



Supplement 01
28. Jahrgang in 2019

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



DGTHG

Deutsche Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie

Pushing the limits

ABSTRACTS



*Therapie und
Technologie
im Wandel*

Wiesbaden 2019 · 22.–24. November
48. Internationale Jahrestagung und
11. Fokustagung Herz



Kinderperfusion

Evaluation einer Hyperfibrinolyseprophylaxe in der Kinderherzchirurgie

B. Sc. Andreas Teske¹; Burcu Bakir²; Dr. Friedrich Einhaus³; Dr. Robert Blumauer²; Dr. Ariawan Purbojo²; Frank Münch²; Prof. Dr. Robert Cesnjevar²

¹ WKK Perfusionservice GmbH & Co. KG; ² Kinderherzchirurgie Universitätsklinikum Erlangen; ³ Universitätsklinikum Erlangen-Nürnberg

Einleitung: Frühe Korrekturoperationen bei Neugeborenen und Kleinkindern können krankheitsbedingte Komplikationen vermindern oder verhindern. Kleinen Patienten mit ihrem noch nicht vollständig entwickelten Gerinnungssystem reagieren sehr sensitiv auf die Pathologie der extrakorporalen Zirkulation (EKZ), was oft zu einem hohen Fremdblut- und Gerinnungsfaktorenbedarf mit den bekannten Nebenwirkungen führt. Um transfusionsbedingten Nebenwirkungen entgegenzuwirken, wurde in den Operationsablauf eine Hyperfibrinolyseprophylaxe (HFP) implementiert und im Rahmen einer retrospektiven Studie auf die Effektivität überprüft.

Material und Methoden: Alle Patienten bekamen seit Einführung der HFP-Therapie ab der Narkoseeinleitung bis zum OP-Ende kontinuierlich 4 mg/h/kgKG Tranexamsäure verabreicht. Auf zusätzliche Bolus-Gaben in die EKZ wurde verzichtet. Die Studiengruppe umfasste 136 Patienten; ihr wurde eine Kontrollgruppe von 123 Patienten, die ein Jahr vor Einführung der HFP operiert wurden, zum Vergleich gegenübergestellt. In die Analyse wurden alle mit EKZ behandelten Patienten bis zu einem Körpergewicht von 10 kg eingeschlossen. Analysiert wurden die demographischen Daten, EKZ-Werte, sowie der perioperative Fremdblut- und Gerinnungsfaktorenverbrauch.

Ergebnisse: Bei vergleichbaren präoperativen demographischen Daten und Laborwerten, zeigten sich in der Studiengruppe deutliche Vorteile, die v. a. mit einer verbesserten Gerinnung in Zusammenhang gebracht werden können. Beginnend mit signifikant kürzeren OP- (315 ± 136 min vs. 351 ± 124 min) und EKZ-Reperfuionszeiten (38 ± 28 min vs. 47 ± 37 min) bis hin zu verminderten Beatmungs- ($6,3 \pm 12,2$ h vs. $7,8 \pm 17,2$ h, $p = 0,1$) und Intensivaufenthaltszeiten ($10,4 \pm 21,3$ d vs. $12,2 \pm 23,0$ d; $p = 0,25$). In der Studiengruppe konnte der Verbrauch an Fremdblut- und Gerinnungsprodukten (EK, FFP, TK, PPSB, rFVIIa) je nach Produkt um 28– 90 % signifikant gesenkt werden. In der Gesamtbetrachtung konnten die Kosten für Fremdblut- und Gerinnungsprodukte somit halbiert werden.

Diskussion: Obwohl die Pharmakodynamik von Tranexamsäure bei Kindern nicht näher untersucht ist, reduzierte der routinemäßige Einsatz einer Hyperfibrinolyse-Prophylaxe bei Kinderherzoperationen mit EKZ den Verbrauch von Fremdblut- und Gerinnungsprodukten deutlich. In Kombination mit tendenziell verkürzten Beatmungszeiten und einem kürzeren Krankenhausaufenthalt erbrachte dies eine Kostenersparnis von ca. 2.300 Euro je Patient.

Blutsparende Maßnahmen in der Kinderherzchirurgie – eine Single-Center-Erfahrung

Johannes Tauber¹; Dipl.-Ing. Mesfin Amha²; Dr. Daniel Biermann¹; Dr. Arlindo Riso¹; PD Dr. Jörg Siegmar Sachweh¹; PD Dr. André Ruffer¹

¹ Universitäres Herz- und Gefäßzentrum Hamburg GmbH (UHZ); ² Life Systems Medizintechnik-Service GmbH

Einleitung: In der kardiovaskulären Chirurgie und insbesondere in der Kinderherzchirurgie spielen blutsparende Maßnahmen eine Schlüsselrolle. Wenngleich das Patient Blood Management einen festen Stellenwert bei erwachsenen Patienten hat, sind standardisierte Konzepte bei pädiatrischen Patienten selten.

Material und Methoden: Es wurde retrospektiv die operative Versorgung mit Herz-Lungen-Maschine (HLM) bei 71 konsekutiven Patienten im Zeitraum von November 2018 bis Juni 2019 untersucht. Der Fokus lag dabei auf der Analyse der Maßnahmen zum blutsparenden Arbeiten und der Daten zum Patientenoutcome.

Der Einsatz einer miniaturisierten HLM mit veränderter Positionierung der Pumpen um den Oxygenator und das Kardiotomiereservoir ist ein wichtiger Bestandteil der blutsparenden Maßnahmen. Das HLM-System wird an jeden Patienten angepasst. Es wird daneben angestrebt die HLM dabei so nah wie nur möglich an den Patienten zu bringen. Durch den Einsatz einer modifizierten Blutkardioplegie kann ferner insbesondere bei Neonaten ein Absinken des Hämatokrits vermieden werden.

Beim Team Time Out wird für jeden Patienten, basierend auf dem angeborenen Herzfehler, Körperoberfläche, angestrebter Hypothermie an HLM, Nahinfrarotspektroskopie und venöser Sauerstoffsättigung eine restriktive Transfusionsschwelle festgelegt.

Ergebnisse und Zusammenfassung: Insgesamt wurden 71 konsekutive Patienten mit Eingriffen an der HLM mit einem 100 % kompletten 30-Tage Follow-Up untersucht. Dazu gehörten Neonaten (11,9 %), Säuglinge (37,3 %) und Kinder (35,8 %) sowie Erwachsene mit angeborenen Herzfehlern (14,9 %). Blood Priming der HLM erfolgte bei 32,8 % der Operation. Durch diverse Methoden konnte das Primingvolumen der HLM dabei von 820 ml auf 425 ml für Kinder der Gewichtsklasse 25–72 kg und von 135 ml auf 112 ml für Neonaten reduziert werden. Transfusion von Erythrozytenkonzentraten erfolgte in 60,6 % der Fälle und das durchschnittliche Transfusionsvolumen lag bei 133,6 ml. Das 30-Tage-Überleben betrug 100 %. Zur Extubation im OP kam es bei 43,7 % der Patienten.

Blutsparende Maßnahmen erfordern interdisziplinäre Zusammenarbeit und ermöglichen eine effektivere und zeitgemäße Versorgung.

Aktive, vom Pumpenminutenvolumen unabhängige, veno-venöse Hämofiltration reduziert deutlich das Risiko patientenrelevanter intraoperativer Fluss- und Druckschwankungen

B. Sc. René Karl Weimer; Johannes Meuser; Susanne Nisztuk; M. Sc. Johannes Gehron; PD Dr. Valesco Mann; Prof. Dr. Matthias Müller; Dr. Klaus Valeske; Prof. Dr. Hakan Akintürk

Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH Standort Gießen

Einleitung: Bei der üblicherweise vom arteriellen Pumpenminutenvolumen (PMV) abhängigen passiven Hämofiltration ohne Pumpe (prae-/post-Oxygenator) ist zu Beginn und zum Ende der Filtration eine Anpassung des PMV bzw. Druckes notwendig. Sind diese Anpassungen bei Systemen adulter Patienten mit + 5–15 % PMV fast vernachlässigbar, werden diese auch bei Erwachsenen während selektiver Kopfperfusion relevanter und können zu deutlichen Fluss- bzw. Druckschwankungen führen. Dieses steigert sich bei der Perfusion von Neugeborenen auf 130–180 % des Ausgangs-PMV und kann bei selektiver Kopf- oder Kopf- und Koronarperfusion auf Werte von 200–300 % steigen. Durch dieses Verhältnis von Hämofilter- zu Patientenfluss (2:1 bzw. 3:1) müssen Flussreduktion und Abklemmen der Hämofilterlinie absolut zeitgleich erfolgen. Nur so können kurzfristige Druckabfälle bzw. -spitzen im perfundierten Teilkreislauf mit Auswirkungen auf die Patienten verhindert werden. Nach Risikoanalyse dieser klassischen Methode ist eine routinemäßige Durchführung der Hämofiltration während dieser Phasen der Neugeborenenperfusion nicht zu verantworten. Wir berichten über eine Konstruktion, die die Hämofiltration vom PMV entkoppelt und somit zu jedem Zeitpunkt der Perfusions- und Operationsphase annähernd risikofrei durchgeführt werden kann.

Methoden: Mit Hilfe einer zusätzlichen Mastpumpe (S5, LivaNova, München, Deutschland) wird das Blut patientenseits aus der venösen Linie entnommen und aktiv durch den Hämofilter reservoirnah wieder in dieselbe Linie, bzw. direkt in das Reservoir mittels „High-Flow“-Dreiweghähnen zurückgeführt. Dieser Parallelkreislauf wird drucküberwacht und im Regelbetrieb als Slave im Master/Slave-Modus mit der arteriellen Pumpe zusätzlich mit der Niveausteuerng abgesichert.

Ergebnisse: Der Aufbau ermöglicht eine annähernd risikofreie Durchführung der Hämofiltration während jeder Phase der Perfusionsführung. Selbst während der Entwöhnung vom Bypass ist eine weitere Konzentration des Patientenblutes möglich. Druck- und Flussschwankungen bzw. Volumenverschiebungen konnten ausgeschlossen werden.

Diskussion: Die sichere und vom PMV unabhängige Durchführung der Hämofiltration zu jedem Zeitpunkt und zu jeder Phase der Operation vermeidet unnötige Druck -bzw. Flussschwankungen bei den Patienten. Weiterhin werden die Varianz des Hämoglobingehaltes und damit einhergehende rheologische Veränderungen so gering wie möglich gehalten, bzw. diese lückenlos gesteuert und kontrolliert.

Der neue Weg der „maßgeschneiderten“ Perfusion

Dipl.-Ing. Mesfin Amha¹; Johannes Tauber¹; Dr. Daniel Biermann¹; PD Dr. Jörg Siegmar Sachweh¹; Gerhard Stockinger¹; Christian Sehn¹; Dr. Leonie Schulte-Uentrop²; PD Dr. André Ruffer¹

¹ Universitäres Herzzentrum Hamburg GmbH (UHZ); ² Universitätsklinikum Hamburg Eppendorf

Einleitung: So vielfältig wie angeborene Herzfehler sind Alter, Gewicht und Größe der Patienten, die einer kinderherzchirurgischen Operation zugeführt werden. Insbesondere junge Patienten neigen aufgrund ihrer großen Körperoberfläche zu Störungen ihres Elektrolyt- und Wasser-Haushalts. In unserem Zentrum erfolgte kürzlich eine Modifikation der Herz-Lungen-Maschine zur sensiblen körperoberflächenadäquaten Anpassung des Primings. Das Ziel dabei ist bereits bei Säuglingen sowohl beim Füllen der Schlauchkomponente als auch bei der gesamten Perfusion ein Verzicht auf den Einsatz von Blutprodukten.

Methode:

1. Optimale Auswahl des Oxygenators, des Schlauchdurchmessers, des Hämofilters sowie der Vent-Systeme
2. Positionsanpassung der Pumpen um den Oxygenator, um den Abstand zwischen dem Kardiotomiereservoir und der Sauerpumpen so gering wie möglich zu halten.
3. Verkürzte Wege: Positionierung der Rollerpumpen in unmittelbarer Nachbarschaft zum OP-Tisch

Ergebnis: Bei Säuglingen und Kleinkindern der Gewichtsgruppe 5–13 kg konnte das Verhältnis des statischen Füllvolumens zu Blutvolumen auf 22 % reduziert und abhängig vom Ausgangs-Hb über die gesamte Perfusionszeit und darüber hinaus auf Blutprodukte gänzlich verzichtet werden. Für die Gewichtsgruppe von 13–28 kg wird ein neuer Oxygenator eingeführt, womit die Flussrate vom 2,5 l/min auf 2,8 l/min erweitert wurde, bei gleichzeitiger Reduzierung des Füllvolumens um 6 % auf 283 ml. Für Gewichtsgruppe von 25–72 kg werden zwei Systeme eingeführt. Somit konnte das Füllvolumen vom 820 ml um 48 % bzw. 41 % auf 425 ml bzw. 480 ml herabgesetzt werden.

Das Füllvolumen des Aortenwurzel-Vents bei Neugeborenen wurde um 67 % auf 20 ml, bei Säuglingen und Kleinkindern um 45 % auf 20 ml und bei Kindern um 75 % auf 20 ml gesenkt.

Die geeignete Auswahl von Hämofiltern und Hämofilter-Schlauchkomponenten macht die Reduzierung des Füllvolumens bei Neugeborenen um 69 % auf 34 ml, bei Säuglingen und Kleinkindern um 67 % auf 36 ml sowie bei Kindern um 60 % auf 44 ml möglich.

Schlussfolgerung: Durch die neuen Maßnahmen ist es möglich, sogar bei Neugeborenen sowie zum größten Teil bei Säuglingen gänzlich auf Blutprodukte zu verzichten und somit mögliche Risikofaktoren erheblich zu reduzieren. Hierbei spielt die Wahl des Oxygenators, der Hämofilter- und Vent-Systeme, die Länge und der Durchmesser der Schlauchsysteme für jeden einzelnen Patienten sowie die optimale Position der HLM zum Operationsgebiet eine große Rolle.

Casereport: Timeline einer mechanischen Kreislaufunterstützung

M. Sc. Frank Münch; M. Sc. Nicola Kwapil; Dr. Robert Blumauer; Dr. Ariawan Purbojo; Dr. Michela Cuomo; Prof. Dr. Robert Cesnjevar

Universitätsklinikum Erlangen, Kinderherzchirurgie

Einleitung: Für Patienten mit Myokarditis ist die Herztransplantation als lebensverlängernde Maßnahme eine mögliche Therapieoption. Oft ist es möglich, diese Patienten pharmakologisch gut zu stabilisieren und ohne Herztransplantation in das häusliche Umfeld zu entlassen. Für herzinsuffiziente Patienten, die auf eine medikamentöse Therapie nicht adäquat oder zu spät anschlagen sind Herzunterstützungssysteme das Mittel der Wahl. Aus der klinischen Erfahrung heraus erholen sich die meisten Patienten spätestens nach 6–9 Monaten am Unterstützungssystem von einer Myokarditis.

Material und Methoden: Ein 19 Monate altes 11 kg schweres Kleinkind mit einer fulminanten Myokarditis, wurde im kardiogenen Schock aufgenommen. Bei einem NT-pro BNP von 35.249 pg/ml wurde unter Reanimation eine ECLS (LT 2400, Fresenius, Germany) mit zentraler Kanülierung angeschlossen.

Ergebnisse: Am ECLS System stieg die CK auf 8845 U/L, woraufhin ein Hämoabsorber (Cytosorb 300, Cytosorbents, Germany), an das System angeschlossen wurde. Nach Bestätigung der Verdachtsdiagnose erfolgte 56 h später die geplante Implantation eines parakorporalen linksventrikulären Herzunterstützungssystems (LVAD; 25 ml Kunstventrikel; Berlin Heart, Germany). Der Einsatz eines RVAD konnte durch Modifikation der LVAD-Einstellungen und einer erhöhten Katecholamintherapie sowie maximaler Nachlastsenkung vermieden werden. Es folgte eine echokardiographisch gesteuerte, schrittweise Änderung der LVAD-Einstellungen über 5 Tage. Die Anpassung der Gerinnungstherapie folgte dem von Berlin Heart vorgeschlagenen Rahmen. Die schnelle Mobilisation des Kleinkindes konnte durch eine Kindersitzapplikation auf einem Offroad-Transportwagen, für den über 120 kg schweren IKUS Antrieb, vorgenommen werden. Nach 104 Tagen Organerholungszeit folgte ein systematisches Weaning vom LVAD-System und schließlich dessen Explantation.

Diskussion: Ein patientenorientierter, kardiotechnischer Support intensivpflichtiger Patienten mit begleitender Frühmobilisation fördert die rasche Organerholung und minimiert die notwendige Intensivbehandlung unter Umständen von mehreren Wochen auf wenige Tage, was Personalressourcen schont und Kosten minimiert.

EKZ I: Grundlagenforschung hautnah

Zeitgerechte ECMO-Implantation senkt die Mortalität nach Bypass-Operation in Patienten mit akutem Myokardinfarkt

PD Dr. Georg Daniel Duerr¹; Dr. Marwan Hamiko¹; PD Dr. Maximilian Scherner²; Dr. Ingo Slottosch²; Dr. Rolf Fimmers¹; Prof. Dr. Thorsten Wahlers³; Prof. Dr. Christian Putensen¹; PD Dr. Fritz Mellert¹; Prof. Dr. Hendrik Treede¹; Prof. Dr. Oliver Dewald¹

¹ Universitätsklinikum Bonn; ² Universitätsklinikum Magdeburg; ³ Universitätsklinikum Köln

Ziele: Patienten mit akutem Myokardinfarkt (AMI) haben ein hohes perioperatives Risiko bei aortokoronarer Bypass-Operation (CABG). Das postoperative Resultat ist trotz vermehrter Nutzung von extrakorporaler Membran Oxygenation (ECMO) schlecht. Wir haben den Einfluss des Timings der Herz-Kreislaufunterstützung durch ECMO in diesen Patienten untersucht.

Methoden und Ergebnisse: In dieser retrospektiven Doppelzentrumstudie haben wir 201 Patienten mit AMI nach CABG untersucht. Die Patienten wurden entsprechend der Verwendung bzw. des Timings der ECMO-Therapie in folgende Gruppen unterteilt: „No-ECMO“ (n = 101), präoperative ECMO („pre-ECMO“, n = 6), intraoperative ECMO („ECC-ECMO“, n = 67) und postoperative ECMO („post-ECMO“, n = 27). Wir untersuchten den Einfluss des Timings der ECMO-Unterstützung auf die postoperative Mortalität, Organfunktion und die Länge des Krankenhausaufenthaltes, und verglichen diese Daten mit prädiktiven Daten aus verschiedenen ICU- und ECMO-bezogenen Risikoscores. Post-ECMO Patienten zeigten das geringste 30-Tage-Überleben (40,7 %), während früherer ECMO-Beginn mit einem besseren Outcome vergesellschaftet war (50,7 % in ECC-ECMO- und 66,7 % in pre-ECMO-Patienten). Bei Aufnahme zeigten nur pre-ECMO- und ECC-ECMO-Patienten erhöhte Operations- und ICU-bezogene Risikoscores. Ein erster signifikanter Laktatanstieg (>4 mmol/l) wurde bereits präoperativ in pre- und ECC-ECMO-Patienten festgestellt, während ein solcher in post-ECMO-Patienten erst eine Stunde postoperativ zu erkennen war. Bilirubin war in allen Patienten erhöht, und sein erster Abwärtstrend zeigte sich bereits nach 3 bzw. 12 Tagen in pre- und ECC-ECMO-Patienten, aber erst nach 18 Tagen in post-ECMO-Patienten. Verschiedene ICU-Risikoscores konnten die Überlebenswahrscheinlichkeit in diesen Patienten nicht korrekt vorhersagen. Nur der ECMO-bezogene SAVE-Score gab korrekte Hinweise auf das signifikant geringere Überleben in post-ECMO-Patienten.

Schlussfolgerung: Unsere Studie zeigt, dass eine zeitnahe ECMO-Unterstützung in AMI nach CABG mit einem früheren Bilirubin-Abwärtstrend und signifikant besserem 30-Tage-Überleben assoziiert war. Ein Laktatanstieg >4 mmol/l scheint ein hilfreicher Parameter im Entscheidungsprozess für zeitgerechten Einsatz der ECMO bei diesen Patienten zu sein.

Entwicklung einer innovativen Kardioplegielösung für die Koronar-Chirurgie in Kombination mit dem minimalextrakorporalen Kreislauf-System (MiECC)

M. Sc. Bejtush Rrahmani

Universitätsspital Basel

Ziel: Zur Verbesserung der postoperativen Ergebnisse nach koronaren Bypass-Operationen (CABG) haben wir das Myokard-Protection-System (MPS) mit dem minimalen extrakorporalen Zirkulationssystem (MiECC) und einer konzentrations- und volumenabhängigen Kardioplegielösung kombiniert und analysiert.

Methode: Seit Mai 2017 setzen wir die Kombination von MPS und MiECC für isolierte CABG ein. Der diastolische Herzstillstand wird mittels warmer Blutkardioplegie induziert. Dieses Microplegieprotokoll ist eine modifizierte Form der Calafiore Kardioplegie.

Initial wird 4 min lang mit einer Dosis von 20 mEq/l Kalium (K) als Arrestmedikament, sowie 1,6 g/l Magnesium (Mg) und 40 mg Lidocain als Additivmedikation gearbeitet. Damit wird der gewünschte dauerhafte diastolische Herz-Stillstand erreicht. Zur Erhaltung des Stillstandes wird alle 20 min die Microplegiegabe für 2 min wiederholt und die Wirkstoffdosis dynamisch angepasst. Die Daten wurden prospektiv erhoben.

Ergebnisse: Bis Dezember 2017 erhielten 80 Patienten (14 Frauen (17,5 %), mittleres (Standardabweichung, SD) Alter 66,7 (8,4 Jahre)) eine Bypass-OP. 90 % (n = 72) hatten eine Dreifäß-koronare-Herzkrankheit und bei 31 % (n = 25) war eine linke Hauptstammstenose vorhanden. Die Mehrheit der Patienten erhielt 4 oder mehr distale Anastomosen (4: n = 34 (43 %); 5: n = 15 (19 %)). Die mittlere (SD) Aortenklemmzeit und die extrakorporale Perfusionszeit lagen bei 67,5 (22,6) bzw. 101,1 (31,9) min. Die 30-tägige Mortalität betrug 0 % (n = 0). Das hochsensitive kardiale Troponin T (hs-cTnT) war Median (IQR) am ersten postoperativen Tag (POD) 262 (194; 402) ng/L und Median (IR) Peak hs-cTnT war 264 (194; 402) ng/L. Der Kreatinkinase-Myokardtyp (CK-MB) im Median (IR) am ersten POD war 14,2 (10,5; 22,7) µg/L und der Median Peak CK-MB war 14,2 (10,7; 23,2). Die Kreatinkinase (CK) betrug Median (IR) am ersten POD und der Median (IR) Peak CK waren 517,5 (389,3; 849,8) U/L und 597,5 (455; 943).

Fazit: Die kombinierte Anwendung dieser Microplegielösung mit MPS und MiECC bei CABG ist sicher und durchführbar. Mit angepasster Konzentration der Medikamente konnte der diastolische Herzstillstand zuverlässig erreicht und dauerhaft gehalten werden. Nennenswert niedrige postoperative Enzymwerte deuten auf einen sicheren Schutz des Myokards während der Operation hin.

Qualitätsverbesserung durch Waschen von gelagerten Erythrozyten-Konzentraten

M. Sc. Nicola Kwapil¹; Prof. Dr. Matthias Kohl²; Prof. Dr. Robert Cesnjevar¹; Jutta Stein¹; Prof. Dr. Folker Wenzel²; M. Sc. Frank Münch¹

¹ Universität Erlangen-Nürnberg; ² Hochschule Furtwangen University

Einleitung: Die Transfusion von Erythrozytenkonzentraten (EK) ist mit Nebenwirkungen assoziiert, welche durch die fremden Erythrozyten und deren Lagerungsschäden hervorgerufen werden. Bedingt durch die unphysiologische Lagerung besteht gestörte Zellfunktion, mit eingeschränktem Metabolismus. Der Einsatz einer Maschinellen Autotransfusion (MAT), welches in vielen Krankenhäusern verfügbar ist, könnte diese Effekte minimieren. Ziel der vorliegenden Studie war es, die Qualität der gelagerten EK vor der Transfusion zu verbessern. Einflüsse der verwendeten Waschlösung auf die einzelnen Erythrozyten wurden analysiert. Der sekundäre Endpunkt untersuchte, inwieweit das gesetzliche Zeitfenster bei der Lagerung unter Raumtemperatur von 6 h auf 10 h erweiterbar ist.

Material und Methoden: In der vorliegenden Studie wurden 30 EKs mittels MAT-Gerät (Xtra, LivaNova, Mirandola) gewaschen. Der Goldstandard 0,9 % physiologische Kochsalzlösung (n = 15; NaCl-Gruppe; B. Braun, Melsungen) wurde mit einer 4 mmol/l kaliumhaltige Hämofiltrationslösung (n = 15; HF-Gruppe; Duosol, B. Braun, Melsungen) verglichen. In einer Subgruppenanalyse erfolgte eine weitere Differenzierung bezogen auf die Lagerdauer der EKs (7, 14, 37 Tage). Messproben wurden aus dem gelagerten EK (M1), nach der MAT-Waschung (M2) und nach 10 h Lagerung im „neuen“ Lagermedium bei Raumtemperatur (M3) genommen. Es wurde auf ATP, Laktat, Elektrolyte getestet.

Ergebnisse: Die ATP-Konzentration über alle Gruppen nimmt unabhängig von der Waschlösung durch die MAT-Waschung von M1 zu M2 signifikant zu (n = 30; M1 vs. M2: $3,1 \pm 0,7$ vs. $3,8 \pm 0,7$ $\mu\text{mol/gHb}$; $p < 0,05$). In der Gruppe der 37 Tage alten EKs nimmt die ATP-Konzentration in der HF-Gruppe im Verhältnis zur NaCl-Gruppe signifikant zu (M2 vs. M3: $3,7 \pm 0,4$ vs. $4,0 \pm 0,5$ $\mu\text{mol/gHb}$; $p < 0,05$). Durch die MAT-Waschung wird die Kalium- und Laktat-Konzentration in allen Gruppen signifikant reduziert $p < 0,05$.

Diskussion: Die MAT-Behandlung von EKs verbessert die Qualität der Erythrozyten-Konzentraten. Das Waschen mit einer Hämofiltrationslösung führt zu einer physiologischeren Elektrolytzusammensetzung im Retransfusionsbeutel. Selbst bei 10h Lagerung eines 37 Tage alten EK ist die Qualität der Erythrozyten nach MAT mit Duosol nicht schlechter als bei einem frischen EK.

In-silico-Studie der Einflüsse der kontundierenden Geometrie auf die Blutströmung hinter einer Schlauchklemme

M. Sc. Jan Wüst¹; Dipl.-Ing. Markus Bongert¹; Prof. Dr. Marius Geller¹; Prof. Dr. Justus Strauch²; Dr. Dirk Buchwald²

¹ Fachhochschule Dortmund; ² Berufsgenossenschaftliches Universitätsklinikum Bergmannsheil gGmbH

Einleitung: Bei den neueren ECMO-Verfahren (V-VA ECMO) kommen häufig nur einfache Schlauchklemmen zum Einsatz. Diese sind zwar geeignet, um Wasser und andere Fluide zu regulieren, jedoch ungeeignet für Blut mit seinen besonderen Eigenschaften. Die Verminderung des Schlauchquerschnitts verursacht Strömungsverhältnisse, welche zu erhöhten Wandschubspannungen und somit zur Hämolyse des Bluts führen können. Die Rezirkulation des Bluts direkt hinter den Klemmen kann dort zusätzlich Thrombenbildung begünstigen. Ziel dieser Studie ist die Analyse der vorhandenen Strömungsverhältnisse zur Entwicklung einer optimierten Schlauchklemme mit minimaler Bluttraumatisierung.

Material und Methoden: Die Entwicklung der Schlauchklemme erfolgt simulationsgestützt. Zur Analyse verschiedener Konstruktionen wird eine 1-Wege-Fluid-Struktur-Interaktion Simulation mit Hilfe der Simulationssoftware ANSYS durchgeführt. Dabei werden das Materialverhalten und die Fluideigenschaften von Blut berücksichtigt. Eine zeitabhängige Simulation ermöglicht die Auswertung des Strömungsverhaltens auch während des Quetschvorgangs. Eine optimierte Variante der Schlauchklemme wird anschließend mit der Standardschlauchklemme verglichen.

Ergebnisse: Das Ergebnis der Strömungssimulation der Standardvariante zeigt eine starke Verwirbelung des Blutes direkt hinter der Klemme. Die daraus entstehende Rezirkulation des Blutes kann zur Thrombenbildung führen. Außerdem sind erhöhte Schubspannungen zu erkennen, welche zur Hämolyse führen können. Daraufhin ist die Schlauchklemme so variiert worden, dass der blutführende Schlauch auf einer Länge von 100 mm abgeklemmt wird. Zur Vermeidung von abrupten Querschnittsänderungen sind die Flanken der Klemme angeschrägt worden. Bei der neu entwickelten Variante sind deutlich weniger Verwirbelungen zu beobachten. Auch die Wandschubspannungen fallen um 44 % geringer aus.

Diskussion: Die Untersuchung der Strömungsverhältnisse zeigt deutliche Unterschiede zwischen der einfachen und der neu entwickelten Schlauchklemme. Die neue Klemme beeinflusst die Strömungsverhältnisse positiv. Anhand der Simulationen ist zu erkennen, dass eine Klemmung des Schlauchs auf einer Länge von mindestens 100 mm und eine Steigung der Flanken von maximal 10° vorteilhafte Auswirkung hinsichtlich der Bluttraumatisierung haben. Weitere Untersuchungen und Anpassungen der Geometrie sind notwendig, um eine Regulierung des Blutvolumenstroms ohne Gefahr einer Thrombenbildung oder Hämolyse zu ermöglichen.

EKZ II

Infektionsquelle Hypothermiegerät – eine Lösung nimmt Gestalt an!

Dipl.-Ing. Markus Bongert¹; M. Sc. Jan Wüst¹; Prof. Dr. Marius Geller¹; Prof. Dr. Justus Strauch²; Dr. Dirk Buchwald²

¹ Fachhochschule Dortmund; ² Berufsgenossenschaftliches Universitätsklinikum Bergmannsheil gGmbH

Einleitung: Hypothermiegeräte werden nicht nur bei herzchirurgischen Eingriffen sondern auch in der ECMO-Therapie häufig eingesetzt, um die Bluttemperatur der Patienten zu regulieren. Aus der Herzchirurgie ist bekannt, dass die Wasserkreisläufe von HCU's bakteriell verunreinigt sein können und unter widrigen Umständen zu einer nosokomialen Infektion des Patienten führen können.

Die Zugabe von chemischen Desinfektionsmitteln zum Wasser von HCU's ist problematisch. Zudem entwickelt sie sich aufgrund des erforderlichen Material- sowie Personaleinsatzes zunehmend zu einem Kostenfaktor.

Material und Methoden: Ziel dieses vom Land NRW geförderten Forschungsprojektes ist sowohl die Entwicklung eines automatisierten Gerätes zur Desinfektion von Wasser in HCU's als auch der Nachweis dessen Wirksamkeit. Das Gerät beinhaltet eine Reaktionskammer und basiert auf Ozon, dessen antimikrobielle Eigenschaften bekannt sind. Um zu verhindern, dass Ozon mit den Komponenten von HCU's in Berührung kommt, wird das Wasser anschließend mit UV-Licht (254 nm) bestrahlt. Zwei Bypässe und Ozonsensoren garantieren eine vollständige Beseitigung des Restozons. Die Wirksamkeit des Gerätes wird durch Versuchsreihen mit dem Ersatzkeim *Pseudomonas aeruginosa* geprüft.

Ergebnisse: Das Gerät ermöglicht die Auswahl eines breiten Spektrums von Ozonkonzentrationen und Expositionszeiten. In den bisherigen Versuchsreihen konnte sowohl gezeigt werden, dass mit einer Behandlungszeit von nur einer Stunde eine Reduzierung der Keimzahl auf Trinkwasserqualität erreicht werden kann, als auch, dass die Selbstreinigung zu Beginn sowie im Standby-Modus effektiv durchgeführt werden kann.

Diskussion: Der Wasserqualität in den HCU's als potenzielle Infektionsquelle muss unabhängig vom Einsatzort Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Der Proof-of-Concept zeigte eine hervorragende Desinfektionswirkung bei gleichzeitiger Beseitigung von überschüssigem Ozon auf Trinkwasserniveau. Die Anzahl der Indikatorbakterien im Wassertank des Dummy HCU konnten bereits nach 30 min um ca. 98 % reduziert werden. Weitere Experimente mit einer länger anhaltenden Desinfektion sind derzeit in Arbeit.

Damit ist der Grundstein gelegt, um gemeinsam mit der Industrie einen Prototyp zu entwickeln, der als automatisiertes, benutzerfreundliches Zusatzgerät für HCU's konzipiert ist. Dazu ist eine Förderung durch das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) des Bundes beantragt worden.

Worum geht es bei AAMI: Entschlüsselung der Sauerstoffübertragungsdiagramme in Membranoxygenatoren

Carole Hamilton

Schoen Klinik Vogtareuth/Life Systems Medizintechnik-Service GmbH

Einführung: Vor der Markteinführung werden alle Membranoxygenatoren entsprechend den Standards der Association for Advancement of Medical Instrumentation (AAMI) getestet. Die Standards stellen sicher, dass Geräte gleichermaßen getestet werden, bewerten die Effizienz des Geräts und ermöglichen den Vergleich verschiedener Geräte. Jeder Hersteller verwendet diesen Standard, um den maximalen Blutfluss zu bestimmen und diesen an den Kardiotechniker weiterzuleiten, der das Gerät verwendet.

Die Oxygenatoren Medtronic Fusion, Terumo FX 25 und Terumo FX15 gemäß den nach den AAMI-Standards bereitgestellten Informationen referenziert und in einer klinischen Bewertung unter Verwendung der korrigierten FiO_2 -Oxygenator-Leistungsmethode verglichen (1).

Materialien und Methoden: Die O_2 -Übertragungsdiagramme aus dem Benutzerhandbuch wurden kopiert und ausgewertet. Jeder Membranoxygenator ($n = 20$) wurde klinisch untersucht. Die statistische Analyse wird als lineare Trendlinie mit zwei Parametern ($x = c\text{FiO}_2$; $y =$ Sauerstofftransfer in mlO_2/min) für den Achsenabschnitt dargestellt.

Ergebnis: Alle 3 Oxygenatoren zeigten während der CPB eine angemessene Leistung. Gemäß den Abbildungen in der Herstellerbroschüre hat der Medtronic Fusion einen Maximalblutfluss von 7 L/m und einen O_2 -Transfer von $420 \text{ ml}/\text{min}/\text{m}^2$, der Terumo FX25 einen Maximalblutfluss von 8 L/m und einen O_2 -Transfer von $510 \text{ ml}/\text{min}/\text{m}^2$, und der FX15 hat einen Maximalblutfluss von 5 L/m und einen O_2 -Transfer von $360 \text{ ml}/\text{min}/\text{m}^2$.

Klinische Prüfungen: die Medtronic Fusion als auch die Terumo FX25 zeigten einen maximalen O_2 -Transfer von $415 \text{ ml}/\text{min}/\text{m}^2$. Der Terumo FX15 zeigte einen maximalen O_2 -Transfer von $225 \text{ ml}/\text{min}/\text{m}^2$.

Zusammenfassung: Der Grund für die Abweichung zu den im Herstellerhandbuch angegebenen Diagrammen basiert auf den Bereich, auf den sich die AAMI-Standards beziehen. Testbedingungen unter Verwendung der unteren Grenze von Hämoglobin und höherer Venensättigung weisen bei jedem Blutfluss höhere paO_2 -Werte auf als Testbedingungen unter Verwendung des höheren Hämoglobins und niedrigere Venensättigungen, bei denen es bei jedem Blutfluss niedrigere paO_2 -Werte gibt aufgrund der höheren Testeinstellungen.

Obwohl der Blutfluss am häufigsten bei der Auswahl der maximalen Grenze des Oxygenators verwendet wird, ist es wichtig, die maximale O_2 -Übertragung zu kennen, damit klinisch genaue Entscheidungen getroffen werden können.

"Murphys Law" während ECMO: Eine Entscheidungsmatrix zur Fehlersuche in komplexen Systemen

Harald Keller; B. Sc. Marcus Hermann; Prof. Dr. Thomas Walther

Universitätsklinikum Frankfurt THG

Einleitung: ECMO-Therapie ist ein komplexes Verfahren zur Unterstützung und Erhaltung der Lungen- und / oder Herz-Lungenfunktion in der Intensivmedizin. Das Personal der Intensivstationen wird in regelmäßigen Zeitintervallen von klinischen Perfusionisten am ECMO-System geschult und trainiert. In der Regel sind diese Schulungen Geräteeinweisungen, ohne näher auf die speziellen Problematiken des Therapieverlaufes eingehen zu können. Mögliche Fehlerquellen werden dabei angesprochen, bleiben aber nur selten dem Anwender in Erinnerung.

Material und Methoden: Einweisungen an der ECMO finden regelmäßig an einem mit NaCl gefüllten System statt. Dabei werden die wesentlichen Komponenten der Hardware und des Einmalmaterials vorgestellt. Pflegekräfte und Ärzte müssen diese Einweisungen absolvieren, bevor sie einen Patienten mit ECMO betreuen. Zusätzlich steht jedem Mitarbeiter ein klinikinternes Handbuch mit allen Aspekten zur ECMO-Anwendung zur Verfügung. Diese Maßnahmen allein reichten nicht aus, den Anwender auf mögliche, plötzlich auftretende Fehlfunktionen der ECMO vorzubereiten. Durch die Bereitstellung einer Entscheidungsmatrix in Form einer Grafik ist der Anwender nun in der Lage, den Fehler zu erkennen und zu beheben.

Ergebnis: Mit der Bereitstellung einer Entscheidungshilfe in Form einer Matrix für den Anwender wurde die Wissenslücke zwischen Geräteeinweisung und speziellen Anforderungen in der ECMO-Therapie geschlossen. Die Matrix dient dem schnellen Erkennen von Fehlerquellen während dieser komplexen Therapieform durch eine übersichtliche Grafik, in die Exzerpte aus 20 Jahren ECMO-Expertise eingeflossen sind.

Diskussion: Klinische Perfusionisten steuern mit der Herzlungenmaschine das Herzzeitvolumen, den Säurebasenhaushalt und die Vitalfunktionen des Patienten während der Herzoperation. Zu keinem Zeitpunkt verlassen sie den Arbeitsplatz Herzlungenmaschine. Anders verhält es sich, wenn ein lebenserhaltendes System in Form einer ECMO auf einer Intensivstation zum Einsatz kommt. Perfusionisten stellen das System in technisch fehlerfreiem Zustand zur Verfügung. Nach Anschluss an den ECMO-Kreislauf geht die Verantwortung für das System auf andere Berufsgruppen über. In der Regel beschränken sich Perfusionisten im weiteren Therapieverlauf auf ECMO-Visiten und Transportbegleitung. Treten Fehler am System auf, braucht der Anwender vor Ort ein Instrument, das ihn in die Lage versetzt, diese Fehler zu interpretieren und weitere Maßnahmen zu ergreifen.

Rhythmustherapie

Schrittmacherabhängigkeit nach Transkatheter-Aortenklappenimplantation

Dritan Useini¹; Dr. Hildegard Christ²; Dr. Zulfugar Taghiyev¹; PD Dr. Peter-Lucas Haldenwang¹; Dipl.-Ing. Krzysztof Klak¹; Dr. Dirk Buchwald¹; Prof. Dr. Matthias Bechtel¹; Prof. Dr. Justus Strauch¹

¹ Universitätsklinik für Herz- und Thoraxchirurgie, Bergmannsheil Bochum; ² University Cologne

Einleitung: Die Notwendigkeit einer Schrittmacherimplantation aufgrund von Rhythmusstörungen, die nach einer Transkatheter-Aortenklappenimplantation (TAVI) auftreten ist einer der häufigsten Komplikationen. Bisher ist völlig unklar, welches Erholungspotenzial diese Rhythmusstörungen im Verlauf haben. Das Ziel dieser Arbeit war zu untersuchen, ob die Patienten schrittmacherabhängig bleiben oder ob sich der Rhythmus im Laufe der Zeit erholt.

Methoden: In der Zeit von 02/2014 bis 03/2018 erfuhren in unserer Klinik 144 Patienten mit hochgradiger Aortenklappenstenose eine TAVI unter Verwendung der Edwards SAPIEN 3 Klappe. Die Patienten mit Schrittmacher in der Vorgeschichte wurden ausgeschlossen. Insgesamt 16 Patienten erhielten einen Schrittmacher post TAVI. Bei 14 von 16 Patienten konnte ein Follow-up durchgeführt werden. Die mittlere Follow-up-Zeit betrug 14,3 Monate. Es wurden die Schrittmacherabfragungen und die Langzeit EKGs der Patienten analysiert. Der Endpunkt der Studie war der Prozentsatz des Ventrikelpacings (VP) der letzten Schrittmacherabfragung. Ein Pacing-Satz von $\geq 50\%$ wurde als signifikant erachtet.

Ergebnisse: Die Schrittmacher-Rate nach TAVI mit SAPIEN 3 war 12,6 %. Indikationen für eine Schrittmacherimplantation waren: kompletter atrioventrikulärer Block (KAVB) 10 von 14 Patienten (71,4 %), Linksschenkelblock (LSB) mit begleitender persistierender Bradykardie (BK) 2 von 14 Patienten (14,2 %) und Sick-Sinus-Syndrom (SSS) mit Sinus Arrest (SA) 2 von 14 Patienten (14,2 %). 9 von 10 Patienten mit KAVB zeigten in der letzten Schrittmacherabfragung einen signifikanten Prozentsatz des Ventrikelpacings ($>96\%$). Bei den Patienten mit LSB und BK und Patienten mit SSS und SA wurde kein signifikanter Prozentsatz des Ventrikelpacings registriert.

Diskussion: Die Schrittmacher-Rate nach TAVI mit SAPIEN 3 bleibt hoch. KAVB ist die häufigste Rhythmusstörung nach TAVI, die einer Schrittmacherimplantation bedarf. Unsere Ergebnisse legen nahe, dass die Patienten, die post-TAVI einen Schrittmacher wegen KAVB erhalten, benötigen dessen Unterstützung auch spät postoperativ.

EKZ III: VAD/RVAD/ECLS Herzkreislaufunterstützung Intensivmedizin

Langzeit ECLS-Therapie bei einem jungen Patienten mit restitutio ad integrum

Dr. Matthias Endlich; Prof. Dr. Richard Feyrer

Bundeswehrzentral Krankenhaus Koblenz

Einleitung: Wir präsentieren den Fall eines 39-jährigen Patienten mit Myokarditis und ARDS bei septisch-kardiogenem Schock und Pneumonie.

Hauptteil: Der Patient wurde mit der auswärtig gestellten Diagnose eines ARDS mit septischem Schock bei Pneumonie zu uns verlegt. Bei Aufnahme auf die Intensivstation war der Patient instabil mit hochdosierter Katecholamintherapie (Noradrenalin 5,5 mg/h und Suprarenin 2,0 mg/h), RR 70/34 mmHg. In der arteriellen BGA fand sich: pO₂ 50, pCO₂ 140, Lac 85, pH 7,00 bei FiO₂ 1,0. Das durchgeführte TEE zeigte eine höchstgradig eingeschränkte LV-EF von 10 % mit mittel- bis höhergradiger Trikuspidal- und Mitralklappeninsuffizienz. Das primäre Therapiekonzept der veno-venösen ECMO-Implantation wurde verworfen und bei Myokarditis mit kardiogenem Schock ein veno-arterielles ECLS-System implantiert. Die Kanülierung erfolgte offen über die rechte Arteria subclavia und die linke Vena femoralis in Seldinger Technik. Der Patient wurde während der ECLS-Implantation reanimationspflichtig mit Erreichen einer stabilen Hämodynamik nach Implantation. Die ausgiebige mikrobiologische Diagnostik erbrachte nur den Nachweis von vergrünenden Streptokokken in der BAL. Das Katecholaminregime wurde um Levosimendan und Vasopressin ergänzt und eine Rotarest-Lagerungstherapie begonnen. Nach sechs Tagen verschlechterte sich die Oxygenierung, zur Behebung bzw. Vorbeugung eines Harlekin-Syndroms wurde eine weitere venöse Zuflusskanüle in die linke Vena jugularis eingelegt. Bei zu erwartendem Langzeitverlauf wurde eine Tracheotomie durchgeführt. Im weiteren Verlauf besserte sich die kardiopulmonale Situation deutlich, so dass am 41. Liegetag mit dem ECLS-Weaning begonnen wurde. Am 43. Tag erfolgte der ECLS-Ausbau. Der weitere Verlauf verzögerte sich wegen rezidivierenden pneumonischen Schüben, fulminantem Delir und einer critical illness polyneuropathie deutlich. Am 73. Tag wurde der Patient wach, orientiert, intermittierend beatmet in eine neurologische Frührehabilitation entlassen. Bei Entlassung zeigte sich, bei nun katecholaminfreiem Patienten, im TEE eine LV-EF von 30 %.

Ergebnis: Im 1-Jahres-Follow-up präsentierte sich der Patient in exzellentem Zustand. Seine LV-EF beträgt 47,5 % ohne relevante Vitien und er arbeitet ab Juli 2019 wieder als Orthopäde. Dieser Fall zeigt, dass die frühzeitige ECLS-Therapie bei korrekter Diagnosestellung und kompetenter Betreuung ein gutes Therapiewerkzeug mit überschaubarem Komplikationsrisiko und guten Langzeitergebnissen darstellt.

Der septische veno-venöse ECMO-Patient

Dipl.-Ing. Maik Foltan; Alois Philipp; Dipl.-Ing. Andrea Thrum; Dipl.-Ing. Frank Schettler; Monika Gietl; Prof. Dr. Thomas Müller; Dr. Matthias Lubnow; Prof. Dr. Christof Schmid

Universitätsklinikum Regensburg

Einleitung: Die Sepsis beschreibt nach neuer Sepsis-3-Definition eine lebensbedrohliche Organdysfunktion ausgelöst durch eine fehlregulierte Patientenantwort auf eine Infektion. Dabei ist die Sepsis mit ihrer steigenden Prävalenz mittlerweile die dritthäufigste Todesursache in Deutschland und der häufigste Grund für Tod von intensivstationären Patienten. Eine akute Sepsis ist trotz Volumenapplikation durch eine Hypotonie und multiple Organstörungen gekennzeichnet. Deshalb ist der Einsatz eines ECMO-Systems zur hämodynamischen und pulmonalen Stabilisierung in Erwägung zu ziehen. Das Ziel der vorliegenden Studie war es, die Unterschiede in speziellen Laborparametern zwischen septischen und nicht septischen veno-venösen ECMO-Patienten zu eruieren.

Patienten und Methode: Von den im Zeitraum Januar 2014 bis Juni 2019 mit einer veno-venösen ECMO versorgten 386 Patienten wurden 294 pulmonale Patienten (Gruppe 1) und 76 septisch pulmonale Patienten (Gruppe 2) in die retrospektive Analyse eingeschlossen. Traumapatienten wurden nicht inkludiert.

Ergebnisse: Der Sequential Organ Failure Assessment Score (SOFA) wird zur Beurteilung von Patienten auf der Intensivstation herangezogen und beschreibt das Mortalitätsrisiko, basierend auf dem Grad der verschiedenen Organdysfunktionen. Innerhalb der beiden Gruppen zeigte sich ein signifikanter Unterschied im SOFA-Score und den, in diesem beinhalteten, Parametern, wie beispielsweise Bilirubin, Aspartat-Aminotransferase, dem Verlauf der Thrombozytenanzahl und dem Bedarf an Norepinephrin.

Die inflammatorischen Akut-Phase-Proteine IL6 und IL8 waren in Gruppe 2 signifikant ($p < 0,001$) erhöht.

Die septischen Patienten waren deutlich morbider. Dieses spiegelt sich in dem signifikant höheren SOFA-Score ($p < 0,001$) und der geringeren Krankenhausentlassungsrate der Patienten der Gruppe 2 wider. Ebenfalls waren die gemittelten ECMO-Unterstützungszeiten bei den septischen Patienten signifikant niedriger (6 [0–6] Tage versus 10 [1–195] Tage Gruppe 1). Dennoch musste bei den septischen Patienten das ECMO-System häufiger gewechselt werden.

Eine neue Strategie, um VA-ECMO INTERMACS-1-Patienten mittels Impella 5.0 zur LVAD zu überbrücken, um ECMO-Komplikationen zu reduzieren

B. Sc. Christian Schubert¹; Dr. Alexander Bernhardt²

¹ Life Systems Medizintechnik-Service GmbH; ² Universitäres Herz- und Gefäßzentrum UKE Hamburg

Einleitung: Patienten mit refraktärem kardiogenem Schock können mittels veno-arterieller extrakorporaler Membran Oxygenierung (VA-ECMO) hämodynamisch und metabolisch stabilisiert werden. Komplikationen der VA-ECMO Therapie können für eine nachfolgende dauerhafte LVAD-Therapie von Nachteil sein. Die Evaluation des rechten Ventrikels ist ebenso erschwert. Diese Nachteile könnten durch eine Therapie durch eine axilläre Impella 5.0 vermieden werden. Wir berichten über eine neue Behandlungsstrategie, um INTERMACS 1 VA-ECMO-Patienten mittels Impella 5.0 zu deeskalieren, zu mobilisieren und sie damit zur LVAD-Implantation zu überbrücken.

Methode: Die Daten der ersten sieben Patienten wurden retrospektiv analysiert. Der Implantationszeitraum war zwischen Dezember 2016 und April 2018. Das Follow-up war vollständig mit einem medianen Zeitraum von 290 Tagen.

Ergebnisse: Die Impella 5.0 wurde nach einer medianen Zeit von 9 Tagen nach VA-ECMO-Anlage implantiert. Die VA-ECMO konnte bei allen Patienten erfolgreich entwöhnt werden. 75 % der Patienten konnten bis auf Stationsebene mobilisiert werden und mündlich Nahrung aufnehmen während den Impella 5.0 Unterstützung. Allen Patienten wurde ein LVAD implantiert nach einer medianen Zeit von 15 Tagen. Ein Patient entwickelte ein Rechtsherzversagen nach LVAD-Implantation. Alle Patienten wurden aus dem Krankenhaus entlassen nach einer medianen Zeit von 37,5 Ta-gen. Im Langzeitverlauf verstarb nur ein Patient nach 190 Tagen an einem späten Rechtsherzversagen.

Zusammenfassung: Die frühe Entwöhnung von VA-ECMO mittels einer Impella 5.0 als Überbrückung zum LVAD ist eine sichere und effektive Strategie für INTERMACS 1 Patienten. Dieser Verfahrensweise minimiert Komplikationen im Zusammenhang mit der ECMO-Therapie und ermöglicht Mobilisation und Evaluation der Rechtsherzfunktion vor LVAD-Implantation.

Impella 5.0-Therapie als "bridge-to-decision" für Patienten an der ECMO mit unklarer neurologischer Prognose

Dr. Alexander Bernhardt¹; Dr. Svante Zipfel; Dr. Hanno Grahn; PD Dr. Markus J. Barten; Dr. Gerold Söffker; Prof. Dr. Stefan Kluge; PD Dr. Edith Lubos; B.Sc. Christian Schubert; B. Sc. Elrina Joubert-Hübner; Prof. Dr. Hermann Reichenspurner

¹ Universitäres Herz- und Gefäßzentrum UKE Hamburg

Hintergrund: Die Therapie mit der peripheren arterio-venösen extrakorporalen Membranoxygenierung (ECMO) hat gezeigt, dass sich das Überleben im kardiogenen Schock verbessert hat. Allerdings sind die Behandlungsoptionen für Patienten, die sich nicht entwöhnen lassen und eine unklare neurologische Prognose oder Infektionen an ECMO haben, limitiert. Die axilläre Impella 5.0 könnte diesen Patienten ausreichend Zeit geben, die neurologische Funktion zu verbessern und sie zu evaluieren, um damit Behandlungsoptionen zu haben.

Methoden: Wir haben retrospektiv 22 ECMO Patienten (mittleres Alter 56,5±10,7 Jahre) mit unklarem neurologischem Status, die nicht von der ECMO entwöhnt werden konnten und eine Impella 5.0 Implantation zwischen Januar 2016 und Juli 2018 in unserer Institution erhalten haben, evaluiert. Der neurologische Status wurde täglich durch den cerebral performance category Score und die modifizierte Rankin-Skala untersucht.

Ergebnisse: 16 Patienten (72,7 %) wurden vor ECMO Implantation reanimiert und 13 Patienten (59,11 %) hatten einen akuten Myokardinfarkt. Die mittlere Zeit an der ECMO vor axillärer Impella 5.0 Implantation betrug 9,3 ± 1,7 Tage. Alle Patienten konnten erfolgreich durch Impella 5.0 Therapie von der ECMO entwöhnt werden. Die mittlere Zeit an Impella 5.0 betrug 16,3 ± 4,7 Tage. Bei den überlebenden Patienten waren beide quantitativen Messungen der zerebralen Funktion nach 30 Tagen im Vergleich zum Ausgangswert deutlich verbessert ($p < 0,01$). Sechs Patienten (27,3 %) wurden erfolgreich zu einem dauerhaften Linksherzunterstützungssystem überbrückt. Bei neun Patienten (40,9 %) wurde die Impella aufgrund einer erholten LV-Funktion explantiert. Überleben nach 30 Tagen war 68,2 %.

Zusammenfassung: Impella 5.0 Unterstützung stellt eine gute Bridge-to-decision-Option für Patienten nach ECMO Implantation dar und führt zur direkten Entlastung des linken Ventrikels. Diese Therapie erlaubt die weitere neurologische Evaluierung und eröffnet weitere Therapiemöglichkeiten. Etwa 2/3 der Patienten überlebten mit guter neurologischer Funktion.

RVAD-Unterstützung vor Herztransplantation (HTX) in einer Failing-Fontan-Situation –ein Fallbericht

Prof. Dr. Robert Cesnjevar; Frank Münch; Dr. Ariawan Purbojo; Prof. Dr. Sven Dittrich

Universitätsklinik Erlangen

Hintergrund: Der Fontankreislauf als chirurgische Endstufe der Einkammerpalliation führt im Verlauf nicht selten zu einem schwerwiegenden Kreislaufversagen (Failing-Fontan). Die HTX als kurative Operation ist in Folge der Organknappheit oft keine realistisch verfügbare Therapieoption mehr. Chirurgische Alternativen als Überbrückung (Bridge-to-Transplant/BTT) oder Palliation (Destination-Therapy/DT) sind bisher nur in Einzelfällen beschrieben worden.

Methode: Eine 23-jährige Fontan-Patientin mit Eiweißverlust-Enteropathie wurde zur HTX gelistet. Trotz optimierter konservativer Therapie aggravierten sich die Symptome. Wässriger Stuhlgang (ca. 20 Mal am Tag), Stuhlvolumina bis zu 5 Litern und Aszites erzeugten einen starken Leidensdruck. Die Kortisontherapie führte zu osteoporotischen schmerzhaften Wirbelkörperbrüchen, so dass zur Symptomlinderung eine RVAD-Therapie angeboten wurde. Ein gut funktionierender linker Systemventrikel schien für einen isolierten RVAD-Support eine gute Voraussetzung zu sein. Der Eingriff erfolgte in der von Prêtre beschriebenen Modifikation. Zunächst wurde ein venöses Reservoir aus einer Dacronprothese hergestellt und nach Fontantakedown mit den Hohlvenen anastomosiert. Die rekonstruierte Lungenarterie wurde mit dem Outflow-Graft verbunden. Das venöse Reservoir wurde mit der Inflow-Kanüle konnektiert. Beide Grafts wurden nach extern ausgeleitet und an ein parakorporales-VAD-System angeschlossen.

Ergebnis: Die Patientin wurde nach unkomplizierter Operation am 1. post-OP-Tag extubiert und frühmobilisiert. Mit Erholung der Organfunktionen kam es zu einer deutlichen Reduktion der Symptome. Der Verlauf wurde mit Rückkehr der Regelblutung durch eine blutende Ovarialzyste kompliziert. Unter Antikoagulation kam es zu einem akuten Abdomen. Nach laparoskopischer Entlastung und Koagulation der blutenden Zyste wurde die Patientin am 87. post-op. Tag herztransplantiert. Die HTX wurde aufgrund einer hyperakuten Abstoßung nicht überlebt.

Zusammenfassung: Eine palliative RVAD-Unterstützung für Failing-Fontan-Patienten ist auch bei fortgeschrittener Symptomatik durch Reduktion der venösen Stauung möglich. Ein damit verbundenes Multiorganversagen kann auch das endokrinologische System betreffen und zu Komplikationen im Rahmen der Erholung führen. Das Outcome einer nachfolgenden HTX muss nach RVAD-Therapie vor HTX nicht verbessert sein, evtl. sollte eine solche Unterstützung bei End-Stage-Symptomatik besser als definitive Palliation (DT) erfolgen.

Sitzung des Jungen Forums der DGfK in Kooperation mit dem Jungen Forum der DGTHG

Der Einfluss der moderaten Hypothermie bei 28 °C auf die Gerinnungs- und Thrombozytenfunktion – Untersuchungen in einem In-vitro-Chandler-Loop-Modell

Daniel Rother¹; Prof. Dr. Stefan Bernhard¹; Prof. Dr. Andreas Böning²; M. Sc. Johannes Gehron²

¹ Technische Hochschule Mittelhessen; ² Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH Standort Gießen

Hintergrund: Die Hypothermie während der Aortenchirurgie verlängert durch die Abkühlung die Ischämietoleranz der Endorgane, speziell des zentralen Nervensystems. Sie erlaubt eine zeitlich begrenzte viszerale und spinale Ischämie während des distalen Kreislaufstillstandes. Zur Vermeidung neurologischer Schäden ist sie unverzichtbar, führt aber durch eine Funktionsminderung der zellulären und plasmatischen Gerinnung zur einer erhöhten Blutungsneigung. Die Funktionsminderung entsteht dabei durch die verlängerte Dauer der extrakorporalen Zirkulation, die verbundenen unphysiologischen Scherraten und die temperaturbedingt veränderte Enzymkinetik. Der singuläre Einfluss der Hypothermie kann nur in einem Modell überprüft werden.

Material und Methoden: Die Chandler-Loop ist nach DIN-ISO 10993-4 zur biologischen Beurteilung von Medizinprodukten eine rotierende und kurzgeschlossene Polymerschlauchschleife, bei der Blut unter konstanter Scherbelastung ohne Pumpensystem im temperierten Wasserbad extrakorporalen Strömungsbedingungen ausgesetzt ist. ¼"-PVC-Schlauchschleifen werden mit heparinisiertem Probandenblut befüllt und mittels Wärmetauscher im Wasserbad auf 28 °C abgekühlt, 60 min in moderater Hypothermie belassen und anschließend auf 37 °C erwärmt. Eine Simulation ohne Hypothermie gilt als Kontrollgruppe. Die plasmatische und zelluläre Gerinnung werden mittels Rotationsthrombelastographie und Thrombozytenfunktionsdiagnostik bei 37 °C, 28 °C, nach 60 Minuten unter 28 °C und nach Erwärmung auf 37 °C bestimmt.

Ergebnisse: Eine Recherche zur Konzeption und Machbarkeit dieser Studie zeigte, dass die Thrombozytenfunktion durch Hypothermie nicht uniform inhibiert wird, sondern während Kühlung sogar eine erhöhte Aggregation mit Expression von Oberflächenproteinen zeigt. Nach Wiedererwärmung ist die volle Funktionalität zusätzlich nicht komplett wiederhergestellt. Daten zum Einfluss auf die Gerinnelbildung sind bisher nicht konsistent.

Diskussion: Die Hypothermie während extrakorporaler Zirkulation führt zusätzlich zur Exposition mit Fremdoberflächen und unphysiologischen Scherraten zu einer quantitativen und qualitativen Minderung der zellulären und plasmatischen Gerinnung. Eine erhöhte Blutungsneigung mit Fremdblutbedarf kann selbst durch Wiedererwärmung nicht eliminiert werden. Mit dieser Studie soll einerseits der Einfluss der Hypothermie gezeigt und andererseits konkurrierende Faktoren wie vorhandene Fremdoberflächen und Scherraten des Modells ausgeschlossen werden.

Einfluss von Sevofluran an der Herz-Lungen-Maschine auf intraoperative Hämodynamik und postoperative Beobachtung der Sedierungstiefe bei herzchirurgischen Eingriffen

B. Sc. Magdalena Göser¹; Prof. Dr. Gerd Haimerl¹; B. Sc. Andreas Möbius²; B. Sc. Jan Turra²

¹ HFU – Hochschule Furtwangen University; ² Universitätsklinikum Heidelberg

Einleitung: Durch die extrakorporale Zirkulation (EKZ) war es lange nicht möglich während der Operation dem Patienten Narkosegas zuzuführen. Durch die rasante Entwicklung in der Medizin ist es seit den 90er Jahren ein gängiges Verfahren, Narkosegas über die HLM dem Patienten zu verabreichen.

Ziel der monozentrischen prospektiven Beobachtungsstudie ist es, die Gabe von Noradrenalin während der EKZ unter Einfluss von Sevofluran zu untersuchen.

Material: Im Rahmen der Studie wurden 38 Patienten im Alter zwischen 30 und 80 Jahren erfasst, welche an einer Aortenklappeninsuffizienz, Aortenklappenstenose und / oder koronaren Herzerkrankung leiden. Gruppe 1 erhielt während der Operation Narkosegas, wogegen Gruppe 2 während der EKZ Propofol erhielt. Intraoperativ wurde die Gabe von Noradrenalin an der HLM sowie die Narkosegasmenge während der Kühlphase, Klemmzeit und Reperfusionzeit dokumentiert. Postoperativ wurde die Beatmungsdauer, die Dauer des Intensivstationsaufenthalts sowie die neurologische Beurteilung nach der Richmond Agitation Sedation Scale (RASS) dokumentiert.

Ergebnisse: In der monozentrisch prospektiven Beobachtungsstudie gab es keine Signifikanz zwischen der Gruppe 1 und Gruppe 2 in Bezug auf die Beatmungsdauer und den Intensivstationsaufenthalt. Jedoch wurde eine Signifikanz (0,004) bei der Gabe von Noradrenalin in der Klemmphase festgestellt. Patienten, welche während der Operation Sevofluran erhalten haben, benötigen im Schnitt $\pm 168,43$ Mikrogramm (μg), bei Gruppe 2 betrug dieser $\pm 58,96\mu\text{g}$. Ebenfalls konnte bei der Beobachtung der Sedierungstiefe zwischen Gruppe 1 und Gruppe 2 nach 16 ± 2 Stunden (h) und 24 ± 2 h eine Signifikanz festgestellt werden. Diese betrug bei beiden 0,009. Patienten, welche Sevofluran erhalten haben, haben somit eine langsamere, aber kontinuierlichere Aufwachphase.

Schlussfolgerung: Intraoperativ konnte ein höherer Noradrenalinbedarf während der Klemmphase in Gruppe 1 nachgewiesen werden. Ein Unterschied zwischen Gruppe 1 und Gruppe 2 im Zusammenhang zwischen der Beatmungsdauer und der Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation konnte nicht festgestellt werden.

Heparin-Rückstände nach maschineller Autotransfusion

M. Sc. Nicola Kwapil¹; Jutta Stein¹; Prof. Dr. Matthias Kohl²; Prof. Dr. Robert Cesnjevar¹; Prof. Dr. Folker Wenzel²; M. Sc. Frank Münch¹

¹ Universitätsklinikum Erlangen-Nürnberg; ² Hochschule Furtwangen University

Einleitung: Intra- und perioperative Blutverluste werden mittels maschineller Autotransfusion (MAT) für die Aufbereitung in einem Reservoir gesammelt. Um eine Agglutination des Sammelblutes zu vermeiden, wird während des Sammelvorgangs eine heparinisierte Spüllösung zugeführt. Nach anschließendem Waschen wird aus dem Blut-Heparin-Gemisch ein autologes Erythrozyten-Konzentrat aufbereitet, das dem Patienten zeitnah wieder retransfundiert werden kann. Eine entscheidende Frage bei der Retransfusion von aufbereitetem MAT-Blut ist, wie viel Einfluss enthaltenes Restheparin auf die Patientenbehandlung hat.

Material und Methode: Das maschinelle Autotransfusionsgerät Xtra (LivaNova) wurde mit einem Sammelreservoir und einer 175-ml-Waschglocke bestückt. In das Reservoir wurden 1000 ml einer Vollelektrolytlösung (Jonosteril, Fresenius) eingebracht die mit 25.000 I. E. Heparin (B. Braun) versetzt wurden. Danach erfolgte die Zugabe eines gelagerten Erythrozyten-Konzentrats in das Reservoir. Nach Vermischen der Volumina erfolgte die Ausgangsmessung (M1). Das MAT-Gerät wird mit dem standardisierten Waschprogramm Programm optimal (Popt) betrieben. Initial wird die Waschglocke mit 300 ml/min gefüllt und mit 450 ml/min Spüllösung gewaschen. Nach Ausgabe des gewaschenen Erythrozyten-Konzentrats in den Retransfusionsbeutel, wird dieses beprobt (M2). Für die statistische Auswertung wurden 30 Erythrozytenkonzentrate untersucht. Die Heparin-Konzentrationsbestimmung erfolgte mittels der Heparin Anti-IIa Methode (Biophen Heparin Anti-IIa, Ref: 221020, Hyphen Biomed). Dieses Kit ist sehr empfindlich und deckt einen Konzentrationsbereich von 0,0 bis 6,0 I. E. Heparin ab. Bei höheren Konzentrationen wurden die Proben äquivalent verdünnt.

Ergebnisse: Die Heparin-Konzentration zum Zeitpunkt M1 ist im Mittel $19,3 \pm 5,1$ I. E./ml und zum Zeitpunkt M2 $0,4 \pm 0,2$ I. E./ml ($p < 0,05$).

Diskussion: Im Schnitt bekommt ein Patient, der ein aufbereitetes, autologes Erythrozyten-Konzentrat transfundiert bekommt ca. 0,4 I. E. /ml Heparin. Bei der Aufbereitung mittels einer 175ml-Waschglocke erhält ein Patient circa 70 I. E. Heparin. Das MAT-Gerät eliminiert über 97 % des initial zugesetzten Heparins. Diese Heparinmenge pro transfundiertem Volumen liegt unterhalb einer therapeutischen Wirksamkeit und hat somit keinen bedeutenden Einfluss auf die Patientenbehandlung. Unter realen Bedingungen werden diese Werte unterschritten, da sich das Verhältnis aus gesammeltem Blut und Spüllösung günstiger zusammensetzt.

