



Supplement 01
27. Jahrgang in 2018

KARDIOTECHNIK

Perfusion | Monitoring | Organprotektion | Medizinische Informatik | Elektrostimulation

Offizielles Organ der Deutschen Gesellschaft für Kardiotechnik e. V. | The Official Publication Organ of the German Society for Cardiovascular Engineering



DGfK

Deutsche Gesellschaft
für Kardiotechnik e. V.



DGTHG

Deutsche Gesellschaft für Thorax-, Herz-
und Gefäßchirurgie

„Human Factors“

PATIENT

WISSEN

KOMPETENZ

ABSTRACTS

Wiesbaden 2018 · 23.–25. November
47. Internationale Jahrestagung und
10. Fokustagung Herz

Intraaortale Ballongegenpulsation (IABP) in der Koronarchirurgie: Risikofaktoren, Prädiktoren und klinische Ergebnisse

Dr. Yazan Aljabery

BG Universitätsklinikum Bergmannsheil Bochum GmbH

Ort: Bochum

Einleitung / Zielsetzung: Intraaortale Gegenpumpenpulsation ist das am meisten angewendete mechanische Kreislaufunterstützungssystem zur Behandlung der akuten Herzinsuffizienz. Die spezifische Indikationsstellung ist jedoch umstritten. Eine retrospektive Studie wurde initiiert zur Identifikation von Risikofaktoren für die 30-Tage-Mortalität sowie Prädiktoren für erfolgreiches Weaning.

Methodik: Zwischen August 2011 und August 2016 wurden 6715 herzchirurgische Patienten in unserer Klinik operiert. 4365 (65 %) bekamen eine Myokardrevaskularisation. 179 (4,1 %) Patienten wurden mit IABP versorgt. Risikofaktoren wurden mittels multivariater Regressionsanalyse ermittelt.

Ergebnisse: Das mittlere Alter betrug $71 \pm 9,4$ Jahre, bei einem mittleren EuroSCORE II von $13,6 \% \pm 10,9 \%$. Die mittlere Klemmzeit war $52,8 \pm 43$ Minuten, die mittlere Anwendungsdauer der IABP $63,5 \pm 54,5$ Stunden. Die Gesamtmortalität betrug 35 % ($n = 54$). Die folgenden Risikofaktoren sind mit einer signifikant höheren Mortalität verbunden: Alter ($p = 0,011$), Euroscore II ($p = 0,042$) und kurze Anwendungsdauer ($p = 0,0001$). Positive Prädiktoren für erfolgreiches Weaning sind Laktat und pH-Wert zum Zeitpunkt der Implantation.

Schlussfolgerung: Die gesamte 30-Tage-Mortalität von IABP-Patienten ist hoch. Eine kürzere Anwendungsdauer des IABPs ist mit einer signifikant höheren Mortalität verbunden. Da die postoperative IABP-Implantation mit einer signifikant höheren 30-Tage-Mortalität korreliert, sollte eine frühzeitige Identifikation von Hochrisikopatienten in Erwägung gezogen werden, um eine frühere IABP-Implantation anzustreben.

Säuglingsherzoperationen: Vollblut-Priming versus Vollelektrolyt-Priming

Burcu Bakir¹; B. Sc. Andreas Teske¹; Werner Kasten¹; Denis Fiebig¹; PD Dr. André Rüffer¹; Prof. Dr. Robert Cesnjevar¹; M. Sc. Frank Münch¹

¹ Universitätsklinikum Erlangen-Nürnberg

Ort: Erlangen

Einleitung: Der Hämodilutionsgrad an der extrakorporalen Zirkulation (EKZ) im Säuglingsalter ist von der Differenz zwischen Patientenblutvolumen und Primingvolumen der EKZ abhängig. Neben möglichst kleinen Systemen, sollte die Zusammensetzung des Primings physiologisch sein. Als physiologisch gilt das Vollblut-Priming (VBP), dessen Zusammensetzung dem humanen Blut am nächsten kommt. In der vorliegenden Studie wurde VBP im Vergleich zu angepasstem Vollelektrolyt-Priming (VEP) bei Säuglingsherzoperationen unter Verwendung der EKZ untersucht.

Material und Methoden: Das VBP setzt sich aus EK (36 %), FFP (11 %), Jonosteril (41 %), Mannitol 20 % (8 %), Magnesiocard 10 %, Natriumbicarbonat, Konakion und Heparin zusammen. Das VEP besteht lediglich aus Jonosteril, Heparin und gegebenenfalls EK. Die notwendige EK-Primingmenge wurde auf eine Hämoglobinuntergrenze (Hb-Wert) von 8,5 g/dl nach Verdünnung berechnet. In der retrospektiven Analyse wurden alle mit dem EKZ-System FX05 (Terumo, Eschborn, Germany)

behandelten Patienten eingeschlossen. Als Beobachtungszeitraum wurden die Jahre 2014 bis 2016 vor und nach der Primingumstellung gewählt. Die behandelten Patienten hatten ein Gewicht von 2,6–10 kg und umfassten 107 Patienten (VBP-Gruppe n = 46 vs. VEP-Gruppe n = 61). Analysiert wurden Fremdblutprodukte-Verbrauch, Harnstoff, Kreatinin, Laktat sowie das klinische Outcome der Patienten.

Ergebnisse: Die demographischen Daten der Patienten sowie die EKZ-Dauer wiesen keine signifikanten Unterschiede auf. In der VEP-Gruppe lag präoperativ ein signifikant niedrigerer Ausgangs-Hb vor ($p = 0,012$). Obwohl in der VEP-Gruppe signifikant weniger Blutprodukte verabreicht wurden (EK $p < 0,001$; FFP $p < 0,001$), zeigte der postoperative Hb-Wert keine signifikanten Unterschiede ($p = 0,207$). Das postoperative Laktat war in der VBP-Gruppe signifikant erhöht ($2,4 \pm 1,7$ mmol/l vs. $1,7 \pm 0,7$ mmol/l; $p = 0,01$). Ebenso traten keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der perioperativen Urinausscheidung ($p = 0,88$), der postoperativen Retentionsparameter (Harnstoff: $p = 0,34$; Kreatinin: $p = 0,73$) sowie der Beatmungsdauer ($p = 0,09$) und des Intensivaufenthalts ($p = 0,08$) auf.

Zusammenfassung: In dem beobachteten Patientenkollektiv zeigte VEP keine klinisch relevanten Unterschiede zur VBP. Das VEP kann daher bei reduziertem Fremdblutbedarf als eine sichere Alternative zum VBP angesehen werden. Das Risiko transfusionsbedingter Komplikationen könnte durch konsequente Vollelektrolyt-Priming-Strategie vermindert werden.

Weniger ACT = weniger postoperative Blutung? MiECC mit 300 Sekunden ACT

MCT Adrian Bauer¹; PD Dr. Harald Hausmann¹; Jan Schaarschmidt¹; Dr. Michal Slzapka¹; Dr. Martin Scharpenberg²; Dr. Dirk Troitzsch; Dr. Peter Johansen³; Dr. Thomas Eberle¹; Prof. Dr. Hans Nygaard³; Prof. Dr. J. Michael Hasenkam³

¹ MediClin Herzzentrum Coswig; ² Universität Bremen; ³ Universität Aarhus

Ort: Coswig

Einleitung: Exzessive postoperative Blutungen sind nach einer Herzoperation mit extrakorporaler Zirkulation (EKZ) immer noch eine häufige Komplikation. Studien zeigen, dass die Verwendung minimalinvasiver extrakorporaler Zirkulation (MiECC) die perioperative Hämostase verbessert und postoperative Blutungskomplikationen reduzieren kann. Weitere Studien fanden zudem eine positive Wirkung von reduzierten Heparindosen auf die Inzidenz und die Menge der postoperativen Blutungen. In der vorliegenden Studie kombinierten wir MiECC und reduzierte ACT-Zielwerte (Red AC [reduzierte Antikoagulation] 300 Sekunden vs. Full AC [volle Antikoagulation] 450 Sekunden) und stellten die Hypothese auf, dass eine reduzierte Antikoagulationsintensität die Menge und das Auftreten von exzessiven postoperativen Blutungen reduziert.

Material und Methoden: In dieser prospektiv randomisierten Studie untersuchten wir 106 Patienten, welche sich einer aortokoronaren Bypass-Operation unterzogen. Das ACT-Ziel wurde durch das Hämostase-Management-System (Medtronic International, Tolochenaz, CH) kontrolliert. Der primäre Endpunkt „postoperative Blutung“ wurde mit dem elektronischen Thoraxdrainagesystem Thopaz + TM (Medela, Schweiz) gemessen und digital für die Studie verarbeitet. Als sekundärer Endpunkt wurde die Hämostase mittels endogenem Thrombinpotenzial (ETP) und Thromboelastographie (TEG) untersucht. Außerdem wurde auf thromboembolische Komplikationen und schwerwiegende unerwünschte Ereignisse nachbeobachtet.

Ergebnisse: Die ACT-Werte und die Heparin- / Protamin-Dosen waren in der Studiengruppe signifikant niedriger. Die Studiengruppe hatte signifikant weniger Blutungen (Differenz, median 24 h: -92 ml [290 – 4478] p = 0,026) und 403 ml weniger über die gesamte Drainagedauer (Red AC 851 ml [372 – 1869] vs. Full AC 1275 ml [445 – 4886] p = 0,003). Sowohl das TEG als auch das ETP zeigten verbesserte postoperative Gerinnungseigenschaften, jedoch keine Anzeichen von Hyperkoagulopathie oder Hyperfibrinolyse. Zwischen den Gruppen traten keine Unterschiede in Bezug auf thromboembolische Komplikationen oder eine erhöhte Inzidenz von Reoperationen und schwerwiegenden unerwünschten Ereignissen auf.

Diskussion: Da die Blutungsmengen signifikant reduziert waren und keine negativen Nebenwirkungen im Zusammenhang mit niedrigeren Heparinwerten auftraten, betrachten wir die Reduktion der ACT im Zusammenspiel mit MiECC als eine Maßnahme, um postoperative Blutungen bei ACVB-Operationen zu reduzieren.

Vergleich des Einflusses zweier Zentrifugalpumpen (Evaheart und HeartMate 3™) auf die Blutparameter in einem Mockup-Aufbau

Melanie Bohnen; Prof. Dr. Hans-Joachim Weber¹; Dr. Christian Bleilevens²; Dr. Rachad Zayat³; Ajay Moza⁴; Tim Grzanna⁵; T. Fechter⁶; C. Beckers⁴; S. Borosch⁴; C. Benstöm⁴; O. Grottke⁶; R. Rossaint⁶; PD Dr. Andreas Goetzenich⁴; Prof. Dr. Rüdiger Autschbach⁴

¹ Fachhochschule, Campus Jülich; ² Universitätsklinikum Aachen; ³ Universitätsklinikum der RWTH Aachen, Klinik für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie; ⁴ Universitätsklinikum der RWTH Aachen, Klinik für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie; ⁵ Uniklinik RWTH Aachen

Ort: Jülich

Hintergrund: In kleinen extrakorporalen Kreisläufen (Mockups) können neben Medikamenten auch Disposables der extrakorporalen Zirkulation untersucht werden. Die hier verwendeten Zentrifugalpumpen HeartMate 3™ und Evaheart werden beide als linksventrikuläre Unterstützungssysteme (LVAD) eingesetzt. Das Evaheart ist im Gegensatz zum HeartMate 3™ nicht auf dem europäischen Markt vertreten. In einem direkten Vergleich werden beide Blutpumpen hinsichtlich ihrer Wirkung auf die mechanische Hämolyse gegenübergestellt.

Material und Methoden: Es werden zwei Mockups, entweder mit dem HeartMate 3™ (Thoratec, jetzt Fa. Abbott) oder dem Evaheart (Evaheart Inc.), ausgestattet. Der Aufbau, ist bezogen auf die Schlauchlängen und verwendeten Konnektoren, identisch, lediglich die Füllungsvolumina beider LVADs variieren (Evaheart: 29 ml; HeartMate 3™: 23 ml). Es wird das Blut gesunder, freiwilliger humaner Spender verwendet. Der extrakorporale Kreislauf mit der HeartMate 3™ bestand zu 23 ml aus NaCl und 59 ml Blut, der Kreislauf des Evahearts bestand aus 29 ml NaCl und 71 ml Blut.

Die Versuchsreihe wurde in zwei experimentelle Gruppen geteilt: In der ersten Gruppe wird die klinisch optimale und vom Hersteller empfohlene Drehzahl für jedes LVAD verwendet (Evaheart: 2400 rpm, HeartMate 3™: 5000 rpm), in der zweiten Gruppe wird zur besseren Vergleichbarkeit dieselbe Drehzahl für jedes LVAD verwendet (Evaheart und HeartMate 3™: 3000 rpm).

Während der 6-stündigen Versuche werden Bluttemperatur und -fluss konstant gehalten. Insgesamt wurden sechs Blutproben (je 4,5 ml) zur Analyse aus jedem Kreislauf entnommen. Es wurden 9 Versuche (4 zur 1. Testserie und 5 zur 2. Testserie) durchgeführt.

Hierbei wird die Wirkung beider Pumpen auf verschiedene Blutparameter beobachtet.

Ergebnisse: Die Ergebnisse des Pumpenvergleichs zeigen, dass die Leukozyten-, Erythrozyten- und Thrombozytenwerte (CellCounter, Nihon Kohden Inc.) im Mockup des Evahearts in jeder Testserie besser ausfallen als die des HeartMate 3™. Der optische Vergleich des Plasmas der Citratblutproben zeigt weiterhin, dass eine ausgeprägte Hämolyse in den Proben aus dem Mockup mit der HeartMate 3™ auftritt. Die Blutparameter im Mockup des HeartMate 3™ verbessern sich auffallend nach dem Angleichen der Drehzahl, wohingegen diese sich beim Evaheart nicht stark verändern.

Diskussion: In dieser In-vitro-Studie zeigte das Evaheart im direkten Vergleich zum HeartMate 3™ eine deutlich blutschonendere Zirkulation bezogen auf die hämatologischen Parameter. Ein Grund dafür liegt vermutlich in der integrierten Kühlung der Rotorblätter des Evaheart. Dadurch wird eine Blutschädigung durch erhöhte Temperaturen vermieden. Da der sonstige technische Aufbau und die Funktionsweise beider Pumpen annähernd gleich sind, muss dies der ausschlaggebende Punkt sein, weshalb es zu den besseren Ergebnissen des Evaheart kommt.

Zwei Kreisläufe, ein Problem – In-silico-Studie zu den unterschiedlichen Versorgungszonen im Körper bei einer ECLS

Dipl.-Ing. Markus Bongert¹; M. Sc. Johannes Gehron²; Dr. Philippe Grieshaber²

¹ Fachhochschule Dortmund; ² Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH Standort Gießen

Ort: Dortmund

Einleitung: Wird nach einem akuten Kreislauf- und Lungenversagen ein externes Unterstützungssystem (ExtraCorporeal Life Support ECLS) eingesetzt, können Komplikationen auftreten, sobald das Herz seine Pumpfunktion konkurrierend wieder aufnimmt. So werden einzelne Körperregionen nur zum Teil oder gar nicht mit dem oxygenierten Blut versorgt. Dieses Phänomen der Hypoxie in der oberen Körperhälfte wird als Harlekin-Syndrom beschrieben. Als eine Ursache wird die Kanülierung bei einer venös-arteriellen ECMO bzw. ECLS angesehen.

Instantane Untersuchungen an einem In-silico-Modell des arteriellen Gefäßsystems haben bereits bei einer femoralarteriellen Kanülierung die Existenz einer definierten Stoßfront zwischen dem nativen und artifiziellen Flow aufgezeigt.

Material und Methoden: Ein Silikonmodell einer humanen Aorta ist die Basis für das entwickelte Simulationsmodell. Dadurch wird der Einfluss der realen Anatomie berücksichtigt. Weiterhin ist eine geometrische Standardkanüle bestehend aus einem geraden Rohrstück für die Kanülenspitze mit einer dazu senkrechten Austrittsöffnung, die einen Außendurchmesser von 16 Fr besitzt, verwendet worden. Dadurch sollen eventuelle Einflüsse der unterschiedlichen Kanülenbauformen ausgeschlossen werden können. Die Platzierung der Kanüle erfolgte sowohl femoral durch die Arteria femoralis superficialis sinistra in drei Positionen innerhalb der Aorta als auch in dem Truncus brachiocephalicus.

Die Volumenstromanteile aus dem linken Ventrikel und der femoralen Kanüle sind systematisch so variiert worden, dass stets in Summe 5,0 l/min durch das arterielle Gefäßsystem fließen. Beiden Volumenströmen werden mit einem separaten Marker gekennzeichnet, so dass es dadurch möglich ist, differenziert den jeweiligen Anteil innerhalb der Strömung zu visualisieren und auch quantitativ zu bestimmen.

Für die Druck-Randbedingungen an den abzweigenden Arterien ist ein Widerstandsmodell mit Parametern nach Olufson gewählt worden, so dass das nachgeschaltete Gefäßsystem physiologisch abgebildet wird.

Ergebnisse: Bemerkenswert ist die Tatsache, dass bei einer Flow-Aufteilung von 50 % Herz zu 50 % ECLS bei beiden Inkorporationslängen 35 mm und 185 mm (oberhalb der Bifurkation) das Blut mit einem ECLS-Anteil von 90 % bis 100 % nicht über die Nierenarterien hinauskommt. Die Inkorporationslagen am Arcus-Ausgang sowie im Truncus brachiocephalicus ermöglichen für den Bereich unterhalb des Aortenbogens eine Versorgung mit einem Anteil zwischen 45 % (Arcus-Ausgang) und 55 % (Truncus brachiocephalicus) bezüglich des oxygenierten ECLS-Flows.

Problematisch ist bei dieser Kanülenlage und Flow-Aufteilung auch die Versorgung der supraaortalen Äste. Wird die femorale Kanüle bis kurz vor dem Aortenbogen vorgeschoben, wird die Subclavia fast exklusiv, d. h. mit über 95 % des oxygenierten Blutes der ECLS, versorgt. Bei der ECLS-Zugabe über den Truncus brachiocephalicus werden die Carotis und die Subclavia nur mit einem geringen (weniger als 40 %) ECLS-Anteil perfundiert.

Diskussion: Das Harlekin-Syndrom ist eine bekannte Komplikation bei einer VA-ECMO bzw. ECLS, die dann auftritt, wenn der native Flow wieder existent und der Gasaustausch durch eine eventuell vorangegangene pulmonale Überflutung noch nicht wieder komplett hergestellt ist. Mit dem bewährten In-silico-Modell des humanen Kreislaufsystems ist es möglich, sowohl Stoßzonen zu detektieren als auch sie und die damit zusammenhängenden unterschiedlichen Versorgungszonen qualitativ sowie quantitativ zu erfassen.

Die Ausbildung und die Lage einer Stoßzone ist im In-vitro-Modell mittels Doppler-Ultraschallmessungen nachgewiesen worden. Die aktuellen Messungen bei einer Reinfusion über die Arteria subclavia dextra zeigen einen antegraden Flow in Richtung der Aorta descendens. Die in dieser Studie durchgeführten stationären Simulationen belegen ebenfalls diesen antegraden Flow.

Aufgrund der eingesetzten virtuellen Marker ist es möglich gewesen, bei einer Reinfusion über den Truncus brachiocephalicus bzw. in Höhe kurz vor dem Aortenbogen eine Trennzone zwischen den beiden Flüssen mit einer komplexen Volumenkontur aufzuzeigen, die eine problematische Kopfperfusion zur Folge hat.

Betrachtet man die Strömungsgeschwindigkeit in Form von Stromlinien, so zeigt sich, wie die Strömung aus dem Truncus brachiocephalicus kommend auf die Gefäßwand trifft und sich aufteilt. Der eine Teil der Strömung wird durch den Flow vom Herzen derart abgelenkt, dass er am äußeren Aortenbogen entlang zur Arteria carotis communis und zur Arteria subclavia sinistra strömt und diese mit nur einem geringen ECLS-Anteil versorgen kann. Der andere Teil der aufgeteilten Strömung dagegen strömt mit einem hohen Anteil an oxygeniertem Blut direkt in die Aorta descendens.

Damit zeigt sich, wie stark die Kopfperfusion von der Kanülenlage und von der Truncus-Krümmung abhängig ist. Diese Simulationsergebnisse bedürfen noch einer Validierung, sobald entsprechende Meßtechnik zur Verfügung steht, mit deren Hilfe nicht nur der Fluss sondern auch der Anteil des oxygenierten Blutes bestimmt werden kann.

Einsatz eines Adsorbers in der Chirurgie des Aortenbogens mit Herz-Kreislaufstillstand

Frank Born; Dr. Thomas Saller; PD Dr. Sven Peterss; PD Dr. Patrick Scheiermann; PD Dr. Maximilian Pichlmaier; Prof. Dr. Christian Hagl

Klinikum der Ludwigs-Maximilians-Universität München (LMU)

Ort: München

Einleitung: Operationen an der thorakalen Aorta mit Beteiligung des Aortenbogens unter Zuhilfenahme der extrakorporalen Zirkulation (EKZ) stellen für jedes herzchirurgische Team eine große Herausforderung dar. Die EKZ kann diverse Entzündungskaskaden aktivieren, die eine systemische Entzündungsreaktion (Systemic Inflammatory Response Syndrome, SIRS) auslösen, besonders bei langen EKZ-Zeiten mit hypothermen Herz-Kreislaufstillstand. Ein SIRS kann postoperativ zu Komplikationen, Organdysfunktionen, Morbidität und Mortalität führen. Der Einsatz eines Adsorbers reduziert entzündliche Moleküle im Blut (A.-C. Deppe et al., Herz-Thorax-Gefäßchirurgie August 2016, Volume 30, Issue 4, pp 254–259). Weitere positive Effekte durch CytoSorb® sollen in dieser Studie evaluiert werden.

Material und Methoden: Das Protokoll für den hypothermen Stillstand (HS) ist standardisiert. Dabei wird die Körperkerntemperatur auf 25 °C gesenkt. Die antegrade Gehirn-Perfusion wird mit Flussraten von 10 ml/kg/kg /min bei 22 °C mit einem Druck im Mittel von ca. 50–70 mmHg durchgeführt. Das Nah-Infrarot-Spektroskopie-Monitoring (NIRS) wird bei diesen Eingriffen angelegt, um eine angestrebte Zielsättigung von ca. 60–80 % pro Hemisphäre zu überwachen. Bei diesen Operationen wird zusätzlich der Cytokin-Adsorber CytoSorb® (CytoSorbents Corporation, New Jersey, USA) in das Perfusionssystem installiert. Von 2013 bis 2017 wurden 615 Patienten im hypothermen Herz-Kreislaufstillstand operiert. 127 Patienten wurden an der EKZ mit Adsorber und 488 Patienten ohne Adsorber behandelt. Die Ausgangsbedingungen wurden mittels Matching in beiden Gruppen angeglichen. Somit entstand eine Kohorte von 222 Patienten, 111 mit und 111 Patienten ohne Adsorber. In dieser retrospektiven Single-Center-Studie wurden die Daten (Demographie, ASA Score, EKZ, NIRS, BGA, Katecholamine, Gerinnungs-Blutprodukte, Verweildauer) statistisch analysiert (Fisher's T-Test, Mann-Witney-U Test und Odds Ratio).

Ergebnisse und Diskussion: Unter den Gruppen gab es keine Unterschiede hinsichtlich Demographie, Perfusionszeiten, Verweildauer und klinischem Ergebnis. In der Gruppe mit Adsorber waren folgende Parameter signifikant niedriger: Blutbedarf ($p = 0,032$), FFP-Bedarf ($p = 0,008$), Prothrombin-Gabe ($p = 0,007$), Tranexamsäure-Bedarf ($p = 0,003$), Noradrenalin-Bedarf ($p = 0,003$), TRIS-Puffer-Gabe ($p = 0,003$), und die NIRS-Messungen ($p = 0,005$) signifikant höher.

In Kombination Hypothermie mit antegrader zerebraler Perfusion ist auch die chirurgische Therapie komplexer Aortenbogenpathologien technisch möglich, die nur in enger Abstimmung zwischen Kardiochirurgen, Anästhesisten und Kardiotechnikern erfolgreich bewältigt werden kann. Die Hämoadsorption mit CytoSorb® ist sicher und ohne technische Schwierigkeiten durchführbar. CytoSorb® reduziert nicht nur die Zytokinlast, sondern auch signifikant den perioperativen Bedarf an Fremdblut, Gerinnungsfaktoren und Katecholaminen. Der Säure-Basen-Haushalt ist in der Adsorbergruppe signifikant stabiler. Die Anwendung eines Adsorbers während der EKZ wirkt positiv auf das perioperative Ergebnis. Unter Verwendung von komplett beschichteten EKZ-Systemen, reduziertem Füllvolumen und Reduktion von Blutprodukten, sowie Minimierung der Blut-Luft-Kontakte, kann die Operation der Aorta bzw. des Aortenbogens mit exzellenten Ergebnissen durchgeführt werden. Die positiven Tendenzen müssen in weiteren prospektiven multizentrischen Studien bestätigt werden.

Der Hämoglobinwert und seine Bedeutung für die zerebrale Oxygenierung während des kardiopulmonalen Bypass

Dr. Katja Buschmann¹; Thomas Hartmann; Prof. Dr. Christian Friedrich Vahl

¹ Universitätsmedizin Mainz

Ort: Mainz

Hintergrund: Es gibt Hinweise darauf, dass Bluttransfusionen nach chirurgischen Eingriffen mit Komplikationen assoziiert sind, was ein restriktives Verhalten sogar bei Herzoperationen befürwortet. Es gibt jedoch wenige reproduzierbare Daten für die extrakorporale Zirkulation und gleichzeitige zerebrale Oxygenierung (sowie gleichzeitige Malperfusion von Organen z. B. Darm und Niere). Die Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) ist eine Methode zur Überwachung der zerebralen Sauerstoffversorgung während des Einsatzes der Herz-Lungen-Maschine (HLM). In dieser Studie wurde NIRS verwendet, um modifizierbare Parameter der HLM und ihren signifikanten Einfluss auf die zerebrale Sauerstoffversorgung zu untersuchen.

Methoden: 20 HLM-Eingriffe (koronare Bypassoperation) wurden ausgewertet. Unter anderem wurden pCO₂ und Hämoglobin (Hb) aus der Blutgasanalyse der HLM sowie der simultane INVOS-Wert erfasst. Für die NIRS-Überwachung wurde der INVOS 5100C verwendet. Die mittlere INVOS wurde aus INVOS [links + rechts / 2] berechnet. Es wurden 6 Aufnahmezeiten definiert: T0 = vor HLM; T1 = vor Kardioplegie; T2 = nach Kardioplegie; T3 = 10 min. nach T2; T4 = Ende des Herzstillstands; T5 = vor Ende der HLM. Zur Standardisierung und Vergleichbarkeit der aufgezeichneten Parameter wurde jeder einzelne T0-Wert von n = 20 HLM-Eingriffen als 100 % und alle T1–T5-Werte als % jedes T0-Wertes (= STANDARD_) ermittelt. Die STANDARD_Parameter und ihre Korrelation mit STANDARD_INVOS wurden statistisch getestet (IBM SPSS Statistics 23).

Ergebnisse: Es gab keinen signifikanten Einfluss auf den STANDARD_INVOS durch standardisierten arteriellen Fluss, Perfusionstemperatur, pO₂ und FiO₂. Die lineare Regression zeigte jedoch einen signifikanten Einfluss auf STANDARD_INVOS durch STANDARD_pCO₂ (p = 0,038, $y = -0,1784x + 1,1851$) und STANDARD_Hb (p = 0,041, $y = 0,162x + 0,8693$). Wenn Hb ≥ Median Hb (10 g/dl) war, war STANDARD_INVOS signifikant höher (p = 0,032).

Schlussfolgerung: Die vorliegende Studie ist ein Versuch, zusätzliche Einblicke in die komplexe Interaktion des zerebralen Stoffwechsels und der HLM-Parameter einschließlich Hb und dessen Sättigung, Sauerstoffangebot und Induktion von zerebraler Vasodilatation durch absichtlich ansteigenden pCO₂ zu erhalten. Es besteht eine negative Korrelation mit STANDARD_pCO₂ und STANDARD_INVOS. Unter der Annahme der Qualitätsbewertung von INVOS zur Beurteilung der zerebralen Oxygenierung legen diese Daten nahe, dass die Bedeutung des Hb während eines HLM-Eingriffes nicht unterschätzt werden sollte, während manipulative Parameter der HLM (FiO₂, pCO₂) nicht ausreichen, um den hämodynamischen Effekt des kardiopulmonalen Bypasses zu kompensieren (niedriger Fluss, niedriger Druck) sowie die Hämodilution (T1 Priming Volumen HLM, T2 Kardioplegie). Die Daten zeigen, dass trotz des bekannten negativen Effekts der Fremdblutsubstitution, die klaren positiven Effekte der Hb-Substitution durch Fremdblutgabe auf die Hirnfunktion während der HLM bei jedem einzelnen Patienten berücksichtigt und abgewogen werden müssen.

Gefahr erkannt – Gefahr gebannt: Fehlerreduzierung im Hochrisikobereich

Dr. Markus Fischer

TECAMED

Ort: Clarinbridge

Einleitung: Jeder erkennbare Fehler mit teilweise gravierenden Auswirkungen geht mit bis zu 100 Ereignissen einher, die ebenfalls mit erheblichen Folgeschäden für den Menschen und seine Umgebung behaftet sein könnten. Zudem wurden für jeden aktiven Fehler bis zu 4000 latente Gegebenheiten beschrieben, die trotz des Gefährdungspotenzials zur Fehlerentstehung oft über Jahre unentdeckt bestanden haben. Die kritische Begutachtung von Vorfällen mit teilweise fatalem Ausgang wird im hoch-technologisierten medizinischen Bereich größtenteils retrospektiv und ohne Berücksichtigung der menschlichen Komponente durchgeführt. Allerdings erleben die „Human Factors“ derzeit eine zunehmende Bedeutung im Gesundheitswesen, da diese nachgewiesenermaßen einen bedeutenden Einfluss in der Fehlerentstehung und -weiterleitung in Hochrisikobereichen aufgezeigt haben. Im Gegenzug wird der Unfallprävention durch eine kritische Evaluierung des Arbeitsumfeldes und Tätigkeitsbereichs und der dadurch möglichen Vermeidung von Fehlern nur bedingt Aufmerksamkeit geschenkt. Drei Hauptvarianten, die insgesamt zu einer Reduzierung von Gefährdungen und dem damit assoziierten Potenzial zur Fehlerentstehung beitragen können, werden in Hochrisikobereichen bereits beschrieben. Diese beinhalten zum einen die rückblickende Evaluierung von bereits erkannten Fehlverhalten nach ungewollten Ereignissen. Zusätzlich besteht die Möglichkeit einer Momentaufnahme der vorliegenden Struktur des eigenen Arbeitsbereiches. Zudem wurde vor einigen Jahren ein Safety Management System in der Luftfahrt etabliert, das vorausschauend mögliche Ursachen, die ein Fehlverhalten bewirken könnten aufzuzeigen. Das Erkennen von potentiellen Fehlerquellen leitet subsequent das Einbringen von aktiven Maßnahmen ein, um Möglichkeiten zum Entstehen von Fehlverhalten zu eliminieren.

Ziel dieser Zusammenstellung ist eine Darstellung von drei möglichen Evaluierungen des Gefährdungs- und Fehlerpotenzials im Arbeitsumfeld und Tätigkeitsbereichs des klinischen Perfusionisten aufzuzeigen, die sich in anderen Hochrisikobereichen etabliert haben.

Material und Methoden: Basierend auf Ursachenforschungen in der Luftfahrt werden drei der dort angewandten Methoden zur Fehlerreduzierung auf ihre Anwendungsmöglichkeit auf den Tätigkeitsbereich des klinischen Perfusionisten in der herzchirurgischen Operationsabteilung beurteilt. Dazu werden das Arbeitsumfeld sowie der Aufgaben- und Verantwortungsbereich kritisch analysiert und erkennbare Elemente in die bestehenden Matrices eingegliedert.

Ergebnisse: Die retrospektive Begutachtung von Fehlern mit der Unterstützung des Fishbone-Diagramms kann auf das kardiochirurgische Arbeitsgebiet übertragen werden. Dazu werden die erkannten Verhaltensmuster, sowie die technischen und organisatorischen Gegebenheiten auf ihren Einfluss auf die Fehlerentstehung rückblickend eruiert. Eine Momentaufnahme der derzeitigen Situation im perfusions-spezifischen Umfeld wird durch das Swiss-Cheese-Modell ermöglicht. Dabei werden unterschiedliche Aspekte wie Organisationsstrukturen, medizintechnisch bedingte Voraussetzungen und Gruppenstrukturen kritisch analysiert und in die Beurteilung mit eingebunden. Eine aktive Evaluierung des Arbeitsumfeldes einschließlich der dazu verwendeten Technologien kann in Anlehnung an das relativ neu eingeführte Safety Management System durchgeführt werden. Dabei sollen nicht nur kritische Elemente erkannt werden, die prä-, intra- und postoperativ zu einem unbewussten Vorfall oder Fehler führen können, sondern auch direkt Maßnahmen und Methoden etabliert, die diese von vornherein verhindern sollen.

Diskussion: In sogenannten Hochrisikobereichen haben sich über die Jahre Präventionsmaßnahmen etabliert, die zu einer Reduzierung des Potentials für Fehlverhalten geführt haben. Die anfänglich noch retrospektive Evaluierung nach erfolgten Beinahe-Vorfällen und kritischen Unfällen hat sich über die Jahre in ein vorausschauendes Sicherheitsmanagement System verändert. Dazu werden Erkenntnisse der rückblickenden Untersuchungen sowie die Evaluierung der momentanen Situation herangezogen, um vorausschauende Verhaltensweisen und Systeme zu etablieren, die zu einer erhöhten Sicherheit für Mensch und Umgebung beitragen.

Immer einen Schritt voraus – Situation Awareness in der klinischen Perfusion

Dr. Markus Fischer

TECAMED

Ort: Clarinbridge

Einleitung: Der Arbeitsplatz des klinischen Perfusionisten wird oft dem eines Flugzeugcockpits gleichgesetzt. Piloten durchlaufen während ihrer Ausbildung und weiteren Laufbahn regelmäßige Trainingseinheiten im Simulator. Diese beinhalten neben der Beurteilung von technischen Fähigkeiten auch nicht-technische Eigenschaften, wie zum Beispiel das Situationsbewusstsein. Dieses setzt sich aus 4 Teilbereichen zusammen, die ein allumfassendes Verstehen der gegebenen Situation ermöglichen und ein vorausschauendes Handeln unterstützen. Zudem ist ein adäquates Erkennen und Verstehen speziell in unvorhergesehenen Notfallsituation grundlegend für eine effektive Kommunikation und Organisation von Arbeitsabläufen. Im Gegensatz dazu, beinhalten praktische Simulationen während der theoretischen und klinischen Ausbildung des Klinischen Perfusionisten sowie in Fort- und Weiterbildungen oft nur das Erlernen von technischen Fähigkeiten. Allerdings gewinnen die Beurteilung von Nicht-technischen Anforderungen an die einzelnen Mitarbeiter innerhalb des kardiochirurgischen Teams zunehmend an Bedeutung.

Ziel dieser Präsentation ist es, die 4 Teilbereiche, aus denen sich das „Big Picture“ des Piloten in der Luftfahrt zusammensetzt, auf den Tätigkeits- und Verantwortungsbereich des klinischen Perfusionisten zu übertragen. Die dabei gewonnen Erkenntnisse können in Simulationseinheiten mit eingegliedert und validiert werden, was sich in Zukunft in einem verbesserten Outcome für den Patienten widerspiegeln kann.

Material und Methoden: Basierend auf Endsleys` Modell der Situation Awareness und den in der Luftfahrt beschriebenen Voraussetzungen an den Piloten zum Verstehen der Situation und ein darauf abgestimmtes vorausschauendes Handeln ermöglicht, wurden Anforderungen des Tätigkeitsbereichs innerhalb der Kardiotechnik evaluiert und klassifiziert. Dazu wurden Publikationen im Zeitraum zwischen 01/2000 und 06/2018 aus dem Bereich Extrakorporale Zirkulation, Herzchirurgie, Kardiotechnik, Klinische Perfusion in deutscher und englischer Sprache mit einbezogen. Zudem wurden Critical Incident Reports eruiert und kritisch für ihre Einbeziehung anhand der Auswahlkriterien evaluiert.

Ergebnisse: In Anlehnung an die kognitiven Voraussetzungen an Piloten können in der klinischen Perfusiologie Anforderungen und das Situationsbewusstsein den 4 Kategorien zugeordnet werden. Diese beziehen die direkte patienten-orientierte Perfusionsstrategie, das Zusammenspiel des multidisziplinären Teams, die Anwendung der Biomedizintechnik sowie system-relevante Faktoren mit ein. Das Zusammensetzen aller Informationen die bewusst gesammelt und unbewusst aufgenommen werden, müssen für ihre Relevanz für die vorliegende Situation evaluiert werden. Eine

adäquate Situationsanalyse und das Verstehen der Gegebenheiten ist von essentieller Bedeutung und kann in klinische Simulationsszenarien mit eingebunden werden.

Diskussion: Simulationen sind in der Luftfahrt eine vorgeschriebene, sich regelmäßig wiederholende Maßnahme. Dabei werden die Reaktionen auf potenzielle kritische Situationen erlernt und kontinuierlich praktiziert und evaluiert. Diese Simulationsszenarien beinhalten auch die Beurteilung von kognitiven Leistungsmerkmalen. Eine kritische Evaluierung und Reflexion in kritischen Simulationsübungen in der klinischen Perfusion / Kardiotechnik hat das Potenzial zukünftige Kollegen während ihrer praktischen und theoretischen Ausbildung auf diese Anforderungen vorzubereiten. Regelmäßige Fort- und Weiterbildungen einschließlich Simulationen mit unterschiedlichen Szenarien bieten die Möglichkeit kritisches Denken zu erlernen und aufrecht zu erhalten und gleichzeitig Grenzen der menschlichen kognitiven Leistungsfähigkeit zu erkennen.

Quantifizierende Messungen der distalen Extremitätenperfusion eines ECLS mit modifizierter Perfusionskanüle

Dipl.-Ing. Maik Foltan ; Alois Philipp; Dipl.-Ing. Andrea Thrum; Monika Gietl; Dipl.-Ing. Frank Schettler; Dr. Andreas Holzamer; Dr. Dirk Lunz; Prof. Dr. Christof Schmid

Universitätsklinikum Regensburg

Ort: Regensburg

Einleitung: Die Implantation eines Extra Corporeal Life Support-Systems (ECLS) bei Patienten während kardiopulmonaler Reanimation oder im kardiozirkulatorischem Versagen kann eine lebensrettende Maßnahme sein. Die Kanülierung erfolgt üblicherweise perkutan in Seldinger-Technik. Zur Vermeidung oder Behebung einer Beinischämie wird ein Perfusionskatheter perkutan distal der arteriellen Kanüle des ECLS in die Arteria femoralis superficialis eingebracht. Das Ziel der vorliegenden Studie war es, die fluss- und hämodynamischen Bedingungen der distalen Perfusion des ECLS zu eruieren.

Patienten und Methode: Bei 18 Patienten, die mit einem ECLS-System femoro-femoral in Seldinger-Technik versorgt wurden, musste bei detektierter Beinischämie zusätzlich zur arteriellen femoralen Kanüle eine modifizierte 7 Fr-Kanüle zur distalen Beinperfusion (CruraSave®, Freelif, Aachen, Germany) implantiert werden. Bei 10 Patienten (56 %) wurde eine arterielle 15 Fr-Kanüle (BE-PAS 1515, Getinge Group, Rastatt, Germany) und bei 8 Patienten (44 %) eine 17 Fr-Kanüle (BE-PAS 1715, Getinge Group, Rastatt, Germany) in die Arteria femoralis superficialis eingeführt.

Ergebnisse: Der Blutfluss durch den distalen Perfusionkatheter (DBF) stieg linear zum ECLS-Blutfluss (EBF). Für die 15 Fr-Kanülen variiert der DBF von $170 \pm 0,40$ ml min⁻¹ bei einem EBF von 1,5 l min⁻¹ auf 480 ± 80 ml min⁻¹ bei einem EBF von 5,0 l min⁻¹. Die treibende Druckdifferenz (TDD) bzw. der Staudruck lag korrespondierend bei $101 \pm 6,2$ mmHg respektive bei 375 ± 21 mmHg. Die regionale Sauerstoffsättigung am Musculus gastrocnemius stieg von 70 ± 5 % auf 71 ± 8 %.

Für die 17 Fr-Kanülen ergaben sich folgende Messwerte: DBF 130 ± 40 ml bei einem ECMO-Blutfluss von 1,5 l min⁻¹ steigend auf 400 ± 50 ml bei einem EBF von 5 l min⁻¹. Der treibende Staudruck lag korrespondierend bei $93 \pm 7,9$ mmHg respektive bei 295 ± 19 mmHg. Die regionale Sauerstoffsättigung am Musculus gastrocnemius stieg von 70 ± 7 % auf 74 ± 8 % bei einem DBF von 400 ml min⁻¹.

Mit 15 bzw. 17 Fr großen arteriellen ECLS-Kanülen lässt sich eine suffiziente Kreislaufunterstützung durchführen. Die perkutane distale Extremitäten-Perfusion ist ein sicheres und effektives Verfahren zur Vermeidung einer kritischen Minderdurchblutung an der arteriell kanülierten Extremität.

In-vitro-Messungen zum Einfluss linksventrikulär entlastender Mikroaxialpumpen während ECLS auf die Strömungsverteilung supraaortaler Äste

Tilo Barth¹; Dr. Philippe Grieshaber²; Dipl.-Ing. Markus Bongert³; Prof. Dr. Andreas Böning²; Prof. Dr. Martin Fiebich⁴; Prof. Dr. Gabriele Krombach²; Prof. Dr. Manfred Dahm¹; M.Sc. Johannes Gehron²

¹ Westpfalz-Klinikum Kaiserslautern; ² Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH, Standort Gießen; ³ Fachhochschule Dortmund, FB Maschinenbau; ⁴ Technische Hochschule Mittelhessen

Ort: Gießen

Hintergrund: Extrakorporale Unterstützungssysteme (ECLS) übernehmen bei akutem Kreislaufversagen die Funktion des linken Ventrikels und sichern die Perfusion der Endorgane. Die erforderliche arterielle Kanülierung erhöht trotz normalem Druck durch Jetphänomene in der Aorta ascendens oder durch eine retrograde Flussrichtung in der Aorta descendens die Nachlast des linken Ventrikels. Ein weiterhin vorhandener Pulmonalfluss führt in der Summe zur Dilatation des Ventrikels. Zusätzliche linksventrikulär eingebrachte Mikroaxialpumpen reduzieren durch den augmentierten antegraden Fluss zwischen Ventrikel und Aorta die Wandspannung des Ventrikels, entlasten diesen und vermindern dadurch eine pulmonale Stauung. Retrospektive Arbeiten zeigten dadurch eine Reduktion der Mortalität von 80 auf 47 %. Die Auswirkungen eines zusätzlichen Unterstützungssystems auf die komplexen Strömungen in der Aorta und den supraaortalen Ästen wurden bisher nicht näher untersucht. Es ist nicht bekannt, ob der zusätzliche antegrade Volumenstrom der Mikroaxialpumpe in Richtung des Aortenbogens die Strömungsverteilung bzw. bekannte Wasserscheidenphänomene im Aortenbogen und den supraaortalen Ästen verändert. Bei einem kompromittierten Gasaustausch der Lunge könnte vermehrt nicht ausreichend oxygeniertes Blut in die Koronarien bzw. die supraaortalen Äste verteilt werden. Eine nicht ausreichende Versorgung des Myokards bzw. Gehirns ist damit nicht ausgeschlossen.

Material und Methoden: Die Strömungsverteilung im Aortenbogen und den supraaortalen Ästen wird mittels eines lebensgroßen Kreislaufsimulators mit 1:1-Silikongefäßmodellen (Aorta, Vena cava inkl. beider Ventrikel), justierbaren Widerstandselementen und Compliancegefäßen untersucht. Als Blutanalogen verwenden wir eine Wasser-Glycerin-Mischung mit einer dem Blut angeglichenen Viskosität von ca. $2,5 \times 10^{-3} \text{ Pa} \times \text{s}$. Die Ventrikelfunktion erfolgt mit zwei parakorporalen pneumatischen ventrikulären Unterstützungssystemen (BIVAD) in Reihenschaltung zum jeweiligen primär passiven Silikonventrikel. Eine femoral bzw. subclavial implantierte ECLS kombinieren wir mit einer zusätzlichen Mikroaxialpumpe im linken Ventrikel. Vier Kreislaufszenarien vom kardiogenen Schock mit voller Unterstützung bis hin zur Entwöhnung mit minimaler ECLS-Leistung verknüpfen wir mit acht Leistungsstufen der Mikroaxialpumpe. Zur Bestimmung der Strömungsveränderungen verwenden wir eine doppelte Ultraschalldilution, bei der eine Flüssigkeitsinjektion mit geringerer Viskosität im Gefäßsystem eine Reduktion der Schallgeschwindigkeit auslöst. Durch die Platzierung zweier Ultraschallsonden im zuführenden ECLS-Schenkel und dem jeweiligen supraaortalen Ast quantifizieren wir den Anteil oxygenierten Blutes der ECLS in den supraaortalen Ästen bei alleiniger ECLS-Arbeit und der Kombination von ECLS-Unterstützung und mikroaxialer linksventrikulärer Entlastung.

Ergebnisse: In einem Vorversuch zur Konzeption dieser Studie und Überprüfung der Machbarkeit der doppelten Ultraschall-dilution zeigten mehrfach wiederholte Messungen mit der Methode bereits bei niedriggradigen Leistungsstufen der Mikroaxialpumpe eine Verschiebung der aortalen Wasserscheide, so dass arterialisiertes Blut des zuführenden ECLS-Schenkels nicht mehr in die supraaortalen Äste gelangte.

Diskussion: Zusätzlich zur ECLS implantierte Mikroaxialpumpen entlasten den linken Ventrikel und erhöhen den antegraden Volumenstrom in den systemischen Kreislauf. Eine Erhöhung dieses Volumenstroms könnte somit aber vermehrt nicht ausreichend oxygeniertes Blut in den systemischen Kreislauf fördern und das Harlekin-Syndrom mit unzureichender Sauerstoffversorgung der oberen Körperhälfte begünstigen. Mit den Messungen dieser Studie soll einerseits die Verschiebung der Wasserscheide durch die Mikroaxialpumpe gezeigt und andererseits der Anteil oxygenierten Blutes in den supraaortalen Ästen bestimmt werden. Die Ergebnisse können als klinische Entscheidungshilfe dienen, um eine adäquate linksventrikuläre Entlastung während ECLS zu erlangen und gleichzeitig die Perfusion der Endorgane sicherzustellen.

Evaluierung eines Silikonventrikels in einem Herz-Kreislaufsimulator mittels Echokardiographie

Tilo Barth¹; Dr. Philippe Grieshaber²; Dipl.-Ing. Markus Bongert³; Prof. Dr. Andreas Böning²; Prof. Dr. Martin Fiebich⁴; Prof. Dr. Gabriele Krombach²; Prof. Dr. Manfred Dahm¹; M.Sc. Johannes Gehron²

¹ Westpfalz-Klinikum Kaiserslautern; ² Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH, Standort Gießen; ³ Fachhochschule Dortmund FB Maschinenbau; ⁴ Technische Hochschule Mittelhessen

Ort: Gießen

Einleitung: Kreislaufsimulatoren zur strömungsmechanischen Bewertung langfristiger ventrikulärer Unterstützungssysteme (VAD's) und Testung neuer Herzklappen sind ein fester Bestandteil der Produktentwicklung. Zur Unterstützung klinischer Fragestellungen werden sie außerdem für strömungsmechanische Untersuchungen und Visualisierung von Flüssen bei konkurrierenden Interaktionen des Eigenkreislaufs und extrakorporaler Unterstützungssysteme (ECLS) im kardiogenen Schock verwendet. Die Modellierung der humanen Kreislaufphysiologie in Bezug zur Geometrie und Kontraktilität hat damit einen entscheidenden Einfluss auf die Gültigkeit der Ergebnisse. Deswegen ist bei der Konstruktion eines Kreislaufsimulators neben der Realisierung des arteriellen Gefäßbaums vor allem eine erhaltene Ventrikelmorphologie mit kontraktile Funktion notwendig. In einem neu entwickelten Kreislaufsimulator haben wir durch eine Reihenschaltung eines pneumatischen Kunstventrikels mit einem natürlich geformten Silikonventrikel den notwendigen Antrieb gesichert und die Morphologie abgebildet. Wir untersuchten, ob eine Modifizierung des passiven linken Silikonventrikels eine physiologische Kontraktion ermöglicht und diese echokardiographisch in Bezug auf Volumina und Ejektionsfraktion beurteilt werden kann.

Methoden: Zur Nachbildung der Kreislaufmorphologie montierten wir zwei aus bildgebenden Daten erwachsener Probanden generierte 1:1-Silikongefäßmodelle (Aorta, Vena cava incl. Ventrikeln) mit justierbaren Widerstands- und Complianceelementen in einer Kunststoffwanne. Der Antrieb wurde mittels zweier parakorporaler ventrikulärer Unterstützungssysteme (BIVAD) in Reihenschaltung zu den primär passiven Silikonventrikeln etabliert. Der linke Silikonventrikel wurde durch eine zirkulär angebrachte Druckmanschette synchron zur VAD-Systole komprimiert. Mittels Ultraschall bestimmten wir enddiastolisches und endsystolisches Volumen (LVEDV, LVESV) und Ejektionsfraktion (EF) anhand der monoplanen und biplanen Scheibchensummationsmethode nach Simpson bei passivem und unterstütztem Silikonventrikel.

Ergebnisse: Der dem VAD nachgeschaltete primär passive Silikonventrikel zeigte eine normale diastolische Füllung von $102,3 \pm 1,6$ ml, die sich systolisch allerdings synchron zur VAD-Systole passiv um ca. 4,5 ml erhöhte. Mit VAD-synchron arbeitender Druckmanschette konnten wir eine physiologische Kontraktion erzielen: durch die Kompression ergab sich ein enddiastolisches und endsystolisches Volumen von $100,2 \pm 3,9$ ml und $89,5 \pm 4,8$ ml. Aus einem Schlagvolumen von $11,7 \pm 1,1$ ml errechnete sich eine massiv erniedrigte EF von $11 \pm 1,4$ %.

Diskussion: Herkömmliche Kreislautsimulatoren mit einstellbaren Widerstands-, Compliance- und Trägheitselementen zur Testung von Unterstützungssystemen ermöglichen physiologische Kreislautparameter. Dabei alleinig verwendete pneumatische Kunstherzventrikel generieren ein reproduzierbares und pulsatile HZV, verzichten allerdings auf die Ventrikelmorphologie. Strömungsuntersuchungen wie im natürlichen Ventrikel scheiden deswegen aus. Die Verwendung zusätzlicher natürlich geformter Silikonventrikel gestaltet sich schwierig: Eine äußere Kompression mittels Druckmanschette bewirkt eine zu geringe EF, die einer endständigen Kardiomyopathie entspricht. Eine Kompression mittels Druckkammer bzw. rotierender Fasern anderer Gruppen ist technisch aufwendig und führt ebenfalls nur zu einer deutlich eingeschränkten EF < 40 %. Durch die Modifikation unseres primär passiven Silikonventrikels konnten wir einerseits eine pulssynchrone Kontraktion erreichen und andererseits eine zumindestens geringgradige EF erzeugen. Der Erhalt der Ventrikelmorphologie und eine möglicherweise noch steigerbare EF erweitern die diagnostischen Möglichkeiten unseres Kreislautsimulators im Gegensatz zu bisher publizierten Arbeiten.

Wie sicher ist lasergestützte Elektrodenextraktion?

Naser Ghaffari; Ismail Arslan; Sebastian Rübenhalter; PD Dr. Lars Oliver Conzelmann; Prof. Dr. Uwe Mehlhorn

HELIOS Klinik für Herzchirurgie Karlsruhe

Ort: Karlsruhe

Zielsetzung: Die Laser-gestützte Sondenextraktion ist ein effektives und anspruchsvolles Verfahren, vor allem bei Patienten mit Sondendysfunktionen sowie Systeminfektionen. Ein Hochfrequenz-Excimer-Laser mit einer 80-Hz-Puls-Wiederholrate wurde routinemäßig in unserer Klinik für Herzschrittmacher (PM), implantierbare Kardioverter-Defibrillator (ICD) oder kardiale Kontraktilitätsmodulation (CCM) zur Blei-Extraktion angewendet.

Methode: Von 03/2011 bis 06/2018 wurden 181 aufeinanderfolgende Patienten (132 männlich, 49 weiblich) hinsichtlich Elektrodenextraktion mit dem Excimer-Laser behandelt. Alle Fälle wurden mit Cardiopulmonary Bypass (CPB) Stand-by durchgeführt. Indikation für Laserentfernungen waren Tascheninfektion (36 %), Endokarditis (29 %), Elektroden-Dysfunktion (28 %) Klappen-Dysfunktion (2 %) und andere (5 %). Perioperative Daten einschließlich 30-Tage-Mortalität wurden analysiert.

Ergebnisse: Insgesamt wurden 353 Elektroden mittels Excimer-Laser entfernt. Die durchschnittliche Elektrodenverweildauer betrug $9,0 \pm 5,5$ Jahre. Die mittlere Interventionszeit betrug 95 ± 62 Minuten. Eine vollständige Extraktion konnte in 98,8 %, teilweise Entfernung und keine Entfernung in 2,2 % erreicht werden. CPB war in 2 % notwendig, die 30-Tage-Mortalität wird zurzeit analysiert.

Zusammenfassung: Die Laser-gestützte Extraktion ist ein effektives, sicheres und anspruchsvolles Verfahren bei Device-Infektion sowie Sondenendokarditiden. Die Sicherheit ist abhängig vom Setup und der Operation-Verbreitung. Die Erfahrung des Arztes spielt hierbei eine wichtige Rolle. Dies

Verfahren sollte stets mit CPB-Stand-by sowie Bereitschaft zu den herzchirurgischen Maßnahmen durchgeführt werden.

Die erste aktiv fixierbare Koronarsinus-Elektrode „ATTAIN Stability“ für die linksventrikuläre Stimulation: Hervorragende Ergebnisse nach 109 Implantationen

Naser Ghaffari; Ismail Arslan; Sebastian Rübenthaler; PD Dr. Lars Oliver Conzelmann; Prof. Dr. Uwe Mehlhorn

HELIOS Klinik für Herzchirurgie Karlsruhe

Ort: Karlsruhe

Zielsetzung: Die linksventrikuläre Stimulation oder kardiale Resynchronisationstherapie (CRT) ist derzeit Standardtherapie der Herzinsuffizienz. Eine hohe Responderrate hängt von der optimalen Position und Platzierung der Elektrode ab, dies wiederum hängt von der Anatomie des Venensystems ab. Die Elektroden können nicht immer in der gewünschten Position platziert werden. In dieser Studie wurde die aktiv fixierbare ATTAIN Stability 20066 (AS) Elektrode (Medtronic, Minneapolis, MN, USA) hinsichtlich Machbarkeit, Effektivität und Komplikationsrate retrospektiv untersucht.

Methoden: Von 12/2014 bis 8/2017 wurde die AS-Elektrode bei 109 Patienten im Coronar Sinus (CS) implantiert. Die Patienten waren $68,3 \pm 13,5$ Jahre alt und in 24,7 % der Fälle weiblich. Eine primäre CRT-Implantation wurde in 73,4 % ($n = 80$) der Fälle durchgeführt, eine Elektrodenrevision in 11,0 % ($n = 13$) und ein Upgrade des Systems in 14,7 % ($n = 16$).

Ergebnisse: Die Implantation konnte bei 108 Patienten (99,1 %) erfolgreich durchgeführt werden. Die durchschnittliche OP-Zeit betrug $83,2 \pm 32,2$ Minuten, die Durchleuchtungszeit $16,3 \pm 9,5$ Minuten. In 107 Fällen lagen die intraoperativ gemessenen Werte für die Reizschwelle und die Impedanz im jeweiligen Referenzbereich (0,5–2,5 V; 500–1250- Ω Ohm). Bei drei Patienten (2,8 %) traten perioperative Komplikationen auf: In einem Fall (0,9 %) dislozierte die Elektrode intraoperativ und wurde sofort repositioniert. In zwei Fällen (1,8 %) dislozierte die Elektrode postoperativ. Diese konnten in einem zweiten Eingriff dann erfolgreich repositioniert werden. Schwerwiegende Komplikationen, wie ein Perikarderguss, CRT-assoziierte Infektionen oder eine Stimulation des Nervus phrenicus wurden nicht beobachtet.

Fazit: Die AS-Elektrode konnte in allen Arealen des CS mit einer hohen Erfolgsrate (99,1 %) fixiert werden. In mehr als 98,2 % der Fälle wurden optimale Reizschwellen- und Impedanzwerte erreicht. Perioperative Komplikationen traten sehr selten auf und ließen sich gut beherrschen.

Ursachen und Zeitpunkte für ungeplante Krankenhauswiederaufnahmen nach LVAD-Implantation

Almoan Bungaran; Dr. René Tandler; Dr. Markus Kondruweit; Prof. Dr. Michael Weyand; PD Dr. Christian Heim

Universitätsklinikum Erlangen

Ort: Erlangen

Einleitung: In der letzten Dekade stieg die Zahl der LVAD-Implantationen stetig. Neben dem Überleben spielt auch die Lebensqualität eine wichtige Rolle. Die ungeplante stationäre Aufnahme stellt dabei eine schwere Belastung dar. Mit dieser Studie möchten wir diese ungeplante stationäre Wiederaufnahme nach Aufnahmegrund und zeitlichem Ablauf kategorisieren.

Methode: Es wurden Daten von insgesamt 80 Patienten analysiert, welche eine HeartWare-HVAD oder HeartMate 3-Implantation im Zeitraum von 2014 bis Mitte 2017 erhielten. Das Follow-up fand in unserer herzchirurgischen Ambulanz statt (Ausschlusskriterien: pulsatile VAD, RVAD-Implantation, Tod des Patienten vor Entlassung, BTT ohne Entlassung zwischen VAD und Herztransplantation). Wir evaluierten die Ursachen der stationären Wiederaufnahme, den zeitlichen Verlauf nach LVAD-Implantation sowie die gesamte Dauer des Krankenhausaufenthaltes.

Ergebnisse: Bis zum Ende des Follow-up wurden 43 Patienten der insgesamt 80 Patienten mit LVAD-Implantation wieder stationär aufgenommen. Die gesamte patientenunabhängige Anzahl der stationären Wiederaufnahmen betrug 69 (1,6 mal pro Patient). 37 Patienten benötigten keine stationäre Wiederaufnahme. Das Follow-up betrug 80 bis 1639 Tage (Median: 19,3 Monate). Die Gründe für stationäre Wiederaufnahmen waren LVAD-assoziierte Infektionen (23,2 %), Schlaganfall bzw. intrakranielle Blutung (18 %), Blutungskomplikationen z. B. gastrointestinale Hämorrhagie (17,4 %) und LVAD-Thrombose (17,4 %). Weitere Ursachen waren z. B. LVAD-unabhängige Infektionen (15,9 %). Die erste Komplikation, welche zu einer Wiederaufnahme führte, trat bei 76,7 % der Patienten innerhalb des ersten Jahres nach LVAD-Implantation auf. Der Median des Zeitraumes bis zu einer ersten Wiederaufnahme nach LVAD-Implantation betrug 7,2 Monate.

Zusammenfassung: Häufigste Ursachen für eine stationäre Wiederaufnahme nach erfolgter LVAD-Implantation waren Infektionen und Blutungen. Die Tatsache, dass einige Patienten mehrfache stationäre Wiederaufnahmen aufgrund identischer klinischer Ursache benötigten, könnte jedoch die statistische Aussagekraft dieser Studie mindern. Interessanterweise zeigte sich im Vergleich mit einer früheren Studie unserer LVAD-Implantationen zwischen 2010 und 2014, dass Driveline-Infektionen und LVAD-Thrombosen als Gründe der Wiederaufnahme zugenommen haben. Im Gegensatz dazu wurden weniger neurologische Komplikationen festgestellt. Weitere Kohortenstudien mit größeren Fallzahlen bezüglich gerätespezifischer Komplikationsraten werden nötig sein, um die optimale Versorgung der Patienten nach LVAD-Implantation sicherzustellen.

Trilaterale antegrade cerebrale Perfusion bei TAAA mit FET und Reperfusion eines malperfundierten Beines

M. Sc. Marcus Hermann¹; Harald Keller¹; Dr. Petar Risteski²; Prof. Dr. Thomas Walther²

¹ Life Systems GmbH / Universitätsklinikum Frankfurt THG; ² Universitätsklinikum Frankfurt THG

Ort: Frankfurt

Einleitung: Akute Typ A-Dissektionen der Aorta stellen die größte Herausforderung für jedes herzchirurgische Team dar. Besonders bei thorako-abdominellen Aortenaneurysma (TAAA) ist die Behandlung aufgrund der Vielzahl von möglichen Begleiterscheinungen wie beispielsweise koronare und zerebrale Malperfusion (postoperativ) oder gar Ischämie der unteren Extremitäten (präoperativ) risikoreich. Es wird daher anhand von zwei Fällen die Vorgehensweise des Aortenbogensersatzes mit simultanem antegradem Stenting der deszendierenden Aorta durch die Frozen-Elephant-Trunk (FET)-Technik unter Durchführung von trilateraler antegrader zerebraler Perfusion und Extremitätenreperfusion beschrieben.

Methodik: Zur Wiederherstellung der Blutversorgung des ischämischen Beines wurde vor Initiierung des kardiopulmonalen Bypasses (CPB) die arterielle Linie des Schlauchsystems so modifiziert, dass der Patient über die Arteria subclavia rechts und die rechte Femoralarterie perfundiert werden konnte. Des Weiteren wurde durch ein y-Konnektor, am Luer-Lock-Anschluss der arteriellen Kanüle die separate Kanülierung des Truncus brachiocephalicus sowie der linken Arteria subclavia für die trilaterale antegrade zerebrale Hirnperfusion ermöglicht.

Ergebniss: Trotz 8-stündiger Ischämie konnten schon kurz nach Initiierung des CPB sowohl Puls als auch entsprechende SpO₂ im Bein verzeichnet werden. Distale Perfusionsdrücke bewegten sich im Bereich von 50–100 mmHg. Aufgrund von Online Blutgas- und NIRS-Monitoring wurde unter Anwendung des Prinzips der „goal directed perfusion“ darüber hinaus die Durchführung einer adäquaten Hirnperfusion mit einer Bluttemperatur von 28 °C nicht beeinträchtigt.

Schlussfolgerung: Hochgradige Aortendissektionen mit Malperfusionssyndromen sind mit hohen Mortalitätsraten in den ersten 24 Stunden nach Diagnose verbunden. Dadurch ist die präoperative Revaskularisation ischämischer Extremitäten zeitlich nicht immer vertretbar. Das beschriebene Konzept zur kontrollierten perioperativen Extremitäten-Reperfusion hat sich als vielversprechende und sichere Methode erwiesen, um postoperative gefäßchirurgische Eingriffe bis hin zu Amputationen zu vermeiden.

Klinische Ergebnisse von Aortenbogenkonstruktionen am schlagenden Herzen

Dr. Christoph Jaschinski; Brian Schroeder; Rebecca Krey; Murat Uzdenov; Prof. Dr. Tsvetomir Loukanov

Universitätsklinikum Heidelberg

Ort: Heidelberg

Zielsetzung: Um festzustellen, wie die klinische Präsentation von Patienten ist, die eine Aortenbogenrekonstruktion am schlagenden Herzen erhalten haben, wurden ihre Ergebnisse mit solchen Patienten verglichen, die konventionell operiert wurden.

Methode: Von Januar 2007 bis November 2016 wurde in unserer Abteilung bei 268 Patienten der Aortenbogen rekonstruiert. Davon waren 17 Patienten (Gruppe A) solche, die am schlagenden Herzen operiert wurden und 251 Patienten (Gruppe B) solche, bei denen die Operation konventionell durchgeführt wurde.

Ergebnisse: Die durchschnittliche Operationszeit unterschied sich nicht signifikant zwischen den beiden Gruppen. Patienten der Gruppe A zeigten eine statistisch signifikante, kürzere Verweildauer im Krankenhaus (7 Tage vs. 11 Tage, $p < 0,05$), Kreislaufstillstandszeit (97 Minuten vs. 125 Minuten, $p < 0,05$) und Aortenabklemmzeit (38 Minuten vs. 51 Minuten, $p < 0,05$) im Vergleich zu Patienten der Gruppe B. Keine Unterschiede bestanden hinsichtlich des Bedarfs kardiotroper oder vasotroper Medikamente während der Operation.

Schlussfolgerung: Die Aortenbogenkorrektur am schlagenden Herzen führt nicht zu längeren Operationszeiten und zeigt statistisch signifikant bessere, klinische Ergebnisse als die konventionelle Korrektur.

Untersuchung der Organqualität von isolierten Schweinelungen nach Lungenkonservierung bei Kaltlagerung und körperwarmer Ex-vivo-Perfusion

B. Sc. Dorukhan Kabadayi¹; Dr. Carolin Olbertz²; PD Dr. Achim Koch²; B.Sc. Wolf Ingo Wiese²; Prof. Dr. Hans-Joachim Weber¹; Prof. Dr. Markus Kamler²

¹ Fachhochschule Aachen Campus Jülich; ² Westdeutsches Herz- und Gefäßzentrum Essen

Ort: Köln

Hintergrund: Die Lungentransplantation stellt eine lebensrettende Behandlung für Patienten mit Lungenerkrankungen im Endstadium dar. Die Mehrheit der Spenderlungen ist potenziell verletzt und wird als nicht geeignet für eine Transplantation angesehen, was den bereits kleinen Pool von Lungenspendern weiter reduziert. Diese Art von Spendermangel drängt auf eine optimale Nutzung aller verfügbaren Lungen. Um diese Einschränkung zu überwinden, wurde eine Technik namens Ex-vivo-Lungenperfusion (EVLP) entwickelt, die die Konservierung, Beurteilung und Verbesserung ausschließlich vorgeschädigter Spenderlungen vor der Transplantation ermöglicht. Eine Nutzung während des Organtransports ist nicht möglich. Es bleibt jedoch eine wichtige Diskussion bezüglich der optimalen EVLP-Dauer. Um einen ersten geeigneten Zeitrahmen für die normotherme EVLP-Dauer bestimmen zu können, wurde eine In-vivo-Versuchsreihe durchgeführt, bei der nach artifiziell induziertem Kreislaufversagen und durch Reanimationsbedingungen vorgeschädigte Schweinelungen einer Ex-vivo-Perfusion unterzogen wurden. Im Verlauf wurden zur Beurteilung der Organqualität, die auch im Routinebetrieb verwendeten Standardparameter ausgewertet.

Material und Methodik: Die EVLP wurde gemäß des Toronto-Protokolls mit Hilfe des XPS™-Perfusionssystems der Firma XVIVO AB durchgeführt. Hierzu wurden Schweinelungen (n = 8) nach induziertem Herzstillstand (donation after cardiac death, DCD) und 1-stündiger Kaltlagerung an das XPS-Gerät angeschlossen und im Anschluss an eine Aufwärmphase einer normothermen EVLP von bis zu 12 Stunden unterzogen. Während dieser 12-stündigen EVLP sollte die Lungenqualität anhand der Parameter Oxygenierungskapazität, pulmonalvaskulärer Widerstand, Ventilationsspitzen- und dynamischer Lungencompliance beurteilt und eine optimale EVLP-Dauer ermittelt werden.

Ergebnisse: Erste Untersuchungen zeigen, dass die optimale Dauer der normothermen EVLP zwischen 2 und 4 Stunden liegt. Innerhalb dieses Zeitraumes konnte die Lungenqualität und Lungenfunktion gesteigert bzw. aufrechterhalten werden. Die Beurteilung der Lungenqualität und Lungenfunktion erfolgte anhand oben genannter Messparameter. Nach spätestens 6 Stunden EVLP konnte keine weitere Steigerung der physiologischen Vitalparameter erzielt werden.

Schlussfolgerung: Zurzeit werden Lungen von DCD-Spendern in Deutschland nicht im klinischen Alltag genutzt. Die oben beschriebenen ersten Tierversuche deuten auf eine potenzielle Nutzung von DCD-Spenderlungen im klinischen Alltag hin, um dem Problem der langen Wartezeit bzw. dem Mangel an geeigneten Spenderorganen entgegenzuwirken. Basierend auf diesen Ergebnissen werden zurzeit in unserer Klinik weitere Tierversuche durchgeführt, um die hier vorliegenden Daten zu verifizieren und weiter auszubauen.

Kasuistik eines schwerbrandverletzten Patienten mit ARDS und ECMO-Therapie über 989 Stunden

Dipl.-Ing. Krzysztof Klak¹; Dr. Dirk Buchwald¹; Dr. Katrin Etmüller²; Prof. Dr. Justus Strauch²; Prof. Dr. Marcus Lehnhardt²

¹ BG Universitätsklinikum Bergmannsheil; Universitätsklinik für Herz- und Thoraxchirurgie

² BG Universitätsklinikum Bergmannsheil GmbH; Universitätsklinik für Plastische Chirurgie und Schwerbrandverletzte

Ort: Bochum

Einleitung: Während Lungen- und Kreislaufunterstützungen mit ECMO und ECLS auf Intensivstationen zunehmend einen festen Stellenwert erlangen, bleibt die Behandlung von Schwerbrandverletzten mit begleitendem Lungenversagen eine besondere medizinische Herausforderung. Das aufwändige Wundmanagement, verbunden mit multiplen chirurgischen Interventionen zur Wiederherstellung der strukturellen Integrität der Körperoberfläche ist per se schon eine anspruchsvolle medizinische Leistung. Kommt dann noch ein traumainduziertes Lungenversagen hinzu, wird der Behandlungsverlauf zusätzlich verkompliziert. Berichtet wird über den erfolgreichen Behandlungsverlauf eines Patienten, bei dem neben schwersten Brandverletzungen auch ein Lungenversagen zunächst mit einer veno-venösen ECMO und in einem zweiten Schritt mit einer veno-veno-arteriellen ECMO behandelt wurde.

Material und Methoden: Darstellung des Behandlungsverlaufs eines 21-jährigen Patienten, der nach einem Arbeitsunfall durch eine Explosion mit Verbrennungen von 75 % der Körperoberfläche stationär aufgenommen wurde. Am sechsten Behandlungstag entwickelte der Patient ein konventionell nicht therapierbares ARDS, das zur Aufrechterhaltung des Gasaustauschs den Einsatz einer V_f-V_j ECMO (Cardiohelp HLS, Getinge Maquet, Rastatt) mit femoro-jugulärer Kanülierung (HLS-Kanülen 23 Fr / 55 cm resp. 21 Fr/ 23 cm, Getinge Maquet, Rastatt) erforderlich machte. Multiple Transporte des Patienten zur chirurgischen Sanierung der Verbrennungsflächen zwischen Intensivstation und OP sowie zur CT-Diagnostik waren nötig. Nach primär erfolgreicher Entwöhnung von der ECMO trat 3 Wochen später infolge einer pulmonalen Pilzinfektion ein ARDS-Rezidiv auf. Erneute veno-venöse Kanülierung und Anschluss an ein V_f-V_j-ECMO-System. Bei persistierend niedrigen arteriellen pO₂-Werten und progredientem Rechtsherzversagen musste eine Umstellung des Perfusionsregimes nach 35 Stunden auf veno-veno-arterielle Blutführung durch zusätzliche Kanülierung der Arteria axillaris rechts (15 Fr / 23 cm HLS-Kanüle, Getinge Maquet, Rastatt) und Anlage einer distalen Arm-Perfusionskanüle (CruraSave, freelif medical GmbH, Aachen) im Sinne einer V_f-A_{sas}-ECMO erfolgen. Mit zunehmender pulmonaler Erholung war eine Rückstufung von V_f-A_{sas}-ECMO auf V_f-V_j -ECMO möglich, nach weiteren 504 Stunden und finale Entwöhnung von der extrakorporalen Unterstützung nach 701 Stunden.

Ergebnisse: Der unkomplizierte Verlauf der primären vv-ECMO dauerte 288 Stunden mit einmaligem Systemwechsel bei Oxygenatorfunktionsverlust durch Thrombosierung nach 120 Stunden Betriebszeit. Der zweite Lauf der V_f-V_j-ECMO zeigte die Besonderheit extrem niedriger arterieller pO₂-Werte von < 40 mm Hg, die auch nach Anlage einer axillär-arteriellen Perfusionskanüle im V_f-A_{sas} -Modus nicht erhöht werden konnten. Zur Senkung des Sauerstoffverbrauchs wurde der Patient daraufhin für mehrere Tage auf 34,5 °C abgekühlt, was für Verbrennungspatienten aufgrund der Anforderungen an die Wundheilung außergewöhnlich ist. Dennoch bildete sich unter diesem Regime bei Blutflüssen von bis zu 5,8 l/min und weiterhin niedrigen arteriellen pO₂-Werten eine bestehende Laktatazidose vollständig zurück und die chirurgisch sanierten Wundflächen heilten zunehmend ab. Die Einsatzdauer der beiden Unterstützungen im zweiten Lauf betrug insgesamt 701 Stunden, wobei komplette Systemwechsel nach 37 und 352 Stunden erforderlich waren. Der Patient wurde

insgesamt 2979 Stunden beatmet, davon 989 Stunden mit ECMO-Unterstützung. Er überlebte 111 Erythrozytenkonzentrate, 10 Thrombozytenkonzentrate sowie gefrorenes Frischplasma und Humanalbumin sowie insgesamt 5 ECMO-Systeme. Nach 178 Tagen Aufenthalt auf der Intensivstation für Verbrennungsverletzte konnte er extubiert und auf Stationsebene mobilisiert und mit nahezu vollständig abgeheilten Wundflächen in eine Reha-Klinik entlassen werden.

Diskussion: Verbrennungsverletzte Patienten mit adjuvantem Lungenversagen durch ein Inhalationstrauma sind keine Seltenheit, wurden jedoch in unserer Klinik bisher zurückhaltend mit zusätzlicher ECMO-Unterstützung behandelt. In enger multidisziplinärer Kooperation und mit zunehmender Erfahrung kann auch bei diesen Patienten die ECMO eine lungenprotektive Beatmung ermöglichen und der traumatisierten Lunge die Chance zur Regeneration bieten. Eine besondere Herausforderung ist der schmale Grat zwischen der Blutungsneigung der ausgedehnten Wundflächen und der erforderlichen Antikoagulation zum sicheren Betrieb der ECMO. Eine durch anaeroben Stoffwechsel induzierte Laktatazidose kann bei ausreichend hohem Sauerstofftransfer durch die ECMO auch bei niedrigen arteriellen Sauerstoffpartialdrücken effektiv ausgeglichen werden. Mit maximalem ärztlichen, pflegerischen aber auch kardiotechnischem Aufwand und hohem Einsatz wirtschaftlicher Ressourcen konnte im hier beschriebenen Fall eine zufriedenstellende Restitutio erreicht werden.

Dialysatormembranclogging bei Hypalbuminämie unter Citratantikoagulation

Andre Klapproth¹; Prof. Dr. Eriksson Urs²

¹ Uniklinik Würzburg / GZO Spital Wetzikon; ² GZO Spital Wetzikon

Ort: Bobingen

Einleitung: Hämodialyse ist ein häufig eingesetztes, aber nicht komplikationsloses, Behandlungsverfahren in der Intensivmedizin. Auch aktuelle Systeme mit Citrat als Antikoagulanz können cloggen. Als Ursache konnte, durch Unger J. in ihrer Habilitation, ein Albuminmangel aufgezeigt werden.

Zusammenfassung: Wir berichten über 3 ausgewählte Fälle mit Hypoalbuminämie. Beim ersten Fall (Pat. M 69 Jahre; beatmungspflichtiges ARDS mit MOV, Sepsis und AKI) kam es zu rezidivierendem Membranclogging des Dialysefilters, welches durch Zugabe von Albumin verhindert werden konnte. Bei Hypalbuminämie kam es zum Temperaturanstieg von 36,5 °C auf 38,4 °C unter Dialyse. Der Noradrenalinbedarf stieg unter Dialyse auf 18y min (4y/min vor Dialyse) an. Das LDH stieg von 201 vor Dialyse auf 463U/l unter Dialyse an. Bei einem zweiten Fall (Pat. W 79 Jahre; Leberzirrhose Child B (Meld 20), Ösophagusvarizen, paralytischer Ileus, Aszites bei Hepatorenalem Syndrom, DM2, Hypothyreose) konnte das Membranclogging aufgrund der Erfahrungen aus dem ersten Fall und Zugabe von Albumin bereits zu Beginn verhindert werden. Ein dritter Fall (Pat. M 60 Jahre; Sepsis bei Pneumonie, AKI, multiples Myelom Typ IgG Kappa Stadium IIIB, ISS II, NSTEMI, steroidinduzierter Diabetes mellitus Typ 2, Panzytopenie, Leberzirrhose Child A (Meld 10)) zeigt trotz deutlich erniedrigter Serumalbuminwerte keinen Hinweis auf Membranclogging, was wir als Auswirkung eines Paraprotein-produzierenden multiplen Myeloms, Typ IgG, deuten. Der Anstieg des Noradrenalinbedarfs und der Temperatur unter Dialyse von Patient 1 konnte bei den weiteren Patienten nicht beobachtet werden.

Ergebnisse: Ein Clogging von Dialysatoren bei Hypalbuminämie kann durch Substitution von Albumin effektiv verhindert werden. Ähnliche Effekte lassen sich durch die Gabe von Voluven® erzielen.

Diskussion: Membranclogging konnte nur bei blutdurchströmenden Systemen (Dialysefilter) beobachten werden. Bei blutumspülten Systemen (Oxygenatoren) konnten diese Problematiken nicht nachgewiesen werden. Bisher konnten über 10 Patienten mit Hypalbuminämie identifiziert werden, bei denen es zum Cloggen der Membran kam, wenn kein Albumin substituiert wurde. Ursache ist ein Aufreißen der Erythrozyten an den Filtermembranen, welche dadurch die Kapillaren verschließen. Hierdurch kommt es auch zur Rückresorption von Citrat und damit einer Citratakkumulation, wie sie sonst nur bei höhergradiger Leberinsuffizienz vorkommt. Um den Cut-off für den Blotalbuminspiegel sowie den Einfluss der Paraproteine auf Filterkapillare zu klären, sind weitere Studien notwendig.

Vermehrte Eisbildung in der Maquet HCU40® – was ist Wasser?

Andre Klapproth

Uniklinik Würzburg

Ort: Bobingen

Einleitung: Aufgrund der bekannten Hygieneproblematik wurden die HCU's ausgetauscht. Der Wechsel zur HCU40® von Maquet® brachte anfangs Probleme bei der Eisbildung. Trotz mehrerer Versuche gefror das Wasser jeweils komplett durch, was zum Funktionsverlust der HCU führte. Nach längerer Zeit wurde eine Mischung aus Leitungs- und Weichwasser gefunden, unter der die Funktion kontinuierlich gegeben war. Die Probleme mit der Eisbildung warfen die Frage auf, wie und warum es zu den Problemen kommt. Die Problematik konnte selbst bei Verwendung des von Maquet® angegebenen Mischverhältnisses nicht verhindert werden.

Methode: Leitungs- und Weichwasser wurden mittels BGA-Radiometer ABL 700® (Na, Ca, K, Cl, CO₂, O₂, Glucose, Laktat), Söll AquaCheck® (Gesamthärte, Karbonhärte, Ammonium, Nitrat, Nitrit, Chlor, Phosphat, Silizium, Kupfer) und einem Leitwertmessgerät Lutron YK-30WA® untersucht.

Ergebnisse: Die Untersuchung des Wassers ergab Unterschiede zwischen Leitungs- und Weichwasser. Die Wasserhärte des Leitungswassers bewegt sich am oberen Ende der Skala (Gesamthärte 46,43°dH±3,18 vs. 1,5°dH±0,41; $p < 0,01$). Die Messungen mittels BGA zeigten ebenfalls Unterschiede bei Na (5mmol/l±1,33 vs. 18,4mmol/l±1,07; $p < 0,01$) und Ca (5,28mmol/l±0,10 vs. 0,19mmol/l±0,03; $p < 0,01$). Die Leitwertmessung ergab höhere Werte für Weichwasser (1371,29µS ±16,39 vs. 1619,57µS±30,36; $p < 0,01$).

Diskussion: Um seinen Aggregatzustand von einem höheren zu einem tieferen zu ändern, benötigt Wasser einen Kristallisationskeim. Für eine umgekehrte Phasenänderung ist die Zufuhr von Energie notwendig. Je nach Art und Menge der Inhaltstoffe ändert sich die Temperatur, bei der es zum Wechsel des Aggregatzustandes kommt. Studien konnten Wasser in flüssiger Form bei -169°C nachweisen. Bei Zugabe von NaCl kommt es bis zu einer Konzentration von 23 % zu einer Abnahme der Gefriertemperatur auf bis zu -21 °C. Bei weiterer Zugabe von Salz steigt diese rapide auf 0 °C an.

Wasser kann durch Unterkühlung Zustände außerhalb des Phasendiagrammes annehmen. Hier kann bereits sehr leises Flüstern den Übergang in die normale Phase verursachen. Das Wasser ist in diesem Fall metastabil und strebt wie jeder andere Stoff einen stabilen Zustand an. Aktuell wird eine Mischung von 6l Leitungs- zu 1l Weichwasser verwendet. Dadurch sind genügend Kristallisationskeime enthalten, um die Eisbildung zu fördern, und gleichzeitig ausreichend Natrium, um eine übermäßige Eisbildung zu verhindern.

Fazit: Die von Maquet in der Anleitung beschriebene Unterkühlung ist im normalen Betrieb nicht zu erreichen. Die vermehrte Eisbildung könnte eventuell durch weitere Eissensoren in der Tankmitte bzw. die Verlagerung der Vorhandenen zur Mitte hin, verhindert werden.

Kommunikationsanalyse im herzchirurgischen Operationssaal

B. Sc. Dino Kurtovic

Deutsches Herzzentrum Berlin

Ort: Berlin

Einleitung: Die Bedienung der Herz-Lungen-Maschine (HLM) bzw. die adäquate Versorgung des Patienten während eines herzchirurgischen Eingriffs erfordert vom Kardiotechniker technische wie nichttechnische Fertigkeiten, die sich auf die Entscheidungsfindung, Teamführung, Kommunikation sowie das Problembewusstsein auswirken können. In der Herzchirurgie können Fehler in der Teamarbeit und Kommunikation zu Ineffizienz und vermeidbaren Schäden führen. In der Luftfahrt besitzt die geschlossene Teamkommunikation („closed loop communication“) einen hohen Stellenwert, die durch Rückbestätigung Fehler vermeidet und für einen eindeutigen Handlungsablauf sorgen soll.

Der menschliche Faktor („Human Factor“) rückt in der modernen Patientenversorgung immer mehr in den Vordergrund. Die vorliegende Studie evaluiert die geschlossene Teamkommunikation zwischen Kardiotechnikern, Herzchirurgen und Anästhesisten während herzchirurgischer Routineeingriffe.

Methode: Neun freiwillige Kardiotechniker haben an der Studie teilgenommen. Die Teilnehmer wurden gebeten eine Eye Tracking-Brille während der Bedienung der HLM zu tragen. In Bezug auf die Auswertung der Eye Tracking-Daten wurden einzelne Zeitpunkte sowie die Zeitdauer definiert (ab Beginn des kardiopulmonalen Bypasses, Verabreichung von Kardioplegie und Weaning, kardiopulmonaler Bypass, 60 Sekunden). Die Kommunikation zwischen Kardiotechniker, Herzchirurg und Anästhesist wurde mittels Eye Tracking-Brille aufgezeichnet und in einem Kommunikations-Logbuch festgehalten. Anhand von Variablen wurden Reaktionsgenauigkeit, Reaktionsgeschwindigkeit und Störquellen, die das Signal in der Kommunikationsschleife unterbinden, ausgewertet.

Ergebnisse: Daten von sieben Aufnahmen konnten erfolgreich ausgewertet werden. Die Arbeitserfahrung der Teilnehmer reicht von 0,5 bis 24 Jahre. Erste Ergebnisse in der Evaluierung der geschlossenen Teamkommunikation mittels Logbuch zeigen häufige Missverständnisse und Störungen in der Interaktion zwischen Kardiotechniker, Herzchirurg und Anästhesist. Eine hohe Genauigkeit der Reaktion sowie die Reaktionsgeschwindigkeit bei allen Teilnehmern verdeutlicht ein maßgebliches Verständnis für das Thema.

Fazit: Die Evaluierung der geschlossenen Teamkommunikation während herzchirurgischer Routineeingriffe kann für die simulationsbasierte Ausbildung in der Kardiotechnik von Vorteil sein. Hier lassen sich ohne den Druck der Patientenversorgung die technischen sowie nichttechnischen Fertigkeiten in der Simulation effektiver weitergeben als im Operationssaal.

Der außergewöhnliche Fall: LVAD-Therapie und Langzeit-Lungenunterstützung als Überbrückung bis zur Herz-Lungen-Transplantation

M. Sc. Sven Maier; Dipl.-Ing. Rolf Klemm; B. Sc. Christian Scherer; Susanne Prassek; B. Sc. Alina Klink; M. Sc. Lisa Rösner; B. Sc. Simon Neudorf; B. Sc. Patric Diel; B. Sc. Marius Schimmel; PD Dr. Georg Trummer; Dr. Michael Berchtold-Herz; Prof. Dr. Matthias Siepe

Universitäts-Herzzentrum Freiburg Bad Krozingen

Ort: Freiburg

Einleitung: Die extrakorporale Membranoxygenierung (ECMO) wird als Organersatztherapie bei Patienten mit terminalen Lungenversagen zur Überbrückung der Wartezeit bis zur Transplantation eingesetzt. Trotz großer technischer Fortschritte ist diese Therapie weiterhin mit Komplikationen behaftet, deren Inzidenz wesentlich durch die Wartezeit-bedingten langen Unterstützungszeiten erhöht ist. Die Kombination von linksventrikulärem Assist Device (LVAD) und ECMO als Überbrückung bis zu einer Herz-Lungen-Transplantation stellt in diesem Umfeld eine Ausnahmesituation dar und ist bisher nicht als Fallbericht oder Fallserie beschrieben.

Material und Methoden: Wir beschreiben den Fall eines 45-jährigen Patienten, der unter dem Krankheitsbild einer dilatativen Kardiomyopathie zunächst mit einem LVAD unterstützt werden musste. Nach der Implantation entwickelte der Patient ein terminales Lungenversagen und musste im Therapieverlauf zusätzlich mit einer ECMO unterstützt werden. Unter dieser kombinierten Herz- und Lungenunterstützung wurde der Patient für eine Herz-Lungen-Transplantation gelistet. Aufgrund der zu erwartenden Unterstützungsdauer wurde die Lungenunterstützung mittels eines parakorporalen rechtsventrikulären Assist Devices (RVAD) mit Oxygenator realisiert.

Ergebnisse: Nach einer elektiven LVAD-Implantation erfolgten bei dem Patienten zwei Reintubationen am 7. und 21. post-OP-Tag bei globaler respiratorischer Insuffizienz. Bei fulminantem ARDS wurde am 32. post-OP-Tag eine ECMO zur Lungenunterstützung implantiert. Die Lungenunterstützung wurde 18 Tage später durch ein parakorporales RVAD mit Oxygenator ersetzt, um die zu erwartende lange Wartezeit bis zur Herz-Lungen-Transplantation zu überbrücken. Hierdurch war die Mobilisation des Patienten, auch außerhalb der Intensivstation, möglich. Nach 153 Tagen der kombinierten LVAD- und Lungenersatz-Therapie erfolgte die erfolgreiche Herz-Lungen-Transplantation.

Diskussion: Die vorbeschriebene Langzeitunterstützung ermöglichte in diesem Fall die Überbrückung bis zur Herz-Lungen-Transplantation. Trotz umfangreicher Expertise des interdisziplinär behandelnden Teams in der Organersatztherapie von Herz und Lunge, ist die Kombination dieser beiden Therapieformen aufgrund der zahlreich möglichen Komplikationen und dem hohen Ressourceneinsatz weiterhin als Ausnahmefall zu betrachten. Ein häufiger und routinemäßiger Langzeiterersatz von Herz- und Lungenfunktion ist nur bei Anwendung zukünftiger und für den Einsatzzweck der Rechtsherzunterstützung und Oxygenierung optimierter Medizinprodukte vorstellbar.

Geräuschanalyse eines linksventrikulären Herzunterstützungssystems der 3. Generation

Simon Mayer¹; M.Sc. Sven Maier²; Dipl.-Ing. Rolf Klemm²; Dr. Patrick von Samson-Himmelstjerna³; Prof. Dr. Gerd Haimerl¹; Prof. Dr. Friedhelm Beyersdorf²; Prof. Dr. Christoph Benk²

¹ Hochschule Furtwangen University; ² Universitäts-Herzzentrum Freiburg Bad Krozingen; ³ Universitätsklinikum Freiburg

Ort: Freiburg

Einleitung: Eine gefürchtete Komplikation beim Einsatz von implantierbaren linksventrikulären Assist Devices stellt die Pumpenthrombose dar. Im Gegensatz zu parakorporalen Systemen ist die visuelle Kontrolle auf Fibrinablagerungen und Thromben nicht mehr möglich. Aufgrund dessen besteht die Gefahr, Thromben und Ablagerungen in der Pumpe nicht rechtzeitig zu erkennen. Im Rahmen dieser Bachelor-Thesis wurde untersucht, ob die Analyse des Frequenzspektrums für das HeartMate III zur Diagnose einer Pumpenthrombose geeignet ist.

Material und Methoden: Das Pumpengeräusch wurde mit einem elektronischen Stethoskop Modell 3200 (3M Littmann, Saint Paul, USA) aufgenommen. Zur Verarbeitung und Ermittlung des Frequenzspektrums der Audiodateien mittels Fast Fourier-Transformation wurde die Software „Audacity“ verwendet. Für die Darstellung des Frequenzspektrums wurde die Software MATLAB (The MathWorks, Natick, USA) eingesetzt. Die Geräuschaufnahmen bei Patienten mit LVAD erfolgten wöchentlich in der VAD-Ambulanz sowie bei Patienten, welche sich auf Normal- oder Intensivstation befanden. Im Labor wurde mit Hilfe eines MockLoops der Einfluss der Rotordrehzahl sowie Thromben in der Pumpe auf das Frequenzspektrum untersucht.

Ergebnisse: Die Geräuschanalyse konnte sowohl bei Patienten als auch im Labor erfolgreich durchgeführt werden. Von 51 Patienten mit HeartMate III wurden 91 Aufnahmen erstellt. Die im Frequenzspektrum sichtbaren Peaks entstehen durch die eingestellte Umdrehungszahl des Rotors, einer dadurch bedingten Grundfrequenz sowie durch Oberschwingungen dieser Frequenz. Dadurch lässt sich die Umdrehungszahl des Systems eindeutig über das Frequenzspektrum bestimmen. Weitere Peaks werden durch den künstlichen Puls des LVADs verursacht. Bei gleichem Aufnahmepunkt ergaben sich über den gesamten Untersuchungszeitraum keine Änderungen im Frequenzspektrum der Patienten. In den Laborversuchen mit Blut zeigten sich überwiegend unspezifische Änderungen im Frequenzspektrum, auch wenn Thromben im System vermutet wurden.

Diskussion: Mit den bisherigen Aufnahme- und Analysemöglichkeiten ist es möglich, das Frequenzspektrum des HeartMate III sowohl bei Patienten als auch im Laborversuch durch Aufnahmen mit einem Stethoskop zu generieren. Durch weitere Aufnahmen des Geräusches der Pumpe und die Durchführung von Laborversuchen sollen mit Hilfe dieser Technik langfristig veränderte Pumpengeräusche erkannt und interpretiert werden können, um mögliche Maßnahmen frühzeitig einleiten zu können.

Leistungsvergleich (in-vivo) zweier Oxygenatoren für den neonatologischen Bereich

M. Sc. Melanie Mantl; Dr. Alexander Horke; Dipl.-Ing. Sebastian Tiedge; Jakob Puntigam; Dipl.-Ing. Jörg Optenhöfel

Ort: Hannover

Einleitung: In der Kinderherzchirurgie unserer Klinik werden Säuglinge mit einem Gewicht bis ungefähr 10 kg und einer Größe von circa 85 cm unter Verwendung der Oxygenatoren Capiox FX05 der Firma Terumo oder Quadrox-i neonatal der Firma Maquet extrakorporal perfundiert. Für den Leistungsvergleich dieser Oxygenatoren wurden die folgenden Parameter herangezogen: Oxygenierungsrate, Decarboxylierungsrate, Druckabfall über dem Oxygenator, Adhäsions- und Aggregationsphänomene an der Gasaustauschfaser, Leistung und Effizienz des Wärmetauschers und die Luftblaseneliminierung durch den integrierten arteriellen Filter. Zudem wurden die aufgenommenen Daten mit den jeweiligen Herstellerangaben verglichen.

Material und Methoden: Die In-vivo-Anwendungsbeobachtung wurde nach dem Prinzip der randomisierten Äquivalenzstudie durchgeführt. In Bezug auf die Messsysteme wurden konstante Randbedingungen eingehalten. Diese Arbeit umfasst insgesamt elf Patienten, von denen sieben mit dem Capiox FX05 der Firma Terumo perfundiert wurden und vier mit dem Quadrox-i neonatal der Firma Maquet. Die miteinander verglichenen Patientengruppen sind nicht signifikant verschieden ($p > \alpha = 0,05$).

Ergebnisse: Die Oxygenatoren weisen einen nahezu identischen Druckabfall auf. Auch die Luftblaseneliminierung durch die integrierten arteriellen Filter zeigt keine deutlichen Unterschiede. Die Oxygenierungs- und Decarboxylierungsleistung des Quadrox-i neonatal übertrafen bei starker Hypothermie die Leistung des Capiox FX05. Unter milder Hypothermie und Normothermie zeigte jedoch der Capiox FX05 bessere Oxygenierungs- und Decarboxylierungsraten. Die aufgenommenen Messdaten der Parameter Druckabfall über dem Oxygenator, Oxygenierungs- und Decarboxylierungsleistung wurden mit den jeweiligen Angaben der Hersteller verglichen. Für beide Oxygenatoren wurden deutlich höhere Werte der Decarboxylierung und niedrigere Oxygenierungsraten gemessen, als der Hersteller angibt. In Bezug auf den Druckabfall stimmen die aufgenommenen Daten mit den Herstellerangaben überein.

Diskussion: Beide Oxygenatoren zeigen ähnliche und gute Ergebnisse. Die untersuchten Oxygenatoren unterscheiden sich insbesondere in der Oberfläche der Gastransferfasern (Capiox FX05: 0,5 m², Quadrox-i neonatal: 0,38 m²) und der Art der Durchströmung (Capiox FX05: von innen nach außen, Quadrox-i neonatal: horizontal). Diese Unterschiede könnten eine Ursache für die Abhängigkeit der Oxygenierungsraten von der Bluttemperatur sein. Die Unterschiede in den Oxygenierungs- und Decarboxylierungsraten im Vergleich zu den Herstellerangaben sind auf unterschiedliche Randbedingungen zurückzuführen. Der verwendete Testaufbau und die Randbedingungen sind jedoch valide und reproduzierbar. Die geringe Datenmenge wirkt sich jedoch nachteilig auf die Repräsentation der Ergebnisse aus. Zu den Adhäsions- und Aggregationsphänomenen kann aufgrund der begrenzten Datenmenge keine Aussage getroffen werden. Aufgrund der geringen Empfindlichkeit der verwendeten Temperatursensoren konnte die Effizienz und Leistung der Oxygenatoren nicht bestimmt werden.

Vergleich unterschiedlicher Hauptpumpenpositionen

Dipl.-Ing. Torsten Müller, Dr. Ralf Uwe Kuehnel

IK Bernau HZB MHB

Ort: Bernau

Einleitung: Durch Investitionsmaßnahmen im Bereich Kardiotechnik bot sich nach dem Kauf neuer HLMs die Möglichkeit die Hauptpumpe auszulagern. Wir konnten diese jetzt unterhalb des Reservoirs positionieren. Dabei wurden Überlegungen angestellt, ob Vorteile gegenüber einer Position oberhalb des Reservoirs messbar sind. Wir stellten dabei 2 Hypothesen auf:

1. Durch die Verlagerung der Hauptpumpe von oberhalb auf unterhalb des Blutreservoirs (–41 cm Höhenunterschied) ist der Sog im Schlauch vor der Pumpe geringer bzw. sogar ein positiver Druck messbar.
2. Die vom Schlauchsegment bei seiner Rückkehr aus dem komprimierten in den Normalzustand ausgeübte Rückstellkraft wird mit zunehmender Gebrauchszeit geringer.

Material und Methode: Der Versuchsaufbau bestand aus einer HLM des Typs C5 der Firma LivaNova, Deutschland GmbH. Die verwendete Rollenpumpe wurde dabei 35 cm oberhalb bzw. 6 cm unterhalb des Reservoir-Auslasses positioniert, um diese beiden Positionen miteinander vergleichen zu können. Die Messungen wurden an unserem Standardaufbau durchgeführt. Dieser besteht aus einem Oxygenator FX25 der Firma Terumo und einem Schlauchset der Firma LivaNova. Die verwendeten Schlauchsets waren alle von einer Charge. An der HLM wurde die Feinkalibrierung der HP auf 0% eingestellt. Die externe Flussmessung zur Ermittlung des realen Flusses erfolgte über eine ECLS-Konsole ECP der Firma LivaNova mit integrierter Transit-time-Flussmesssonde der Firma Transonic. Das Priming der HLM bestand aus 250 ml Osmofundin und einer entsprechenden Menge Jonosteril. Der Sog wurde mittels eines kontinuierlichen Vakuumreglers der Firma AMVEX erzeugt.

Es wurden mehrere Druckmesspunkte installiert:

- P1: Druck unmittelbar vor dem Eingang zur Rollenpumpe
- P2: Druck unmittelbar hinter dem Eingang zur Rollenpumpe
- P3: Druck hinter dem Oxygenator
- P4: Mittlerer arterieller Patientendruck (MAP, nur bei Messungen im OP)

Ergebnisse: Es konnte gezeigt werden, dass die bei einer oberen Pumpenposition auftretenden potenziell blutschädigenden Unterdrücke im Schlauch vor der Rollenpumpe durch eine tiefere Pumpenposition vermieden oder zumindest reduziert werden konnten. Weiterhin wurde demonstriert, dass der wirklich am Ausgang zum Patienten messbare Fluss unterhalb des voreingestellten Flusses liegt. Eine länger andauernde Nutzung der Pumpenschläuche führte zu einem Anstieg des gemessenen Druckes P1 sowie einem weiteren Absinken des effektiven Flusses. Als Ursache hierfür sehen wir das Nachlassen der Rückstellkraft bzw. der Elastizität des Schlauches infolge der andauernden Kompression durch die Rollenpumpe.

Zusammenfassung: Beide eingangs aufgestellten Hypothesen konnten hiermit bestätigt werden. Weiterhin zeigen unsere Messungen, dass der Pumpenfluss gerade bei langandauernder HLM-Nutzung bzw. bei Anlegen einer durch Vakuum assistierten venösen Drainage (VAVD) nicht die am Gerät eingestellten Sollwerte erreicht.

Kaliumintoxikation: Was mir nie passieren könnte!

M. Sc. Frank Münch; B. Sc. Andreas Teske; Denis Fiebig; Dr. André Rüffer; Dr. Ariawan Purbojo;
Dr. Robert Blumauer; Prof. Dr. Robert Anton Cesnjevar

Universitätsklinikum Erlangen-Nürnberg

Ort: Erlangen

Einleitung: Die Blutkardioplegie nach Calafiore ist eine beliebte Form der mikroplegischen Blutkardioplegie. Die modifizierte Blutkardioplegie für Kinderherzen (MBC) besteht aus arteriellem Patientenblut, das aus dem Oxygenator entnommen und über eine selektive Rollerpumpe verabreicht wird sowie einem mittels Perfusor beigemischten Kardioplegiezusatz. Die Perfusorgeschwindigkeit wird dabei entsprechend an die individuelle Applikationsgeschwindigkeit des Blutflusses angepasst. Die verabreichten Konzentrationen von Kalium (25mmol/l) und Magnesium (11mmol/l) sind konstant.

Zusammenfassung: Bei einem 5 Tage alten Säugling mit Truncus arteriosus und unterbrochenem Aortenbogen (Truncus-Typ A4) wurde aufgrund der instabilen klinischen Situation eine Norwood-Prozedur durchgeführt. Der 2500g schwere Säugling wurde an ein EKZ-Komplettsystem (KIDS 100, LivaNova) angeschlossen. Die Operation erfolgte in milder Hypothermie (25 °C) mit MBC zur Myokardprotektion. Nach unkomplizierter Bogenkorrektur und Sano-Shuntanlage schlug das Herz sehr gut kontraktile im Sinusrhythmus. Nach 17-minütiger Reperfusion kam es zu einem abrupten Herzstillstand. In der BGA wurde ein Kaliumspiegel von 22,2 mmol/l gemessen. Zur Normalisierung der pathologisch veränderten Elektrolytwerte wurde Glucose-Insulin infundiert, gleichzeitig erfolgte eine kontinuierliche Hämofiltration. Nach 160 min Reperfusionszeit und insgesamt 311 min EKZ-Zeit erfolgte der schrittweise Abgang von der EKZ, nachdem das Herz bei einem Kaliumspiegel von 8,4 mmol/l spontan wieder begonnen hat im Sinusrhythmus zu schlagen. Nach 20 Minuten modifizierter Ultrafiltration erfolgte eine weitere Stabilisierung der Kreislaufverhältnisse. Der Patient konnte mit einem Kalium von 5,7 mmol/l, Natrium von 149 mmol/l, Chlorid von 122 mmol/l sowie einem Magnesium von 4 mmol/l auf die Intensivstation verlegt werden. Die Ursachenabklärung ergab ein akzidentelles Einlaufen des Kardioplegiezusatzes in das EKZ-System. Ursächlich waren dabei das Lösen der Perfusorspritze vom Perfusor sowie ein offener Dreiwegehahn zur nicht stehenden Applikationspumpe.

Zusammenfassung: Probleme treten immer dann auf, wenn die Routine verlassen wird. Durch eine unbedeutende Veränderung und einem unglücklichen Zusammenspiel der EKZ-Pumpenkreisläufe kam es zu einem Fehler, der tödlich hätte ausgehen können.

Klinische Einsatzbeispiele zur temporären mechanischen Linksherzunterstützung mit der Impella® 5.0 als Bridge to Recovery und als Bridge to LVAD im kardiogenen Schock

Christine Overhues; Prof. Dr. Hans-Joachim Weber¹; Dr. Michael Billion²; Dr. Sebastian Schulte Eistrup²; Henning Warnecke²

¹ University of Applied Sciences, Aachen, Germany; ² Schüchtermann-Schiller'sche Klinik Bad Rothenfelde

Ort: Aachen

Hintergrund: In Deutschland war im Jahr 2016 die häufigste Ursache eines stationären Krankenhausaufenthaltes die Herzinsuffizienz. Aufgrund verbesserter Diagnosemöglichkeiten in der Kardiologie und Herzchirurgie können immer komplexere Krankheitsbilder erkannt werden. Diese Entwicklung erfordert deshalb zunehmend differenziertere Therapieansätze und Behandlungsmethoden. Die technische Weiterentwicklung von Systemen zur mechanischen Kreislaufunterstützung (MKU) passt sich diesem Prozess an. Die Entscheidung für eine MKU kann sowohl in Akutsituationen, wie z. B. im kardiogenen Schock, als auch bei chronischer systolischer Insuffizienz fallen. Die Impella® 5.0 der Firma Abiomed (Abiomed Inc., Danvers, MA, USA) findet als Überbrückung zur vollständigen kardialen Erholung (Bridge to Recovery) oder als Überbrückung und Konditionierung vor permanenter MKU (Bridge to VAD) Anwendung.

Material und Methode: Es wurde die temporäre Linksherzunterstützung zur Überbrückung des kardiogenen Schocks mit der Mikroaxialblutpumpe Impella® 5.0 anhand vier ausgewählter klinischer Fallbeispiele aus der Herzchirurgie ausgewertet. Dazu wurde eine retrospektive Auswertung klinischer Daten nach den Therapieformen Bridge to Recovery und Bridge to LVAD durchgeführt. Zur Auswertung wurden Laborparameter, echokardiographische Befunde sowie Röntgenbilder zur Lagekontrolle der Impella® genutzt.

Ergebnisse: Aus der Auswertung geht hervor, dass bei den Patienten der Therapieform Bridge to Recovery eine Erholung der linksventrikulären Funktion und eine Reduzierung der Schockenzyme CK, CK-MB, GOT und GPT erreicht werden konnte, sodass ein Weaning von der Impella möglich war. Bei den Patienten mit einer fortgeschrittenen Herzinsuffizienz, die als Bridge to LVAD therapiert wurden, konnte die linksventrikuläre Funktion nicht gesteigert werden. Die Impella 5.0 konnte den Patienten aber zunächst hämodynamisch stabilisieren, um den kardiogenen Schock zu überbrücken. Bei diesen Patienten zeigte sich ebenfalls eine Reduzierung der Schockenzyme aufgrund einer myokardialen Erholung des rechten Ventrikels, sodass anschließend eine Implantation eines permanenten LVAD möglich war.

Diskussion: Die Impella 5.0 bietet als temporäre MKU wesentliche Vorteile zur Behandlung des kardiogenen Schocks durch die Volumenentlastung des linken Ventrikels und durch die Leistungsfähigkeit der Pumpe. Die Gefäßperfusion durch die Impella bei gleichzeitiger Entlastung des linken Ventrikels kann eine Regeneration des Myokards gewährleisten. Dadurch wird eine Therapie als Bridge to Recovery mit voller kardialer Erholung oder als Bridge to LVAD mit anschließend permanenter Unterstützung möglich.

Verbesserte Entwöhnungsraten von Kindern mit ventrikulären Unterstützungssystemen und höheres Überleben korrelieren mit der Präimplantationsdiagnose

Prof. Dr. Joachim Photiadis¹; Dr. Oliver Miera

¹ DHZB

Ort: Berlin

Hintergrund: Pädiatrische ventrikuläre Unterstützungssysteme („ventricular assist devices, VAD“) zeigen bessere Ergebnisse als ECMO, insbesondere bei mittel- und langfristiger Unterstützung. Wir präsentieren unsere Erfahrung der letzten beinahe 30 Jahre mit VAD für Kinder.

Methoden: Zwischen 2000 und 2016 wurden 118 VADs implantiert, davon 97 Typ Berlin Heart Excor (Berlin Heart GmbH, Berlin) und 21 HeartWare II (Framingham, MA, US). Die Patienten und die Entwöhnungsraten („weaning“) wurden aufgrund der Diagnose in drei Gruppen verglichen: Gruppe I Myokarditis (n = 9, 8 %), Gruppe II Kardiomyopathie (n = 86, 74 %) und Gruppe III nach Kardiotomie (n = 21, 18 %).

Ergebnisse: Die Altersverteilung ergab 38 Säuglinge, 35 Kinder in Alter von 1–8 Jahren und 45 im Alter von 9–17 Jahren. Das Gesamtüberleben betrug 75 %, wobei 65 Patienten (55 %) eine Herztransplantation bekamen, 19 (16 %) erfolgreich vom System entwöhnt wurden, und 5 (4 %) nach wie vor unterstützt werden. Die Überlebensrate war in der Gruppe I am besten: 89 % mit 56 % entwöhnt, 22 % transplantiert und 11 % noch unterstützt, und in der Gruppe II: 81 % mit nur 9 % entwöhnt, 77 % transplantiert und 2 % noch unterstützt und am ungünstigsten in der Gruppe III: 48 % mit 19 % entwöhnt und 29 % transplantiert. Erfolgreiches Weaning geschah in allen Gruppen nach einer Median-Unterstützungszeit von 32 (6–124) Tagen. Diese war in der Gruppe I am kürzesten (Median 11, 9–42 Tage), in der Gruppe III länger (15, 6–77 Tage) und in der Gruppe II am längsten (65, 22–124). Nach erfolgreichem Weaning gab es drei Todesfälle und eine Transplantation. Alle Überlebenden waren in NYHA-Klasse I (15) oder II (2). Zwei Drittel bekamen nach wie vor antikongestive Medikation.

Schlussfolgerung: Das Erholen der ventrikulären Funktion und die Explantation des VAD ist bei der Mehrheit der Kinder mit einer Myokarditis und in einer Untergruppe deren mit einer Kardiomyopathie möglich. Das Überleben ist gut und die Lebensqualität nach VAD-Explantation ist hervorragend, die kardiale Funktion und die Funktionsklasse bleiben bemerkenswert stabil. Die meisten Kinder benötigen aber im weiteren Verlauf langfristige antikongestive Therapie.

"Body-Mass-Index" und Perfusion während kardiopulmonalem Bypass – Unterschiede konventioneller und miniaturisierter Bypass-Systeme

Dr. Zdenek Provaznik; PD Dr. Bernhard Flörchinger

Uniklinikum Regensburg

Ort: Regensburg

Einleitung: Das Konzept des miniaturisierten kardiopulmonalen Bypasses (MCPB) zielt auf die Reduktion von unerwünschten Effekten der Herz-Lungen-Maschine (HLM) ab. Diese Studie vergleicht die Perfusionsparameter konventioneller Bypass-Systeme mit denen miniaturisierter Systeme im Rahmen von CABG-Eingriffen.

Material und Methoden: Intraoperative Daten von allen isolierten ACB-Operationen, die zwischen Januar 2004 und Dezember 2014 durchgeführt wurden, wurden analysiert. Für das Monitoring der Perfusion wurden 3 Zeitpunkte definiert: Abklemmen der Aorta (M1), Erreichend der Körpertemperatur von 34 °C (M2) und Entfernung der Aortenklammer (M3). Zentrale venöse Sättigung (ZVS), pH-Wert, Serum-Hämoglobin und -Laktat, Pumpenfluss und arterieller Mitteldruck wurden ausgewertet. Die durch die extrakorporale Zirkulation verursachte Hämodilution wurde durch Erfassung der präoperativen und der niedrigsten Hämoglobin-Konzentration erfasst. Zusätzlich wurde eine „Body-Mass-Index“-Subgruppen-Analyse (4 BMI Gruppen: BMI < 25, 25–29,9, 30–34,9, 35–39,9, > 40) der Perfusion durchgeführt.

Ergebnisse: Daten von 5164 ACB-Patienten, davon 2376 (46,0 %) Patienten operiert mit dem konventionellen kardiopulmonalen Bypass (CCPB) und 2788 (54 %) Patienten mit MCPB, wurden retrospektiv analysiert. Das mittlere Alter des untersuchten Kollektivs war vergleichbar: 67,3 (SD 8,99, CCPB) vs. 67,5 (SD 9,32, MCPB) Jahre, ebenso der mittlere BMI ($29 \pm 4,7$ kg/m² CCPB und $28 \pm 3,9$ kg/m² MCPB). Der Serum-Hämoglobin-Wert vor HLM war vergleichbar in beiden Gruppen ($12,7 \pm 1,81$ CCPB vs. $12,7 \pm 1,69$ g/dL MCPB, $p=0,63$), unabhängig vom BMI ($p > 0,06$). Der mittlere Serum-Hämoglobin-Abfall lag bei $4,47 \pm 0,142$ g/dL (CCPB) und $2,77 \pm 0,148$ g/dL (MCPB, $p=0,0022$). Dieser Effekt war in allen analysierten BMI-Subgruppen nachweisbar. Zu allen Zeitpunkten zeigte sich der mittlere CCPB-Pumpfluss höher als bei MCPB-Nutzung (CCPB [l/min]: M1–4,9, M2–4,86, M3–4,95. MCPB [l/min]: M1–4,1, M2–4,18, M3–4,14. $P < 0,0001$). Der arterielle Mitteldruck war zu allen Zeitpunkten niedriger bei CCPB-Pat.: 53 ± 10 vs. 56 ± 13 mmHg ($p < 0,0001$), 57 ± 9 vs. 61 ± 12 mmHg ($p < 0,0001$), 55 ± 9 vs. 59 ± 11 mmHg ($p < 0,0001$). Die tiefste ZVS waren in beiden Gruppen vergleichbar $73 \pm 7\%$ (CCPB) vs. $75 \pm 6\%$ (MCPB, $p < 0,0001$). Es zeigte sich eine Tendenz niedrigerer ZVS mit steigendem BMI in beiden Gruppen (jedoch immer $> 70\%$). Der niedrigste Serum-pH-Wert zeigte sich physiologisch bei MCPB-Pat. ($pH 7,35 \pm 0,06$) – CCPB-Pat. wiesen niedrigere pH-Werte ($pH 7,33 \pm 0,06$, $p < 0,0001$) auf. Das intraoperative Serum-Laktatniveau war in allen BMI-Subgruppen höher bei CCPB-Pat. ($8,98 \pm 1,28$ vs. $3,66 \pm 1,25$ mg/dl, $p=0,0079$).

Zusammenfassung: Miniaturisierte kardiopulmonale Bypass-Systeme kombinieren eine effektive Perfusion, vergleichbar mit konventionellen Systemen, mit niedriger Hämodilution unabhängig vom Body-Mass-Index.

Distale Beinperfusion bei ECLS-Patienten – Kann eine Flussmessung das Risiko von Malperfusionen reduzieren?

Jakob Puntigam; Claudia Kunze; Jörg Optenhöfel; PD Dr. Christian Kühn; Dr. Tim Kaufeld

Medizinische Hochschule Hannover

Ort: Hannover

Einleitung: Malperfusionen und Kompartmentsyndrome des kanülierten Beins sind viel beschriebene Komplikationen in femoral kanülierten ECLS-Patienten. Dabei führt die Implantation der arteriellen Kanüle zu einer Gefäßobstruktion und verminderten Durchblutung der Femoralstrombahn. Hiermit einhergehend sind thromboembolische Verschlüsse, Kompartmentsyndrome und ein Anstieg der Inflamationsparameter. Die Verwendung von distalen Beinperfusionen (DBP) ist ein etabliertes Verfahren für eine antegrade Ersatzperfusion des Beins. Mithilfe einer Flussmessung der DBP kann dabei eine Malperfusion, die durch Abknicken, Dislokation oder Verringerung des ECLS-Flusses im Weaningprozess entsteht, direkt gemessen und unmittelbar angezeigt werden.

Material und Methoden: Retrospektiv wurden im Zeitraum von Januar 2012 bis Juni 2018 alle Patienten mit ECLS in unserer Klinik statistisch ausgewertet und auf Malperfusionen, Gefäßrekonstruktionen und Embolektomien untersucht. Differenziert wurde dabei zwischen ECLS ohne DBP, ECLS mit DBP und ECLS mit DBP inkl. Flussmessung. Das Monitoring einer Malperfusion schloss eine allgemeine Überwachung von Temperatur und Puls, Kompartmentdiagnostik und sonografische Flusskontrolle ein sowie Nahinfrarotspektroskopie an beiden Beinen. Untersucht wurde zudem die Abhängigkeit des Blutflusses der DBP und den patientenspezifischen Parametern wie Hämodynamik und ECLS-Einstellungen.

Ergebnisse: Die Implantation einer DBP senkt das Risiko einer Malperfusion deutlich. Komplikationen wie z. B. ein Abknicken der DBP kann durch eine kontinuierliche Flussmessung direkt und damit frühzeitig erkannt und behoben werden. Ausschlaggebend für die Flussmenge der DBP ist vor allem die arterielle Kanülengröße, der ECLS-Fluss und die Rotation der Zentrifugalpumpe.

Fazit: Grundsätzlich ist die Etablierung einer DBP in femoral kanülierten ECLS-Patienten eine wichtige Prävention zur Vermeidung von Malperfusionen. Eine Flussmessung an der DBP kann dabei frühzeitig Komplikationen identifizieren. Limitiert ist die Flussmessung durch die Verwendung eines externen, speziell kalibrierten Flussmessgerätes. Zusätzlicher Platzbedarf und eine erweiterte Dokumentation sind für eine kontinuierliche Flussmessung obligatorisch. Trotz Flussmessung kann durch eine Fehlfunktion der DBP eine Malperfusion auftreten, die eine erweiterte Diagnostik (z. B. Nahinfrarotspektroskopie) erfordert. Wünschenswert wäre in diesem Zusammenhang die Möglichkeit einer integrierten Flussmessung an der ECMO-Einheit, zur Messung und Überwachung der DBP.

Rechtsherzinsuffizienz nach LVAD-Implantation – erste Erfahrung mit dem TandemHeart

PD Dr. André Rüffer¹; PD Dr. André Rüffer²; Andreas Teske; M. Sc. Frank Münch; Ariawan Purbojo; PD Dr. Martin Glöckler²; Prof. Dr. Robert Cesnjevar

¹ Universitätsklinikum Erlangen-Nürnberg; ² Universitätsklinikum Erlangen

Ort: Erlangen

Einleitung: Eine therapierelevante Rechtsherzinsuffizienz tritt häufig sekundär nach Implantation eines Links-Ventrikulären-Assist-Devices (LVAD) auf. Ursächlich hierfür kann eine generalisierte Myokardinsuffizienz, pulmonale Hypertonie, akute Volumenbelastung des rechten Ventrikels oder eine Kompression der rechten Kranzarterie durch die Outflow-Kanüle sein. Wir berichten von einem 16-jährigen Jungen mit chronisch aktiver Myokarditis, dessen sekundäre Rechtsherzinsuffizienz nach LVAD-Implantation erfolgreich mit dem TandemHeart überbrückt wurde.

Zusammenfassung: Die stationäre Aufnahme eines 17-jährigen Jungen erfolgte aufgrund einer akuten Herzinsuffizienz im klinischen NYHA-Stadium IV. Die echokardiographischen Befunde und eine MRT-Untersuchung waren mit einer dilatativen Kardiomyopathie vereinbar. Eine Myokardbiopsie ergab eine chronisch aktive Myokarditis mit Persistenz von Parvovirus B 19 DNA. Trotz forcierter konservativer Therapie wurde bei zunehmender kardialer Dekompensation die Indikation zur LVAD-Unterstützung gestellt. Die Implantation eines HeartWare-LVAD gelang zunächst unproblematisch und der Patient konnte in der ersten postoperativen Nacht extubiert werden. Noch am selben Tag kam es bei zunehmender Rechtsherzdekompensation zu therapierefraktärem Kammerflimmern (bei weiterhin wachem, ansprechbarem Patienten), so dass eine passagere Rechtsherzunterstützung notwendig wurde. Die Implantation eines Rechtsherz-Assist-Systems erfolgte perkutan über die rechte Vena jugularis interna durch die Trikuspidalklappe in die zentrale Pulmonalarterie (TandemHeart). Ein akutes Nierenversagen wurde intermittierend mit einer Hämodialyse behandelt. Zusätzlich trat am 6. postoperativen Tag eine LVAD-Pumpenthrombose auf, so dass ein Wechsel des HeartWare-Systems erfolgte. Am 14. postoperativen Tag konnte das TandemHeart bei rechtsventrikulärer Erholung nach einer kurzen Weaningphase entfernt werden. Zu guter Letzt wurde noch eine Rethorakotomie bei zunehmender Perikardtamponade notwendig. Aufgrund der intensiven physiotherapeutischen Betreuung konnte der Patient am 34. Tag nach LVAD-Implantation auf die Normalstation und am 54. Tag nach Hause entlassen werden. Der Patient ist aktuell in einem sehr guten Allgemeinzustand und HTX-gelistet. Das aktuelle Follow-up beträgt 428 Tage.

Schlussfolgerung: Das TandemHeart eignet sich als „weniger invasive“ Methode sehr gut zur temporären Rechtsherzunterstützung im Rahmen einer sekundären Rechtsherzinsuffizienz nach LVAD-Implantation.

Extraktion von Schrittmacher- und Defibrillatorsonden bei Patienten mit temporärem extrakorporalem Schrittmacheraggregat als Bridging

Dr. Christoph Salewski

Universitätsklinikum Tübingen

Ort: Tübingen

Einleitung: Schrittmacherpflichtige Patienten mit einem Infekt der Schrittmachertasche, der Sonden oder einer Endokarditis befinden sich in einer therapeutischen Zwickmühle. Auf der einen Seite leiden sie an einer Rhythmusstörung, die durch einen Schrittmacher oder Defibrillator überwacht werden muss. Auf der anderen Seite kann der Fremdkörper Teil des Problems werden und sollte entfernt werden. Hierdurch entsteht ein Zielkonflikt zweier Indikationen.

Material und Methoden: Es folgt die Sichtung und Vorstellung der aktuell verfügbaren Richtlinien zur Extraktion von internen Aggregaten und deren Sonden. Desweiteren werden die üblichen Extraktionsprinzipien an unserem Hause demonstriert. Schließlich wird ein Algorithmus zur temporären Schrittmachertherapie und Infektsanierung und Reimplantation eines Schrittmachers vorgestellt. Zu den Extraktionswerkzeugen gehören Mandrin, Drehschlüssel, Tip-Locking-Stylet, Extraktionsschleuse und Extraktionsschere. Der Patient muss für eine Sternotomie im OP vorbereitet und entsprechend abgewaschen werden. Eine Herz-Lungen-Maschine (HLM) soll grundsätzlich verfügbar sein.

Ergebnisse: Das Vorgehen des eigenen Hauses ist kongruent mit dem in den Richtlinien vorgeschlagenen Prozedere. Der praktische Teil kann in Einzelfällen einen aufwendigen Eingriff bedeuten. So können die Zeit seit Implantation des Aggregats und die Narbenbildung zur erschwerten Extraktion führen. In diesen Fällen können die Extraktionstechniken eskaliert werden. Diese geht von minimalem Aufwand bis zur Sternotomie mit Einsatz der HLM. Wir präsentieren den Fall eines 68-jährigen Patienten mit Schrittmachersondenendokarditis, bei dem eine Eskalation der Extraktion unter Verwendung der HLM notwendig war. Das operative Vorgehen wird per Vortrag und Videozuschnitt präsentiert.

Diskussion: Schrittmacher- oder Defibrillatoraggregatinfektionen sind für den Patienten mit einem Risiko verbunden. Die Extraktion kann durch die Wundheilung nach dem Ersteingriff, die Infektion oder das Ausmaß der klinischen Anzeichen wie Endokarditis oder Sepsis erheblich erschwert werden. Die Dauer der Infektsanierung muss mit einem temporären extrakorporalen Aggregat zur Stimulation oder einer Defibrillatorweste überbrückt werden. Aus diesem Grund kann es in Einzelfällen zur Abweichung des Standardverfahrens kommen.

LVAD-Implantation bei einem 33-jährigen Patienten nach Senning-Operation, ein Case Report

Jose Rodrigo Sandoval Boburg; Dr. Tobias Krüger; Prof. Dr. Christian Schlensak

Universitätsklinikum Tübingen

Ort: Tübingen

Einleitung: 1957 führte Senning das erste Mal eine Vorhof-switch-Operation bei einem Kind mit d-TGA durch. Nach der Operation ist der rechte Ventrikel für den systemischen, der linke Ventrikel für den pulmonalen Kreislauf zuständig. In den 70iger und 80iger Jahren wurde die Senning-Operation häufig durchgeführt. Senning-Patienten befinden sich also aktuell in der zweiten bis vierten Lebensdekade. Die chronisch-progrediente Insuffizienz des Systemventrikels ist eine typische Spätkomplikation nach Senning-Operation.

Zusammenfassung: Wir berichten den Fall eines 33-jährigen Senning-Patienten mit akut dekompensierter Insuffizienz des Systemventrikels. Die Aufnahme erfolgte notfallmäßig mit Ruhedyspnoe und nach mehrmaliger Auslösung des einliegenden ICD-Systems. Echokardiographisch bestand eine Ejektionsfraktion von 15 % sowie ein massiv dilatierter Systemventrikel (LVEDD 70 mm). Der Versuch der intensivstationären medikamentösen Rekompensation blieb erfolglos, es entwickelte sich ein protrahierter kardiogener Schock, weshalb ein ECLS-System implantiert wurde. Bei fehlender Entwöhnbarkeit vom ECLS-System und somit terminaler Herzinsuffizienz wurde die Indikation zur LVAD-Implantation in den als RV angelegten Systemventrikel gestellt. Während des zweiwöchigen Aufenthaltes auf der Intensivstation bestand zeitweise Beatmungs- und Dialysepflicht. Die LVAD-Therapie war komplikationslos, insbesondere bestand kein Versagen des funktionellen rechten-, anlagebedingt linken Ventrikels. Einen Monat nach der Entlassung in die ambulante Umgebung zeigte sich der Patient asymptomatisch, das LVAD-System funktionierte komplikationslos und die Nierenfunktion hatte sich erholt, sodass keine Dialyseindikation mehr bestand. Der Patient wurde zur Herztransplantationlistung angemeldet.

Diskussion: Die Implantation eines LVAD-Systems in den insuffizienten, systemischen, anlagebedingt rechten Ventrikel nach Senning-Operation stellt eine gute Option für EMAH-Patienten mit Herzinsuffizienz im Bridge-to-Transplant Konzept dar.

Erstmanifestation eines Cushing-Syndroms ausgelöst durch die Implantation eines linksventrikulären Unterstützungssystems

Dr. Sina Stock; Dr. Barbara Pieper; Dr. Antje Karluß; Prof. Dr. Stephan Ensminger; Prof. Dr. Stefan Klotz

UKSH Lübeck, Universitäres Herzzentrum, Klinik für Herz- und thorakale Gefäßchirurgie

Ort: Lübeck

Fallvorstellung: Bei einem 60-jährigen Patienten mit terminaler Herzinsuffizienz auf dem Boden einer ischämischen Kardiomyopathie erfolgte die elektive Implantation eines linksventrikulären Unterstützungssystems (LVAD) HeartMate III und eine linksventrikuläre (LV) Thrombektomie. Präoperativ bestand eine hochgradig reduzierte LV-Funktion (Ejektionsfraktion 15 %, kardialer Index 1,3 l/min/m²) mit begleitender Dilatation. Klinisch befand sich der Patient im NYHA-Stadium III sowie INTERMACS-Level 5. An relevanten Begleiterkrankungen waren eine koronare Dreifäß-Erkrankung mit abgelaufenem Myokardinfarkt sowie eine pulmonale Hypertension bekannt. Initial zeigte sich eine regelrechte LVAD-Funktion nach Implantation.

Verlauf: Innerhalb weniger Tage postoperativ entwickelte der Patient eine ausgeprägte therapierefraktäre Hypertonie. Trotz schrittweise eskalierter Medikation bis hin zur 9-fachen Kombinationstherapie mit einem Betablocker, Kalziumantagonisten, NO-Agonisten, Alpha-2 Agonisten, Thiaziddiuretikum, Phosphodiesterase-5-Inhibitor, Aldosteronantagonisten, Neprilysininhibitor / Angiotensinrezeptorblocker und intermittierend intravenösem Alpha-1-Adrenoceptorantagonisten betrug der mittlere arterielle Druck kontinuierlich 90–110 mmHg. Zusätzlich zeigte der Patient eine psychische Störung, die zunächst als postoperatives Delir und später als Psychose klassifiziert wurde sowie eine Hypokaliämie, die trotz hoch dosierter Substitution nur schwer beherrschbar war.

Ab Tag 22 postoperativ stellte sich zudem eine zunehmende LVAD-Dysfunktion mit häufiger Erhöhung des Pulsindex sowie Erniedrigung des Flusses ein. Echokardiografisch zeigte sich eine ausreichende rechtsventrikuläre Funktion sowie ein kleines LV-Lumen, sodass eine Volumensubstitution initiiert wurde, die allerdings keine Normalisierung der LVAD-Funktion erzielen konnte. Aufgrund persistierend niedriger Flüsse bis zu 1,3 l/min und Ansaugungen des LVAD wurde schließlich die Laufrate auf 4500 U/min reduziert. Der Patient war hierunter allzeit hämodynamisch stabil.

Um eine Fehllage des LVAD, vor allem in Hinblick auf die Einflusskanüle, auszuschließen, erfolgte im Verlauf eine CT-Untersuchung. Hier zeigte sich eine regelrechte LVAD-Lage, auffällig war jedoch eine massive neu aufgetretene LV-Hypertrophie sowie eine leichte Nebennierenrindenhyperplasie, die in gleicher Ausprägung bereits präoperativ bestand.

In Zusammenschau der Befunde der CT-Untersuchung, der therapierefraktären Hypertonie und Hypokaliämie sowie Psychose wurde die Verdachtsdiagnose eines adrenalen Cushing-Syndroms durch ein Adenom gestellt, das im Anschluss laborchemisch durch erhöhte Kortisolwerte im Tagesprofil gesichert werden konnte. Der Patient erhielt eine Adrenalectomie und verstarb im postoperativen Verlauf an unkontrollierbaren abdominalen Blutungskomplikationen.

Schlussfolgerungen: Die Erstmanifestation eines adrenalen Cushing-Syndroms nach LVAD-Implantation ist eine seltene, aber schwerwiegende Komplikation, die mit ausgeprägten Organ- sowie LVAD-Dysfunktionen einhergehen kann und in dem vorgestellten Fallbericht fatale Konsequenzen für den Patienten hatte.

Als Auslöser des Cushing-Syndroms ist die verbesserte Hämodynamik nach LVAD-Implantation anzusehen. Der Befund der präoperativen CT-Untersuchung legt nahe, dass ein Nebennierenrindenadenom vermutlich bereits präoperativ bestand, jedoch hormoninaktiv war, da der Patient präoperativ weder klinisch noch laborchemisch Zeichen eines Cushing-Syndroms aufwies. Die gesteigerte Organperfusion und damit auch des Nebennierenrindenadenoms nach LVAD-Implantation führte zu einer Aktivierung und Hormonproduktion des Nebennierenrindenadenoms, welches folglich klinisch relevant wurde. Die Diagnose ist insgesamt schwierig, da jedes Symptom für sich allein eine bekannte postoperative Komplikation darstellt. Bei einer Kombination dieser Symptome sowie Therapieresistenz sollte die Erstmanifestation eines Cushing-Syndroms jedoch dringend in Betracht gezogen werden. Aufgrund des komplikativen Verlaufs und letztendlich Versterben des Patienten ist daher auch zu diskutieren, ob in Einzelfällen klinisch inapparente Nebennierenadenome vor einer LVAD-Implantation reseziert werden sollten, um ein mögliches Cushing-Syndrom zu verhindern.

Interventioneller Verschluss der Ausflussprothese linksventrikulärer Unterstützungssysteme als Alternative zur Explantation

Dr. Sina Stock¹; Prof. Dr. Steffen Desch²; Dr. Mohammed Saad²; Dr. Antje Karluß¹; Prof. Dr. Stephan Ensminger¹; Prof. Dr. Stefan Klotz¹

¹ UKSH Lübeck, Universitäres Herzzentrum, Klinik für Herz- und thorakale Gefäßchirurgie; ² UKSH Lübeck, Universitäres Herzzentrum, Medizinische Klinik II / Kardiologie, Angiologie und Intensivmedizin

Ort: Lübeck

Einleitung: Die myokardiale Erholung mit Wiedererlangen einer ausreichenden Pumpfunktion nach primärer Implantation eines linksventrikulären Unterstützungssystems (LVAD) ist ein seltenes Phänomen. Aufgrund der damit einhergehenden niedrigen Fallzahlen ist die Erfahrung mit diesem Patientenkollektiv begrenzt und die optimale Therapiestrategie unklar. Da eine alleinige Beendigung der LVAD-Therapie einen ausgeprägten Rückstrom des Blutes über die Ausflussprothese in den linken Ventrikel zur Folge hat, ist stets eine Trennung des LVAD von der Blutzirkulation notwendig. An erster Stelle liegt hier die operative Entfernung des kompletten LVAD-Systems über eine mediane Sternotomie oder laterale Thorakotomie nahe, die jedoch für LVAD-Patienten immer eine Re-Operation mit deutlich erhöhtem Risiko darstellt und in der Regel den Einsatz der Herz-Lungen-Maschine (HLM) erfordert. Als minimalinvasive Alternative besteht allerdings auch die Möglichkeit, die Ausflussprothese des LVAD interventionell mit Hilfe eines Gefäß-Plug zu verschließen und somit den Rückstrom von Blut über die Ausflussprothese in den linken Ventrikel zu verhindern. Das LVAD wird hierbei nicht explantiert, sondern in situ belassen.

Im Folgenden berichten wir über unsere Erfahrungen mit diesem interventionellen Vorgehen im Rahmen einer Fallserie.

Material und Methoden: Bei insgesamt fünf Patienten (vier Männer, eine Frau) wurde bei myokardialer Erholung die Indikation zur Beendigung der LVAD-Therapie gestellt. Das mittlere Alter dieser Patienten betrug 62 Jahre und zwei Patienten der Re-Operations-Gruppe wiesen eine Deviceinfektion auf. Zwei Patienten besaßen ein Thoratec-Abbott HeartMate II und drei Patienten ein Medtronic HeartWare HVAD. Die operative Explantation des kompletten LVAD-Systems als Re-Operation erfolgte bei drei Patienten, in zwei Fällen via medianer Sternotomie unter Einsatz der HLM und in einem Fall via lateraler Thorakotomie ohne Einsatz der HLM. Der interventionelle Verschluss des LVAD mittels Gefäß-Plug wurde bei zwei Patienten durchgeführt, von denen jeweils ein Patient mit einem Thoratec-Abbott HeartMate II und einem Medtronic HeartWare HVAD versorgt war. Im Falle des Thoratec-Abbott HeartMate II erfolgte der Verschluss der Ausflussprothese mit einem 18 mm Abbott Amplatzer Gefäß-Plug, im Falle des Medtronic HeartWare HVAD mit einem 14 mm Abbott Amplatzer Gefäß-Plug. Die Interventionen wurden im Herzkatheterlabor durchgeführt. Die komplette Beendigung der LVAD-Therapie durch Ausstellen der Pumpe erfolgte erst im Herzkatheterlabor und die Implantation des Gefäß-Plug jeweils direkt im Anschluss, um die Phase eines relevanten Rückstroms von Blut über die Ausflussprothese in den linken Ventrikel möglichst kurz zu halten. Im Anschluss wurde das Führungskabel des LVAD mit Hilfe einer kleinen subxiphoidalen Inzision abgetrennt und entfernt.

Ergebnisse: Alle Patienten, die sich einer Re-Operation mit kompletter Device-Entfernung unterzogen, verstarben im postoperativen Verlauf an einem Multiorganversagen oder Rezidiv der terminalen Herzinsuffizienz an Tag 16, 23 und 33 nach Explantation. Der interventionelle Verschluss der LVAD-Systeme mittels Gefäß-Plug hingegen konnte komplikationslos in beiden Patienten durchgeführt werden. Eine anschließende intensivmedizinische Therapie war in keinem Fall

notwendig und die Patienten konnten an Tag 2 nach Intervention in stabilem kardiopulmonalen Zustand nach Hause entlassen werden. Unter einer gut eingestellten Herzinsuffizienzmedikation sind beide Patienten aktuell 331 beziehungsweise 301 Tage nach Entlassung weiterhin klinisch stabil. Bisher traten unter fortgesetzter oraler Antikoagulation mit einem Vitamin-K-Antagonisten sowie Thrombozytenaggregationshemmung keine Komplikationen mit der weiterhin intraventrikulär liegenden Einflusskanüle auf.

Diskussion: Der interventionelle Verschluss eines LVAD mittels Gefäß-Plug stellte in unserer Fallserie eine sichere Behandlungsalternative zur offen-chirurgischen Explantation dar. Durch die bekannten Durchmesser der Ausflussprothesen jedes Devices ist die Bestimmung der Größe des zu verwendenden Gefäß-Plug unkompliziert möglich. Im Gegensatz zu den Patienten, die sich einer Re-Operation unterzogen, wurde die interventionelle Therapie von beiden Patienten komplikationslos überstanden und der Einsatz einer HLM, das Risiko von Blutungen sowie ein intensivmedizinischer Aufenthalt konnten erfolgreich vermieden werden. Über den Nachbeobachtungszeitraum von nun fast einem Jahr nach Verschluss des LVAD mittels Gefäß-Plug traten keine Komplikationen, beispielsweise in Form von Thrombusbildung an der Einflusskanüle sowie Embolien, auf.

Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass der interventionelle Verschluss eines LVAD und das damit einhergehende Belassen des Systems in situ für bestimmte Patienten keine adäquate Therapieoption darstellt, beispielsweise bei bestehender Device-Infektion. Diese Patienten weisen durch die vorliegende Infektion und damit einhergehende septische Komponente jedoch ein deutlich erhöhtes Operationsrisiko auf. Bei der Interpretation der Ergebnisse der vorgestellten Fallserie ist dieser Umstand ebenfalls zu beachten.

Um in Zukunft einzelne Therapieoptionen bei Beendigung einer LVAD-Therapie genauer evaluieren zu können und somit ein optimales Behandlungskonzept für diese Patienten zu entwickeln, ist die Betrachtung größerer Patientenkollektive über einen längeren Zeitraum anzustreben.

Modifizierte Ultrafiltration im klinischen Einsatz – wo ist die Evidenz?

B. Sc. Andreas Teske¹; M. Sc. Frank Münch²; PD Dr. André Rüffer²; Prof. Dr. Robert Cesnjevar²

¹ WKK Perfusionsservice GmbH & Co. KG; ² Kinderherzchirurgie Universitätsklinikum Erlangen

Ort: Erlangen

Einleitung: Durch den Einsatz des cardiopulmonalen Bypass (CPB) kann es, unter anderem durch Kontakt mit Fremdoberflächen, zu einer inflammatorischen Reaktion kommen. Die schnelle Hämodilution führt oft zu einer Aggravierung, was bei vielen Patienten am CPB eine generalisierte Entzündungsreaktion auslöst. Hinzu kommen lokale und systemische Reaktionen des Körpers durch Minderperfusion, Ischämie- und Reperfusionsschäden. Die daraus resultierende überschießende systemische Immunantwort (SIRS) wirkt sich negativ auf alle Organfunktionen aus. Ein SIRS führt zu einer Erhöhung der Gefäßpermeabilität, gehäuften Lungenödemen, eingeschränkter Herz-Lungenfunktion und beeinflusst das klinische Outcome insgesamt negativ. Als eine mögliche Gegenmaßnahme wurde 1991 von Naik et al. die modifizierte Ultrafiltration (MUF) eingeführt, um diese negativen Folgen des CPB bei pädiatrischen Patienten zu reduzieren. In der Zwischenzeit haben sich jedoch neue Perfusionstechniken verbreitet und stellen die Evidenz zum Patientennutzen der MUF infrage.

Material und Methoden: Eine Pubmed-Recherche mit den Suchbegriffen MUF und CPB konnte primär 35 Publikationen seit 2010 identifizieren, die in die Auswertung einfließen. Aus diesen wurde eine Übersicht der Anwendungsgebiete mit den Vor- und Nachteilen der MUF nach CPB erstellt.

Ergebnisse: In der Mehrzahl der Studien (n = 19) konnten diverse positive Effekte der MUF ermittelt werden. Es fanden sich Hinweise auf einen geringeren Fremdblutbedarf, eine Senkung des postoperativen Blutverlustes (um bis zu 36 %), deutlich verkürzte Zeiten der postoperativen Beatmung, eine bessere postoperative Oxygenierung und ein verbessertes Herz-Zeit-Volumen (bis zu 30 %). Zudem fanden sich in einigen Studien (n = 5) Tendenzen zugunsten der MUF, was die Reduktion zirkulierender, inflammatorischer Marker anbelangt. In kleinen Studienkollektiven mit Fokus auf Veränderungen der Perfusionstechniken und blutsparenden OP-Methoden (n = 3) bleibt die MUF eine nicht unumstrittene Technik, deren Vor- und Nachteile weiterhin erörtert werden müssen.

Schlussfolgerung: Die modifizierte Ultrafiltration dient, der aktuellen Literatur folgend, weiterhin als eine geeignete Methode, um spezifische CPB-assoziierte perioperative Nebenwirkungen abzumildern. Verschiedene Ansätze zur Verbesserung des ursprünglichen Ultrafiltrationsschemas haben zudem die Sicherheit der Methode verbessern können. Der Einsatz der MUF kann damit ergänzend zu minimierten und volumenoptimierten CBP-Kreisläufen und veränderten Perfusionstechniken erfolgen.

Anschluss und Betrieb kontinuierlicher Nierenersatzverfahren an ECMO-Kreisläufe

Denis Fiebig¹; B. Sc. Andreas Teske¹; Hellmuth Rieben-Riebenfeld²; Dr. Rene Tandler²; Prof. Dr. Michael Weyand²

¹ WKK Perfusionsservice GmbH & Co. KG; ² Universitätsklinikum Erlangen

Ort: Erlangen

Einführung: Mit Einführung der extrakorporalen Membranoxygenierung (ECMO) lag der Schwerpunkt beim Einsatz als isolierte Therapieoption zur Herz-Kreislauf- oder Lungenunterstützung.

Bei systemisch antikoagulierten Patienten stellt die Katheteranlage zum Einsatz zusätzlicher Organunterstützungsverfahren, wie der kontinuierlichen Nierenersatztherapie (NEV), ein Blutungsrisiko dar. Hinzukommt, dass bei schwer kranken Intensivpatienten die Möglichkeit, große venöse Zugänge anzulegen, häufig eingeschränkt ist, beispielsweise durch häufige Zugangswechsel bei langer Liegezeit oder Venenthrombosen. Da bei zunehmend multimorbiden Patienten Organersatzverfahren häufiger eingesetzt werden, um perioperative oder chronische Organdysfunktionen zu therapieren, sollte eine Möglichkeit gefunden werden, dieses Risiko zu minimieren. Mit dem bereits etablierten Gefäßzugang durch die ECMO bietet sich diese auch als sichere Plattform für die Therapie sekundärer Organschäden an.

Material und Methoden: Zusammen mit dem Team der Intensivstation wurden zunächst Laborversuche durchgeführt, um die Anschlussoptionen der NEV- und ECMO-Kreisläufe zu untersuchen und die optimalen Anschlusspunkte zu identifizieren. Für den klinischen Einsatz wurde ein Protokoll erstellt, nachdem der An- und Abschluss des CRRT-Kreislaufs in Zusammenarbeit der Intensivpflege mit der Kardiotechnik erfolgt.

Die Entnahme aus dem ECMO-System für den arteriellen Zulauf in das Hämodialysegerät erfolgt hinter dem Oxygenator aus der arteriellen Linie. Die Rückführung aus dem Dialysegerät fließt auf

einen Shunt vom Oxygenator zur venösen Linie hin. Durch Anschluss an zwei druckführende Konnektionsstellen kann so der Eintritt von Luft in den extrakorporalen Kreislauf verhindert werden.

Ergebnisse: Der Anschluss und Betrieb der NEV an die ECMO ist in der Regel möglich und erspart antikoagulierten Patienten das Risiko einer Shaldon-Katheteranlage. Im klinischen Betrieb ließen sich zwei Fehlerquellen identifizieren. Zum einen können hohe Drücke im ECMO-System die Alarmgrenzeinstellungen des CRRT-Systems überschreiten. An anderer Stelle kann es zu unkontrollierter Filtration kommen, wenn die Okklusion der Filtratpumpe dem hohen Druck in der ECMO nicht standhält. Beide Fehlerquellen korrelieren mit hohen Flüssen sowie kleinen Kanüliendiametern. Die Anwendungen von NEV an ECMO konnten im Allgemeinen sicher durchgeführt werden.

Schlussfolgerung: Die extrakorporale Nierenersatztherapie lässt sich, unter abhängigen Flussgrenzen, sicher am ECMO-System betreiben und bietet bei perioperativ auftretendem Nierenversagen die Möglichkeit komplikationsarm eine Organersatztherapie zu initiieren und fortzuführen.

Vergleich eines konventionellen EKZ-Systems, eines minimierten EKZ-System und der Off-Pump-Technik bei ACB-Operationen

B. Sc. Anna Catharina Thoma; Dipl.-Ing. Jörg Optenhöfel; B. Sc. Jakob Puntigam

Medizinische Hochschule Hannover

Ort: Hannover

Einleitung: Die konventionelle extrakorporale Zirkulation ist mit zahlreichen Nebenwirkungen wie dem Systemischen Inflammatorischen Response-Syndrom (SIRS), Gerinnungsstörungen, Hämodilution und Hämolyse assoziiert. Um diese Nebenwirkungen zu reduzieren, wurde die minimale extrakorporale Zirkulation entwickelt. Durch eine Minimierung und Veredelung der Oberfläche sowie geringeren Blut-Luft-Kontakt wird die Thrombogenität reduziert, die Hämolyse vermieden und eine geringere Aktivierung des Immunsystems erreicht.

Material und Methoden: In dieser Anwendungsbeobachtung wurden 27 Patienten untersucht, die sich einer Bypassoperation unterzogen haben. Es erfolgte eine Einteilung in drei vergleichbare Gruppen. Die Patienten der ersten Gruppe wurden unter Einsatz eines Standard-HLM-Systems (ECC) operiert. Bei den Patienten der zweiten Gruppe wurde ein Mini-Bypass-System (MECC) der Firma Maquet verwendet. Die Patienten der dritten Gruppe wurden mit der Off-Pump Technik (OPCAB) operiert. Der Hämatokrit-, Hämoglobin-, Erythrozyten-, Leukozyten-, Thrombozyten- und der CRP-Verlauf wurden untersucht. Zur Auswertung der Daten wurde der Whitney U-Test verwendet.

Ergebnisse: Die Hämatokrit- und Hämoglobinkonzentration verlaufen in der ECC- und der MECC-Gruppe ähnlich. Weiterhin besteht zwischen den drei Gruppen kein Unterschied im Verlauf der Erythrozytenkonzentration. Die Zahl der Leukozyten stieg in allen Gruppen bis zum zweiten postoperativen Tag an und sank dann wieder ab. Zu jedem Zeitpunkt lag die Leukozytenzahl in der ECC-Gruppe über denen der MECC- und der OPCAB-Gruppe. Es konnte jedoch kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden. Die CRP-Konzentration stieg in allen Gruppen postoperativ an und erreichte nach drei Tagen ihr Maximum. Dabei ist dieses in der MECC-Gruppe am geringsten und in der ECC-Gruppe am höchsten. Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen diesen beiden Gruppen.

Diskussion: Die Ähnlichkeit des ECC- und des MECC-Systems bezüglich des Hämatokrit- und Hämoglobinverlaufs besteht aufgrund desselben Primingvolumens der beiden Systeme. Es konnte eine Verbesserung der Entzündungsparameter festgestellt werden. Die beobachteten Unterschiede konnten jedoch zum großen Teil nicht statistisch abgesichert werden, da hierfür die Anzahl der beobachteten Patienten zu gering war. Durch den klinischen Alltag war es im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich weitere Patienten mit aufzunehmen.

Kinetik des zerebralen Sauerstoffstoffwechsels in Relation zur Anfahrgeschwindigkeit der Herz-Lungen-Maschine für die extrakorporale Zirkulation

B. Sc. Jan Turra

Uniklinikum Heidelberg

Ort: Heidelberg

Einleitung: Eine Herzbypass-Operation unter Anwendung der Herz-Lungen-Maschine (HLM) stellt heutzutage einen Routineeingriff in der Herzchirurgie dar. Trotz einer ausgereiften HLM-Technik und etablierten chirurgischen Vorgehensweisen sind neurologische Folgekomplikationen, wie der Schlaganfall, in der frühen und späten postoperativen Phase keine seltenen Ereignisse. Für das Anfahren der HLM liegt derzeit seitens der Hersteller und der Wissenschaft kein vorgeschriebener Zeitrahmen vor, in dem bei maximaler Patientensicherheit das gewünschte Herzzeitvolumen (HZV), der sogenannte 100 %-Fluss, mit der HLM zu erreichen ist. Eine Anfahrzeit von circa 30 s wird seit der Erstbeschreibung durch Fox et al. ohne wissenschaftliche Evidenz gelehrt und angewandt. Im Gegensatz zum schnellen Anfahren müsste eine langsamere Anfahrzeit eine geringere Hämodilution aufweisen, mit folgender besserer körpereigener Kompensation des abfallenden Sauerstoffangebots und somit eventuell weniger neurologischen Komplikationen.

Methode: In unserer vorgestellten monozentrischen prospektiven Studie wurde untersucht, ob sich mit einer verlängerten Anfahrzeit der Abfall der zerebralen Sauerstoffsättigung beim Start der HLM reduzieren lässt mit als Folge niedrigerer Inzidenz des postoperativen Delirs.

Ergebnisse: Insgesamt wurden 58 Patienten gleichermaßen nach Blockrandomisierung entweder in die Studiengruppe A mit einer Anfahrzeit von 180 s oder in die Kontrollgruppe B mit einer Anfahrzeit von 15 s zugeteilt. Anhand der zerebralen Gewebeatmungswerte (tissue oxygenation index, oxygeniertes und desoxygeniertes Hämoglobin, Konzentration Gesamt-Hämoglobin) zeigte sich bei Gruppe A eine bessere und weniger stark abfallende zerebrale Perfusion nach Start mit der HLM. Für den Delir-Score ist kein signifikanter Unterschied in den Gruppen zu sehen.

Schlussfolgerung: Zusammenfassend kommt es durch eine längere Anfahrzeit der HLM zu einem geringeren Abfall der zerebralen Sauerstoffsättigung.

Entstehung gasförmiger Mikroembolien während der extrakorporalen Zirkulation bei MiECC- und CECC-Systemen im Vergleich

Lydia Viehweger

Ort: Bad Neustadt a. d. Saale

Einleitung: Die Minimalinvasive Extracorporeal Circulation (MiECC) steht für eine Minimierung der Nebenwirkungen der extrakorporalen Zirkulation bezüglich Blutverdünnung und Fremdoberflächen. Kontrovers diskutiert wird jedoch die Sicherheit dieser Systeme bezüglich Luftembolien.

Material und Methoden: In unserer Klinik wurde eine prospektiv randomisierte Studie zur Messung von Mikroluft in CECC (conventional extracorporeal circulation)- und MiECC-Systemen durchgeführt. Dafür wurden die aortokoronaren Bypass-Operationen von 40 Patienten betrachtet.

Mithilfe eines nicht-invasiven Messgerätes konnte an 3 Punkten im System die Anzahl und Größe der auftretenden Luftblasen ermittelt werden. Der Messbereich lag dabei zwischen 20 und 2000 µm. Gemessen wurde auf der venösen Linie, vor der arteriellen Pumpe und auf der arteriellen Linie. Weiterhin konnten markante Zeitpunkte wie Beginn des Bypasses oder Abklemmen der Aorta dokumentiert werden und so ebenfalls in einen zeitlichen Zusammenhang zu dem Auftreten von gasförmigen Mikroembolien gebracht werden.

Ergebnisse: Zu jeder Messung generierte das Messgerät automatisch eine Tabelle, die sekundlich die Blasenanzahl und das Volumen an jedem der 3 Messpunkte festhält. Eine erste Zwischenauswertung von 20 Patienten zeigte ein gehäuftes Auftreten von Mikroluftblasen zu bestimmten Zeitpunkten wie bei Aufnahme der extrakorporalen Zirkulation, bei Volumengabe durch den Perfusionisten sowie bei Medikamentengaben an der Herz-Lungen-Maschine. Desweiteren wurde festgestellt, dass bei den MiECC-Systemen zwar mehr Luftblasen auftraten, diese jedoch deutlich kleiner waren als bei CECC-Systemen. Als Resultat war das Gesamtvolumen der auftretenden Bläschen bei MiECC-Systemen geringer als bei CECC-Systemen.

Diskussion: Ziel der Untersuchungen war es, das Auftreten von gasförmigen Mikroembolien bei MiECC-Systemen im Vergleich zu den Verhältnissen bei CECC-Systemen bewerten zu können und somit eine Aussage über die Sicherheit der MiECC-Systeme zu treffen. Die Ergebnisse der Zwischenauswertung müssen noch ergänzt werden durch eine Auswertung aller 40 Messungen. Weiterhin ist zu beachten, dass das Auftreten der Mikroluftblasen stark abhängig ist von den bei der extrakorporalen Zirkulation verwendeten Komponenten wie Oxygenator, venöses Reservoir oder venöse Blasenfalle.

