase erfüllt drei zentrale Funktionen im Organismus:

1. Sie verhindert durch die Bildung eines stabilen Fibringerinnsels verstärkte Blutungen und damit einen erhöhten Hämoglobinverlust.
2. Diese Gerinnungsreaktion muss lokal begrenzt bleiben, um eine Thrombose der Gefäße zu verhindern.
3. Nach erfolgter Blutstillung müssen die Fibringerinnsel wieder aufgelöst werden, um eine *restitutio ad integrum* zu ermöglichen.

Die Hämostase besteht aus einem Zusammenspiel von vaskulären Gerinnungsfaktoren, Thrombozyten, Gefäßen und Geweben und beruht auf komplexen biochemischen Vorgängen unter Beteiligung plasmatischer Faktoren und zellulärer Blutkomponenten (v.a. Thrombozyten), s. Abb. 1.

Das sogenannte **zellbasierte Modell** (hier nicht gezeigt) beschreibt nach aktuellem Stand den Ablauf der Hämostase *in vivo* und integriert zelluläre und plasmatische Gerinnung. Somit rückt die Interaktion zwischen den Thrombozyten und dem Endothel sowie den Faktoren der plasmatischen Gerinnung ins Zentrum des Modells [1]. Dem gegenüber steht das **Kaskadenmodell** (Abb. 1), das vor allem zur Darstellung der Abläufe *in vitro* (also im Reagenzglas) bei den Globaltesten dient, die *in-vivo*-Situation jedoch unzureichend abbildet. Das Modell eignet sich zur Beschreibung der Testsysteme und stellt die prinzipiellen Abläufe der Bestimmung der partiellen Thromboplastinzeit (PTT) mit den Gerinnungsfaktoren dar. Dies wird in den weiteren Erläuterungen dieser Arbeit zugrunde gelegt.

Da es sich bei der Gerinnung um lebenswichtige Prozesse handelt, wäre eine Überwachung dieser Abläufe wünschenswert. Aus diesem Grund wurden die Globalteste Thromboplastinzeit (TPZ → Quick → INR) und PTT entwickelt. Der Begriff „Globaltest“ suggeriert, dass damit die Hämostase als Ganzes überwacht werden könne. Wie in einer Arbeit von J. Koscielny et al. (2007) gezeigt wurde, können mit diesen Testen im präoperativen Umfeld jedoch nur schwere Störungen der plasmatischen Gerinnung zuverlässig nachgewiesen werden. Eine standardisierte Anamnese ist zur Erkennung leichter bis mittelschwerer Blutungsneigungen der Bestimmung von Quick und PTT überlegen. Die Möglichkeiten und Limitierungen bei der Nutzung dieser Globalteste sollen in der Publikation ebenfalls beschrieben werden.

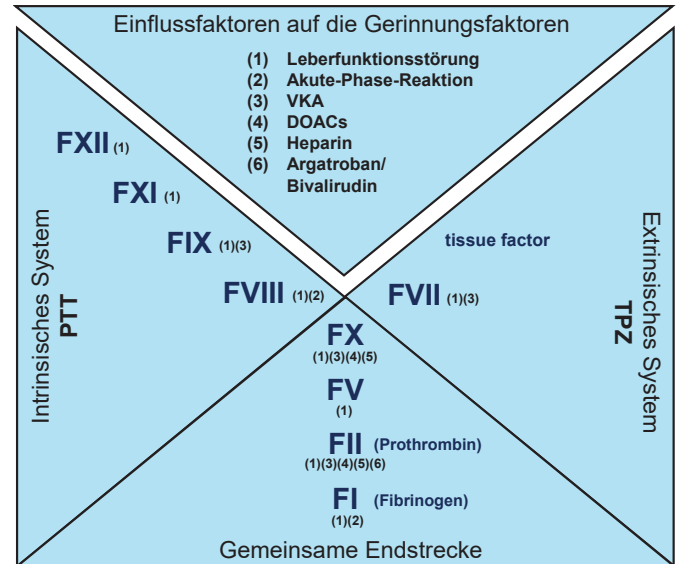


Abb. 1: Kaskadenmodell der Gerinnung für den Ablauf der Globalteste Quick und PTT (mit den Gerinnungsfaktoren FI bis FXII). Zudem inkludiert sind die Einflussfaktoren auf die Aktivitäten der Gerinnungsfaktoren. Da bei der Dilutionskoagulopathie alle Gerinnungsfaktoren betroffen sind, wurde diese in der Abbildung nicht aufgeführt (siehe Abschnitt Verdünnung)

Übrigens: Die Bezeichnung PTT gehört eigentlich zu einem veralteten Test ohne Zugabe eines Aktivators. Da dieser Test nicht mehr eingesetzt wird, werden die Bezeichnungen PTT und aPTT (aktivierte PTT) heute synonym verwendet und meinen immer die aPTT mit einem Aktivator im Testsystem (s. u.) [2].

Ziel der hämostaseologischen Laboruntersuchungen mittels PTT und Quick ist im prä-, peri- und postoperativen Umfeld

- schwere Störungen des Hämostasesystems (insbesondere einen Einzelfaktormangel) zu erkennen und
- den Verlauf bei einer ggf. notwendigen Antikoagulation zu kontrollieren.

Die PTT wurde in den 1950er-Jahren zur Diagnostik der Hämophilie A und B entwickelt. Das Reagenz, bestehend aus Kaolin und Phospholipiden, sollte im Gegensatz zum Quick-Test die Mängel an Faktor VIII bzw. IX nicht kompensieren.

Ein Grundprinzip der PTT ist die Aktivierung des Gerinnungssystems *in vitro* an einer Fremdoberfläche – ursprünglich mit Kaolin, später mit Ellagsäure.

Die PTT reagiert insbesondere sensibel auf:

- Faktor-VIII- oder Faktor-IX-Mangel (Hämophilie A oder B)
- Inhibitoren gegen Faktor VIII und Faktor IX (Hemmkörper-Hämophilie)
- Fibrinogenmangel
- reduzierte Aktivität der Faktoren der gemeinsamen Endstrecke (Faktoren II, V, X) verminderte Aktivität der Kontaktphasenfaktoren (Faktor XII, Prä-Kallikrein, HMW-Kininogen)

Die Empfindlichkeit auf einen Einzelfaktormangel hängt vom verwendeten Reagenz und Testsystem ab. Üblicherweise führt eine Restaktivität unter **30 – 40 %** zu einer Verlängerung der PTT. Eine verlängerte PTT ohne bekannte Diagnose sollte im prä-operativen Umfeld immer abgeklärt werden [3,4].

Da die Aktivität mehrerer Gerinnungsfaktoren gemeinsam gemessen wird, kann somit eine Verlängerung der Gerinnungszeit aufgrund des Mangels eines Faktors durch die erhöhte Aktivität einzelner oder mehrerer anderer Faktoren maskiert werden.

Aufbau und Messprinzip

Messprinzip

Nach Zugabe von plättchenfreiem Citratplasma erfolgt während der Inkubation (2 – 10 Min) die Aktivierung durch oberflächenaktive Substanzen (Kaolin oder Ellagsäure). Danach wird Calciumchlorid zugegeben, um die Gerinnungsreaktion zu starten. Die Zeit bis zur Bildung des ersten Fibringerinnsels wird (meist optisch) gemessen.

Referenzbereiche

- Erwachsene: abhängig vom Reagenz und vom Analysensystem (meistens um die 20 – 40 Sekunden)
- Neugeborene: PTT oft verlängert (noch unvollständige Lebersyntheseleistung)
- Ab dem 1. Lebensjahr: Werte vergleichbar mit Erwachsenen (z.B. [5])

Einfluss- und Störfaktoren

Betrachtet man bei Labortesten die Einfluss- bzw. Störfaktoren, so sollte bewusst sein, dass Einflussfaktoren Beeinflussungen *in vivo* sind. Dazu gehören als nicht-beeinflussbare Faktoren z.B. Alter und Geschlecht bzw. als beeinflussbare Faktoren u. a. die Ernährung oder die Tagesrhythmik. Störfaktoren beziehen sich auf Interferenzen die *in vitro* bedingt sind. Dazu gehören z. B. als nicht-vermeidbare Störgrößen die Interferenzen durch eine extreme Matrix z. B. durch Medikamente. Zu den vermeidbaren Störgrößen gehört u. a. die Veränderung der Proben durch Lagerung oder fehlerhaften Transport oder der Einfluss durch Kontaminationen. Analytisch bei der PTT wirken u. a. störend [3]:

- Bilirubin > 30 mg/dL
- Hämoglobin > 5 g/L
- Triglyzeride > 1000 mg/dL

Diese Faktoren stören die optische Messung, wodurch keine verlässliche Messung möglich ist oder die Ergebnisse nicht verwertbar sind. Bei deutlich erhöhtem Bilirubin liegt zusätzlich meist eine beeinträchtigte Leberfunktion mit verminderter Gerinnungsfaktorsynthese (vor allem Faktor V) vor.

Weitere Einflussfaktoren [3]:

- Akute-Phase-Reaktion: s. u.
- Schwangerschaft, Ovulationshemmer: mglw. PTT verkürzt
- Medikamente
 - z. B. Penicillin, Valproinsäure: mglw. PTT leicht verlängert
 - Antikoagulantien s. u.
- Azidose [6]: mglw. PTT verlängert

Patientenspezifische Einflussfaktoren

Welche Rolle haben patientenspezifische klinische Einflussfaktoren auf die PTT mit besonderem Blick auf das kardiochirurgische Umfeld?

Leberfunktion

Da alle plasmatischen Gerinnungsfaktoren (mit Ausnahme des von-Willebrand-Faktors) in der Leber gebildet werden, ist bei Lebererkrankungen eine Verlängerung der PTT zu erwarten. Allerdings wird diese Verlängerung durch die Akute-Phase-Reaktion

(s. u.), mit der Folge einer deutlichen Faktor-VIII-Erhöhung, zunächst kompensiert. Eine relevante Verlängerung der PTT tritt deshalb erst im Endstadium einer Lebererkrankung auf [7].

Verdünnung

Eine Volumensubstitution mit z. B. Plasmaexpandern führt zu einer Dilutionskoagulopathie mit einer Erniedrigung der Aktivität aller Gerinnungsfaktoren und zu Erniedrigung der Fibrinogen-Konzentration. Dadurch kommt es zu einer Verlängerung der PTT [8].

Akute-Phase-Reaktion

Eine Akute-Phase-Reaktion führt zu verschiedenen Beeinflussungen im Hämostasesystem. Für die PTT ist folgendes relevant:

1. eine Erhöhung der Faktor-VIII-Aktivität
2. eine Erhöhung der Fibrinogen-Konzentration

Beide Effekte führen zu einer Verkürzung der PTT und können auf der einen Seite einen Mangel von Gerinnungsfaktoren verschleiern und auf der anderen Seite zu einer Unterschätzung der Heparin-Konzentration im Blut führen. Diese Auswirkungen sind vor allem in der perioperativen Situation zu berücksichtigen [9].

Antiphospholipid-Syndrom

Mit der Beschreibung der Autoimmunerkrankung „Antiphospholipid-Syndrom“ (APS) wurde auch die Beeinflussung der PTT durch die assoziierten Antikörper entdeckt. Die Empfindlichkeit für das APS kann durch unterschiedliche Phospholipidkonzentrationen im PTT-Reagenz beeinflusst werden. In der Routine werden heute Reagenzien mit hoher Phospholipidkonzentration verwendet, um die Beeinflussung durch ein APS zu reduzieren.

DIC

Bei einer disseminierten intravasalen Koagulopathie (DIC) kann ebenfalls eine verlängerte PTT detektiert werden. Eine DIC ist eine Verbrauchskoagulopathie, bei der eine systemische Gerinnungsaktivierung (z. B. bei Sepsis, Malignom, ...) mit einer Bildung von Mikrothromben assoziiert ist. Konsekutiv kommt es zu einem Mangel an Gerinnungsfaktoren. Neben der verlängerten PTT sind auch eine TPZ-Verlängerung, eine Thrombozytopenie, ein Fibrinogenabfall und erhöhte D-Dimere zu detektieren.

Beeinflussung der PTT durch Antikoagulantien

Vitamin-K-Antagonisten (Marcumar, Warfarin)

Bei einer Antikoagulation mit einem Vitamin-K-Antagonisten wird aufgrund des Aufbaus der Testsysteme von TPZ (→ Quick → INR) und PTT bei einer INR von 2.0 bis 3.0 primär die TPZ beeinflusst. Allerdings kann es bei einer Reduktion der Vitamin-K-abhängigen Faktoren (Faktor II, VII, IX und X) unter 30% auch zu einer Verlängerung der PTT kommen [3,10].

Berücksichtigt werden muss, dass ebensolche Einschränkungen ebenfalls bei einem Vitamin-K-Mangel auftreten können.

Heparine

Unfraktioniertes Heparin (UFH) wird in Deutschland insbesondere im Rahmen von kardiochirurgischen Eingriffen verwendet. Dies ist bedingt durch die kurze Halbwertszeit und die Möglichkeit das UFH zu antagonisieren. Die Korrelation zwischen der Konzentration des

UFH im Blut und der PTT wird verwendet, um die Dosis so anzupassen, dass es weder zur Unter- noch zur Überdosierung kommt. Ältere Studien konnten zeigen, dass eine PTT mit einem Wert des 1,5- bis 2,5-fachen der Basis-PTT (therapeutische Dosierung) eine signifikante Reduktion des Thromboserisikos bedingt [11].

Alternativ kann die Konzentration des UFH auch mittels der Anti-Faktor-X(aXa)-Messung detektiert werden [3]. Eine aXa-Messung basiert auf der direkten Messung der Aktivität des Heparins auf den Faktor Xa (FXa). Diese Messung zeigt zudem eine geringere Interferenz mit den o.g. Einflussfaktoren, die auf die PTT wirken. Störfaktoren wie die Hyperlipämie, die Hyperbilirubinämie und Hämolyse beeinflussen diesen optischen Test allerdings ebenso. Bezüglich des Zielwertes der aXa-Messung gibt es keine einheitliche Empfehlung. Man geht davon aus, dass ein Wert von 0,3 bis 0,7 U/ml einer therapeutischen Dosierung entspricht [12]. Das Monitoring mittels PTT ist prinzipiell möglich, da eine Dosis-Wirkungs-Beziehung besteht. Allerdings gibt es die o.g. patientenspezifischen Faktoren, die die PTT beeinflussen (s.o.). Dies sind mögliche Gründe, warum gerade bei kardiochirurgischen Patientinnen und Patienten eine schlechte Korrelation zwischen der PTT und der anti-Xa-Messung zu verzeichnen ist.

Eine Möglichkeit diese Einflüsse perioperativ zu berücksichtigen, wäre die Bestimmung einer „Ausgangs“-PTT zu Beginn des stationären Aufenthaltes und einer weiteren Messung direkt präoperativ. Aktuell wird diskutiert, ob eine fehlende Korrelation bei einer kombinierten Messung von PTT und aXa-Assay ein schlechteres *Outcome* anzeigen kann [13].

Eine Kontrolle der Therapie mit niedermolekularen Heparinen sollte nicht durch die PTT erfolgen, da niedermolekulare Heparine eine gegen den FXa gerichtete Aktivität aufweisen. Diese wird durch die PTT nur eingeschränkt abgebildet.

Direkte orale Antikoagulation (Rivaroxaban, Apixaban, Edoxaban, Dabigatran)

Die PTT wird bei der Einnahme von direkten oralen Antikoagulantien (DOAC) nur sehr undefiniert beeinflusst. So besteht keine gesicherte Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen einer PTT-Verlängerung und der Konzentration eines DOACs. Daher ist die PTT für eine Bestimmung der DOAC-Konzentration nicht geeignet [14].

Argatroban, Bivalirudin

Bei Gabe von Argatroban oder Bivalirudin kann mit der PTT ein Monitoring der Antikoagulation möglich sein. Allerdings bietet die Verlängerung der PTT um das 1,5–2,5-fache der Ausgangs-PTT bestenfalls nur eine grobe Orientierung über die Konzentration dieser Antikoagulantien. Außerdem können auch hier Beeinflussungen durch die klinische Situation der Patientin oder des Patienten, wie Akut-Phase-Reaktion oder verstärkte Blutungen (s.o.), zu einer Fehleinschätzung der Antikoagulation führen. Da beide Medikamente meistens in klinisch schwierigen Situationen zum Einsatz kommen, sind für das Monitoring der Antikoagulation spezifischere Testsysteme wie dTT, Ecarin-Clotting-Time oder LC-MS zu empfehlen [10,15].

Schlussfolgerung

Insgesamt verdeutlichen die dargestellten Zusammenhänge, dass die valide Interpretation der PTT stets im Kontext der individuellen

klinischen Gesamtsituation erfolgen muss und dass insbesondere im Rahmen des Heparinmonitorings eine differenzierte, kontextbezogene Bewertung unerlässlich ist.

Literatur

1. Roberts HR, Monroe DM, Escobar MA. Current concepts of hemostasis: implications for therapy. *Anesthesiology*. 2004;100(3): 722–30.
2. White GC, 2nd. The partial thromboplastin time: defining an era in coagulation. *J Thromb Haemost*. 2003;1(11): 2267–70.
3. Thomas LH. Labor & Diagnose 2025 [
4. Barthels MH. Das Gerinnungskompandium: Schnellorientierung, Befundinterpretation, klinische Konsequenzen 2012/2013.
5. Letunica N, Karlaftis V, Monagle P, Ignjatovic V. Newborn and Pediatric Reference Intervals for Coagulation Assays Using Novel Reagents. *Thromb Haemost*. 2022; 122(12): 2042–4.
6. Sermon-Cadd AM, Beckett LJ, Kitchen S. Acidosis can temporarily and markedly prolong APTT. *Int J Lab Hematol*. 2024; 46(5): 966–8.
7. Phuong Linh TQ, Nhan NT, Thuan LM, Phuong LT. Survey of clot waveform analysis of normal activated partial thromboplastin time in patients with cirrhosis and sepsis at Le Van Thinh hospital. *PLoS One*. 2025; 20(10): e0334920.
8. Hewson JR, Neame PB, Kumar N, Ayrton A, Gregor P, Davis C, et al. Coagulopathy related to dilution and hypotension during massive transfusion. *Crit Care Med*. 1985; 13(5): 387–91.
9. Radisic Biljak V, Tomas M, Lopic I, Saracevic A. Are shortened aPTT values always to be attributed only to preanalytical problems? *Diagnosis (Berl)*. 2024; 11(4): 430–4.
10. Heubner L, Oertel R, Tiebel O, Mehlig-Warnecke N, Beyer-Westendorf J, Mirus M, et al. Monitoring of Argatroban in Critically Ill Patients: A Prospective Study Comparing Activated Partial Thromboplastin Time, Point-of-Care Viscoelastic Testing with Ecarin Clotting Time and Diluted Thrombin Time to Mass Spectrometry. *Anesthesiology*. 2024; 140(2): 261–71.
11. Basu D, Gallus A, Hirsh J, Cade J. A prospective study of the value of monitoring heparin treatment with the activated partial thromboplastin time. *N Engl J Med*. 1972; 287(7): 324–7.
12. Eikelboom JW, Hirsh J. Monitoring unfractionated heparin with the aPTT: Time for a fresh look. *Thrombosis and Haemostasis*. 2006; 96(5): 547–52.
13. Halawi H, Sabawi MM, Rizk E, Mahmoud AA, Petkova JH, Hui SR, et al. Bleeding outcomes in critically ill patients on heparin with discordant aPTT and anti-Xa activity. *J Thromb Thrombolysis*. 2025; 58(2): 210–9.
14. Eller T, Birschmann I. Direkte orale Antikoagulantien (DOAKs): Was kann die Labordiagnostik aktuell leisten? *Trillium Diagnostik*. 2025(2).
15. Vajter J, Volod O. Anticoagulation Management During ECMO: Narrative Review. *JHLT Open*. 2025; 8: 100216.

Timing of Redox Imbalances in Cardiac Surgery.

Pooth J-S, Böhmerle T, Krawczyk K et al.
European Journal of Cardio-Thoracic Surgery 2026, 68(4)
DOI:10.1093/ejcts/ezag134

Die Rolle und der negative Einfluss hochreaktiver Sauerstoffmoleküle (*reactive oxygen species* = ROS) während kardialer Eingriffe, besonders unter Einsatz des kardiopulmonalen Bypasses, sind seit Jahren Gegenstand der Forschung [1]. Die vorliegende empirische Studie befasst sich mit dem Ansatz, inwieweit eine direkte Messung reaktiver Sauerstoffmoleküle (ROS) im Zeitrahmen einer Herzoperation möglich ist und ob dem schädlichen Einfluss der ROS mittels Vitamin-C-Gabe entgegengewirkt werden kann. 37 Patienten mit völlig unterschiedlichem Operationsspektrum (CABG, Herzklappen, Aorten Chirurgie, LVAD-Implantationen etc.) wurden einer Kontrollgruppe von 38 gesunden Personen gegenübergestellt und zu vier Messzeitpunkten prä-, peri- und postoperativ die Konzentration von ROS mittels Elektronenspinresonanz-Spektroskopie (EPR) ermittelt. Weiterhin wurden die Konzentrationen der Spurenelemente Zink und Selen, der Vitamine A, C und E sowie des Coenzym Q10 als wichtiger Faktor der mitochondrialen ATP-Synthese erhoben. Innerhalb der Operationskohorte wurden weiterhin zwei Subgruppen erstellt. 22 Patienten erhielten intraoperativ eine Vitamin-C-Gabe, während bei 15 Probanden darauf verzichtet wurde. In den Ergebnissen zeigte sich, dass die herzchirurgische Patientengruppe bereits präoperativ signifikant erhöhte ROS-Konzentrationen im Vergleich zur Kontrollgruppe aufwies, was sich durch die komplexen Zusammenhänge von ROS und kardialen Grunderkrankungen logisch erklären lässt. Ferner zeigten sich deren oxidative Reserven anhand der erhobenen Parameter im Verlauf der Operation deutlich eingeschränkt. Einen positiven Einfluss zeigte die Applikation von

Die Verfasser der JournalClubs geben an, dass kein Interessenskonflikt besteht

Vitamin-C in der Interventionsgruppe, deren ROS-Werte durchgehend niedriger als in der Vergleichsgruppe waren. Statistisch signifikant fiel dieser Unterschied am ersten postoperativen Tag (T3) auf. Offen bleibt die Frage, warum auf eine solch heterogene Patientenkohorte zurückgegriffen wurde. Die Autoren benennen jedoch diese Limitation korrekt in der Diskussion, genau wie eine fehlende Randomisierung bei der Vitamin-C-Substitution.

Diese explorative Studie konnte zeigen, dass eine direkte Messung und Quantifizierung von ROS als Marker des multifaktoriell bedingten oxidativen Stresses machbar ist. Dies ist insofern von Bedeutung, als dass die hochreaktiven Moleküle schnellen Zerfallsprozessen unterliegen und daher bisher zumeist auf Surrogat-Marker zurückgegriffen wurde. Erst die Messmethode mittels EPR machte die direkte intraoperative Analyse möglich. Da hierzu die Datenlage noch begrenzt ist, liefern die Autoren mit der vorliegenden Studie wichtige Referenzwerte und Ansätze für die künftige Forschung. Weiterhin zeigte sich der positive Einfluss von Vitamin-C-Applikationen zur Stärkung der oxidativen Reserven kardiochirurgischer Patienten.

Die Autoren geben keine Interessenkonflikte an. Der Artikel ist im übersichtlichen Kurzformat *Rapid Communications* des EJCTS erschienen und erfordert einen lizenzierten Zugang.

Benjamin Haupt, Berlin

1. Zakkar, M., Guida, G., Suleiman, M. S., & Angelini, G. D. (2015). Cardiopulmonary bypass and oxidative stress. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2015, 189863. <https://doi.org/10.1155/2015/189863>

The role of the perfusionist in the extra-corporeal life support management: An international survey

Scoppa C, Toscano D, Costa MC, Vercaemst L, Debeuckelaere G, Antonini MV, Marchetto G, Belliato M, Lorusso R, Swol J, Mariani S
Perfusion 2026; 41(15):395–505
DOI:10.1177/02676591261430620

Wie ist die Versorgung mit ECMO/ECLS im klinischen Alltag organisiert und wie verteilen sich Verantwortung, Expertise und Zuständigkeiten im multiprofessionellen ECMO/ECLS-Team? Genau dieser Frage widmet sich das internationale Survey von Scoppa et al. mit einem Fokus auf Ausbildung, Rollenverständnis und organisatorische Einbindung von Perfusionist:innen.

Die Studie basiert auf einer internationalen Online-Befragung, die über ELSO-Netzwerke, den EuroELSO-Kongress und soziale Medien verbreitet wurde. Von mehr als 800 kontaktierten Zentren gingen letztlich 178 auswertbare Datensätze in die Analyse ein. Bereits ein Blick auf die Methodik lohnt sich: Knapp zwei Drittel der Zentren stammten aus Europa und den USA, rund 65% verfügten seit mehr als zehn Jahren über ein ECMO/ECLS-Programm. Betrachtet wurden damit überwiegend etablierte und ELSO-nahe Zentren mit

entsprechender Expertise. Gerade deshalb verdienen die Ergebnisse besondere Aufmerksamkeit und sollten bei ihrer Interpretation stets mitgedacht werden. Während sich die Angaben zu Fallzahlen bewusst auf das Vorpandemiejahr 2019 beziehen, um Verzerrungen durch die COVID-19-Pandemie auszublenden, spiegeln die Daten zur Personalstruktur die aktuelle Situation der Zentren wider. Inhaltlich bestätigt die Studie zunächst die zentrale technische Rolle von Perfusionist:innen. In der Mehrzahl der Zentren tragen sie Verantwortung für Priming, Gerätemanagement, den Wechsel des Oxygenators und weitere technische Problemlösungen. Gleichzeitig zeigt sich ein multiprofessionelles Versorgungsmodell, in dem Aufgaben zwischen Perfusionist:innen, Pflegenden und Mediziner:innen geteilt werden („Task Sharing“). Angesichts überwiegend bestehender Rufdienstmodelle erscheint dies weniger als Ausnahme denn als klinische Realität. Besonders nachdenklich stimmen die Daten zur Ausbildung. Zwar berichten knapp 79% der Zentren über eine supervidierte Einarbeitung durch erfahrene Kolleg:innen, gleichzeitig erhalten jedoch fast 10% keine verpflichtende Einarbeitung. Strukturierte Kurse oder Simulationstrainings werden ebenfalls keineswegs flächendeckend eingesetzt. Noch kritischer erscheint die kontinuierliche Weiterbildung. Rund ein Drittel der Zentren bietet nach dem initialen Onboarding keine regelmäßige ECMO/ECLS-spezifische Fortbildung mehr an.

Mit Blick auf diese Ergebnisse drängt sich jedoch eine zentrale Frage auf: Wie entsteht Expertise und wie bleibt sie erhalten? Genau hier eröffnet die Arbeit ihre vielleicht spannendste Diskussion. Internationale Positionspapiere empfehlen für ECLS-Programme eine Mindestfallzahl von 30 ECMO-Fällen pro Jahr, da höhere Volumina mit besseren Outcomes assoziiert sind. Umso nachdenklicher stimmen die Survey-Daten: Selbst unter den überwiegend erfahrenen Zentren lagen 73 % der ECMO-Programme und 60,8 % der ECLS-Programme unter dieser Schwelle. Gerade in seltenen, aber potenziell lebensbedrohlichen Situationen könnte fehlende Routine zum relevanten Risikofaktor werden. Gleichzeitig beschreiben Leitlinien und Konsensuspapiere bereits multiprofessionelle Teamstrukturen, Simulationstraining und standardisierte Ausbildungswege. Die Ergebnisse werfen daher die Frage auf, ob ECMO/ECLS künftig stärker über verbindliche Kompetenzprofile, definierte Fallzahlen sowie standardisierte Qualifizierungs- und

Rezertifizierungsprozesse abgesichert werden sollte, international zunehmend unter dem Begriff „Credentialing“ diskutiert. Besonders relevant erscheint diese Diskussion vor dem Hintergrund, dass ECMO/ECLS zunehmend auch außerhalb klassischer herzchirurgischer Strukturen Anwendung findet. Die eigentliche Stärke der Arbeit von Scoppa et al. liegt deshalb weniger in ihren Antworten als in den Fragen, die sie aufwirft. Wenn bereits erfahrene Zentren eine derart heterogene Ausbildungsrealität zeigen, stellt sich unweigerlich die Frage, wie fragmentiert die Versorgungsrealität außerhalb dieser Strukturen tatsächlich aussieht.

Jasper Heller, Bad Rothenfelde

Impact of Obesity on Neurologic Outcomes in Patients Undergoing Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation

Jin Kook Kang, Jiah Kim, Haerin Chung, Andrew Kalra, Shivalika Khanduja, Zachary E. Darby, Ifeanyi D. Chinedozi, Jessica B. Briscoe, Bo Soo Kim, Glenn J.R. Whitman, Sung-Min Cho, on behalf of the HERALD Investigators
Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia. 2025 (39): 2369 – 2376
<https://doi.org/10.1053/j.jvca.2025.05.029>

Während Adipositas in der Allgemeinbevölkerung mit einem erhöhten Risiko für Schlaganfälle und neurologische Defizite assoziiert ist, ist der Einfluss auf neurologische Ergebnisse bei VA-ECMO bislang unzureichend untersucht.

Die Autoren untersuchten den Einfluss von Adipositas auf das neurologische Outcome bei erwachsenen Patienten unter venoarterieller extrakorporaler Membranoxygenierung (VA-ECMO). Hintergrund der Arbeit ist die zunehmende Anwendung der VA-ECMO bei therapierefraktärem kardiogenem Schock sowie die hohe Rate neurologischer Komplikationen und funktioneller Einschränkungen bei diesen Patienten.

Analysiert wurden 214 erwachsene VA-ECMO-Patienten zwischen 2016 und 2022 in einem einzelnen Zentrum. Die Patienten wurden anhand ihres Body-Mass-Index (BMI) in eine adipöse Gruppe (BMI ≥ 30 kg/m²; n = 104) und eine nicht-adipöse Gruppe (BMI < 30 kg/m²; n = 110) eingeteilt. Primärer Endpunkt war das neurologische Outcome bei Entlassung, bewertet mittels Modified Rankin Scale (mRS), wobei ein mRS von 0 – 3 als gutes und ein mRS von 4 – 6 als schlechtes Outcome definiert wurde. Sekundäre Endpunkte waren das Auftreten einer akuten Hirnschädigung sowie die Mortalität.

Die Ergebnisse zeigen deutliche Unterschiede zwischen beiden Gruppen. Ein schlechtes neurologisches Outcome trat bei 91 % der adipösen Patienten auf, verglichen mit 69 % der nicht-adipösen Patienten. Zudem war die Häufigkeit einer akuten Hirnschädigung bei adipösen Patienten signifikant höher (50 % vs. 35,5 %). Auch die Krankenhausmortalität war in der adipösen Gruppe deutlich erhöht (54 % vs. 27 %). In multivariablen Analysen erwiesen sich Adipositas (adjustierte Hazard Ratio [aHR] 1,63) und eine akute Hirnschädigung (aHR 1,41) als unabhängige Risikofaktoren für ein

schlechtes neurologisches Outcome. Darüber hinaus zeigte eine Spline-Analyse einen nahezu linearen Zusammenhang zwischen steigendem BMI und zunehmender Wahrscheinlichkeit schlechter neurologischer Ergebnisse.

Die Autoren diskutieren mehrere mögliche Mechanismen für diese Assoziation. Adipositas kann die ECMO-Kanülierung technisch erschweren, zu verzögerter Therapieeinleitung führen und die Etablierung ausreichender ECMO-Flüsse beeinträchtigen. Zudem sind adipöse Patienten häufiger von thrombotischen Komplikationen, inflammatorischen Prozessen, Muskelabbau und Mobilisationsproblemen betroffen. Diese Faktoren könnten unabhängig von einer manifesten Hirnschädigung zu schlechteren funktionellen Ergebnissen beitragen.

Die Studie adressiert eine klinisch relevante Fragestellung und verwendet mit dem mRS einen etablierten neurologischen Outcome-Parameter. Positiv hervorzuheben ist die standardisierte neurologische Überwachung aller ECMO-Patienten sowie die Adjustierung für wichtige Störfaktoren. Dennoch hat auch diese Studie bestimmte Limitationen. Die Ergebnisse sind möglicherweise nur eingeschränkt auf andere Zentren übertragbar. Für eine detaillierte Subgruppenanalyse, zum Beispiel die Unterteilung in mehrere BMI-Klassen oder Indikationen, war die Fallzahl zu klein. Trotz der multivariablen Adjustierung können weitere Faktoren einen Einfluss haben. Patienten unterschieden sich beispielsweise hinsichtlich Hypertonie, Hyperlipidämie und Schweregrad der Erkrankung.

Die Studie liefert sehr deutliche Hinweise darauf, dass Adipositas bei VA-ECMO-Patienten mit einem erhöhten Risiko für neurologische Komplikationen, ein schlechteres funktionelles Outcome und höherer Mortalität verbunden ist. Aufgrund der methodischen Einschränkungen sind jedoch größere multizentrische Studien erforderlich, um diese Zusammenhänge endgültig zu bestätigen.

Sven Maier, Freiburg

Medizintechnik-Studium in Teilzeit mit Schwerpunkt Perfusiologie und klinische Technologien

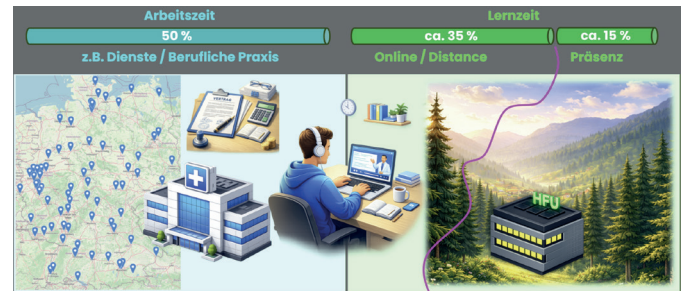
Der zunehmende Fachkräftemangel im Gesundheitswesen, die steigende technische Komplexität moderner Therapieverfahren sowie die fortschreitende Akademisierung klinischer Gesundheitsberufe erfordern neue und flexible Ausbildungsmodelle im Bereich der Medizintechnik. Insbesondere in hochspezialisierten Bereichen wie der Perfusiologie sowie angrenzenden klinischen Technologien besteht ein wachsender Bedarf an praxisnah ausgebildeten Fachkräften, die medizinisches Verständnis mit technischem Know-how verbinden. Vor diesem Hintergrund verfolgt der Studiengang Medizintechnik – Klinische Technologien an der Hochschule Furtwangen am Campus Villingen-Schwenningen das Ziel, ein modernes Teilzeitstudium mit Blended-Learning-Struktur zu etablieren. Das Konzept richtet sich insbesondere an berufstätige, klinisch tätige Fachkräfte, internationale Zielgruppen sowie Personen, die aufgrund familiärer oder beruflicher Verpflichtungen kein klassisches Vollzeitstudium absolvieren können.

Die Hochschule Furtwangen besitzt im Bereich Forschung und Lehre der Medizintechnik seit Jahrzehnten einen hervorragenden Ruf. Durch die enge Verbindung von angewandter Forschung, moderner technischer Infrastruktur sowie die unmittelbare Nähe zu Kliniken und Industrie besteht ein direkter Bezug zu aktuellen Entwicklungen in Medizin, Technik und Wissenschaft.

Ein besonderer Fokus liegt auf der Vertiefungsrichtung „OP-Ingénieurwesen/Perfusiologie“. Diese verbindet ingenieurwissenschaftliche Grundlagen mit klinischen Anwendungen im Operationssaal und im Bereich der extrakorporalen Zirkulation. Die Studierenden erwerben Kompetenzen in Bereichen wie Herz-Lungen-Maschinen, Monitoring, Sensorik, medizinische Systeme, Physiologie, Blutgasanalytik sowie sicherheitskritischen technischen Verfahren. Gleichzeitig werden Themen wie Digitalisierung, Künstliche Intelligenz, datenbasierte Entscheidungsunterstützung und moderne Simulationstechnologien zunehmend integriert.

Das Teilzeitmodell basiert auf einer flexiblen Kombination aus digitalen Lehrformaten und kompakten Präsenzphasen. Lediglich etwa 15 % des Studiums finden in Präsenz am Campus statt, was ungefähr sechs Präsenzwochen pro Jahr entspricht. Ergänzt wird dies durch etwa 35 % Onlinelehre an zwei festen Wochentagen im Sinne eines strukturierten Distance-Learning-Konzepts. Diese Studienform er-

möglicht es den Studierenden, parallel weiterhin beruflich tätig zu sein oder sich um familiäre beziehungsweise persönliche Verpflichtungen zu kümmern. Gleichzeitig bleibt bewusst Raum für persönliche Interessen, individuelle Entwicklung und eine flexible Lebensgestaltung neben dem Studium erhalten. Die Vorteile einer akademischen Präsenzhochschule mit persönlichem Austausch, Laboren und praktischen Übungen bleiben dabei bestehen. Da es sich bei der Hochschule Furtwangen um eine staatliche Hochschule handelt, belaufen sich die Studienkosten aktuell lediglich auf etwa 176 € pro Semester. Dadurch bleibt das Studium auch finanziell bewusst niedrigschwellig und attraktiv.



Insbesondere für den Bereich der Perfusiologie eröffnet dieses Konzept neue Möglichkeiten. Viele potenzielle Studierende sind bereits in Kliniken tätig und verfügen über wertvolle praktische Erfahrung. Durch die Teilzeitstruktur können diese Fachkräfte akademisch weiterqualifiziert werden, ohne ihre berufliche Tätigkeit vollständig aufgeben zu müssen. Gleichzeitig profitieren Kliniken von einer engeren Verzahnung zwischen wissenschaftlicher Ausbildung und klinischer Praxis.

Eine besondere Rolle spielen dabei die Klinikpartner des Studiengangs. Durch eine berufliche Tätigkeit bei einem der kooperierenden Partnerkliniken kann das Praxissemester unter bestimmten Voraussetzungen angerechnet werden. Dadurch wird das Studium zusätzlich flexibilisiert und noch stärker an die reale Berufspraxis gekoppelt. Darüber hinaus soll das Studienmodell langfristig zur internationalen Sichtbarkeit und Weiterentwicklung des Fachgebiets beitragen. Moderne Lehrmethoden, digitale Lernplattformen und hybride Veranstaltungsformate ermöglichen eine stärkere Vernetzung zwischen Hochschule, Kliniken, Industrie und Fachgesellschaften. Nach erfolgreichem Abschluss vereinen die Absolventinnen und Absolventen Kompetenzen aus beiden Bereichen: Sie sind sowohl



Perfusionist*in als auch Ingenieur*in und damit in beiden Welten gefragte Persönlichkeiten. Die Kombination aus klinischer Erfahrung, technischem Fachwissen und akademischer Qualifikation eröffnet vielfältige Karrierewege in Kliniken, Forschungseinrichtungen, Medizintechnikunternehmen sowie im internationalen Gesundheitsumfeld.

Das Vorhaben versteht sich somit nicht nur als Anpassung bestehender Studienstrukturen, sondern als strategischer Beitrag zur Zukunftssicherung klinisch-technischer Berufe. Ziel ist es, ein flexibles, wissenschaftlich fundiertes und gleichzeitig praxisnahes

Bildungsangebot zu schaffen, das den Anforderungen einer modernen und zunehmend technologiegetriebenen Gesundheitsversorgung gerecht wird.

Bei weiterem Interesse kontaktieren Sie uns gerne. Wir stehen jederzeit für Informationen, Fragen und einen persönlichen Austausch zur Verfügung.

Weitere Informationen:

<https://www.hs-furtwangen.de/studium/studiengaenge/medizintechnik-klinische-technologien-bachelor>



E-Mail:
thomas.schiepp@hs-furtwangen.de
Studiendekan
Medizintechnik –
Klinische Technologien



E-Mail:
sven.maier@hs-furtwangen.de
Professor für Simulation in der Medizin



E-Mail:
cora.galm@hs-furtwangen.de
Akademische
Mitarbeiterin

7. Perfusionisten Fachtagung Kardioplegie in Theorie und Praxis



Ihre Ansprechpartner:

Dr. Stefan Fritz
Sabrina Uccello
+49 6251 1083-0
perfusionistentagung@koehler-chemie.de

**DR. F. KÖHLER
CHEMIE**
PHARMACEUTICALS
Wir für Sie · Gemeinsam Leben retten

Save The Date!

10. & 11. Juni 2027 in Bensheim

Tagungszeiten (voraussichtlich):

Beginn: Donnerstag, 10.06.2027 ab 12:30 Uhr
Ende: Freitag, 11.06.2027 um 14:30 Uhr

Tagungsvorsitzende:

- Prof. Dr. med. Matthias Karck (Heidelberg)
- PD Dr. Frank Münch (Erlangen)

Tagungsort:

Dr. Franz Köhler Chemie GmbH
Werner-von-Siemens-Str. 14–28
D-64625 Bensheim

Scannen Sie den QR-Code oder besuchen Sie uns auf
www.koehler-chemie.de



Unterstützung für herzkrankte Kinder in Sri Lanka

Im Oktober 2025 erreichte uns die Bitte um Unterstützung in der kinderherzchirurgischen und kinderkardio-intensivmedizinischen Patientenversorgung aus dem Lady Ridgeway Hospital for Children (LRH) in Colombo, der Hauptstadt Sri Lankas. Es ist das einzige Zentrum der Insel, in dem Kinder mit angeborenem Herzfehler operativ versorgt werden können. Jahrzehntlang war es mit über 1000 Betten und jährlich einer Million behandelter Patienten das größte Kinderkrankenhaus der Welt [1]. Aufgrund der demographischen Verhältnisse Sri Lankas (von 23 Millionen Einwohnern sind fast 30 % unter 18 Jahren) gibt es eine lange Warteliste von herzkranken Kindern, obwohl jährlich etwa 800 – 1000 Eingriffe mit Herz-Lungen-Maschine durchgeführt werden [2]. Viele Kinder werden sehr spät, manchmal zu spät operiert.

Mit Sri Lanka gibt es eine nunmehr fast 20-jährige Kooperation. Infolge der Tsunamikatastrophe im Dezember 2004 wurde in Galle im Süden des Landes eine Kinderintensivstation spendenfinanziert gebaut und ausgestattet. Durch kontinuierliche Zusammenarbeit wurde über die Zeit eine stabile Partnerschaft etabliert. So konnten über die letzten 18 Jahre anfangs 7, mittlerweile 14 vollausgestattete Intensivbetten betrieben und dadurch, seit der Eröffnung der Station im Jahr 2008, vielen Kindern das Leben gerettet werden (Infos unter www.picu-sri-lanka.com).

Durch diese Kooperation entstanden erste Kontakte ins Lady Ridgeway Hospital. Im Sommer 2019 folgte daraus ein Ausbildungsbesuch zweier Perfusionisten des LRH nach Hannover zur Optimierung des HLM-Managements.

Um der Bitte aus Colombo nachzukommen und um den Kolleg:innen des LRH zu helfen, gründete sich ein breit aufgestelltes Expertenteam verschiedener Fachdisziplinen, welches aus engagierten Mitarbeiter:innen der pädiatrischen Intensivpflege, Kinderkardiochirurgie, Kinderkardioanästhesie, Kinderkardiologie, Kinderintensivmedizin sowie Kinderperfusion besteht. Mit dem Verein „Kinderherz Hannover e. V.“ (www.kinderherz-hannover.de) fanden wir dankenswerterweise einen großzügigen Sponsor, der sich bereit erklärte, dieses wichtige ehrenamtliche Projekt zu finanzieren und zu unterstützen.

Anfang März reiste das Team nach Colombo. Das gemeinsame Credo hieß: „Hilfe zur Selbsthilfe“. Ziel war es nicht, als hannoversches Team einige Patienten selbst zu versorgen, sondern die vorherrschenden Prozesse, Organisationsstrukturen und Schnittstellen zwischen kardiologischer, intensivmedizinischer und kardiochirurgischer Versorgung zu analysieren und gemeinschaftlich in enger Zusammenarbeit mit den ortsansässigen Kolleg:innen zu verbessern.

So wurden alle Stationen der Patientenversorgung gemeinsam sowie fachgruppenspezifisch analysiert. Begonnen bei präoperativer Diagnostik, kardiologisch-kardiochirurgischer Therapieplanung, dem prä-, intra- und postoperativen Management sowie der Nachsorge. In Einzel- und Gruppengesprächen wurden Konzepte hinterfragt und Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede im Management diskutiert. Darüber hinaus wurden spontan Fortbildungsveranstaltungen für einzelne Berufsgruppen angeboten. So durfte ich, trotz aller Kurzfristigkeit, vor der Colombo Perfusion School eine Vorlesung über die pädiatrische ECMO-Therapie halten.

Die 10 Tage vergingen wie im Flug und letztendlich konnten auch wir neue Ideen und Erkenntnisse aus einem High-Volume-Versorgungszentrum mit nach Hannover nehmen. Für die Zukunft ist ein weiterer Ausbau der Kooperation mit regelmäßigen Videokonferenzen, Nutzung von Telemedizin zur Unterstützung in Diagnostik und Therapieplanung sowie weiteren gegenseitigen Besuchen geplant.

Sebastian Tiedge

1. Homepage Lady Ridgeway Hospital for Children: <https://lrh.health.gov.lk/our-performance/> (04.06.2026)
2. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Population Prospects 2024: <https://population.un.org/wpp/downloads?folder=Standard%20Projections&group=Population> (04.06.2026)



Perfusion Team des Lady Ridgeway Hospital (© medJUNGE)



Studierende der Perfusion School Colombo (© medJUNGE)

Medtronic

Become
unstoppable

with VitalFlow™
ECMO System

Easier and
smarter
ECMO in
one-system
solution†

With every beat,
expect more.

† Medtronic usability data and design reports on file. "Smarter" compared to Nautilus™ Smart technology.

©2025 Medtronic. Medtronic, Medtronic logo, and Engineering the extraordinary are trademarks of Medtronic.
All other brands are trademarks of a Medtronic company.

Arbeitsaufnahme innerhalb von 30 Minuten – Rufdienst oder Bereitschaftsdienst?

Korrespondenz

Dr. iur. Torsten Nölling
Rechtsanwalt
Fachanwalt für Medizinrecht
Rödelstraße 13
04229 Leipzig, Deutschland
E-Mail: Post@RA-Noelling.de

Immer wieder sind die Arbeitsgerichte berufen, Streitfragen rund um die Anordnung von Rufdienst und Bereitschaftsdienst zu entscheiden. Dabei ist zwischen der arbeitszeitrechtlichen Frage, wann Rufdienst und wann Bereitschaftsdienst angeordnet werden darf, einerseits, und der tarifrechtlichen Frage, wie der jeweilige Dienst zu vergüten ist, andererseits, zu unterscheiden [1].

Während Bereitschaftsdienst als Arbeitszeit im Sinne des Arbeitszeitgesetzes gilt, werden die Zeiten der Rufbereitschaft, in denen keine Aktivierung vorliegt, als Ruhezeit gewertet. Zeiten der Aktivierung hingegen sind Arbeitszeit. Die Abgrenzung zwischen Bereitschaftsdienst und Rufbereitschaft wird in der Rechtsprechung zuvorderst an der Frage entschieden, ob der Arbeitnehmer in der Wahl seines Aufenthaltsortes frei ist, oder ob die Zeitvorgabe so knapp ist, dass er faktisch gezwungen ist, sich am Arbeitsort oder in unmittelbarer Umgebung aufzuhalten.

Wo genau die Grenze liegt, bei der noch von einer freien Wahl des Aufenthaltsortes ausgegangen wird, ist nicht gesetzlich bestimmt. Die Gerichte haben in der Vergangenheit einen Zeitraum von 20–30 Minuten als ausreichend angesehen. Wichtig ist, dass innerhalb dieser Zeit nicht nur die Wegstrecke zurückzulegen ist, sondern auch gegebenenfalls erforderliche „Rüstzeiten“ zu berücksichtigen sind, also Zeiten, die der Arbeitnehmer benötigt, um zum Beispiel Arbeitskleidung anzuziehen. Gerade im Krankenhausbetrieb und den zum Beispiel im OP oder auf Intensivstation erforderlichen Anforderungen an Arbeitskleidung und Hygiene kann dies mitunter mehr Zeit in Anspruch nehmen als die reine Wegzeit.

Das Landesarbeitsgericht Niedersachsen [2] hat nunmehr entschieden, dass eine Anordnung gegenüber Ärzten, in der Rufbereitschaft innerhalb von 30 Minuten am Patientenbett verfügbar

zu sein, unwirksam ist. Der klagende Arzt hatte erfolgreich vorgetragen, dass er bei einer Zeitvorgabe von 30 Minuten bis zur Arbeitsaufnahme faktisch gezwungen sei, sich in unmittelbarer Nähe zur Klinik aufzuhalten, da die Wege innerhalb der Klinik, das Anlegen der Arbeitskleidung und die erforderlichen Hygienemaßnahmen bereits einen erheblichen Anteil der zugestandenen 30 Minuten in Anspruch nähmen. Das Landesarbeitsgericht Niedersachsen hat, wie zuvor das Arbeitsgericht Hannover, entschieden, dass eine Vorgabe, nach der Arbeitnehmer innerhalb einer bestimmten Zeit „am Patienten“ sein müssen, unzulässig ist, da die Zeitspanne, die der Arbeitnehmer innerhalb der Klinik zurücklegen muss, nicht in seiner Sphäre liege.

Vor dem Hintergrund der Zeitvorgaben in den Vorgaben des G-BA zu einem gestuften System von Notfallstrukturen in Krankenhäusern gemäß § 136c Abs. 4 SGB V, wonach entsprechend qualifizierte Ärzte innerhalb von 30 Minuten am Patientenbett anwesend sein müssen, hat dieses Urteil erhebliche Sprengkraft. Dies insbesondere vor dem Hintergrund, dass der MDK im Rahmen seiner regelmäßigen Prüfungen (LOPS-Richtlinie) die Einhaltung dieser Strukturvorgaben überwacht und bei Nichterfüllung die Vergütung gestrichen wird.

Die vom Landesarbeitsgericht zugelassene und zum Bundesarbeitsgericht eingelegte Revision [3] ist unterdessen zurückgenommen worden. Seit dem 07.05.2026 ist das Urteil des Landesarbeitsgericht Niedersachsen damit rechtskräftig. Die Auswirkungen des Urteils auf die Dienstplanung im Krankenhaus, insbesondere auch für Perfusionist:innen, sind nicht zu unterschätzen. Unter Berücksichtigung der „Rüstzeiten“ dürfte eine Rufbereitschaft nur noch selten Fällen arbeitszeitrechtskonform möglich sein.

Rechtsanwalt Dr. iur. Torsten Nölling

1. siehe hierzu Nölling T, Tarifwidrige Anordnung von Rufbereitschaft: Folgen für die Vergütung. *Kardiotechnik*, 2022(3): 110–111.
2. Urt. v. 17.12.2025 – 8 SLa 502/25, vorgehend ArbG Hannover, Urt. v. 24.04.2025 – Az: 2 Ca 436/24.
3. BAG – 5 AZR 45/26.

ISHLT 2026

Bei zunächst kaltem Wetter und Schneeregen begann am 22.04.2026 die 46. Jahrestagung der International Society of Heart and Lung Transplantation (ISHLT) in Toronto, Kanada. Der weltweit bekannte Kongress thematisiert die neusten Erkenntnisse aus dem Feld Herz- oder Lungentransplantation. Das Besondere des Kongresses ist die ausgeprägte Kombination aus klinischen

Themen und Grundlagenforschung. In diesem Jahr zeichnete sich der Kongress durch vielfältige Impulse kleinerer tierexperimenteller Serien und klinischer Fallberichte zum Thema „Spender mit erweiterten Kriterien“ aus. Am 25.04.2026 wurde der Kongress bei Sonnenschein mit einem Arbeits- und Kennenlernetreffen des Programmkomitees für die nächste Jahrestagung in Sydney, Australien, 2027 beendet.

Dr. Lars Saemann

Symposiumsbericht: „Pulmonary Hypertension, Heart Failure and Transplantation – Advancing Patient Care“

Symposium des Kinderherzzentrums Wien, MedUni Wien/AKH, 8. Mai 2026

Am 8. Mai 2026 fand am Universitätsklinikum Wien das Symposium „Pulmonary Hypertension, Heart Failure and Transplantation – Advancing Patient Care“ statt, ausgerichtet vom Kinderherzzentrum der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde der MedUni Wien. Die Veranstaltung bot einen aktuellen Überblick über pulmonale Hypertonie, Herzinsuffizienz sowie Herz- und Lungentransplantation im Kindes- und Jugendalter und richtete unter dem Leitthema „Advancing Patient Care“ den Blick gezielt auf innovative Therapieperspektiven. Das interdisziplinäre, international besetzte Programm machte die Tagung für die Kinderperfusionologie ebenfalls besonders lohnend. Zwei Beiträge seien exemplarisch herausgegriffen.

Im Rahmen der Session zur mechanischen Kreislaufunterstützung wurde die Entwicklung eines Kunstherz-Systems speziell für Fontan-Patienten vorgestellt (Marcus Granegger, Daniel Zimpfer). Im Zentrum steht eine Pumpe zur Unterstützung des Fontankreislaufs: Sie saugt das Blut aus der oberen und unteren Hohlvene an und pumpt es aktiv in die Pulmonalarterie. Dieser Ansatz adressiert das zentrale hämodynamische Problem der univentrikulären Zirkulation – den fehlenden subpulmonalen Antrieb – und ist aus perfusiologischer Sicht hochinteressant, da er an der Schnittstelle von mechanischer Kreislaufunterstützung und der besonderen Physiologie des Fontankreislaufs ansetzt.

Ein weiterer eindrucksvoller Beitrag kam von Henri Justino (Division of Pediatric Cardiology, Rady Children's Health, University of California San Diego), Interventionalist im Bereich kathetergestützter Eingriffe bei angeborenen Herzfehlern. Er widmete sich der transkatheterbasierten Behandlung der Lungenvenenstenose bzw. -atresie im Kindesalter – einer progredienten Entität mit hoher Morbidität und Restenoseneigung. Die atretische Lungenvene wird dabei intravaskulär rekanalisiert: Der angiografisch sichtbare, schnabelförmige „beak“ markiert die Lokalisation des Verschlusses und erleichtert die Passage mit speziellen CTO-Drähten (chronic total occlusion). Fehlt dieser, kann eine radiofrequenz-unterstützte Rekanalisation erforderlich werden. Nach erfolgreicher Passage erfolgen Dilatation und Stentimplantation, häufig mit medikamentenfreisetzungsfähigen Stents (drug-eluting stents, DES). Das Verfahren erreicht eine vertretbar hohe akute Erfolgsrate,



(© MedUni Wien)

erfordert wegen der hohen Restenoserate jedoch engmaschige Verlaufskontrollen.

Den Abschluss des Tages bildete die Antrittsvorlesung von Prof. Dr. Georg Hansmann am AKH Wien unter dem Titel „No cure is not good enough – about novel, innovative therapies in pediatric cardiovascular medicine“. Hansmann übernimmt die Professur für Kinderkardiologie und die Leitung der Abteilung für Pädiatrische Kardiologie an der MedUni Wien.

Insgesamt überzeugte das Symposium durch die Bandbreite der Themen und die hochkarätige, international besetzte Rednerliste. Die Folgeveranstaltung wird aller Voraussicht nach am 4. Juni 2027 erneut an der MedUni Wien stattfinden, ausgerichtet von Prof. Dr. Georg Hansmann unter dem Titel „Treatment Strategies for Critical Congenital Heart Disease“.

Nicola Kwapil

Neue niedrig-volumige Kardioplegie mit direkter Spritzenapplikation

Korrespondenz

Dr. phil. Birgit Hansen

Brand Manager Cardioplexol (DACH), Abacus Medicine Pharmaceuticals
E-Mail: amp-cardioplexol@abacusmedicine.com

Mit Cardioplexol steht für die Erwachsenenherzchirurgie ein zugelassenes, standardisiertes Kardioplegiekonzept zur Verfügung, das sich in Zusammensetzung und Applikation von vielen etablierten kristalloiden und blutbasierten Verfahren unterscheidet. Der Ansatz verbindet ein Fertigarzneimittel mit einem niedrigen Ausgangsvolumen und einer manuellen intrakoronaren Gabe durch den Herzchirurgen. Wirksamkeit und Sicherheit wurden in einer randomisierten Phase-3-Nichtunterlegenheitsstudie gegenüber der Buckberg-Blutkardioplegie untersucht. [1,2]

Standardisierte Zusammensetzung und Workflow

Cardioplexol ist ein Zwei-Komponenten-System. Nach dem Mischen von 95 ml Elektrolytlösung und 5 ml Procainlösung entstehen 100 ml gebrauchsfertige Lösung mit 10,0 mmol Kaliumchlorid, 16,2 mmol Magnesiumsulfat-Heptahydrat, 29,6 mmol Xylitol und 1,1 mmol Procainhydrochlorid. Die Wirkstoffkombination bewirkt einen raschen diastolischen Herzstillstand. Kalium verändert das Membranpotenzial, Procain vermindert die Erregungsleitung über Natriumkanäle und Magnesium beeinflusst calciumabhängige Prozesse; Xylitol trägt zu den osmotischen Eigenschaften bei. [2] Die initiale Dosis beträgt 100 ml. Die auf 2 °C – 8 °C gekühlte Lösung wird in zwei sterile 50-ml-Luer-Lock-Spritzen aufgezogen. Unmittelbar nach dem Setzen der Aortenklamme injiziert der geschulte Herzchirurg beide Spritzen nacheinander innerhalb von etwa 10 – 15 Sekunden über die Aorten-Kardioplegiekanüle in die Aortenwurzel. Die beschriebene manuelle Spritzenapplikation kommt ohne separates Kardioplegie-Misch-, Pumpen- oder Wärmetauschermodul aus. Die extrakorporale Zirkulation bleibt zwingende Voraussetzung, da Cardioplexol ausschließlich intrakoronar bei vom Systemkreislauf getrennter Koronarzirkulation angewendet wird. [2]

Die Vorbereitung kann durch geschultes Fachpersonal, etwa Perfusionist:innen oder OP-Pflegekräfte, erfolgen; appliziert wird durch den Herzchirurgen. Entscheidend sind sterile Zubereitung und Entlüftung, der korrekte Sitz der Aortenklamme, ein geschlossener Aortenwurzel-Vent und die Kompetenz der Aortenklappe. Bei einer Aortenklappeninsuffizienz über Grad 1 ist statt der Wurzelgabe die direkte Applikation in die Koronarostien vorgesehen. [2]

Nachdosierung und Monitoring

Bei längerer Ischämiezeit sieht die Fachinformation eine Erhaltungsdosis nach 45 Minuten und anschließend in 30-minütigen Abständen vor. Abhängig von der verbleibenden Ischämiezeit werden 50 – 100 ml appliziert; bei ventrikulärer Hypertrophie oder längerem zusätzlichem Schutzbedarf wird die volle Dosis empfohlen. Bleibt der Herzstillstand innerhalb von 10 – 15 Sekunden aus,

sollen zunächst ein offener Vent, eine nicht vollständig okkludierende Klemme, eine relevante Aorteninsuffizienz oder eine ausgeprägte Hypertrophie ausgeschlossen werden. [2]

Erforderlich sind kontinuierliches EKG-Monitoring sowie die unmittelbare Verfügbarkeit von Defibrillation und inotroper Unterstützung. Das reguläre Monitoring der extrakorporalen Zirkulation, einschließlich Hämodynamik, Temperatur, Säure-Basen-Status und Elektrolyten, bleibt unverändert. Für Kinder und Jugendliche sind Sicherheit und Wirksamkeit nicht belegt. [2]

Randomisierte Phase-3-Daten

Die monozentrische, einfach verblindete Phase-3-Studie verglich Cardioplexol mit Buckberg bei elektiven CABG-, Klappen- und Aortenwurzeleingriffen. 248 Patient:innen wurden behandelt; 226 gingen in die Per-Protocol-Analyse ein. Primärer Endpunkt war der maximale Troponin-T-Wert innerhalb von 24 Stunden nach Reperfusion. In der Per-Protocol-Population lagen die Werte bei 0,77 ng/ml unter Cardioplexol und 0,78 ng/ml unter Buckberg. Die vorab definierte Nichtunterlegenheitsgrenze wurde in der Per-Protocol- und modifizierten Per-Protocol-Analyse eingehalten; in der Full-Analysis-Set-Auswertung lag die obere Konfidenzgrenze über der festgelegten Marge. [1]

Der vollständige Herzstillstand trat median nach 11 gegenüber 71 Sekunden bei der Buckberg-Gruppe ein. Eine Defibrillation nach Reperfusion war bei 10 % gegenüber 52 % (Buckberg) erforderlich. Das mittlere gesamte Kardioplegievolumen betrug 128,4 gegenüber 645,0 ml (Buckberg); 63 % der Cardioplexol-Patient:innen benötigten nur die Startdosis. Unerwünschte Ereignisse und untersuchte Sicherheitsparameter waren insgesamt vergleichbar. [1]

Einordnung für die Perfusionspraxis

Das Spektrum der Myokardprotektion wird um einen standardisierten, niedrig-volumigen und chirurgisch applizierten Ansatz erweitert. Für den Workflow sind das geringere applizierte Kardioplegievolumen, die definierte Nachdosierung, der rasche Wirkungseintritt und die manuelle Gabe ohne dediziertes HLM-Kardioplegiemodul relevant. Die Phase-3 RCT-Studie verfolgte den Nicht-Unterlegenheitsansatz und untersuchte die Sicherheit und Wirksamkeit der kardioplegen Lösung Cardioplexol. Sie erlaubt keine Aussagen zu Mortalitäts-, Langzeit- oder Kostenvorteilen. Die Einführung sollte auf Grundlage der Fachinformation, eines strukturierten Teamtrainings und gegebenenfalls einer lokalen SOP erfolgen.

Birgit Hansen

Literatur

1. Tevæarai Stahel HT, Weiss G, Landowski P et al. Single-centre, single-blind, randomized, active-controlled phase-3 non-inferiority study to investigate the safety and efficacy of the cardioplegic solution Cardioplexol. *Front Cardiovasc Med.* 2025;12:1587713. doi:10.3389/fcvm.2025.1587713.
2. Fachinformation Cardioplexol Kardioplegie Lösung, Deutschland, aktuelle Fassung.

Fast-RSOM macht Herzkrankheiten frühzeitig durch die Haut erkennbar

Die neue Bildgebungstechnologie „fast-RSOM“ wurde von Forschenden von Hemholtz Munich und der Technischen Universität München (TUM) gemeinsam entwickelt und ermöglicht Ärzt:innen das Erkennen von mikrovaskulären Endothel-Funktionseinschränkungen (MiVED) durch die Haut hindurch, ohne die Notwendigkeit auf invasive Verfahren zurückgreifen zu müssen.

RSOM steht für Raster-Scan-Optoakustische Mesoskopie und beschreibt eine nicht-invasive Bildgebungstechnologie, bei der Ultraschallsignale mithilfe von Lichtimpulsen erzeugt werden, um hochdetaillierte 3D-Bilder von Strukturen unter der Haut zu erstellen. Hierdurch werden winzige Veränderungen in Blutgefäßen, Sauerstoffgehalt und Gewebezusammensetzung sichtbar, die in anderen Bildgebungsverfahren nicht erfasst werden können. Neben der Anwendung bei Herz-Kreislauf-Problemen kann die verwendete Kombination von hohem Kontrast und Eindringtiefe auch bei der Früherkennung von weiteren Erkrankungen wie Diabetes zum Einsatz kommen.

Da es sich bei MiVED um eines der frühesten Anzeichen für Herz-Kreislauf-Erkrankungen handelt, ermöglicht die Erfassung der Funktionseinschränkungen neue Einblicke in den Verlauf dieser Krankheiten. Das Bildgebungsverfahren und die daraus resultie-

renden Erkenntnisse könnten in Zukunft neue Optionen für die Prävention, die frühzeitige Diagnose und für das Eingreifen in den Krankheitsverlauf durch personalisierte Therapien eröffnen, bevor die ersten Symptome bei den Betroffenen auftreten. Solche frühzeitigen Interventionen können zu einer verbesserten Herzgesundheit der Patient:innen beitragen und bieten zusätzlich ein langfristiges Potential zur Senkung von Gesundheitskosten.

Die von fast-RSOM erfassten subtilen Beeinträchtigungen der Blutgefäßfunktionen stehen häufig mit Risikofaktoren wie Rauchen, Bluthochdruck oder Übergewicht in Verbindung. Im Gegensatz zur aus diesen Faktoren resultierenden Risikoberechnung liefert fast-RSOM allerdings quantitative Daten zu den von diesen Faktoren verursachten Veränderungen im Mikrovaskulärsystem. Das kompakte Design von fast-RSOM unterstützt den einfachen Transfer dieser Methode von spezialisierten Laboren hin zum praktischen Einsatz in Kliniken. Das Forschungsteam plant als nächsten Schritt fast-RSOM in größeren, heterogenen Patientengruppen zu validieren und seine Biomarker in klinische Arbeitsabläufe zu integrieren.

Hannover und Leipzig, Januar 2026

Originalpublikation:

He, Karlas et al., 2025: Single-Capillary Endothelial Dysfunction resolved by Optoacoustic Mesoscopy. Light: Science & Applications (DOI: <https://doi.org/10.1038/s41377-025-02103-6>)

Mit präventiven Maßnahmen akute Verwirrtheit nach herzmedizinischen Eingriffen verhindern

Das Delir ist eine der häufigsten, aber auch eine der unterschätztesten Komplikationen in der Herzmedizin, die besonders ältere Patient:innen betrifft und neben längeren Intensiv- oder Krankenhausaufenthalten auch langfristige Konsequenzen für deren Gesundheit haben kann. Das Delirrisiko ist bei herzchirurgischen Eingriffen besonders hoch, doch auch bei interventionellen Verfahren wie Trans Catheter Aortic Valve Replacement (TAVR) oder Perkutaner Koronarintervention (PCI) besteht ein Risiko für akute Verwirrtheit. Trotzdem wird ein Delir häufig übersehen und nur selten systematisch, zum Beispiel mit der Confusion Assessment Method, erfasst.

Im Rahmen einer Übersichtsarbeit hat ein internationales Team unter Leitung des Universitätsklinikums Bonn nun ca. 1.604 Studien aus mehr als drei Jahrzehnten ausgewertet und festgestellt: Prävention kann die Delirhäufigkeit um bis zu 40% senken. Insbesondere multimodalen, nicht-medikamentösen Methoden wie frühe Mobilisation, Reorientierung, Schlafhygiene, kognitive Stimulation, ausreichende Schmerztherapie und das Einbinden von Angehörigen kommt dabei eine besondere Bedeutung zu. Medikamentöse Prävention wird in der Studie dagegen kritisch bewertet. Auch für den Fall, dass trotz Prävention ein Delir nach einem Eingriff auftritt, formulieren die Autor:innen strukturierte, interdisziplinäre

linäre Behandlungsansätze, ebenfalls mit einem Schwerpunkt auf nicht-medikamentösen Maßnahmen. Je nach Schweregrad wird bei der Behandlung des Delirs zusätzlich der Einsatz von medikamentösen Optionen angeraten, diese müssen aber insbesondere im Hinblick auf mögliche kardiale Nebenwirkungen gut abgewogen werden.

Trotz der großen Anzahl ausgewerteter Studien bleibt die Evidenz im Speziellen für kardiovaskuläre Patient:innen begrenzt. Die Autor:innen der Übersichtsarbeit fordern daher weitere, gezielte Studien, um Leitlinien zur Prävention und Therapie von Delir bei dieser Patientengruppe zu entwickeln.

Bonn, Februar 2026

Wissenschaftliche Ansprechpartner:

Prof. Dr. Dr. Enzo Lüsebrink
Kardiologe am Herzzentrum
Universitätsklinikum Bonn
E-Mail: Enzo.Luesebrink@gmx.de

Prof. Dr. Alexandra Philipsen
Direktorin der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie
Universitätsklinikum Bonn
E-Mail: Alexandra.Philipsen@ukbonn.de

Originalpublikation:

Endrit Cekaj, David H.V. Vogel et al.: Delirium in cardiovascular medicine; European Heart Journal; DOI: <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehag088>

85 – Die einheitliche Fortbildungsnummer für Perfusionist:innen

Mit der EFN vereinfacht die DGPTM den Nachweis von Fortbildungspunkten für die EBCP-Rezertifizierung erheblich – von der Kleinstfortbildung bis zum Kongress.

Ab sofort steht die EFN für **alle Mitglieder der DGPTM** zur Verfügung und vereinfacht den Nachweis der Fortbildungsverpflichtungen im Rahmen der Rezertifizierung beim European Board of Cardiovascular Perfusion (EBCP) nachhaltig. Mit der Anbindung an das Continuing-Medical-Education-System (CME) der Bundesärztekammer können DGPTM-Mitglieder für den Besuch ärztlicher Veranstaltungen EBCP-Punkte erwerben, online verwalten und das ohne weiteren zusätzlichen Nachweis oder Unterschrift.

Warum 85?

Die 85 ist die Kennzahl, unter der die Perfusion bei der Bundesärztekammer geführt wird. Sie reiht sich in die bestehende Systematik der Heilberufe ein, die mit der 80 für die Ärzteschaft beginnt:

- 80 – Arzt
- 81 – Zahnarzt
- 82 – Tierarzt
- 83 – Psychologische Psychotherapeuten
- 84 – Apotheker
- 85 – Perfusionist

Mit der 85 bekommen die Perfusionist:innen einen eigenen, autark nutzbaren Zahlenraum – und damit erstmals einen festen Platz im Fortbildungssystem der BÄK.

Aufbau der EFN

Eine gültige EFN umfasst 15 Stellen und folgt dem Aufbau 85 276 350 xxxxxx y:

- 85 – die der Perfusion zugewiesene Kennzahl
- 276 – der internationale Ländercode für Deutschland
- 350 – die der DGPTM zugeordnete Nummer
- xxxxxx – sechs frei wählbare Stellen
- y – Prüzfiffer

Die von der DGPTM generierten EFNs werden bei der Bundesärztekammer angemeldet und gelten, solange die Mitgliedschaft besteht. Die EFN wird dabei an uns durchgereicht, ohne dass die Bundesärztekammer Kenntnis darüber erlangt, wer sich hinter der Nummer verbirgt. Die Zuordnung zu einer konkreten Person findet ausschließlich in unserem System statt – datenschutzfreundlich und ohne dass personenbezogene Fortbildungsdaten an die BÄK fließen.

Wie aus zwei Nummern ein Fortbildungsnachweis wird

Das Pendant zur EFN ist die VNR, die Veranstaltungsnummer. Jede von einer Ärztekammer zertifizierte Veranstaltung erhält eine solche VNR. Wird eine EFN mit einer VNR verknüpft, entsteht der eigentliche Fortbildungsnachweis. Die Verknüpfung kann auf drei Wegen erfolgen:

1. den persönlichen EFN-Aufkleber auf einen Teilnahmebogen kleben,
2. den Barcode auf einem Kongress scannen lassen, oder
3. die Nummer handschriftlich eintragen.

Die Verknüpfung wird an die DGPTM gemeldet. Unser System übersetzt sie in die Zuordnung zum jeweiligen Mitglied, ruft die Veranstaltungsdaten ab und rechnet die Punkte nach einem festen Schema in EBCP-Punkte um. Diese werden anschließend automatisch gutgeschrieben.

In der Praxis: EFN-Bogen, Barcode und Mitgliederbereich

Im Mitgliederbereich der DGPTM kann sich jedes Mitglied jederzeit einen Fortbildungsnachweis generieren und direkt bei der Rezertifizierung einreichen. Dort lässt sich auch die Vorlage für einen EFN-Bogen erzeugen, auf dem die persönliche Nummer bereits aufgebracht ist. Auf der Jahrestagung besteht erneut die Möglichkeit, sich einen solchen Bogen vor Ort auszudrucken.

Noch einfacher geht es mobil: Wer perfusiologie.de/interner-bereich auf dem Smartphone öffnet, sieht seine persönliche EFN samt Barcode – bereit zum Scannen auf Veranstaltungen und Kongressen. Die EFN steht ausschließlich Mitgliedern der DGPTM zur Verfügung.

Auch die Fortbildungen der DGPTM erscheinen in dieser Übersicht. Externe Fortbildungen lassen sich ebenfalls scannen und hinzufügen – die EFN bündelt damit deinen gesamten Fortbildungsweg an einer Stelle in **Deinem** persönlichen Mitgliederbereich.

Der Weg ist frei für eine papierlose Fortbildungsverwaltung und trägt damit sicher auch dazu bei die Akzeptanz zur lebenslangen Weiterbildung und dessen Verwaltung zu stärken.

4. Vorstandssitzung der DGPTM 2026

Dienstag, den 19. Mai 2026, 18:30 – 19:45 online

Teilnehmer:innen: Dr. F. Münch, J. Heller, S. Melzer, S. Mayer,
Dr. M. Hermann, M. Baumgärtner, C. Klüß, M. Noack
Entschuldigt: S. Lange,

TOP 1 | Organisatorisches

Vergrößerte Räumlichkeiten für die Geschäftsstelle stehen in Aussicht und werden aktuell geprüft.

Die Buchhaltung wurde im Berichtszeitraum systematisch aufgearbeitet; ein eigens entwickeltes Werkzeug ermöglicht künftig die Automatisierung wiederkehrender Vorgänge. Der Jahresabschluss 2024 ist beim Steuerberater eingereicht, der Abschluss 2025 ist vorbereitet.

Das EFN-System der BÄK ist technisch in unserem System implementiert. Der Vertrag ist juristisch finalisiert und liegt gerade zur Unterschrift bei der Bundesärztekammer. Wir erwarten, dass das System ab Juli laufen kann.

Aktuell können die EFN-Nummern aber schon verwendet werden, und werden dann später zu uns durchgeleitet. Zertifikate externer Veranstaltungen können ab jetzt von Mitgliedern **eigenständig** im Mitgliederbereich hochgeladen werden.

TOP 2 | IT-Struktur

Die Fortbildungsverwaltung der DGPTM (u.a. Workshops, Junges Forum) wird schrittweise auf die Perfusionsakademie verlagert. Mitglieds- und Teilnahmebescheinigungen werden bereits automatisiert über das System ausgestellt; die Layouts wurden formal freigegeben. Die Bewertung der eingegangenen Stipendienanträge durch die Gutachtergremien wird bis zur Junisitzung vorliegen; die formale Bestätigung erfolgt durch den Vorstand. Die digitale Stipendienabwicklung wird nach der Jahrestagung 2026 erprobt; der Rollout ist für das Stipendienjahr 2027 vorgesehen.

TOP 3 | Öffentlichkeitsarbeit

Der E-Mail-Versand der Zeitschrift wird auf einen neuen, zuverlässigeren Weg umgestellt; in der Vergangenheit waren einzelne

Mitteilungen der DGPTM e. V.
Vorstand: PD. Dr. habil. Frank Münch, ECCP,
Universitätsklinikum Erlangen;
Geschäftsstelle DGPTM e. V.

Mitglieder durch verschärfte Spam- und Reputationsfilter nicht zuverlässig erreichbar. Alle Mitglieder werden einmalig für den E-Mail-Versand aktiviert (Opt-out). Wer den Versand nicht wünscht, kann ihn jederzeit im Mitgliederbereich selbst deaktivieren. Die Umstellung wird gesondert über den Newsletter angekündigt; Ausgabe 1/2026 wird auf dem neuen Weg nachversendet.

Ausgabe 2/2026 ist redaktionell im überarbeiteten Corporate Design der DGPTM umgesetzt.

Die News-Seite der DGPTM-Website wird derzeit überarbeitet. Der automatisierte Versand von Benachrichtigungen aus dem Mitgliederbereich funktioniert nach Anpassung der Konfiguration nun zuverlässig.

TOP 4 | Jahrestagung 2026 Leipzig

Für die Mitgliederversammlung im Rahmen der Jahrestagung soll erstmals das eigens entwickelte digitale Abstimmungstool eingesetzt werden. Das Tool ist nach rund zweijähriger Entwicklung technisch fertiggestellt, satzungsgemäß aufgebaut und DSGVO-konform dokumentiert. Für die Teilnahme an Abstimmungen ist der Login in den Mitgliederbereich erforderlich. Ein entsprechender Hinweis erfolgt auf der offiziellen Einladung zur Mitgliederversammlung.

Im Rahmen der Jahrestagung 2026 in Leipzig ist um 20:00 Uhr ein Science Slam geplant in der Moritz-Bastei. Der Eintritt beträgt 30 € pro Person und beinhaltet die Getränke.

Kollegiale Grüße,

Frank Münch, Präsident der DGPTM

Simon Mayer, Schriftführer

5. Vorstandssitzung der DGPTM 2026

Dienstag, den 2. Juni 2026, Hybridsitzung

Teilnehmer: innen: Dr. F. Münch, J. Heller, S. Melzer, Dr. M. Hermann, C. Klüß,
M. Baumgärtner, S. Mayer, M. Noack, S. Lange, A. Mosig

TOP 1 | Organisatorisches

Präsident F. Münch eröffnete die fünfte – und zweite in Hybrid stattfindende – Vorstandssitzung. Das Protokoll der vorangegangenen Sitzung wurde ohne Einwände freigegeben.

F. Münch berichtete über die Räumlichkeiten der Geschäftsstelle und die in der Vorwoche geführten Gespräche. Entgegen früheren mündlichen Zusagen erwies sich die ins Auge gefasste Immobilie wegen der Vorsteuerabzugsberechtigung des Vermieters als nicht mit der Gemeinnützigkeit der DGPTM vereinbar. Die laufende Buchhaltung wurde weitgehend automatisiert und aufgearbeitet.

Über den Educational Grant sollen erneut rund 100 Tickets für die Jahrestagung bereitgestellt werden; die Einwerbung der Mittel wird fortgesetzt.

Das Team der Geschäftsstelle führt vom 6. bis 10. Juli 2026 eine Klausurtagung durch, um die in den fünf Jahren seit ihrer Gründung erheblich gewachsenen Aufgabenbereiche zu analysieren, an das gestiegene Arbeitspensum anzupassen und in strukturierte Prozesse zu überführen. Ein Tag der Klausur wird schwerpunktmäßig der Öffentlichkeitsarbeit gewidmet.

Der Vorstand legte eine priorisierte Reihenfolge für die Ansprache möglicher Tagungspräsident:innen 2027/2028 fest; F. Münch wird die Kandidaten ansprechen und das Ergebnis im Vorstand rückmelden.

Das eCPR-Konsensuspapier wurde von den Delegierten der DGPTM geprüft und vom Vorstand in der vorgelegten Fassung einstimmig freigegeben.

Der Vorstand bestätigte die Ergebnisse des Gutachtergremiums und vergab das Promotionsstipendium 2026 einstimmig an Jan Turra (Heidelberg) sowie das Güttler-Stipendium 2026 an Jasper Eisenberg (Bochum). Beide Stipendiaten sind informiert und die Übergabe erfolgt an der Jahrestagung in Leipzig.

Das Gutachtergremium für das Güttler-Stipendium wird auf sieben Personen erweitert. Für den Bewerbungszyklus 2027 gelten neue Fristen: Bewerbung bis 30. Juni, Bewertung bis 31. August, Vorstandsentscheidung bis 20. September, Rückmeldung bis 30. September, Vergabe auf dem Kongress. Die Stipendien sollen stärker an den Hochschulen beworben werden.

TOP 2 | Zuständigkeit IT-Struktur und Instandhaltung

S. Melzer berichtete über den Stand der IT-Struktur. Die Eigenentwicklung eines Veranstaltungs- und Anmeldetools ist weit fortgeschritten und soll das bisher genutzte Drittsystem ablösen; Sicherheit, Monitoring und Backup der Website wurden deutlich verbessert.

Da die E-Mail der Hauptkommunikationskanal ist, werden die Mitglieder gebeten, ihre hinterlegte E-Mailadresse aktuell zu halten. Da die Mitgliedschaft eher privater Natur ist, sollten nach Möglichkeit keine Klinik-Adressen verwendet werden.

TOP 3 | Öffentlichkeitsarbeit DGPTM

Für das Cover der nächsten Ausgabe mit dem Thema EFN wird ein Sponsor gesucht. Der Zeitschriftenbereich auf der Website wird überarbeitet. Im Anschluss ist die Einbindung von DOI (Digital Object Identifier) für die Beiträge vorgesehen.

Der Newsletter soll regelmäßiger erscheinen; eine Juni-Ausgabe ist geplant. Aufgenommen wurde u. a. der Hinweis, dass der digitale Nachweis des EBCP nur noch mit Lichtbild gültig ist.

Anlässlich des Tages der Organspende sind ein Beitrag in den sozialen Medien sowie die Pflege der Verbindung zur Deutschen Stiftung Organtransplantation (DSO) vorgesehen. Zudem soll geprüft werden, ob die DSO einen Stand auf der Jahrestagung in Leipzig übernimmt.

TOP 4 | AWMF-Bewerbung 2027

Die DGPTM bewirbt sich 2027 erneut um die Aufnahme in die AWMF. Bis Jahresende werden das akademische Profil der Gesellschaft aufbereitet; die Einreichung ist für Februar / März 2027 vorgesehen, die Entscheidung fällt auf der Delegiertenkonferenz im November 2027.

TOP 5 | Mitgliederversammlung 2026 in Leipzig

Für die Mitgliederversammlung wurde ein browserbasiertes, anonymisiertes Abstimmungstool vorgestellt, mit dem ausschließlich ordentliche Mitglieder abstimmen können. Für den Zeitraum der Vorstandswahl wird die Betreuung an den Wahlausschuss übergeben; vor dem Einsatz erfolgen ein Testlauf und eine formelle Prüfung.

Die Mitgliederversammlung 2026 in Leipzig ist auf etwa 17:30 bis 19:00 Uhr angesetzt.

Tagesordnung:

- Top 1 Begrüßung durch den Präsidenten
- Top 2 Berichte des Vorstandes
- Top 3 Rechenschaftsbericht des Schatzmeisters und Kassenprüfung
- Top 4 Entlastung des Vorstandes
- Top 5 Ehrungen langjähriger Mitglieder
- Top 6 Verschiedenes

Die Einladung wird möglichst acht, spätestens sechs Wochen vorher versandt und zusätzlich auf Website und Newsletter veröffentlicht.

TOP 6 | Jahrestagung 2026 in Leipzig

Zur Jahrestagung 2026 in Leipzig (Tagungspräsidenten Dr. A. Bauer und Prof. Dr. V. Falk) laufen die Sponsoringgespräche. Für die Abendveranstaltung im Rahmen des Jungen Foren ist ein Science Slam vorgesehen.

TOP 7 | Jahrestagung der DGTHG 2027 in Köln

Für die gemeinsame Programmgestaltung mit der DGTHG-Jahrestagung 2027 in Köln (Kontakt Prof. Doll) wurde das Programm eingereicht; eine Rückmeldung der DGTHG steht noch aus.

TOP 8 | Beitragswesen der DGPTM

Für Mitglieder ohne SEPA-Lastschriftmandat wird – wie satzungsgemäß vorgesehen – eine Bearbeitungsgebühr von 15 Euro erhoben (ab 1. Januar 2027). Bei der digitalen Neumitgliedschaft wird das SEPA-Mandat verpflichtend. Die Mitglieder werden im Newsletter informiert.

TOP 9 | Verschiedenes

Mit der amerikanischen Fachgesellschaft AmSECT soll eine Absichtserklärung (Memorandum of Understanding) zur Zusammenarbeit abgeschlossen werden; die Abstimmung wird nach der Klausurtagung fortgeführt, C. Klüß wird am weiteren Vorgehen beteiligt. Da die Perfusiologie in den Herzchirurgie-Gremien des IQTIG bislang nicht vertreten ist, bereitet S. Mayer eine mögliche Anfrage vor; das Thema wird bis zur Herbstsitzung vertagt.

C. Klüß berichtete aus den Gremien des EBCP. Er setzt sich als Delegierter für den Erhalt der Harmonisierung ein, die nun digital abgewickelt wird. Die Rezertifizierungsquote in Deutschland liegt bei gut 80 bis 85 Prozent.

Kollegiale Grüße,

Frank Münch, Präsident der DGPTM

Simon Mayer, Schriftführer

34. Treffen der AG Kinder- und Säuglingsperfusion in Bern

Das diesjährige Treffen der Arbeitsgruppe Kinder- und Säuglingsperfusion fand am 27.04.2026 erstmals als Hybridveranstaltung im Inselspital in Bern statt. Neben der Teilnahme vor Ort bestand kurzfristig auch die Möglichkeit, die Veranstaltung online zu verfolgen. Dieses neue Format ermöglichte eine noch breitere Teilnahme und wurde von den Mitgliedern der AG sehr positiv aufgenommen.

Bereits am Abend zuvor bot sich bei einem gemeinsamen Abendessen in angenehmer und kollegialer Atmosphäre die Gelegenheit zum informellen Austausch. In entspannter Runde konnten bestehende Kontakte gepflegt und neue geknüpft werden, bevor am folgenden Tag der fachliche Teil der Veranstaltung begann.

Am Vormittag standen in einer internen Sitzung zentrale Themen der Arbeitsgruppe im Fokus. Sebastian Tiedge gab einen Überblick über aktuelle Entwicklungen und organisatorische Aspekte innerhalb der AG. Anschließend stellte Frank Münch den aktuellen Stand des Projektes „Befähigung Kinderrufdienst“ vor und ging auf bisherige Fortschritte sowie zukünftige Herausforderungen ein.

Erste Ergebnisse der „Umfrage Perfusionskonzepte bei Bogenchirurgie“ wurden von Niklas Sturm präsentiert und boten eine interessante Grundlage für weiterführende Diskussionen. Abschließend berichteten Frank Münch und Nicola Kwopil über den aktuellen Stand des Projektes „Universalkindertrage ECMO-Transport“, welches auf großes Interesse innerhalb der Gruppe stieß.

Nach OP-Besichtigung und der Möglichkeit zum Austausch mit den Berner Kolleg:innen folgte am Nachmittag der fachliche Schwerpunkt zum Thema „Beating Heart Aortic Arch Repair“ mit Vorträgen und einer Diskussionsrunde. Hochkarätige Referenten beleuchteten das Thema aus unterschiedlichen fachlichen Perspektiven: Prof. Dr. Matthias Siepe stellte als Chefarzt und Klinikdirektor die chirurgischen Aspekte dar, während PD Dr. Jan-Oliver Friess als Leiter der Kinderkardioanästhesie Einblicke aus anästhesiologischer Sicht gab. Ergänzt wurde dies durch die perfusionstechnische Perspektive von Hansjörg Jenni (Leiter Perfusionstechnologie) sowie Barbara Galova (Bereichsleitung Kinderperfusion). Die anschließende Diskussionsrunde bot Raum für einen intensiven fachlichen Austausch. Unterschiedliche Herangehensweisen und Strategien wurden diskutiert, wodurch wertvolle Impulse für die

klinische Praxis gewonnen werden konnten. Ein besonderer Dank gilt Barbara Galova für die hervorragende Organisation sowie für den gelungenen und in angenehmer Atmosphäre gestalteten Tag im Inselspital in Bern. Ihr Engagement hat maßgeblich zum Erfolg der Veranstaltung beigetragen. Weiterhin möchten wir den Referenten Prof. Dr. Matthias Siepe, PD Dr. Jan-Oliver Friess und Hansjörg Jenni für ihre interessanten und praxisnahen Vorträge sowie für die investierte Zeit herzlich danken.

Insgesamt zeigte sich, dass das erstmals durchgeführte hybride Format eine sinnvolle Erweiterung des bisherigen Veranstaltungskonzeptes darstellt. Sowohl die Möglichkeit zur persönlichen Begegnung vor Ort als auch die flexible Online-Teilnahme trugen zu einem lebendigen und interaktiven Austausch bei.

Das Treffen der AG Kinder- und Säuglingsperfusion war somit auch in diesem Jahr ein voller Erfolg und leistete einen wichtigen Beitrag zur Weiterentwicklung und Vernetzung innerhalb dieses hochspezialisierten Fachgebietes im deutschsprachigen Raum.

Niklas Sturm, Johannes Meuser



Gruppenbild der AG Kinderperfusionstechnologie aus dem Seminarraum

Fünf Jahre Sabine Lange – das sind fünf Jahre Entwicklung, Verlässlichkeit und unermüdlicher Einsatz für unsere DGPTM

Als wir Sabine damals nach einem langen, intensiven Bewerbungsgespräch für zunächst nur 12 Stunden pro Woche eingestellt haben, konnten wir ahnen, dass sie gut zu uns passt – aber wohl kaum, welche zentrale Rolle sie einmal einnehmen würde. Schon früh war klar, dass ihre Aufgaben wachsen würden. Dass dies dann bereits ab Ende 2021 in dieser Dynamik geschah, als die gesamte Tagungsorganisation auf die Geschäftsstelle in Leipzig überging, war äußeren Umständen geschuldet – und zugleich ein Glücksfall für uns.

Sabine Lange
(© DGPTM/ Klindtworth)



Denn Sabine ist mit dieser Entwicklung nicht nur mitgegangen, sie hat sie getragen.

In einer Phase, in der sich unsere Gesellschaft strukturell und inhaltlich stark verändert hat, war sie die Konstante im Hintergrund, die alles zusammenhält. Neue Ideen im dynamischsten Präsidium, steigende Anforderungen, wachsende Projekte – Sabine hat daraus Struktur gemacht.

Sie hat organisiert, koordiniert, vermittelt und dabei stets den Überblick behalten.

Ob Tagungsorganisation, die Umsetzung der ECLS-Kurse mit mehreren Fachgesellschaften, der Ausbau unserer Partnerschaften oder die zunehmende Arbeit in Arbeitsgruppen und Gremien – die Geschäftsstelle wurde immer mehr zum zentralen Motor unserer Aktivitäten.

Gleichzeitig hat sie maßgeblich dazu beigetragen, unsere DGPTM moderner und professioneller aufzustellen: digitale Prozesse wurden eingeführt, die Buchhaltung begleitet und mit umgestellt, zwei Website-Relaunches umgesetzt, Satzungs- und Namensänderungen begleitet und eine klare, einheitliche Außendarstellung entwickelt. Auch große Projekte wie die Verhandlungen zum EFN mit der BÄK wurden durch sie koordiniert.

Besonders sichtbar wird ihre Arbeit auch im Aufbau unseres Teams: Mit Madeleine Noack, Thalja Illerhaus (Kongress) und zuletzt Antje Mosig (Öffentlichkeitsarbeit und Zeitschrift) sind wichtige Verstärkungen hinzugekommen und zeigen Synergien – echte Glücksgriffe, die zeigen, wie viel Wert Sabine auf ein funktionierendes, engagiertes Umfeld legt.



Sabine Lange (dritte von rechts) 2021 auf ihrer ersten Jahrestagung der DGfK.

Bei all dem war ihr eines immer besonders wichtig: dass wir nicht nur wachsen, sondern dies auch rechtlich sauber, strukturiert und mit einem professionellen Anspruch nach außen tun. Diese Haltung hat unsere Gesellschaft nachhaltig geprägt und die Außenwahrnehmung verbessert.

Sie behält den Überblick über viele große, langwierige Projekte die vom Vorstand beschlossen wurden. Auch hier zeigt sich, was Sabine auszeichnet: viel Geduld, vorausschauender Weitblick und die Fähigkeit, Dinge zuverlässig zu Ende zu denken.

Liebe Sabine, du hast unsere Geschäftsstelle in den letzten fünf Jahren nicht nur geführt, sondern zu dem gemacht, was sie heute ist: das stabile, professionelle und unverzichtbare Herz unserer Gesellschaft.

Dafür danken wir dir von Herzen

Deine DGPTM



Auch heute mitten im Geschehen: Das Team der Geschäftsstelle der DGPTM – (von rechts nach links) Antje-Kristin Mosig, Madeleine Noack, Sabine Lange und Thalja Illerhaus auf der Jahrestagung der DGPTM 2025. (© DGPTM/ Klindtworth)



55. Internationale Jahrestagung der DGPTM und 18. Fokustagung Herz der DGTHG & DGPTM

13. bis 15. November 2026 in Leipzig

Save the Date – Workshop der DGPTM: Schreibwerkstatt Januar 2027 – online

Tag 1 – Dienstag, der 12.01.2027 | 14:00 – 17:30 Uhr

Tag 2 – Donnerstag, der 14.01.2027 | 14:00 – 17:30 Uhr

Tag 3 – Montag, der 18.01.2027 | 14:00 – 17:30 Uhr

Tag 4 – Mittwoch, der 20.01.2027 | 14:00 – 17:30 Uhr

Im Januar 2027 veranstaltet die DGPTM erneut eine Schreibwerkstatt, diesmal als viertägigen Online-Workshop, mit interessanten, vielseitigen und hilfreichen Themen rund ums wissenschaftliche Schreiben. Neu dabei: Ein ganzer Workshop-Tag, der sich den Chancen, Möglichkeiten und Risiken beim Einsatz von KI im Schreibprozess widmet.

Detailliertes Programm und Anmeldeinformationen folgen in der nächsten Ausgabe der *Die Perfusionologie* sowie im Newsletter und Veranstaltungskalender der DGPTM.

Save the Date – Abteilungsleitendensitzung 2027

Liebe Kolleginnen, liebe Kollegen,

wir freuen uns, euch bereits heute auf unsere Abteilungsleitendensitzung im April 2027 in Erlangen aufmerksam zu machen!

Bitte merkt euch schon jetzt den Termin vor:

Donnerstag, 15.04.2027, 12:00 - 19:00 Uhr mit anschließendem Abendessen

Ort: Translational Research Center (TRC)

Schwabachanlage 12

91054 Erlangen

Weitere Informationen zum Programm folgen später. Wir freuen uns auf eine zahlreiche Teilnahme!

Mit herzlichen Grüßen

Frank Münch & Jasper Heller

Workshop-Programm 2026

Das Junge Forum der DGPTM lädt auch in diesem Jahr wieder zu spannenden und praxisnahen Workshops zur fachlichen Weiterbildung ein. Informationen zur Teilnahme und Anmeldung finden Sie unter www.perfusionsakademie.de.

Statistik-Workshop

Online-Workshop, Hochschule Furtwangen

21. – 23. September 2026 (jeweils 17:00 – 20:00 Uhr)

In diesem Online-Workshop, gehalten von Herrn Prof. Matthias Kohl, erhalten Perfusionist:innen über drei Nachmittage verteilt eine praxisnahe Einführung in die wichtigsten statistischen Methoden der klinischen Forschung. Ziel ist es, grundlegende statistische Konzepte zu verstehen und sicher anwenden zu können, um Studienergebnisse kritisch zu bewerten und eigene Daten korrekt zu analysieren. Das Arbeiten mit verschiedenen statistischen Tests wird anhand eines Beispieldatensatzes nähergebracht, wobei der Workshop besonderen Wert auf Verständlichkeit, praktische Relevanz und den direkten Bezug zum klinischen Alltag legt.



Weitere themenrelevante Veranstaltungen externer Anbieter
finden Sie hier: <https://perfusiologie.de/veranstaltungen/>

Benchmark Monitoring of up to 22 vital patient parameters

The CDI OneView System is Terumo's new perfusion innovation

Featuring an elegant new design and up to 22 Goal Directed Perfusion parameters, the CDI OneView System offers real-time insight for real-time decision making. It gives perfusionists the precision, control, and confidence they demand for optimal patient management.

Thoughtfully created with a focus on improved patient outcomes the CDI OneView System is superior insight on display.^{1,2}

Key features include:

- Flexible customization and configurability for up to 12 case profiles.
- The ability to view patient data as numerical representations, or multi-parameter and single graphical displays.
- A modular platform allowing additional device connectivity and future system expansion.

To learn more about the CDI OneView Monitoring System visit:
www.CDI-OneView-Monitoring-System/index



The CDI OneView™ Monitoring System. **Superior. Real-time. Insight.**

1. Ranucci, M, et al. Goal-directed perfusion to reduce acute kidney injury: A randomized trial. The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery. 2018 Nov;156(5):1918-1927.

2. Condello, I, et al. Association between oxygen delivery and cardiac index with hyperlactatemia during cardiopulmonary bypass. JTCVS Techniques. 2020;Vol 2:92-99.

©2025 Terumo Europe N.V. CV473GB 08.25 SK-I(08.25)E. Company names and brand names used herein/hereon are trademarks or registered trademarks of TERUMO CORPORATION, its affiliates, or unrelated third parties. Refer to this device's Instructions For Use (IFU) for full prescribing information, including indications, contraindications, warnings, precautions and adverse events.

