

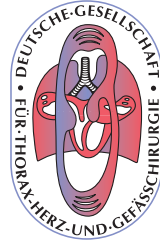


Supplement 01
26. Jahrgang in 2017

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

EVIDENZ, EMPATHIE, ENTWICKLUNG – DIE ZUKUNFT IM BLICK –



ABSTRACTS

Weimar 2017 · 24. – 26. November
46. Jahrestagung und 9. Fokustagung Herz

EKZ I

Vergleich von vier Membranoxygenatoren im klinischen Gebrauch

Dreizler, Thomas¹; Meyer, Alexander¹; Müller, Elisa¹; Merkle, Frank²; Falk, Volkmar¹; Starck, Christoph¹

¹ Deutsches Herzzentrum Berlin, Augustenburger Platz 1, 13353 Berlin, DE

² Steinbeis-Transfer-Institut Kardiotechnik, Augustenburger Platz 1, 13353 Berlin, DE

Einleitung: In den letzten Jahren werden optimierte Oxygenatoren am Markt angeboten. Zu den Fortschritten zählt reduziertes Primingvolumen. Es stellt sich die Frage, ob ein Produkt in Gastransferleistung und Primingvolumen Vorzüge gegenüber anderen aufweist. Dazu untersuchten wir in einer retrospektiven Studie vier Oxygenatoren unterschiedlicher Hersteller im klinischen Betrieb.

Material und Methoden: Die Blutgasanalysen wurden retrospektiv anonymisiert aus der Perfusionsdatenbank entnommen. Einschlusskriterium war das Vorhandensein von zeitnah abgenommenem venösen und arteriellen Blutgas. Eingeschlossen wurden folgende Oxygenatoren: Inspire 8 (Livanova, n = 45), Hilite 7000 (Xenios, n = 29), Capiox FX25 (Terumo, n = 17), Affinity Fusion (Medtronic, n = 8). Untersucht wurden Priming (ml), Oberfläche (m²), Hb (g/dl), Blutflussrate (l/min), Gastransfer (vO₂, vCO₂, DO₂), Shuntvolumen (%), Extraktionsrate (%), Druckabfall (δ -p mmHg), Fluss (l/min), FiO₂ (%) und Temperatur (°C). Im FX25 und Fusion wurden integrierte arterielle Filter verwendet. Für den Hilite 7000 und den Inspire 8 wurde die DBT anstelle eines arteriellen Filters verwendet.

Ergebnisse: Unterschiede ergaben sich bei der Oberfläche (in m²: Inspire 1,75, Hilite 7000 1,9; Capiox FX25 2,5; Affinity Fusion 2,5), beim Priming (ml: Inspire 219; Hilite 7000 320; Capiox FX25 260; Affinity Fusion 260). Der höchste durchschnittliche Hb wurde beim FX25 ermittelt (g/dl: 10,9 ± 1,4, n. s.) sowie den höchsten DO₂ (ml: 625,6 ± 100,1, n. s.) mit dem höchsten FiO₂ (%: 81,6 ± 9,5, p ≤ 0,05). Bei der Berechnung des DO₂ pro m² Oxygenatoroberfläche zeigte sich für den Inspire der höchste Wert (p ≤ 0,001), der auch den höchsten δ -p hatte (110,9 ± 52,7, p ≤ 0,001).

Zusammenfassung: Alle Oxygenatoren erreichten gute Werte für den klinischen Gebrauch. Der Inspire-Oxygenator weist optimierte Merkmale auf, die sich nicht negativ auf seine Leistungsfähigkeit auswirken.

Anleitung zum Oxygenatorenwechsel in Notfallsituationen

Diefenbach, Matthias¹; Keller, Harald²; Hermann, Marcus²; Moritz, Anton²

¹ Life Systems GmbH, Theodor-Stern-Kai, 7, 60590 Frankfurt am Main, DE

² Life Systems GmbH/Universitätsklinikum Frankfurt THG, DE

Einleitung: Die Ursachen für einen Oxygenatorwechsel während der extrakorporalen Zirkulation (EKZ) können vielfältig sein. Die Entscheidung zum Wechsel stellt ein Maximum an Stress für das gesamte OP-Team dar. Die Routine muss plötzlich durch ungewohntes, nicht eingeübtes Procedere unterbrochen werden. Die Indikation zum Wechsel wird in der Regel vom klinischen Perfusionisten gestellt, Herzchirurg und Anästhesist werden aber direkt in den Entscheidungsprozess mit einbezogen. Mit Hilfe von regelmäßigem Training wird ein sicherer und erfolgreicher Oxygenatorwechsel in einem zeitlichen Rahmen von unter 2 Minuten angestrebt. Eine für die Praxis erstellte Standard Operating Procedure (SOP) ist dafür unverzichtbar.

Material und Methoden: Nicht-trainierte klinische Perfusionisten benötigen für den Oxygenatorwechsel bei akut auftretendem Oxygenatorversagen während der EKZ bis zu 5 Minuten. Die Ursachen für einen Wechsel können u. a. Probleme im Gerinnungsmanagement, Faserschäden mit inakzeptablem Blutaustritt oder gänzlichem Versagen des Einmalproduktes sein. Um den sicheren

Wechsel des Oxygenators während der EKZ zu gewährleisten, wurde ein Trainingsprogramm mit entsprechenden SOP erstellt. Ziel dieser Maßnahme ist es, den Anwender in die Lage zu versetzen, die Wechselzeit unter 2 Minuten zu halten. Dabei muss die SOP einfach und nachvollziehbar gestaltet sein, damit auch unter realen Bedingungen ein fehlerfreier Ablauf garantiert ist.

Ergebnisse und Diskussion: Durch die Erarbeitung eines Konzepts zum akuten Tausch des Oxygenators während der EKZ konnten die Wechselzeiten deutlich gesenkt werden. Regelmäßiges Training ist von allen Perfusionisten im Team durchzuführen. Für das reale Szenario ist dies unter Beachtung der SOP ein kompetenzsteigernder Faktor, welcher letztlich zu mehr Patientensicherheit führt.

Auswirkungen kardiotechnischer Maßnahmen auf den arteriellen Blutdruck beim Übergang auf die extrakorporale Zirkulation

Bamberger, Rouven¹; Buchwald, Dirk¹; Strauch, Justus¹; Klak, Krzysztof¹; Haimerl, Gerd²

¹ BG Universitätsklinikum Bergmannsheil GmbH, Bürkle-de-la-Camp-Platz 1, 44789 Bochum, DE

² Hochschule Furtwangen University, Jakob-Kienzle-Straße 17, 78054 Villingen-Schwenningen, DE

Einleitung: Während der extrakorporalen Zirkulation (EKZ) unterliegt der arterielle Blutdruck des Patienten unphysiologisch starken Schwankungen. Besonders in der Initialphase der EKZ lässt sich häufig eine arterielle Hypotonie beobachten, der medikamentös oder durch Anpassung des Pumpenflusses entgegengesteuert werden muss.

Fragestellung: Zu welchen kardiotechnischen Interventionen können kausale Zusammenhänge zum initialen Abfall des arteriellen Drucks beim Übergang auf die extrakorporale Zirkulation gefunden werden?

Material und Methoden: Es wurde eine nicht interventionelle Beobachtungsstudie bei n = 50 konsekutiven kardiochirurgischen Operationen durchgeführt. Als mögliche Parameter, die Einfluss auf den initialen Blutdruckabfall haben könnten, wurden definiert und untersucht:

- Zeit von Bypassbeginn bis zum Erreichen des kalkulierten 100%-Blutflusses
- Volumenänderungsgeschwindigkeit im venösen Reservoir
- Hämodilutionsgrad
- Unterdrucklevel im venösen Reservoir bei vakuumisierter venöser Drainage.

Um eine zeitlich exakte Zuordnung aller Parameter gewährleisten und Abhängigkeiten analysieren zu können, wurden die Messwerte videodokumentiert und in 15- bzw. 30-Sekunden-Schritten ausgewertet.

Ergebnisse: Bei 37 der 50 untersuchten Patienten fiel der mittlere arterielle Blutdruck während der Initialphase der EKZ unter 50 mmHg, was den Klinikstandards entsprechend als klinisch relevant definiert wurde. Unter den verschiedenen Kardiotechnikern zeigten sich zum Teil deutliche Unterschiede in der Geschwindigkeit, mit der der Bypass begonnen wurde, was unterschiedlich ausgeprägte Blutdruckabfälle auslöste.

	Kardiotechniker				
	1	2	3	4	5
Anzahl Pat mit relev. Druckabfall / Anzahl Patienten gesamt	15 / 16	4 / 7	7 / 10	8 / 10	3 / 7
Zeit bis zum minimalen arteriellen Druck in Sekunden	68 / 68	135 / 130	114 / 117	96 / 93	175 / 140
Zeit bis venöse Drosselklemme zu 100% geöffnet ist in Sekunden	21,3 / 23,2	97 / 91	76,9 / 75,4	67,5 / 67,7	99,7 / 105,4
Zeit bis arterieller Fluss 100% erreicht hat in Sekunden	53,9 / 51,8	129,5 / 125,1	103,7 / 109,5	92,9 / 92	118,3 / 125,4
Volumenverschiebung ins Kardiotomiereservoir zum Zeitpunkt des minimalen Blutdrucks	895 / 835,9	460 / 306,7	424,3 / 437	511,9 / 455	541,7 / 279,2

Schlussfolgerung: Initiale hypotensive Phasen beim Übergang auf die EKZ werden vorrangig durch ein schnelles Steigern des arteriellen Blutflusses in Kombination mit einer venösen Volumenverschiebung in das Reservoir der Herz-Lungen-Maschine ausgelöst. Jedoch zeigt sich, dass auch ein langsamer und isovolämer Beginn des Bypasses eine Hypotonie hervorrufen kann. Der pathophysiologischen Reaktion des Körpers mit einem systemisch-vaskulären Widerstandsverlust kann nur in Grenzen durch eine Steigerung des arteriellen Blutflusses entgegengewirkt werden. Zur Normalisierung des Blutdrucks sind erhöhte Vasopressor-Dosierungen erforderlich, die per se pathogen und morbiditätssteigernd sein können.

Perfusionssysteme bei kathetergestützten Aortenklappenimplantationen: Rückblick auf 1222 Implantationen aus Sicht der Kardiotechnik

Heinze, Johannes¹; Nikisch, André¹; Foltan, Maik¹; Schettler, Frank¹; Thalhammer, Christian¹; Holzamer, Andreas¹; Hilker, Michael¹; Schmid, Christof¹

¹ Universitätsklinikum Regensburg, DE

Von 2010 bis 2016 wurden 1222 kathetergestützte Aortenklappenimplantationen (TAVI) am Universitätsklinikum Regensburg durchgeführt. Die TAVI-Patienten waren im Durchschnitt $80,0 \pm 3,1$ Jahre alt und wiesen einen relativen Euroscore von $17,6 \pm 6,8$ % auf. In unserem Zentrum sind bei jeder TAVI-Prozedur ein System zur extrakorporalen Kreislaufunterstützung (ECLS) und eine konventionelle Herz-Lungen-Maschine in unmittelbarer Bereitschaft. Damit kann eine Kreislaufunterstützung und/oder ein konventioneller Klappenersatz durchgeführt werden. Im betrachteten Zeitraum kam bei 54 Patienten (4,4 %) im Alter von $77,8 \pm 4,3$ Jahren (relativer Euroscore $28,3 \pm 9,0$ %) ein Perfusionssystem zum Einsatz. Für 7 TAVI-Patienten (0,57 %) erfolgte eine Konversion zum chirurgischen Klappenersatz. Bei 38 TAVI-Patienten (3,11 %) musste ein perioperatives ECLS und in 14 Fällen (1,14 %) ein Langzeit-ECLS eingesetzt werden. Die Langzeit-ECLS dauerten $4,3 \pm 2,1$ Tage. Die 30-Tage-Mortalität lag bei TAVI-Patienten mit Perfusionssystem bei 27,8 % und bei allen TAVI-Patienten bei 5,6. Von 2010 bis 2016 ist der Anteil der Perfusionssysteme bei TAVI-Prozeduren von 9,3 % auf 1,2 % gefallen. Rückgängig sind vor allem das prophylaktisch eingesetzte, perioperative ECLS von 18 TAVI-Prozeduren im Jahr 2012 bis hin zu keiner TAVI-Prozedur im Jahr 2016. Ventrikelperforationen, Perikardergüsse und Dislokationen, welche den Einsatz eines Perfusionssystems erforderten, sanken von 2,2 % auf 0,8 % ab. Lag die 30-Tage-Mortalität 2010 bei TAVI-Patienten mit Perfusionssystem bei 25,0 %, so beträgt diese im Jahr 2016 33,3 %. Die Entwicklung und Routine der TAVI-Prozeduren führt somit zu weniger Einsätzen von Perfusionssystemen.

Pulsatile kontrollierte Ganzkörperreperfusion mit hohem Fluss und hohem arteriellen Druck ermöglicht ein verbessertes neurologisches Outcome und Überleben nach 20-minütigem normothermem Kreislaufstillstand

Benk, Christoph¹; Trummer, Georg¹; Kreibich, Maximilian¹; Scherer, Christian¹; Taunyane, Itumeleng¹; Beyersdorf, Friedhelm¹

¹ Universitäts-Herzzentrum Freiburg Bad Krozingen, Hugstetterstraße 55, 79106 Freiburg, DE

Einleitung: Ziel dieser Arbeit waren die Auswirkungen eines hohen mittleren arteriellen Blutdruckes (MAD 100–120 mmHg) und pulsatilen Flusses während einer kontrollierten Ganzkörperreperfusion nach 20-minütigem normothermem Kreislaufstillstand im Vergleich zu einem moderaten mittleren arteriellen Blutdruck (MAD 40–60 mmHg) bei nicht pulsatilem Blutfluss im Tiermodell zu untersuchen.

Material und Methoden: Nach 20-minütigem normothermem Kreislaufstillstand erfolgte die Reperfusion mit zwei unterschiedlichen Reperfuisionsalgorithmen im Großtiermodell. Während in beiden Gruppen sowohl die Zusammensetzung der Reperfuisionslösung, als auch die Oxygenierung identisch war, erfolgte die Fluss und Drucksteuerung nach folgendem Schema: Gruppe 1 (Controlled

Reperfuosn of the whole body CARL, n = 10) mit hohem mittleren arteriellen Druck und pulsatilem Fluss oder in Gruppe 2 (ECLS n = 6) mit moderatem mittleren arteriellen Druck und nicht pulsatilem Fluss. In beiden Gruppen wurde eine moderate Hypothermie (32–34 °C) für die ersten 30 Minuten angestrebt. Die Kanülierung erfolgte dabei arteriell an der Femoralarterie und venös über die Jugularvene. Für 60 Minuten erfolgte die Reperfusion nach den unterschiedlichen Algorithmen mit dem Controlled Integrated Resuscitation Device (CIRD) 1.0. Nach Beendigung der Reperfusion und Weaning vom extrakorporalen System erfolgte die Entwöhnung von der Beatmung. Die weitere Beobachtung der Tiere erfolgte für 8 Tage. Vor, während und nach der Reperfuosionsphase wurden kontinuierlich Blutgase analysiert. Zur neurologischen Beurteilung wurde ein spezieller Neurologic Deficit Score (NDS) verwendet.

Ergebnisse: In der Gruppe 1 konnten sieben Tiere das Studienprotokoll erfolgreich beenden. In Gruppe 2 hingegen erreichte kein Tier den 4. postoperativen Tag. Die erzielten NDS-Werte in Gruppe 1 waren sehr zufriedenstellend und zu allen Zeitpunkten signifikant besser als in Gruppe 2. Desweiteren waren die analysierten Blutgaswerte in Gruppe 1 durchgehend im physiologischen Bereich.

Zusammenfassung: Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, dass nach 20-minütigem normothermem Kreislaufstillstand ein spezieller Reperfuosionsalgorithmus mit pulsatilem Blutfluss und einem erhöhten MAD zu einem besseren neurologischen Outcome und Überleben führt.

Kinderperfuosion I

„Vollblut-Priming“ vs. „balanciertes Vollelektrolyt-Priming“ in der Kinderherzchirurgie
Münch, Frank¹; Bakir, Burcu¹; Teske, Andreas¹; Kasten, Werner²; Fiebig, Denis²; Ruffer, André¹
Cesnjevar, Robert Anton¹

¹ Universitätsklinikum Erlangen, Loschgestrasse 15, 91054 Erlangen, DE

² Universitätsklinikum Erlangen, Krankenhausstrasse 12, 91054 Erlangen, DE

Einleitung: Die Diskrepanz zwischen Blutvolumen im Körper von Säuglingen und dem erforderlichen Füllvolumen der Herz-Lungen-Maschine erfordert angepasste Priming-Strategien. Das als physiologisch geltende „Vollblut-Priming“ (VBP) kann zu transfusionsbedingten Komplikationen wie Leberversagen, Nierenversagen, häufigeren pulmonalen Infekten sowie einer erhöhten Hospitalmortalität führen. Ziel der Studie war eine Gegenüberstellung des Outcomes nach Applikation eines üblichen VBP mit einem reduzierten „balancierten Vollelektrolyt -Priming“ (VEP).

Material und Methoden: Ein „klassisches“ blutbasiertes Priming (VBP) ist eine definierte Mischung aus EK, FFP, Mannitol (20 %), Natriumbicarbonat, Jonosteril und Heparin. Das alternative VEP besteht aus Jonosteril, Heparin und EK, wobei die Hämoglobin-(Hb)-Trigger-Schwelle zur Transfuosion auf 8,5 g/dl festgelegt wurde. In die retrospektive Analyse wurden Patienten mit einem Gewicht von 2,1–5,7 kg/KG eingeschlossen, die vom 1.11.2014 bis 31.10.2016 operiert wurden (Gruppe VBP = 54 Pat. vs. Gruppe VEP = 54 Pat.). Alle Patienten wurden mit dem gleichen EKZ-System (KIDS 100, LivaNova, Italien) behandelt. Analysiert wurden Fremdblutprodukte-Verbrauch, Ausscheidung, Laktat sowie das klinische Outcome der Patienten.

Ergebnisse: Das Patientenkollektiv war hinsichtlich Komplexität und Ausgangs-Hb-Wert vergleichbar (Aristotle Score: 9,5 vs. 9,3; p=0,68 und Hb: 12,1 ± 2,1 g/dl vs. 12,4 ± 2,8 g/dl; p = 0,46). Obwohl in der VEP-Gruppe signifikant weniger Blutprodukte verabreicht wurden (EK 182 ± 90 ml vs. 126 ± 70 ml; p > 0,001 sowie FFP 103 ± 68 ml vs. 0 ml; p > 0,001), war der postoperative Hb-Wert signifikant höher als in der VBP-Gruppe (13,4 ± 2,3 g/dl vs. 14,7 ± 2,3 g/dl; p = 0,006). Die Urinausscheidung war in der VEP-Gruppe tendenziell höher (38 ± 35 ml/kg vs. 56 ± 54 ml/kg; p = 0,05). Das postoperative Laktat (4,3 ± 2,7 mmol/l vs. 3,2 ± 1,8 mmol/l; p = 0,01) sowie der Harnstoff (22 ± 7 mg/dl vs. 17 ± 9mg/dl; p = 0,002) war in der VBP-Gruppe signifikant erhöht. Hinsichtlich Beatmungsdauer (p = 0,76), Intensivaufenthalt (p = 0,49) und 30-Tage-Mortalität (p = 0,15) fanden sich keine signifikanten Unterschiede.

Zusammenfassung: In der vorliegenden Analyse konnten keine Nachteile für das „balancierte Vollelektrolyt-Priming“ nachgewiesen werden, so dass bei immer kleiner werdenden EKZ-Setups das Konzept des „Vollblut-Priming“ in Frage gestellt werden muss.

Rotations-Thrombelastographie (ROTEM) während des neonatalen kardiopulmonalen Bypass als spenderblutsparende Maßnahme bei arterieller Switch-Operation

Boettcher, Wolfgang¹; Dehmel, Frank¹; Redlin, Mathias¹; Eggert-Doktor, Dirk¹; Cho, Mi-Young¹; Photiadis, Joachim¹

¹ Deutsches Herzzentrum Berlin, Augustenburger Platz 1, 13353 Berlin, DE

Einleitung: Zum Bypassende einer bisher fremdblutfreien extrakorporalen Zirkulation bei Früh- und Neugeborenen steht der Anästhesist vor der grundsätzlichen Entscheidung, ob die Operation ohne Spenderblutexposition fortgesetzt werden kann oder entsprechende Vorbereitungen für eine notwendige Transfusion von Spenderblutkomponenten getroffen werden müssen. Gerinnungsaktives Transfusat in Form von Fresh-frozen Plasma (FFP) müsste vor Applikation aufgetaut werden, Thrombozytenkonzentrate müssen zuvor angefordert werden. Eine Transfusion solcher Komponenten würde jeweils eine Hämodilution induzieren, die außerdem eine Erythrozytentransfusion erfordern würde. Erythrozytenkonzentrate sollten hierbei vor der Transfusion erwärmt werden. Die ROTEM-Analyse vor Bypassende erlaubt eine globale Einschätzung der Gerinnungssituation. Ein eingeschränktes Ergebnis erlaubt eine sorgfältige Planung der Substitution von erforderlichen Komponenten.

Methode: Während arterieller Switch-Operationen bei Neugeborenen erfolgten nach Wiedererwärmung noch vor Bypassende jeweils ROTEM-Analysen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sollten gegebenenfalls zielgerichtet die Transfusion von Fibrinogen oder FFP allein oder in Kombination mit Thrombozyten unmittelbar nach Bypassende begründen. Eine Strategie des Verzichtes auf gerinnungsaktive Transfusionen sollte durch ROTEM-Ergebnisse im Normbereich gestützt werden können.

Ergebnisse: Etwa die Hälfte der Patienten konnte mit hinsichtlich der ROTEM-Ergebnisse akzeptabler Gerinnung komplett transfusionsfrei den Operationsaal verlassen. Mehr als die Hälfte erhielt keine gerinnungsfördernden Spenderblutkomponenten. Das ROTEM-Ergebnis wurde durch das Ausmaß der Hypothermie und die Bypassdauer beeinflusst. Bei mehreren Patienten war aufgrund dieser Ergebnisse die Substitution von Fibrinogen für eine suffiziente Hämostase ausreichend. Bei einigen Patienten wurde ein FFP zum Bypassende isovolumentrisch einfiltriert.

Schlussfolgerung: Die ROTEM-Analyse noch während der Bypassphase erlaubt dem Anästhesisten eine entsprechend fundierte Planung und Vorbereitung einer indizierten Transfusion vor der Weaningphase.

Kieler EKZ-Management bei der Norwood-OP mit anschließender Standby-HLM

Walter, Sebastian¹

¹ Life Systems Medizintechnik-Service GmbH, Schlosstrasse 525, 41238 Mönchengladbach, DE

Einleitung: Das hypoplastische Linksherzsyndrom (HLHS) ist einer der schwersten angeborenen Herzfehler. Die Definition umfasst ein großes Spektrum angeborener Fehlbildungen, die von einer Aortenklappenstenose bis zu einem völlig unterentwickelten linken Ventrikel mit unterbrochenem Aortenbogen reichen kann. Die OP nach Norwood ist chirurgisch und anästhesiologisch sehr anspruchsvoll. Auch aus Sicht des Kardiotechnikers ist die extrakorporale Zirkulation (EKZ) bei der Norwood-OP keine alltägliche Aufgabe und erfordert ein gutes Zusammenspiel zwischen Chirurgen, Anästhesisten und Kardiotechnikern. In Kiel wurde im Jahr 2016 bei 14 Patienten eine Norwood-OP durchgeführt. Im Folgenden soll das Kieler EKZ-Management bei der Norwood-OP mit anschließender Standby-HLM vorgestellt werden.

Setup: Die HLM ist eine HL20 von Maquet mit vier Modulen und ausgestattet mit einem Computer zur Datenaufzeichnung, CDI500-Gerät (Online-BGA), Vamos-Monitor und VAVD-Controller. Zusätzlich steht, über die Anästhesie, ein NIRS-Monitor bereit. EKZ-Ablauf: Nach erfolgreicher Kanülierung und Initialisierung der EKZ wird der Patient, im ph-Stat-Verfahren, auf ca. 18–20 °C abgekühlt. Währenddessen erfolgt die erste Anastomose des Blalock-Taussig-Shunt (BT-Shunt) auf den Truncus brachiocephalicus. Nach Erreichen der Zieltemperatur wird die arterielle Kanüle in den BT-Shunt umkanüliert und der Blutfluss auf ca. 40–50 % reduziert (Shuntperfusion). Mit Beginn der distalen Aortenbogenrekonstruktion werden nur noch Kopf und Herz (Blutfluss ca. 20–25 %) perfundiert. Für die proximale Rekonstruktion wird das Herz kardioplegiert und die isolierte Kopfperfusion (Blutfluss ca. 10–15 %) aufgenommen. Nach Fertigstellung der Rekonstruktion wird die Neoaorta kanüliert und der Patient mit einem maximalen Temperaturgradienten von 6–8 °C wieder aufgewärmt. Bei einem komplikationslosen Verlauf und ausreichender Reperfusion wird die EKZ langsam beendet. Standby-HLM: Damit in den ersten Stunden nach Ende des Eingriffes im Fall einer Komplikation schnell eine HLM verfügbar ist, wird nach Beendigung der OP die HLM für die so genannte „Rezirkulation“ vorbereitet. Dazu wird die arterielle Linie mit der venösen Linie rekonnektiert und in einem sterilen Beutel an die HLM angehängt. Außerdem wird das Kardiotomiereservoir, über die kurzgeschlossenen HLM-Sauger, mit Ringer-Lösung durchgespült. Über einen integrierten Shunt im Schlauchset kann die HLM als geschlossenes System rezirkulieren.

Arterielle Kanülen – French ist nicht gleich French

Münch, Frank¹; Teske, Andreas²; Kasten, Werner²; Fiebig, Denis²; Cesnjevar, Robert Anton¹

¹ Universitätsklinikum Erlangen, Loschgestrasse 15, 91054 Erlangen, DE

² Universitätsklinikum Erlangen, Krankenhausstrasse 12, 91054 Erlangen, DE

Einleitung: Die adäquate arterielle Patienten-Kanülierung ist eine Grundvoraussetzung für eine optimale Perfusion in der Kardiotechnik, die insbesondere bei Neonaten mit hypoplastischen Gefäßen problematisch sein kann. Kinderherzchirurgen tendieren dazu, die ausgewählten Kanülen als viel zu groß zu bezeichnen, während Kardiotechniker diese meist als zu klein ansehen, um eine optimale Patientenperfusion zu gewährleisten. Bei der Größendeklaration wird immer der Kanülenaußendurchmesser angegeben, der in das Gefäß einzubringen ist. Um o. g. „Dauerdisput“ auf die sachliche Ebene zu reduzieren, überprüfen wir die Herstellerangaben mit dem tatsächlichen Innen- und Außendurchmesser der gelieferten Kanülen.

Material und Methoden: Es wurden drei Kanülenserien von 4,5 Fr–16 Fr verglichen. Gruppe A: DLP One-Piece Pediatric 77006–77016 (Medtronic, USA), Gruppe B: A272-15N–45N (LivaNova, Germany), Gruppe C: FLK A 10 J 08–16 Fr (freelife medical GmbH, Germany). Mittels digitalem Messschieber (Mitutoyo, Japan) wurden die Außen- und Innendurchmesser gemessen und prozentuale Abweichungen statistisch erfasst.

Ergebnisse: Gruppe A zeigte eine Abweichung der Herstellervorgaben von +1,4 % bis +11,4 %, Gruppe B -3,5 % bis +5,8 % und Gruppe C -3,4 % bis +6,3 %. Bezogen auf die Wandstärken der Kanülen zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen Gruppe A 1,3 Fr ± 0,09 vs. Gruppe B 1,0 Fr ± 0,07; p > 0,001. Tendenziell geringe Wandstärken wurden in Gruppe B vs. Gruppe C 1,4 Fr ± 0,5; p=0,05 gemessen. Im direkten Vergleich einer 12 Fr-Kanüle, die von allen Herstellern zur Verfügung stand, wies die Gruppe B mit einer Fläche von 9,62 mm² die größte Innenquerschnittsfläche auf.

Zusammenfassung: In der vorliegenden Arbeit wurde ermittelt, dass die Herstellerangaben zum Teil um +11 % abweichen. Bei Neonaten- und Säuglingskanülierungen über eine Gefäßprothese sind exakte und verlässliche Herstellerangaben entscheidend. Die für diese Art der Kanülierung meist verwendete 10-Fr-Aortenkanüle sollte jederzeit in eine 3,5 mm Gefäßprothese einführbar sein. In unserer Messserie war dies nur für Kanülen aus Gruppe B und C möglich.

Kinderperfusion II

Aortenbogenchirurgie bei neonatalen Angehörigen der Glaubensgemeinschaft Jehovas Zeugen

Boettcher, Wolfgang¹; Dehmel, Frank¹; Redlin, Mathias¹; Photiadis, Joachim¹

¹ Deutsches Herzzentrum Berlin, Augustenburger Platz 1, 13353 Berlin, DE

Einleitung: Obwohl im Deutschen Herzzentrum Berlin seit annähernd fünf Jahren komplett auf Blutpriming verzichtet werden konnte und mehr als die Hälfte aller Neugeborenen während der extrakorporalen Zirkulation ohne Spenderblutexposition auskommt, stellt die erforderliche komplett transfusionsfreie Operation von Jehovas Zeugen im Neugeborenenalter eine weitaus größere Herausforderung dar. Schlüssel zum Erfolg sind für den kardiopulmonalen Bypass eine ausreichende präoperative Hämoglobinkonzentration und die Miniaturisierung des extrakorporalen Kreislaufs im Sinne eines geringen statischen wie auch dynamischen Primingvolumens. Nach der Herz-Lungen-Maschinen-Phase ist eine ausreichende Gerinnungssituation von Nöten. Die im Rahmen der Aortenchirurgie übliche ausgeprägte Hypothermie, häufig mit tief hypothermem Kreislaufstillstand (DHCA), würde mit hoher Wahrscheinlichkeit eine negative Beeinträchtigung der Gerinnungssituation zur Folge haben. Deshalb wurde eine Perfusionsstrategie entwickelt, die eine solche Operation in moderater Hypothermie erlaubt. Ohne zusätzliche Pumpe führt diese Methode nicht zu einer weiteren Hämodilution.

Methode: Zwei neugeborene Patienten, deren Eltern Angehörige der Glaubensgemeinschaft Jehovas Zeugen sind, wurden aufgrund eines unterbrochenen Aortenbogens operiert. Ein Patient hatte außerdem einen Ventrikelseptumdefekt (VSD). Der andere wies zusätzlich einen kompletten AV-Kanal (cAVSD) auf. Der Patient mit dem zusätzlichen VSD wog 2,9 kg und wurde in tief hypothermem Kreislaufstillstand bei 14 °C operiert. Jener mit dem cAVSD, mit einem Körpergewicht von 3,5 kg, wurde mit Hilfe einer modifizierten Perfusionstechnik mittels zusätzlicher aortaler Descendensperfusion über die Femoralarterie in moderater Hypothermie bei 32 °C korrigiert.

Ergebnisse: Beide Patienten verließen das Krankenhaus ohne jegliche Spenderblutexposition. Der niedrigste Wert für die Hämoglobinkonzentration (Hb) wurde während der extrakorporalen Zirkulation bei dem 2,9 kg schweren Patienten mit 8,0 g/dl ermittelt, und der 3,5 kg wiegende Neugeborene wies den niedrigsten Hb-Wert von 9,1 g/dl auf.

Schlussfolgerung: Beide Perfusionsmethoden führten zum gewünschten Ergebnis. Prinzipiell kann DHCA demnach funktionieren. Die Option der moderaten Hypothermie wird in unserer Institution jedoch nunmehr regelhaft genutzt, da die Gerinnungssituation nach Bypassende durch ausgeprägte Hypothermie negativ beeinflusst werden könnte.

Modulare Kinder-EKZ-Systeme mit breiterem Leistungsspektrum senken Fremdblutbedarf und Triggerschwelle zum blutfreien Priming

Weimer, René Karl¹; Meuser, Johannes¹; Nisztuk, Susanne¹; Gehron, Johannes¹; Mann, Valesco¹; Valeske, Klaus¹; Akintürk, Hakan¹

¹ Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH Standort Gießen, Rudolf-Buchheim-Str. 7, 35392 Gießen, DE

Einleitung: Durch das hohe Missverhältnis des Primingvolumens der extrakorporalen Zirkulation (EKZ) zum kindlichen Blutvolumen kann auf Fremdblutprodukte während kinderherzchirurgischer Eingriffe nicht komplett verzichtet werden. Körpergewicht und Komplexität des Eingriffes als unveränderbare Größen sind bestimmend für das Ausmaß des Fremdblutbedarfs, welches das perioperative Risiko deutlich beeinflusst. Verbesserungen finden deswegen primär auf technischer EKZ-Ebene statt. Wir berichten über eine Eigenkonstruktion, die Priming und Fremdblutbedarf reduziert und die Anwendung für einen größeren Patientenbereich ermöglicht.

Methoden: Zusätzlich zu einer bereits vorhandenen Neugeborenen-HLM mit einer Kombination aus Konsolen- und Mastpumpen (Priming 180–220 ml inkl. Tischlinien) konstruierten wir eine neue und ausschließlich mastbasierte HLM (S5, LivaNova, München, Deutschland). Alle zentral angeordneten Mastpumpenköpfe wurden über Gelenke mit mehreren Freiheitsgraden mit der Grundkonsole verbunden. Oxygenator mit nun integriertem arteriellen Filter (Terumo FX05, Eschborn, Deutschland) inkl. Reservoir wurden unter Verzicht der Schwerkraftdrainage auf OP-Tisch-Niveau angehoben. Alle blutführenden Schläuche optimierten wir auf flussmechanisch minimale Größen.

Ergebnisse: Durch optimierte Schlauchlängen und -größen, eine höhere und nähere Position zum OP-Tisch und vor allem die Einsparung eines separaten arteriellen Filters reduzierte sich das Priming um ca. 40 % auf 120 ml inkl. Tischschläuchen. Der höchste Anteil mit 65 % entstand durch Schlauchoptimierung. Oxygenatorwechsel und Wegfall des Filters trugen hier nur zu 35 % bei. Trotz Oxygenatorwechsel war eine Erweiterung des maximalen Flussbereiches auf 1,5 l/min möglich, was den Anwendungsbereich um 100 % erhöhte. Die Verwendung eines Oxygenators mit einem größeren Flussbereich bis 1,5 l/min bei unverändert geringem Priming erweiterte die Fremdbluteinsparung von Neugeborenen auf größere Kinder bis ca. 14 kg. Die frühere Triggerschwelle zum fremdblutfreien Priming konnte dabei von 15 kg auf ca. 10 kg gesenkt werden.

Diskussion: Ein multimodaler Ansatz vereint optimierte Komponenten, eine verbesserte Positionierung zum Patienten und neu bewertete Perfusionsverfahren wie permanente Hämokonzentration und konsequente Restblutaufbereitung. Sowohl Neugeborene, als auch größere Kinder profitieren von modularisierten Systemen mit breiterer Leistungsfähigkeit.

Kongenitale Herzchirurgie mit Verzicht auf Blutpriming bei 1000 konsekutiven Patienten mit einem Körpergewicht von bis zu 15 kg

Boettcher, Wolfgang¹; Dehmel, Frank¹; Matschke, Andreas¹; Iben, André¹; Redlin, Mathias¹; Eggert-Doktor, Dirk¹; Cho, Mi-Young¹; Photiadis, Joachim¹

¹ Deutsches Herzzentrum Berlin, Augustenburger Platz 1, 13353 Berlin, DE

Einleitung: Normalerweise verursacht ein Missverhältnis zwischen dem patienteneigenen Blutvolumen und dem statischen Primingvolumen des extrakorporalen Systems der Herz-Lungen-Maschine insbesondere bei den kleinsten Patienten ein Priming mit Spenderblutkomponenten wie Erythrozytenkonzentraten. Doch erst der Verzicht auf Blutpriming eröffnet die Option einer transfusionsfreien Operation. Infolge einer an das jeweilige Patientengewicht angepassten Miniaturisierung der extrakorporalen Systeme in unserer Institution konnte bei nunmehr 1000 konsekutiven Patienten mit einem Körpergewicht von 1,4–15 kg innerhalb eines Zeitraumes von viereinhalb Jahren ein spenderblutfreies Priming realisiert werden.

Methode: Verglichen wurden die Ergebnisse einer Gruppe der ersten 500 Patienten (A) mit der sich zeitlich anschließenden zweiten Gruppe mit weiteren 500 Patienten (B). Untersucht wurde der Anteil der transfusionsfreien Perfusionen in jeder Gewichtsklasse. Es sollte ein nachweisbarer Fortschritt gefunden und nach Problemen in Abhängigkeit von bestimmten Körpergewichten der Patienten gesucht werden. Bei den neugeborenen Patienten wurde außerdem zwischen Korrekturingriffen und Palliationen unterschieden.

Ergebnisse: Bei 739 von 1000 Patienten bis 15 kg (74 %) konnte während der extrakorporalen Zirkulation eine Transfusion in das arterielle Gefäßsystem vermieden werden. In jeder Gewichtsklasse konnte jeweils der Anteil der transfusionsfreien Perfusionen gesteigert werden. In der Gewichtsklasse bis 3 kg konnte der Anteil der fremdblutfreien Transfusionen von 42 % in Gruppe A auf 68 % in B erhöht werden. Bei den größten Kindern in der Gewichtsklasse mit 8–15 kg verbesserte sich der Anteil der transfusionsfreien Perfusionen von 86 % in A auf 91 % in B. Bei den Neugeborenen mit Korrekturingriffen erhöhte sich der Anteil von 60 % (A) auf 83 % (B) und auch bei den neonatalen Palliativeingriffen verbesserte sich das Ergebnis von 47 % auf 50 %.

Schlussfolgerung: Offensichtlich ist die Optimierung der extrakorporalen Zirkulation hinsichtlich fremdblutsparender Maßnahmen ein Prozess, der bisher mit entsprechendem Aufwand zu kontinuierlich besseren Ergebnissen führen konnte.

Medizinische und technische Besonderheiten beim Anwenden einer modifizierten Blutkardioplegie in der Kinderherzchirurgie

Münch, Frank¹; Teske, Andreas²; Purbojo, Ariawan¹; Blumauer, Robert¹; Cesnjevar, Robert Anton¹; Ruffer, Andre¹

¹ Universitätsklinikum Erlangen, Loschgstrasse 15, 91054 Erlangen, DE

² Universitätsklinikum Erlangen, Krankenhausstrasse 12, 91054 Erlangen, DE

Einleitung: Eine Grundvoraussetzung für ein gutes Operationsergebnis ist eine optimale Myokardprotektion. Kardioplegie-Strategien der Erwachsenenherzchirurgie sind aber nicht unmittelbar für Säuglingsherzen umsetzbar. Eine modifizierte Blutkardioplegie (MBC) für Kinder, analog zu Calafiore, bietet den Vorteil einer sicheren Myokardprotektion ohne zusätzliche Volumenbelastung. Nachdem das Mismatch zwischen Patienten- und Priming-Volumen bei kleinen Kindern besonders groß ist, sollten mikroplegische Blutkardioplegie-Verfahren in der Kinderherzchirurgie zum Einsatz kommen. Der Einsatz einer kontrollierten konzentrationsabhängigen pädiatrischen Applikation ist in der klinischen Umsetzung neu, dabei sind einige medizinische und technische Besonderheiten zu beachten.

Material und Methoden: Die klinische Umsetzung der pädiatrischen MBC vom 1.1.2014 bis 31.05.2017 erfolgte an 372 Patienten mit angeborenem Herzfehler als antegrade Applikation in die Aortenwurzel über einen 1/8"-Schlauch einer S5-HLM-Rollerpumpe. Als Kardioplegiezusatz wird in einen Perfusor (Braun Melsungen, Germany) ein Gemisch aus 20 ml (2 mmol/l Kalium) und 10 ml (4 mmol/l Magnesium) eingespannt. Dieser Zusatz wird mit arteriellem Patientenblut aus dem Oxygenator in einem festen Verhältnis vermischt. Zur manuellen Anpassung der Perfusor-Geschwindigkeiten steht eine Einstellungstabelle zur Verfügung, die von einer Elektrolytkonzentration von 4 mmol/l Kalium (K) und 0,9 mmol/l Magnesium (Mg) im Patientenblut ausgeht.

Ergebnisse: Nach MBC-Applikation von initial 25 mmol/l K mit 11 mmol/l Mg für zwei Minuten wurde in allen Fällen ein sicherer kardioplegischer Herzstillstand erreicht, der nach Freigabe der Koronarzirkulation sofort wieder in einen spontanen Eigenrhythmus überging. Bei längeren Ischämie-Zeiten erfolgten alle 20 min MBC-Nachgaben unter Reduktion der Applikationsdosis auf 20 mmol/l K plus 8,5 mmol/l Mg und späterer Reduktion auf eine Erhaltungsdosis 15 mmol/l K mit 6 mmol/l Mg.

Zusammenfassung: Die klinischen Erfahrungen zeigen, dass eine gute Myokardprotektion durch pädiatrische MBC bei Kinderherzen technisch und medizinisch sicher umsetzbar ist. Aktuell wird in unserer Klinik dieses Verfahren bei allen Patienten (außer TGA und AV-Kanäle) angewandt. Die Anwendung erfordert ein sehr hohes Aufmerksamkeitslevel des Kardiotechnikers, da eine kontinuierliche manuelle Anpassung der Perfusor-Geschwindigkeiten an den Blutfluss der Kardioplegie-Pumpe notwendig ist.

Best of ...

Sind 300 Sekunden ACT ausreichend für MiECC Perfusionen?

Bauer, Adrian¹; Hausmann, Harald¹; Schaarschmidt, Jan¹; Slzapka, Michal¹; Scharpenberg, Martin²; Troitzsch, Dirk³; Johansen, Peter³; Nygaard, Hans³; Eberle, Thomas¹; Hasenkam, Michael³

¹ MediClin Herzzentrum Coswig, Lerchenfeld 1, 06869 Coswig, DE

² Universität Bremen, Bibliothekstraße 1, 28359 Bremen, DE

³ Aarhus University, Nordre Ringgade 1, 8000 Aarhus C

Die empfohlene Activited Clotting Time (ACT) für den kardiopulmonalen Bypass (KPB) wurde durch Bull et al. vor über 40 Jahren untersucht und liegt bis heute bei 8 Minuten (480 Sekunden). Diese Empfehlung basiert somit auf Untersuchungen mit Blasenoxxygenatoren und unbeschichteten ECC-Systemen. Im Gegensatz dazu sind minimalinvasive ECC-Systeme (MiECC) vollständig geschlossene Zirkulationen, die einen Membranoxygenator und eine Oberflächenbeschichtung enthalten. Zudem wird eine weitere Aktivierung des Blutes durch das Saugerblut vermieden da eine Saugerblutseparation und Blutwaschung durchgeführt wird. Diese Faktoren prädestinieren MiECC-Systeme dafür die ACT-Werte abzusenken. Dieses Konzept wird bislang jedoch nur in wenigen MiECC-Zentren eingesetzt und ist in Bezug auf Sicherheit und Durchführbarkeit noch nicht hinreichend untersucht. Wir vermuteten, dass MiECC mit einem ACT-Level von 300 Sekunden sicher durchgeführt werden können ohne dabei thromboembolische Komplikationen zu verursachen.

Methoden: Die präsentierten Daten sind eine Zwischenauswertung und Teil einer prospektiven randomisierten Studie welche untersucht ob sich mit dieser reduzierten Antikoagulationstrategie postoperative Blutungen reduzieren lassen. Die Patienten wurden entweder in die Studiengruppe mit einem ACT-Zielwert von 300 Sekunden oder in die Kontrollgruppe mit einem ACT-Zielwert von 450 Sekunden randomisiert. Alle anderen Faktoren der MiECC-Zirkulation blieben unverändert.

Ergebnisse: 68 Patienten wurden ausgewertet. Die Studiengruppe erhielt deutlich weniger Heparin und Protamin (IE-Heparin, Studiengruppe: Median [min – max], Studiengruppe: 32.800 [23.000–51.500] vs. Kontrollgruppe: 50.000 [35.000–65.000] p < 0,001; IE-Protamin, Studiengruppe: 18.000 [10.000–35.000] vs. Kontrollgruppe: 30.000 [20.000–45.000] p < 0,001). Die Start-ACT in der Studiengruppe war signifikant niedriger (Median: Studiengruppe 400 ± 112 vs. Kontrollgruppe 633 ± 177 p < 0,001). Vor der Beendigung des KPB waren die ACT-Level immer unterschiedlich: Studiengruppe 344 ± 60 gegenüber Kontrollgruppe 506 ± 80 p < 0,0001. In beiden Gruppen fielen die Werte des endogenen Thrombin-Potenzials (ETP) während der MiECC gleichsam ab. Keiner der Studienteilnehmer zeigte thromboembolische Komplikationen, welche dem Studienprotokoll zugeordnet werden konnten. Die postoperativen Verläufe der Thromboelastgraphie, der D-dimere und des ETP weisen wiederum auf eine aktivere postoperative Gerinnungsaktivität in der Gruppe mit niedriger ACT hin.

Schlussfolgerung: MiECC mit einer reduzierten Antikoagulationsstrategie ist durchführbar, sicher und führt zu deutlich reduzierten Dosen von Heparin und Protamin.

Organprotektive Effekte verschiedener Reperfusionstrategien in Nieren- und Herzgewebe nach prolongiertem Kreislaufstillstand

Trummer, Georg¹; Benk, Christoph¹; Taunyane, Itumeleng¹; Kreibich, Maximilian¹; Heilmann, Claudia²; Beyersdorf, Friedhelm¹

¹ Universitätsherzzentrum Freiburg, Bad Krozingen, Hugstetter Straße 55, 79106 Freiburg, DE

² Staatliche Studienakademie Plauen, Melanchthonstr. 1–3, 08523 Plauen, DE

Einleitung: Die Letalität und Morbidität von Patienten mit akutem Herz-Kreislaufstillstand (CA) und kardiopulmonaler Reanimation (CPR) ist hoch. Ein möglicher therapeutischer Ansatz könnte die Limitierung des generalisierten Ischämie/Reperfusionsschadens sein (IRI), der mit dem Therapiekonzept der kontrollierten Ganzkörperreperfusion (CARL) verfolgt wird. In Tierexperimenten wurden drei Kombinationen aus CA, CPR, extrakorporalem Life Support (ECLS) und CARL hinsichtlich ihres zellprotektiven Potenzials in Myokard und Nierengewebe histologisch quantifiziert.

Material und Methode: Siebzehn Hausschweine in drei Gruppen: In Gruppe 1 (n = 6) erfolgte CA unmittelbar gefolgt von 15 Minuten CPR und danach 60 Minuten CARL. In Gruppe 2 (n = 6) CA für 15 Minuten, gefolgt von 10 Minuten CPR und anschließenden 60 Minuten ECLS. In Gruppe 3 (n = 5) CA 20 Minuten, danach keine CPR gefolgt von 60 Minuten CARL. Myokard und Nierengewebe wurde am 7. Tag nach Ischämie entnommen oder zuvor bei Versuchsabbruch. Hämatoxylin-Eosin und Pikro-Sirius-Rot gefärbte Nierenpräparate wurden im Hinblick auf tubuläre Epithelabflachungen bzw.-verschiebungen, Gefäßrarefizierung, Vakoulisierung und leukozytäre Infiltration untersucht. In Myokardproben wurden Zellkernschäden, Kapillarisation, Kontrakturbandnekrosen und Kollagengehalt quantifiziert.

Ergebnisse: Alle n = 11 Tiere, die mit CARL behandelt wurden (Gruppe 1 + 3), überlebten den Versuch. In Gruppe 2 verstarben 3/6 Tiere vor dem geplanten Versuchsende. Histologisch zeigte sich im Nierengewebe die größte Epithelabflachung im äußeren Nierenmark der Gruppe 2 (17,4 % vs. 12,4 % in Gruppe 1 [p = 0,048] und 13,1 % in Gruppe 2, [p = 0,036]). Die kortikale Epithelverschiebung war besonders in Gruppe 2 ausgeprägt (25,1 % vs. 16,4 %/22,1 %) ebenso wie die maximale zelluläre Vakuolisierung in der Nierenrinde (2,9 % vs. 1,5 %/1,8 %) und im äußeren Nierenmark (3,2 % vs. 1,6 %/1,2 %). Die renale Vaskularisierung war in Gruppe 2 am geringsten (Nierenrinde: 3,9 % vs. 4,7 %/4,4 %; äußeres Nierenmark: 2,1 % vs. 2,8 %/3,0 %). Die Aufarbeitung der Myokardproben zeigte keine relevanten Unterschiede in den CARL-Gruppen. Neben der hohen Letalität, konnte in Gruppe 2 eine schwere Schädigung der Kardiomyozyten sowie eine ausgedehnte leukozytäre Infiltration des Myokards hinweisend auf einen extensiven IRI nachgewiesen werden.

Diskussion: Die Ergebnisse weisen daraufhin, dass die Anwendung von CARL nach CA im Nierengewebe und Myokard zellprotektive Effekte zeigt. Diese Erkenntnis sollte in einer größeren Studie weiter evaluiert werden, um das organprotektive Potenzial von CARL im therapeutischen Konzept der Behandlung des akuten Kreislaufstillstandes optimal einordnen und nutzen zu können.

Infektionsquelle Hypothermiegerät – universelle Lösung in Sicht?

Bongert, Markus¹; Geller, Marius¹; Strauch, Justus T.²; Buchwald, Dirk²

¹ Fachhochschule Dortmund, Sonnenstr. 96, 44139 Dortmund, DE

² BG Universitätsklinikum Bergmannsheil, Klinik für Herz- und Thoraxchirurgie, Bürkle-de-la-Camp-Platz 1, 44789 Bochum, DE

Einleitung: Postoperative Infektionen nach herzchirurgischen Eingriffen sind gefürchtete Komplikationen. In modernen Operationssälen wird ein erheblicher technischer (z. B. Lüftungsanlagen) und organisatorischer Aufwand (z. B. sterile OP-Kleidung) betrieben, um das Risiko nosokomialer Infektionen zu minimieren. Im unmittelbaren OP-Bereich befinden sich nun Hypothermiegeräte, von denen nachgewiesenermaßen ein Infektionsrisiko ausgeht und die bei komplexen herz-/gefäßchirurgischen Eingriffen eingesetzt werden. Mit dem Einsatz eines Hypothermiegerätes werden sowohl ein Wasserkreislauf als auch teilweise hohe, erwärmte Luftvolumenströme von Lüftern für den Wärmeabtransport vom Kühlaggregat, der Elektronik und den Pumpen in einem Operationssaal etabliert. Eine problematische Situation, da die in ihnen in mehreren Kreisläufen zirkulierende Wärmeträgerflüssigkeit Wasser nach kurzer Zeit mikrobiologisch durch Bakterien, Algen und Pilzen kontaminiert ist.

Material und Methoden: Durch methodisches Konstruieren ist ein Zusatzaggregat zur hygienischen Aufbereitung von zirkulierendem Wasser in einen Hypothermiegerätekreislauf entwickelt worden. Mittels numerischer Simulationen ist die Reduktion von Bakterien in einem Reaktionsraum abgebildet

worden, um so zum einen die Desinfektionsleistung prinzipiell zu zeigen und zum anderen die konstruktive Gestaltung des Zusatzaggregates zu optimieren.

Ergebnisse: Ausgewählte Lösungsansätze aus den verwandten Gebieten der Trinkwasserversorgung und Klimatechnik sind speziell für den Einsatz im OP-Umfeld so modifiziert worden, dass daraus ein Verfahren entwickelt werden konnte, welches unter Verwendung eines hoch reaktiven, desinfizierenden Fluides die mikrobiologische Last in den Wasserkreisläufen von Hypothermiegeräten auf das Niveau der deutschen Trinkwasserverordnung reduzieren kann. Das in dem herstellerneutral ausgeführten Zusatzaggregat konzipierte Verfahren gewährleistet ohne Verwendung von Filtern, dass keinerlei Rückstände von den desinfizierend wirkenden chemischen Verbindungen in die Wasserkreisläufe oder gar in den Oxygenator gelangen.

Diskussion: Das Projekt O3Desi zeigt, wie das Potenzial, das in der geeigneten Kombination von Lösungsansätzen aus anderen technischen Anwendungsfeldern steckt, klinisch genutzt werden kann. Für ein Proof-of-concept der bereits patentierten Erfindung sind Fördermittel des Landes NRW beantragt worden. Sie dienen als Basis für eine mittelfristige Lösung des weltweiten Problems.

Extrakorporale Membranoxygenation bei pädiatrischer Lungentransplantation

Tiedge, Sebastian¹

¹ Medizinische Hochschule Hannover, Carl-Neuberg-Straße 1, 30625 Hannover, DE

Einleitung: Aufgrund des allgemeinen Mangels an Spenderorganen – insbesondere im pädiatrischen Bereich – werden die Wartezeiten immer länger. Damit kommt dem Bridging eine besondere Bedeutung zu. Neben der konventionellen, maschinellen Beatmung bietet die extrakorporale Membranoxygenation (ECMO) neue Möglichkeiten die Wartezeiten zu überbrücken. Auch im intra- und postoperativen Einsatz können mit der ECMO moderne, schonendere Therapiekonzepte verfolgt werden.

Material und Methoden: Retrospektiv wurden alle Lungentransplantationen an Patienten unter 18 Jahren im Zeitraum von 2010 bis 2017 hinsichtlich des Einsatzes der ECMO untersucht. Es wurden 67 Transplantationen durchgeführt (Alters-Range: 2–18 Jahre; Median: 13 Jahre). Je nach Größe und Gewicht der Patienten wurden drei verschiedene ECMO-Systeme eingesetzt. Die Kanülierung erfolgte entweder thorakal, cervikal oder femoral.

Ergebnisse: Insgesamt wurden 31 Patienten (46 %) prä-, intra- oder postoperativ mit einer ECMO versorgt. Präoperativ wurden 12 Patienten (18 %) mittels ECMO zur Transplantation gebridget. Die Wartezeit an der ECMO betrug 1–85 Tage (Median 12 Tage). Intraoperativ wurden 29 Patienten (43 %) an der ECMO transplantiert. Im Anschluss an die Transplantation konnten 15 der 29 Patienten, noch im OP-Saal vom System entwöhnt werden. Postoperativ wurde die ECMO bei 15 Patienten (22 %) eingesetzt. Bei 13 Patienten wurde die perioperative ECMO postoperativ weiterverwendet. Zwei Patienten wurden aufgrund zusätzlicher Korrekturen kongenitaler Vitia an der Herz-Lungen-Maschine (HLM) transplantiert und postoperativ mit einer ECMO versorgt. Die postoperative Unterstützungszeit durch die ECMO betrug 1–12 Tage (Median 7,5 Tage).

Schlussfolgerung: Durch das Wach-ECMO-Konzept ist es zu einem Paradigmenwechsel in der Therapieführung gekommen. Die Patienten sind nicht sediert, intubiert und immobil, sondern bleiben wach, spontanatmend und mobil. Dies ist der Grundstein für den Einsatz der ECMO als Bridge-to-Transplant. Die Durchführung der Transplantation ohne extrakorporale Unterstützung bzw. mit ECMO senkt die Komplikationsrate. So sind die Blutungsneigung und der Bedarf an Blutprodukten deutlich reduziert. Der postoperative Einsatz der ECMO verringert Komplikationen bei akuter Abstoßung, verhindert eine LV-Überladung bei pulmonalem Hypertonus und erlaubt ein schonendes Weaning.

Früh-postoperative Ergebnisse nach einer notfallmäßig durchgeführten Herz-Operation bei Patienten mit einer periprozeduralen Herzperforation und Perikardtamponade nach einem invasiven diagnostischen oder interventionellen Eingriff im Herzkatheter-Labor

Sikole, Magdalena¹; Haldenwang, Peter¹; Buchwald, Dirk¹; Moustafine, Vadim¹; Strauch, Justus T.¹

¹ Uni-Klinik für Herz- und Thoraxchirurgie Bergmannsheil Bochum, Freiligrathstr. 55, 44791 Bochum, DE

Einführung: In den letzten Jahren hat die Anzahl der invasiven Eingriffe (Herzschrittmacherimplantation, Ablation aufgrund Vorhofflimmern, Koronarangiographie und Vorhofohrverschluss) in Deutschland deutlich zugenommen. Die Wahrscheinlichkeit einer Myokardperforation wird bei der Schrittmacheranlage mit 0,1–1,2 %, bei Katheterablation mit 0,2–6 % und bei einer Koronarangiographie mit 1 % beschrieben. Eine Myokardperforation und die daraus resultierende Perikardtamponade stellt eine lebensbedrohliche Komplikation dar. Ziel der Untersuchung: Wir analysierten die frühpostoperativen Ergebnisse nach einer notfallmäßig durchgeführten chirurgischen Sanierung der Perforation des Herzens und Entlastung der Perikardtamponade aufgrund eines invasiven diagnostischen oder interventionellen Eingriffs im Herzkatheter-Labor.

Material und Methoden: In dieser retrospektiven Studie wurden 22 Patienten identifiziert, die sich zwischen den Jahren 2010 und 2017 an der Herzchirurgischen Klinik Bergmannsheil der Universität Bochum aufgrund einer iatrogenen Herzperforation und Perikardtamponade einer notfallmäßige Herz-Operation unterzogen haben. Endpunkt der Studie war die 30-Tage-Mortalität.

Ergebnisse: Von den 22 Patienten sind 3 Patienten innerhalb 30 Tagen nach der Operation verstorben. Die 30-Tage-Mortalität betrug 13,6 %. 6 Patienten zeigten eine Perforation im Bereich des rechten Ventrikels, 3 am linken Ventrikel, 2 am rechten Vorhof, 1 in der Vena cava superior, 2 am linken Vorhof, 3 im LAD Bereich, 1 im RD1 Bereich, 1 im RIM, 1 im RCA und 2 Patienten in der Pulmonalvene. Das Durchschnittsalter der Patienten in der Gruppe der Überlebenden (n = 19) betrug 73 Jahre, der Durchschnitts-BMI betrug 27, Diabetes mellitus hatten 31,8 %, Hypertonie 86 %; die mittlere OP-Zeit betrug 135 Minuten; die mittlere HLM-Zeit betrug 85 Minuten, die mittlere Klemmzeit betrug 69 Minuten, die mittlere Ventilationszeit betrug 48,3 Stunden und 18,2 % der Patienten entwickelten eine postoperative Dialysepflichtigkeit. Die stationäre Aufenthaltsdauer in der Gruppe der Überlebenden betrug 9,7 Tage. Das Durchschnittsalter der Patienten in der Gruppe der Verstorbenen (n = 3) betrug 79 Jahre; der Durchschnitts-BMI betrug 26,2; Diabetes mellitus hatten 66 %, Hypertonie zeigten alle 3 Patienten, die mittlere OP-Zeit betrug 94 Minuten, die mittlere HLM-Zeit betrug 71 Minuten; die mittlere Ventilationszeit betrug 106 Std. und 2 von 3 Patienten entwickelten eine postoperative Dialysepflichtigkeit. Ein Patient ist an den Folgen eines hypoxischen Schadens verstorben. Die stationäre Aufenthaltsdauer in der Gruppe der Verstorbenen betrug 6 Tage.

Zusammenfassung: Eine notfallmäßige Entlastung der Perikardtamponade, eine chirurgische Sanierung der Perforation des Herzens und eventuelle Stabilisierung des Kreislaufes durch Anschluss an die Herz-Lungen-Maschine zeigt in unserer Studie eine Überlebensrate von 86,4 %. Abschließend kann gesagt werden, dass die notfallmäßige chirurgische Sanierung der Perforation und Perikardtamponade unter Einsatz oder stand-by der Herz-Lungen-Maschine eine sichere Methode darstellt.

Outcome-Analysen bei Patienten mit extrakorporaler Membranoxygenation und extrakorporalem Life-Support nach interhospitalen Transport

Rückert, Florian¹; Charitos, Efstratios I.¹; Stiller, Markus¹; Böhm, Marcel¹; Henning, Rene¹; Neitzel, Thomas¹; Willsch, Jan¹; Treede, Hendrik¹; Raspé, Christoph¹

¹ Universitätsklinikum Halle (Saale), Reichpietschstraße, 47, 04317 Leipzig, DE

Einleitung: Die extrakorporale Membranoxygenation (ECMO) ist seit Jahren eine etablierte Therapieoption für Patienten mit kardiopulmonalem Organversagen. Trotz des Fortschritts bei der Behandlung solcher Patienten ist die Mortalität bei ARDS und kardiogenem Schock mit bis zu 50 % weiterhin hoch. Lebensqualität und Langzeitoutcome nach dieser Therapie sind bisher jedoch noch ungenügend untersucht.

Material und Methoden: Zwischen 2010 und 2015 wurde bei 97 Patienten ein ECMO/ECLS in einem umliegenden Krankenhaus durch das Universitätsklinikum Halle (UKH) implantiert und folgend auf verschiedenen Intensivstationen des UKH behandelt. Dabei wurden Prä- und Post-Implantationswerte und Überleben (30 Tage, ITS, Krankenhaus) analysiert. Mit multivariater Analyse konnten prädiktive Faktoren für Krankenhausmortalität aufgedeckt werden. In einer Nachuntersuchung werden Herz- und Lungenfunktion, mentaler Status sowie Lebensqualität standardisiert bei allen Überlebenden erhoben. Außerdem konnten qualitätskorrigierte Lebensjahre (quality adjusted life-year/QALY) berechnet werden.

Ergebnisse: Das Krankenhausüberleben lag in dieser Kohorte bei 50,5 %. Bei 35 Patienten (71,4 % der Krankenhausüberlebenden) konnte nach 23,5 Monaten (Median) eine Follow-up-Untersuchung durchgeführt werden. 10 (20,4 %) Patienten starben nach der Krankenhausentlassung, 4 (8,2 %) Patienten konnten nicht an der Befragung teilnehmen. Die mediane Lebensqualität wurde mit 80 % im Karnofsky-Index, 80,6 % im Euro-QoL-5D und 76,4 % im QOL-I bewertet (Normalwerte: $\geq 80 \%$ / $\geq 75 \%$ / $\geq 70 \%$). Die mentale Funktion zeigte sich auf einem sehr guten Niveau (MMS 96,7 %, DemTect 83,3 %, TFDD 87,0 %; Normalwerte: $\geq 90 \%$ / $\geq 72 \%$ / $\geq 74 \%$). Durch TTE und Spirometrie wurde eine wiederhergestellte Funktion von Herz und Lunge nachgewiesen (86,7 % FVC, 85,8 % VC Max, EF 61 %). In der multivariaten Regressionsanalyse wurden weibliches Geschlecht, Alter, Beatmungstage vor ECMO, SOFA-Score und Laktat bei Implantation sowie Dialyse im Verlauf und Anzahl der transfundierten Thrombozytenkonzentrate als Prädiktoren für Krankenhausmortalität nachgewiesen. Bezogen auf 100 ECMO-Patienten konnten 32,39 QALYs pro Jahr generiert werden.

Diskussion: Langzeitüberlebende von Out-Of-Center ECMO-Implantation zeigten sich in der Nachuntersuchung mit sehr gutem mentalen Status, normaler Herz- und Lungenfunktion und bei guter Lebensqualität. Ventilationszeit vor ECMO-Implantation, SOFA-Score und Laktat sollten bei der Implantation von ECMO-Devices als prädiktive Faktoren für schlechtes Überleben in Betracht gezogen werden.

Ventrikuläre Unterstützungssysteme

Extrakorporale Gegenpulsation – ein neues nicht-invasives Verfahren zur Therapie der Herzinsuffizienz

Kühnel, Ralf-Uwe¹; Müller, Torsten¹; Loladze, Georgi¹; Albes, Johannes¹

¹ IK Bernau HZB MHB, Ladeburger Strasse 17, 16321 Bernau, DE

Hintergrund: Die externe Gegenpulsation (External Counterpulsation, ECP) ist ein computerkontrolliertes System, das synchron zum Herzrhythmus des Patienten äußeren Druck auf dessen untere Extremitäten ausübt. Damit werden über ein nicht-invasives Verfahren ähnliche Effekte wie beim Einsatz einer IABP erzielt. Das System wird primär bei Patienten mit stabiler Angina pectoris

eingesetzt. Wir beschäftigen uns mit der Frage, ob auch Patienten nach herzchirurgischem Eingriff von einem solchen System profitieren können.

Material und Methode: Wir involvierten 82 Patienten nach herzchirurgischem Eingriff mit einer latenten Herzinsuffizienz frühpostoperativ in unsere Studie. Diese wurden an 3 aufeinanderfolgenden Tagen jeweils 30 Minuten mit ECP behandelt. Vor und nach Anwendung des Systems wurden echokardiografische Daten erhoben sowie Insuffizienzparameter im Labor bestimmt. Diese Werte wurden mit einer Gruppe von Patienten ohne ECP verglichen. Zusätzlich wurden subjektive Parameter wie Schmerz und Wohlbefinden durch Frageskalen erhoben.

Ergebnisse: Die Gruppe mit ECP-Anwendung zeigte im Durchschnitt eine schnellere Rekompensation. Etwa 70 % sprachen auf die Therapie an, 30 % zeigten keine wesentlichen positiven Effekte. Im Vergleich der gesamten Gruppe mit der Gruppe ohne ECP konnte ein verbessertes Outcome nachgewiesen werden. Ebenfalls zeigten die subjektiv erhobenen Werte in der ECP-Gruppe ein besseres Ergebnis.

Diskussion: ECP ist ein leicht anzuwendendes System. Der Einsatz wurde von allen Patienten gut toleriert. Die positiven Ergebnisse sprechen für eine Anwendung von ECP auch in der Subgruppe der herzchirurgisch operierten Patienten. Schwere Zwischenfälle wie Embolien oder maligne Herzrhythmusstörungen sahen wir in unserer Gruppe nicht. Weitere Studien sind zwingend erforderlich, insbesondere mit den Fragen: Wann Erstanwendung nach Herzoperation? Dauer der Anwendung? Einsatz auch bei Zustand nach Saphenektomie?

Integrierter Defibrillator in einem Ventricular Assist Device, In-Vitro-Test einer neuen Erfindung

Aboud, Anas¹; Liebing, Kai¹; Eitz, Thomas¹; Raddatz, Christian¹; Becker, Tobias¹; Morshuis, Michiel¹; Gummert, Jan¹

¹ Herz- und Diabeteszentrum NRW Bad Oeynhausen, Georg Strasse 11, 32545 Bad Oeynhausen, DE

Einleitung: Patienten mit einem Ventricular Assist Device (VAD) haben zwischen 22 % und 52 % ventrikuläre Herzrhythmusstörungen mit erhöhtem Risiko für Mortalität und Morbidität. Es ist nachgewiesen, dass Defibrillatoren (ICD) bei solchen Patienten zur Reduktion der Mortalität (bis 39 %) führen. Die ICD-Implantation beinhaltet an sich Risiken und kann verschiedene Komplikationen, wie Infektionen, Blutungen und Sondendislokationen verursachen. Basierend auf den o. g. Gründen und um mögliche Komplikationen bei VAD-Patienten zu vermeiden, arbeiteten wir an der Entwicklung eines modularen VAD-Systems mit integriertem ICD. Diese Erfindung wurde am 6.7.2017 als Gebrauchsmusterschrift DE202017001760U1 (Defibrillator-Herzpumpe) vom DPMA veröffentlicht.

Material und Methoden: Durch die Erfindung wird das VAD mit einem integrierten ICD weiter optimiert. Die ICD-Funktion ist modular aufgebaut und kann dauerhaft oder temporär eingesetzt werden. Für den In-Vitro-Einsatz benutzten wir ein übliches VAD-System, welches bei Patienten routinemäßig eingesetzt wird. Wir nahmen zusätzlich zwei Single-Coil-Elektroden (SCE) und fixierten die erste am Gehäuse des VAD (1. Pol) und die zweite verlief entlang der Out-Flow-Kanüle (2. Pol). Beide SCEs wurden an einen externen Defibrillator (LP 20), mit der Möglichkeit einer 50 Joule Schock-Abgabe, angeschlossen.

Ergebnisse: Der Test fand in-Vitro statt. Das modifizierte VAD-System arbeitete mit den üblichen Patienten-Parametern (ca. 4,5 l/min mit 2700 U/min). Zur Simulation brachten wir das VAD-System in ein mit 2 l Ringer-Lösung gefülltes Reservoir. Die SCEs wurden mit dem LP 20 konnektiert, und in 10er-Schritten Schocks bis 50 Joule ausgelöst. Hier zeigte der Controller des VAD trotz Schock-Abgaben dauerhaft keine Fehlermeldung oder Störung der Pumpenfunktion. Nach einer internen Auswertung wurden seit 2009 im Herzzentrum NRW 630 VAD-Implantationen durchgeführt. Bei 37 Patienten erfolgten postoperativ ICD-Revisionen. 14 Patienten erhielten post-VAD ICD-Neuanlagen.

Diskussion: Ein neuartiges VAD-Gerät mit integriertem Defibrillator optimiert die Therapie bei Patienten mit fortgeschrittenen Kardiomyopathien. Durch die extrakorporale Lokalisation des ICD sind Interferenzen zwischen Programmierer und Magnetreaktion der VAD-Pumpe eher vermeidbar. Zusätzlich können im neuen Device Schock-Abgaben, zur Vermeidung von Sturzunfällen, durch

Patienten unterdrückbar sein. Dieses Device soll im Rahmen eines tierexperimentellen Modells getestet werden.

Patientensicht über die ambulante Versorgung nach Implantation eines ventrikulären Herzunterstützungssystems

Berg, Thomas¹; Tewarie, Lachmandath¹; Moza, Ajay¹; Zayat, Rachad¹; Autschbach, Rüdiger¹; Stoppe, Christian¹; Goetzenich, Andreas¹; Benstöm, Carina¹

¹ Uniklinik RWTH Aachen, Pauwelsstraße 30, 52074 Aachen, DE

Der Einsatz von ventrikulären Unterstützungssystemen (ventricular assist device, VAD) hat sich zu einer festen Größe bei der Therapie der terminalen Herzinsuffizienz entwickelt. Zahlen aus 2015 machen dies deutlich: bundesweit wurden nur 283 Herztransplantationen durchgeführt, jedoch 959 VAD-Systeme implantiert. Die Überlebenszeiten am VAD-System nähern sich zunehmend den Überlebenszeiten nach Transplantation eines Spenderorgans. VAD-Patienten sind ein Leben lang auf die Nähe zu Spezialisten angewiesen. Bisher wurden die Anforderungen an die postoperative ambulante Versorgung aus Sicht der mit einem VAD lebenden Patienten und ihrer Angehörigen jedoch noch nicht systematisch erfasst. Im September 2016 wurden daher VAD-Patienten (n = 30) und ihre Angehörigen (n = 25) anonym nach ihren Erfahrungen und ihren Anforderungen an die postoperative ambulante Versorgung befragt. Hierfür wurde der VAD-Patient Satisfaction Survey an den Bedarf dieser Studie adaptiert. VAD-Patienten und ihre Angehörigen erleben den Alltag mit einem VAD positiv. Information, Schulung, Erreichbarkeit und regelmäßige Kontakte zur Poliklinik und zum VAD-Koordinator werden als wichtige Stützen beschrieben. Beinahe 95 % der befragten Patienten geben an, dass eine gute Unterstützung zu Hause ein wichtiger Faktor ist, der das Leben mit einem VAD besonders erleichtert. Diese Aspekte sollten entsprechend Berücksichtigung bei der Betreuung der mit einem VAD lebenden Patienten finden.

Herz- und Lungenunterstützungsverfahren

Konzept einer In-Vitro-Simulation der strömungsmechanischen Interaktion zwischen ECLS und Mikroaxialpumpen zur linksventrikulären Entlastung

Güre, Özge¹; Grieshaber, Philippe²; Fiebich, Martin¹; Böning, Andreas²; Gehron, Johannes²

¹ Technische Hochschule Mittelhessen, Wiesenstr. 14, 35390 Gießen, DE

² Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH Standort Gießen, Rudolf-Buchheim-Str. 7, 35392 Gießen, DE

Hintergrund: Extrakorporale Unterstützungssysteme (ECLS) sichern bei akutem Kreislaufversagen die Perfusion der Endorgane und übernehmen die Funktion des linken Ventrikels. Die arterielle Kanülierung erhöht aber bei normalem Druck entweder durch eine retrograde Flussrichtung in der Aorta descendens oder durch Jetphänomene in der Aorta ascendens die Nachlast des linken Ventrikels. Zusätzlich dilatiert ein weiterhin vorhandener Pulmonalfluss den linken Ventrikel. Zu dessen Entlastung werden aktuell vermehrt Mikroaxialpumpen zusätzlich zur ECLS implantiert, die durch den augmentierten antegraden Fluss zwischen Ventrikel und Aorta die Wandspannung des Ventrikels reduzieren und dadurch eine pulmonale Stauung vermindern. Erste retrospektive Arbeiten zeigten hiermit eine Reduktion der Mortalität von 80 % auf 47 %. Die Auswirkungen eines zusätzlichen sekundären Unterstützungssystems auf die ohnehin komplexen Strömungen in der Aorta wurden bisher nicht näher untersucht. Es ist nicht bekannt, ob der Fluss der Mikroaxialpumpe die Versorgung der Endorgane verbessert oder zu zusätzlichen Stase- oder Grenzzonenphänomenen in der Aorta führt. Diese komplexen Interaktionen können in vivo wegen fehlender Steuerbarkeit und unsicherem Recovery nicht systematisch untersucht werden, sondern sind nur mittels Kreislaufsimulation erkennbar.

Zielsetzung: Die Nachbildung der Kreislaufmorphologie wird mittels zwei aus bildgebenden Daten erwachsener Probanden entwickelte 1:1 Silikongefäßmodellen (Aorta, Vena Cava) mit justierbaren Widerstandselementen und Compliancegefäßen in einer wasserdichten Kunststoffwanne als Kreislaufsimulator ermöglicht. Die Ventrikelfunktion erfolgt mit zwei parakorporalen und pneumatischen ventrikulären Unterstützungssystemen (BIVAD). Verschiedene großlumige Zugangsports an zentralen und peripheren Gefäßen ermöglichen die Konnektion eines ECLS. Mittels Wasserfüllung wird eine artefaktfreie direkte Ultraschallankoppelung an das Gefäßsystem erreicht. Die Implantation eines ECLS kombinieren wir mit der zusätzlichen Anlage einer Mikroaxialpumpe (Impella 2.5, Abiomed, Aachen, Deutschland). Vier Stufen der ECLS-Arbeit von voller Unterstützung im kardiogenen Schock bis hin zur Entwöhnung kombinieren wir mit acht Leistungsstufen der Mikroaxialpumpe. Mittels Puls- und Farbdoppler untersuchen wir die Bildung bzw. Verschiebung von Grenz- und Stasezonen in der Aorta. Mittels berechneten Flusswerten bewerten wir Flussveränderungen in den supraaortalen und viszerale Ästen.

ECLS-/ECMO-VAD-Programm, ein interdisziplinäres Konzept am Universitätsklinikum Tübingen

Loeschmann, Christoph¹

¹ Universitätsklinik für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie Tübingen, Hoppe-Seyler-Straße 3, 72076 Tübingen, DE

Einleitung/Hintergrund: Vor dem Hintergrund steigender Implantationszahlen extrakorporaler Systeme in der Bundesrepublik Deutschland kommt einem innerklinischen interdisziplinären Expertenteam eine zunehmende Bedeutung zu. Damit steigt die Erwartung und Forderung an Kliniken standardisierte Arbeitsabläufe zu etablieren um die Prognose der Patienten zu verbessern.

Lösungsansatz: Am Universitätsklinikum Tübingen wurden von 2013 bis Juni 2017 507 ECLS- bzw. ECMO-Systeme, sowie 101 Ventrikuläre Assist Devices (VADs) implantiert. Mit Beginn startete die Entwicklung und Implementierung von SOPs sowie der Aufbau eines interdisziplinären Konzepts. Die SOPs erstrecken sich von der Anlage eines Systems, über die laufende Therapie bis hin zur

Weaningsevaluation und der Explantation. Durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit profitiert der Patient und der Arbeitsablauf. Alle beteiligten Fachbereiche wie Kardiotechnik, Herzchirurgie, Kardiologie, Anästhesie, Pflege und Physiotherapie bringen ihre Fachexpertise ein. Dies erleichtert nicht nur die Bewältigung des Arbeitsaufkommens, sondern erhöht auch die Patientensicherheit während der gesamten Behandlung. Es finden tägliche interdisziplinäre Visiten auf der Intensivstation statt, um die laufende Therapie zu besprechen, ebenso wurde ein VAD-Team ins Leben gerufen, das neben seiner täglichen Arbeit wöchentlich eine interdisziplinäre VAD-Konferenz mit Verlaufsbesprechung der VAD-Patienten durchführt.

Fazit: Ein interdisziplinär breit aufgestelltes Team eröffnet mehr Möglichkeiten einer ganzheitlichen Therapie von Patienten mit einem ECLS-/ECMO- oder VAD-System. Vor allem in spezialisierten Zentren ist dies möglich, da die Expertise, Erfahrung sowie die Ressourcen und therapeutischen Möglichkeiten der einzelnen an der Behandlung des Patienten beteiligten Fachdisziplinen groß ist.

Ausblick: Im Juni 2018 soll eine von interdisziplinären Fachgesellschaften erstellte S3-Leitlinie zum „Einsatz der extrakorporalen Zirkulation (ECMO/ECLS) bei Herz- und Kreislaufversagen“ veröffentlicht werden. Das Vorhaben wurde 2015 bei der AWMF unter der Registernummer 011-021 angemeldet. Neben wissenschaftlich fundierten, evidenzbasierten Empfehlungen zum Einsatz einer ECLS/ECMO bei Herz-Kreislauf- und/oder Lungenversagen soll die Leitlinie auch Stellung zu personen- und institutionsbezogenen Anforderungen bezüglich Expertise, Prozessen und Infrastruktur nehmen.

Prävalenz von Hämolyse und metabolischer Azidose bei ECLS-Patienten – Marker für das Überleben?

Foltan, Maik¹; Philipp, Alois¹; Gietl, Monika¹; Lehle, Karla¹; Lunz, Dirk¹; Müller, Thomas¹; Schmid, Christof¹

¹ Universitätsklinikum Regensburg, Franz-Josef-Strauss Allee 11, 93042 Regensburg, DE

Einleitung: Die pathophysiologischen Mechanismen und Auswirkungen eines kardiogenen Schocks oder eines Herzkreislaufstillstandes auf den Menschen sind komplex. Es stellt sich die Frage, inwieweit erhöhte freie Hämoglobinwerte (fHb), ein Abfall des pH-Wertes und ein Anstieg der Laktatwerte vor dem Anschluss eines extrakorporalen Unterstützungssystems (ECLS) einen prognostischen Marker für das Überleben der ECLS-Patienten darstellen können.

Patienten und Methode: Es wurden die prospektiv gesammelten Daten von 215 adulten Patienten (Januar 2010 bis Juni 2016), die entweder im kardiogenen Schock (LCO) oder unter kardiopulmonaler Reanimation (CPR) an ein ECLS-System angeschlossen wurden, in dieser retrospektiven Studie analysiert. Hierfür erfolgte die Aufteilung der eingeschlossenen Patienten in drei Teilgruppen:

1. ECLS-Implantation unter CPR
2. ECLS-Implantation im persistierendem kardiogenen Schock nach kardiopulmonaler Reanimation und Rückkehr des Spontankreislaufes (CPR < 12 Stunden)
3. ECLS-Implantation im LCO ohne Reanimation

Ergebnisse: Es konnte nachgewiesen werden, dass nach CPR und vor ECLS-Implantation erhöhte fHb-Werte vorliegen. Diese bei der ECLS-Implantation signifikant erhöhten freien Hämoglobinwerte fallen durch den Betrieb eines korrekt funktionierenden ECLS-Systems innerhalb von 24 Stunden ab. Die Patienten nach kardiopulmonaler Reanimation zeigten sowohl in Gruppe 1 (Median 318 [138Q1; 586Q3] mg/l) als auch in Gruppe 2 (212 [107Q1; 439Q3] mg/l) zu Beginn der extrakorporalen Zirkulation im Verhältnis zur Gruppe 3 (79 [53Q1; 232Q3] mg/l) signifikant erhöhte fHb-Werte. Die Pathomechanismen hierfür sind derzeit noch nicht vollständig geklärt. Darüber hinaus ermöglichte der ECLS-Einsatz bei allen Patienten eine rasche Normalisierung der metabolischen Parameter, der erhöhten Laktatwerte 75 [40Q1; 117Q3] mg/dl sowie der pH-Werte 7,19 [7,07Q1; 7,29 Q3]. Als unabhängiger Prädiktor für das Überleben (Krankenhausentlassung) konnte die Höhe des freien Hämoglobinwertes oder des pH-Wertes vor der extrakorporalen Kreislaufunterstützung nicht bestätigt werden. Ein niedriger Laktatwert bei der ECLS-Implantation hingegen stellt einen solchen prognostischen Biomarker dar.

Das Outcome von Inter-Hospital-Transport bei ECMO-/ ECLS-Patienten – die Züricher Erfahrungen

Halbe, Maximilian¹; Mertha, Jesko¹; Van Tilburg, Koen¹; Albrecht, Roland²; Wenger, Urs¹; Weber, Alberto¹; Benussi, Stefano¹; Wilhelm, Markus¹; Maisano, Francesco¹

¹ UniSPital Zürich, Rämistrasse 100, 8091 Zürich, CH

² Rega Zürich, Überlandstrasse 299, 8600 Dübendorf, CH

Einführung: Ein ECMO-Transport-Service (ETS) bietet Zugang zu Herz- und Lungenunterstützungstherapien für Patienten in peripheren Krankenhäusern, welche normalerweise zu krank sind, um transportiert zu werden. Die Erfahrungen der letzten vier Jahre, in denen ein ETS aufgebaut worden ist, werden beschrieben.

Methode: Dies ist eine retrospektive Analyse vom Januar 2013 bis Dezember 2016 unserer ECMO-Datenbank. Die Patienten, die eine ECMO-Implantation in einem peripheren Krankenhaus (Transportgruppe, n = 51) erhielten und danach an das Universitätsklinikum Zürich (USZ) transportiert wurden, wurden im Vergleich zu den Patienten, die im selben Zeitraum eine ECMO-Implantation intern erhielten, verglichen (Kontrollgruppe, n = 374). Der primäre Endpunkt dieser Analyse war die 30-Tage-Sterblichkeit. Beide Gruppen wurden in verschiedene Arten der Kanülierung aufgeteilt.

Resultate: Das 30-Tage-Überleben in der Transportgruppe bei V-V ECMO gegenüber der Kontrollgruppe war 92 % (n = 25) gegenüber 71 % (97); bei der V-A ECMO betrug dies Verhältnis 50 % (n = 13) in der Transportgruppe gegenüber 49 % (n = 32) in der Kontrollgruppe. Unter den Überlebenden betrug die durchschnittliche Anzahl der Tage bei der ECMO-Therapie in der Transport- und Kontrollgruppe 8,0 Tage (+/- 6,8 Tage) bzw. 6,0 Tage (+/- 11,8 Tage).

Zusammenfassung: Unsere aktuellen Daten zeigen, dass der externe ECMO-Transport keine negativen Auswirkungen auf das Ergebnis des Patienten hat, während die Fallzahlen kontinuierlich anstiegen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass ECMO-Transport und Implantation in einer fremden Umgebung gerechtfertigt ist und lebensrettend sein kann. Die behandelnden Ärzte außerhalb von ECMO-Zentren sollten ECMO (plus Transport) als eine zuverlässige therapeutische Option in Erwägung ziehen.

Pitfall in ECLS-Therapy: Hypovolemia and Gaseous Micro Embolism

Born, Frank¹; Chen, Jinchi²; König, Fabian¹; Thierfelder, Nikolaus¹; Günther, Sabina¹; Peterß, Sven¹; Hagl, Christian¹

¹ LMU Ludwig-Maximilians-Universität, Marchioninstr.15, 81377 München, DE

² TUM, Boltzmannstrasse 15, 85748 Garching, DE

Hintergrund: Während der ECLS-Therapie kommt es durch Hypovolämie zu einer Abnahme des venösen Rückflusses. Dadurch kann eine erhöhte Mikroblasenaktivität entstehen. Daraus ist die Schlussfolgerung zu ziehen, dass Hypovolämie und Ansaugen der venösen Kanüle zwei entscheidende Faktoren für die Entstehung von Mikroblasen sind. Aus diesem Hintergrund wurde dieses In-Vitro-Modell entwickelt.

Material und Methode: Patient und ECLS-System wurden durch serielle Verbindung von Reservoirs, einer Zentrifugalpumpe und einem Diffusionsoxygenator simuliert. Das Priming des Versuchsaufbaus bestand aus verdünntem Glycerin (40 %), um die Viskosität des Blutes zu simulieren. Es kamen fünf verschiedene Drehzahlen der Zentrifugalpumpe zum Einsatz: 1500/2000/2500/3000 und 3500 U/min. Für den Nachweis der Mikroblasenaktivität wurde der Bubble Counter BCC 200 verwendet. Zur Elimination der Mikroblasen wurde zusätzlich eine Dynamic Bubble Trap verwendet.

Ergebnisse: Aus den Messungen ergab sich, dass die Mikroblasenaktivität (Anzahl und Volumen der Mikroblasen) allein durch die Erhöhung der Pumpendrehzahl verstärkt wird. Hierbei wurde das Augenmerk auf den Zusammenhang zwischen Mikroblasenaktivität und venösem Liniendruck gelegt. Während der venöse Liniendruck absinkt, erhöht sich die Mikroblasenaktivität sowohl am Pumpeneinlass als auch am Pumpenauslass. Die Mikroblasenaktivität vor und nach der Pumpe zeigte einen signifikanten Unterschied auf, besonders im Bereich von -66 mmHg bis -143 mmHg ($p_N < 0,001$, $p_V = 0,03$). Unter Verwendung einer DBT wurde bei statischer Hypovolämie die Anzahl der Mikroblasen um bis zu ca. 91,6 % und das Volumen um bis zu ca. 99,9 % mit einer signifikanten Effektivität vermindert ($p_{AA} < 0,001$, $p_{VA} = 0,0029$). Bei dynamischer Hypovolämie betrug die signifikante Abnahme der Mikroblasenanzahl durch die DBT etwa 96,9 % und die signifikante Volumenabnahme etwa 99,8 % ($p_{AA} < 0,001$, $p_{VA} = 0,001$).

Zusammenfassung: Entgasen ist ein Phänomen, das sich anhand des Henry'schen Gesetzes erklären lässt und umfasst das Austreten in Flüssigkeit gelöster Gase. Diese Studie zeigt, dass Mikroblasenaktivität exponentiell mit dem venösen Liniendruck korreliert. Unter Verwendung einer DBT konnte man auch bei verstärkter Mikroblasenaktivität eine nahezu 100%ige Reduktion des gesamten Gasvolumens feststellen, obwohl die kleinen Mikroblasen dabei stark zunahmen.

EKZ II

Überlebensanalyse und prädiktive Faktoren für Krankenhausmortalität bei Patienten mit extrakorporaler Membranoxygenation und extrakorporalem Life-Support

Rückert, Florian¹; Charitos, Efstratios I.²; Stiller, Markus; Böhm, Marcel; Henning, Rene; Willsch, Jan; Neitzel, Thomas; Treede, Hendrik; Raspé, Christoph

¹ Universitätsklinikum Halle (Saale), Reichpietschstraße, 47, 04317 Leipzig, DE

² Universitätsklinikum Halle (Saale), Ernst-Grube-Straße 40, 06120 Halle/Saale, DE

Einleitung: Das kardiopulmonale Organversagen ist, ungeachtet der Ätiologie, weiterhin eine der führenden Todesursachen in der Intensivmedizin. Für die Behandlung von kardiogenem Schock und Acute Respiratory Distress Syndrom (ARDS) haben sich extrakorporale Membranoxygenation (ECMO) und extrakorporaler Life-Support (ECLS) bei therapierefraktärem Organversagen etabliert. Die Versorgung solcher Patienten sollte durch Kompetenzzentren durchgeführt werden, da sie unter anderem ein hohes Maß an Erfahrung, speziell ausgebildetem Personal und geeigneten Materialien erfordert. Langzeitüberleben und prädiktive Faktoren für Mortalität liegen bisher nur in begrenztem Umfang vor, könnten jedoch bei dieser komplexen und kostenintensiven Therapie die Entscheidungen der Intensivmediziner maßgeblich unterstützen.

Material und Methoden: Im Zeitraum von 01.01.2015 bis 31.12.2016 wurden 184 Patienten durch das Universitätsklinikum Halle/Saale mit einem extrakorporalen Organunterstützungsdevice versorgt. Sieben Patienten wurde dabei wiederholt eine ECMO/ECLS implantiert, sodass diese von der Analyse ausgeschlossen wurden. Somit konnten 177 Patienten mit erstmaliger ECMO/ECLS-Therapie untersucht werden. Dabei wurden verschiedene Prä- und Post-Implantationswerte und Überleben der Patienten (30 Tage, ITS, Krankenhaus) standardisiert erfasst und ausgewertet. Durch uni- und multivariate Regressionsanalyse konnten verschiedene Faktoren auf ihren Einfluss der Krankenhausmortalität bei ECMO/ECLS-Patienten untersucht werden. Außerdem wurden diverse ITS-Parameter (Ppeak, MAP, Noradrenalindosis, paO_2 , $PaCO_2$, FiO_2) und Laborparameter (Laktat, ASAT, ALAT) zu verschiedenen Zeitpunkten (0, 12, 24, 48, 72 Stunden) nach Implantation erhoben und analysiert. Zusätzlich wurden SOFA, APACHE II und Lung Injury Score nach Murray zum Implantationszeitpunkt berechnet, um eine Aussage zum Zustand der Patienten bei Implantation zu ermöglichen.

Ergebnisse: Von 177 Patienten konnten 73 aus dem Krankenhaus entlassen werden. Dies entspricht einem Krankenhausüberleben von 41,2 %. Das 30-Tage-Überleben lag bei 45,8 %. Die Patienten wurden im Median für 21 Tage (IQR: 8–35) im Krankenhaus behandelt, davon wurden sie 17 Tage

(IQR: 6–30) auf der Intensivstation versorgt. Die Patienten waren im Median 60 Jahre (IQR: 48–69) alt und zum überwiegenden Teil (68,4 %) männlichen Geschlechts. Die Patienten wurden meist wegen kardialen Versagen (103 Patienten; 58,2 %) mit einer medianen Laufzeit des Devices von 7 Tagen (IQR: 4–11) versorgt. Bei insgesamt 74 Patienten (41,8 %) wurde das Device postoperativ (direkt oder im Verlauf) implantiert. 98 Patienten (55,4 %) wurden im Verlauf für im Median 79,7 h (IQR: 32,3–161,5) dialysiert. Bei der Implantation lag der APACHE II im Median bei 29 Punkten (IQR: 27–33) und der Murray Score bei 2,25 (IQR: 1,33–3,00). Der SOFA Score bei Implantation betrug 13 Punkte (IQR: 11–14; n = 172); 72h nach Implantation betrug der SOFA Score 12 Punkte (IQR: 10–15, n = 131).

Diskussion: Durch ECMO/ECLS wird Zeit für die Wiederherstellung der Organfunktion geschaffen. Die vorgestellten Ergebnisse könnten zukünftig die Entscheidungsfindung der weiteren Versorgung mit ECMO/ECLS-Devices beeinflussen. Trotzdem die Mortalität bei ECMO/ECLS-Patienten als hoch anzusehen ist, konnten dadurch Patienten mit andernfalls fatalen Verläufen wieder stabilisiert und therapiert werden. Der Stellenwert dieser Therapieoption wird vor diesem Hintergrund weiterhin kontrovers diskutiert.

Dynamik der fluidmechanischen Interaktion zwischen extrakorporaler Zirkulation und Eigenkreislauf – eine Simulationsstudie

Bongert, Markus¹; Geller, Marius²; Gehron, Johannes³; Schäfer, Stefan³; Böning, Andreas³; Grieshaber, Philippe³

¹ Fachhochschule Dortmund, Sonnenstr. 96, 44139 Dortmund, DE

² Fachhochschule Dortmund FB Maschinenbau, Sonnenstr. 96, 44139 Dortmund, DE

³ UKGM Gießen-Marburg, Rudolf-Buchheim-Str. 7, 35392 Gießen, DE

Einleitung: Instantane In-Silico-Untersuchungen in einem Modell des Extracorporeal Life Support (ECLS) über eine femoralarterielle Kanülierung haben sowohl die Existenz einer definierten Trennzone zwischen den beiden konkurrierenden Flüssen (Eigenkreislauf, ECLS) als auch die unterschiedliche Reichweite in Abhängigkeit von der Flow-Aufteilung gezeigt. Bei der Interaktion zwischen pulsatilem Eigenkreislauf und konstantem ECLS-Flow handelt es sich jedoch um ein dynamisches System. Zur Evaluation des dynamischen Einflusses auf die fluidmechanische Interaktion ist ein transientes Simulationsmodell entwickelt worden.

Material und Methoden: Basis für das In-silico-Modell ist ein lebensgroßes Silikonmodell einer menschlichen Aorta, das mittels Computertomographie in ein virtuelles 3D-Modell überführt wurde. In der Aorta herrschte ein Druck von 90 mmHg. Eine geometrische Standardkanüle (16 Fr) ist femoral platziert worden. Als Eintrittsrandbedingungen sind der gemessene, zeitliche Flow-Verlauf eines Probanden aus dem linken Ventrikel (Eigenkreislauf) und der Flow aus der femoralen Kanüle so variiert worden, dass bei den transienten Simulationen der summierte Fluss (Gesamtperfusion) durch die Aorta stets 5,5 l/min betrug. Die Druck-Austrittsrandbedingungen an den abzweigenden Arterien sind dabei so gewählt worden, dass das nachgeschaltete Gefäßsystem abgebildet wird.

Ergebnisse: Bei den transienten Simulationen zeigen sich die dynamischen Auswirkungen der verschiedenen Flow-Anteile vom Herz und der ECLS auf die Strömungssituation. Wie bereits bei den stationären Simulationen bildet sich eine 3D-Trennzone zwischen den beiden Flüssen aus, deren Position, d. h. die Reichweite des ECLS-Blutes abhängig von der Pulsation des Eigenkreislaufs, oszilliert. Dabei ist für die 50/50-Flowaufteilung eine Phasenverschiebung festzustellen. Bei der Analyse der Stromlinien im Aortenbogen zeigt sich, wie der Herz-Flow bedingt durch den ECLS-Flow durch das retrograd strömende Blut aus der Aorta descendens zurückgedrängt wird.

Diskussion: Das Simulationsmodell des EMPACs-Projektes ist dahingehend erweitert worden, dass auch dynamische Effekte der Blutströmung untersucht werden können. Damit ist es erstmals möglich, die zeitlichen Auswirkungen der konkurrierenden Kreisläufe im Detail zu analysieren und zu bewerten. In nachfolgenden Untersuchungen muss noch geklärt werden, ob die Elastizität der Aorta einen signifikanten Einfluss hat.

Auswirkungen von pulsatilem Blutfluss auf die Oxygenatorleistung

Schraven, Lotte¹; Flege, Christian¹; Kopp, Rüdger¹; Schmitz-Rode, Thomas¹; Steinseifer, Ulrich¹
Arens, Jutta¹

¹ Institut für Angewandte Medizintechnik, Pauwelsstraße 20, 52074 Aachen, DE

Einleitung: Beim extrakorporalen Lungenunterstützungssystem (ECMO), speziell beim Oxygenator in der Langzeitanwendung, besteht immer noch eine schlechte Hämokompatibilität, ein ineffizienter Gasaustausch und eine erhöhte Gefahr der Thrombenbildung. Um diese Problematik zu reduzieren, haben wir eine systematische Studie zu der Hypothese durchgeführt, dass pulsatile Blutfluss im extrakorporalen Kreislauf eine bessere Durchmischung, daraus folglich eine höhere Gastransferleistung, eine geringere Thrombenbildung und somit eine bessere Hämokompatibilität verursacht. Hierfür verglichen wir die Effekte von pulsatilem und konstantem Blutfluss auf die Gasaustauschleistung und die Hämolyse.

Methoden: Die In-Vitro-Tests wurden gemäß DIN EN ISO 7199 durchgeführt. Eine extern gesteuerte Rotationsblutpumpe ermöglichte einen konstanten und pulsatile Blutfluss, der durch einen kleinen Testoxygenator floss. Bei den Gasleistungstests wurden die Betriebspunkte systematisch in Frequenz, Amplitude und dem mittleren Fluss variiert. Als Referenz wurden alle Betriebspunkte bei konstantem Blutfluss gemessen. Anschließend führten wir Testungen zum Hämolyseverhalten bei konstantem und pulsatilem Blutfluss durch, wobei zwei identisch aufgebaute Kreisläufe sechs Stunden mit einem mittleren Blutfluss von 500 ml/min liefen. Der Blutfluss von einem der Kreisläufe pulsierte mit einer Amplitude von ± 250 ml/min und einer Frequenz von 60 bpm.

Ergebnisse: Die Ergebnisse der Tests zur Gasaustauschleistung und der Hämolyse zeigten minimale Differenzen, welche jedoch keinen Hinweis auf eine signifikante Verbesserung des Gasaustausches, aber eine leichte Tendenz zur Erhöhung der Hämolyse bei pulsatilem Blutfluss ergab.

Diskussion: Die systematische Studie zur Gasaustauschleistung bei pulsatilem Blutfluss zeigte, dass sich bei keiner Amplitude, Frequenz oder mittlerem Fluss eine Verbesserung gegenüber dem konstanten Blutfluss einstellt. Deswegen kann hinsichtlich des Gasaustausches für den Oxygenator auf den höheren technischen Aufwand verzichtet werden, um den pulsatilem Blutfluss zu erzeugen. Bei den Hämolysetests wird der gesamte Kreislauf mit einbezogen und es kann nicht nur der Oxygenator einzeln betrachtet werden. Deswegen lässt sich die leicht gestiegene Hämolyse vermutlich auf die erhöhten Scherraten im gesamten Kreislauf, speziell in der Pumpe, zurückführen.

Schwerkraft-Drainage unter Verwendung eines 3/8“-Schlauchs

Martinovic, Antonio¹; Hamilton, Carole¹; Aurisch, Helmut¹; Marin, Denise¹; Hohe, Stephen¹

¹ Schön Klinik Vogtareuth GmbH & Co. KG, DE

Einführung: Normalerweise werden in der Herzchirurgie bei Erwachsenen 1/2“ venöse Schläuche genutzt, um einen guten Rückfluss ohne das Entstehen von Vakuum, zu erzeugen. Die Verwendung von 3/8“-Linien auf der venösen Seite zur Reduzierung des Primings ist für kleinere Patienten vorbehalten. Im Oktober 2012 haben wir mit der Verwendung des Medtronic Fusion Kardiotomiereservoirs und Oxygenators mit integriertem arteriellem Filter begonnen. Bei Verwendung dieses Systems ist uns häufig das Ansaugen der venösen Kanüle (schlagen des venösen Schlauches) aufgefallen, und wir entschlossen uns, 3/8“-Schläuche zu verwenden, anstatt bei dem 1/2“ venösen Schlauch partiell zu klemmen.

Material und Methoden: Retrospektive Studie mit 2 Patientengruppen mit einer Körperoberfläche zwischen 1,65 bis 2,15 m² und der Verwendung eines 1,6 m langen 1/2“ oder 3/8“ venösen Schlauches. Alle Fälle wurden ohne venöses Vakuum durchgeführt. Zur Verwendung kam ein Medtronic Fusion-System und venöse 2-stage Kanülen, (32/40 Fr und 36/48 Fr) Die Höhe des venösen Reservoirauslasses liegt 30 cm über dem Boden, der Einlass ist abhängig von der Höhe des Tisches (Operator) zwischen 33–50 cm unter Herzniveau.

Ergebnisse: Insgesamt wurden 890 Patienten dokumentiert, 193 in der 1/2“-Gruppe und 697 in der 3/8“-Gruppe mit einer durchschnittlichen KOF von 1,98 m² bei der 1/2“-Gruppe und 1,93 m² bei der 3/8“-Gruppe. Bei der 1/2“-Gruppe ist das Priming-Volumen 1100 ml. Der Blutfluss während der HLM liegt zwischen 3,8 l/min bis 5,6 l/min (Mittelwert 4,6 l/min). Bei der 3/8“-Gruppe ist das Priming-Volumen 1000 ml. Der Blutfluss während der HLM liegt zwischen 3,5 l/min und 5,5 l/min (Mittelwert 4,4 l/min).

Schlussfolgerung: Das Medtronic Fusion venöse Reservoir hat einen sehr niedrigen Widerstand, Blut fließt durch einen gebogenen Einlass. Der Einlass im Reservoir erweitert sich von 1/2“ auf 5/8“, so dass die Geschwindigkeit reduziert wird. Flüsse von 5 l/min können einfach und ohne Vakuum mit 3/8“ venösem Schlauch perfundiert werden. Ein Fluss von 5 l/min ist mit einem 3/8“ venösem Schlauch ohne Vakuum leicht erreichbar. Heute verwenden wir dieses System bei Patienten bis ca. 100 kg oder 2,2 m² KOF.

Stille Wasser, tiefe Gründe?

Born, Frank¹; Wieser, Andreas²; Ellgass, Reinhard¹; Peterß, Sven¹; Grabein, Beatrice¹; Hagl, Christian¹

¹ LMU Ludwig-Maximilians-Universität, Marchioninstr.15, 81377 München, DE

² LMU Ludwig-Maximilians-Universität, Pettenkoferstr. 9 c, 80336 München, DE

Hintergrund: Im Juli 2014 berichtete das Schweizer Bundesamt für Gesundheit (BAG) über Infektionen durch das Mycobacterium chimaera bei herzchirurgischen Patienten unter Einsatz der Herz-Lungen-Maschine mit kontaminierten Hypothermiegeräten (HCU). Diese Geräte regeln die Temperatur des Blutes und der Kardioplegie. Das M. chimaera wurde bei Wasserproben der HCU wie auch in der Raumluft nachgewiesen.

Material und Methode: In 2014 fand der Umzug in das neue Operative Zentrum (OPZ) am Campus GH statt, wobei 7 neue HCU's (Sorin 3 T) angeschafft wurden. Die Stationen zur Reinigung/Desinfektion der Geräte sind mit H₂O-Bakterienfilter bestückt. Trotz Reinigung/Desinfektion nach Vorgaben des Herstellers war das M.chimaera nach kurzer Zeit nachweisbar. Im September 2015 wurden die Geräte durch Neugeräte ersetzt. Die 14-tägige Desinfektion der Neugeräte wurde auf Puristeril 340 umgestellt. Die Beprobung der HCU/H₂O-Bakterienfilter fand im 14-Tage-Modus statt, regelmäßig wurde die Raumluft in den OP-Sälen untersucht.

Ergebnisse: Die Proben vor Erstinbetriebnahme der HCU's waren alle negativ. Von September bis Dezember 2015 wurden die Geräte 12-mal beprobt, einmal wurde Pseudomonas aeruginosa nachgewiesen. In 2016 wurden die Geräte im 1-Monat-Modus beprobt, es wurde Fusarium solari (4 Mal p. a.) und Brevundimonas spp (1 Mal p. a.) nachgewiesen. In 2017 wurden bis Juli 7 Proben mit 2 positiven Ergebnissen (Cupriavidus pauculus/ metallidurans) untersucht. Von September 2015 bis Juli 2017 waren alle Proben der HCU nach M. chimaera negativ, wie auch die an beiden Standorten durchgeführten Raumluftproben.

Zusammenfassung: Wasserführende Systeme sind ein allgemeines Problem im Gesundheitssystem, speziell im operativen Bereich. Unsere Ergebnisse zeigen, dass trotz maximalem Aufwand die HCU vereinzelt verkeimen können, jedoch bisher mit negativem Befund von M. chimaera. Die einzelnen positiven Proben wurden bei den Ersatz-HCU's festgestellt, was durch Rotation der Geräte deutlich reduziert werden konnte. Regelmäßiges Beprobieren und Desinfektion stellen einen enormen Arbeits- und Kostenaufwand dar, sind aber für eine sichere Verwendung im OP essentiell.

Weitere Themen aus Kardiotechnik und Herzmedizin

Nahinfrarot Spektroskopie (NIRS) – „die Pulsoxymetrie“ des Kardiotechnikers

Münch, Frank¹; Einhaus, Friedrich¹; Purbojo, Ariawan¹; Blumauer, Robert¹; Ruffer, Andre¹; Cesnjevar, Robert Anton¹

¹ Universitätsklinikum Erlangen, Loschgestrasse 15, 91054 Erlangen, DE

Einleitung: Die Pulsoxymetrie ist ein nichtinvasives Verfahren zur Messung der arteriellen Sauerstoffsättigung und Teil des anästhesiologischen Überwachungsstandards. Nachdem Patienten an der Extrakorporalen Zirkulation (EKZ) meist die Pulsatilität zugunsten eines laminaren Flusses verlieren, ist diese Form der Überwachung für die EKZ nicht geeignet. Darüber hinaus wird nur ein adäquates Sauerstoffangebot dokumentiert, der Effekt im Gewebe bleibt unerkannt. Die Nahinfrarot Spektroskopie (NIRS) nutzt die unterschiedliche Lichtreflexion der zirkulierenden Hämoglobinmoleküle und errechnet daraus die regionale Sauerstoffsättigung (%rSO₂). Diese ist pulsunabhängig und Ausdruck der lokalen Gewebesättigung. Mit der Methode können Sauerstoffangebot und Ausschöpfung im Gewebe beobachtet werden. Aus diesem Grund eignet sich ein NIRS-Monitoring optimal zur Überwachung einer EKZ und wurde Teil unseres Überwachungsstandards. Das von uns verwendete NIRS-Gerät (Invos, Medtronic, Germany) dokumentiert die relative %rSO₂, welche mit dem Licht zweier Wellenlängen (730 nm, 810 nm) arbeitet und zeitgleich die online-Überwachung an vier Messorten zulässt. Die fortlaufenden Messungen werden alle fünf Sekunden am NIRS-Monitor aktualisiert, wobei die relative Veränderung und nicht der absolute Wert von entscheidender Bedeutung sind. Unserer Erfahrung nach können regionale und globale Defizite in der Gewebesauerstoffversorgung (Perfusionsäquivalent) rasch und zuverlässig erkannt werden.

Zusammenfassung: Die mit NIRS überwachten Körperregionen geben zu jedem Zeitpunkt der Operation ein relativ verlässliches Bild der EKZ-Perfusionsqualität. Eine perfusionsbedingte relative oder absolute Minderversorgung wird sofort in Form eines Sättigungsabfalls (DIP) in der überwachten Region sichtbar, bevor andere Parameter dies anzeigen. Für den Kardiotechniker bietet das NIRS ein optimales, sehr sensibles und nicht-invasives Überwachungstool, um perfusionsbedingte oder operationstechnische Probleme frühzeitig zu erkennen, bevor sie laborchemisch (z. B: am Laktat) oder klinisch sichtbar werden. Speziell in der Aorten-Chirurgie mit regionaler Perfusion oder an ECMO/ECLS-Systemen liefert ein NIRS-Monitoring wertvolle Informationen. Seit 2009 ist die „EKZ-Pulsoxymetrie“ fester Bestandteil jeder Herz-OP mit Herz-Lungen-Maschine in unserem Zentrum, um perfusionsbedingte Komplikationen durch Kanülenfehlagen bzw. Minderperfusionsen frühzeitig zu erkennen und deren Folgen zu verhindern.

Human Factors in der Kardiotechnik: Eine Untersuchung über die Durchführbarkeit von Eye Tracking und Biometrie in der Kardiotechnik am Deutschen Herzzentrum Berlin

Kurtovic, Dino¹; Merkle, Frank²; Dreizler, Thomas¹; Starck, Christoph¹; Falk, Volkmar¹

¹ Deutsches Herzzentrum Berlin, Augustenburger Platz 1, 13353 Berlin, DE

² Deutsches Herzzentrum Berlin, Akademie für Kardiotechnik, Augustenburger Platz 1, 13353 Berlin, DE

Hintergrund: Human Factors, übersetzt „menschliche Faktoren“, besitzen in Hochrisikobereichen, wie z.B. in der Luftfahrt, einen hohen Stellenwert. Humanfaktorielle Merkmale, Fehlerursachenforschung und Sicherheit, bezogen auf die Schnittstellen Mensch – Maschine und Mensch – Mensch, sind Bestandteile der Human-Factors-Forschung. Vergleiche lassen sich zwischen Berufspiloten und Kardiotechnikern hinsichtlich der Komplexität am Arbeitsplatz ziehen – beim Berufspiloten die Bedienung des Cockpits und beim Kardiotechniker die Bedienung der Herz-Lungen-Maschine.

Vorgehensweise: Am Deutschen Herzzentrum Berlin wurden erstmalig im Rahmen der Human-Factors-Forschung in der Kardiotechnik in Verbindung mit dem Einsatz der Herz-Lungen-Maschine die objektiven Anforderungen eines Kardiotechnikers während einer realen Operation aufgezeichnet.

Zielsetzung: Dieses Pilotprojekt wurde als Feasibility Study durchgeführt und analysiert die Erkenntnisse, die sich mittels Eye Tracking sowie der Aufzeichnung von biometrischen Daten hinsichtlich der Wahrnehmung und Beanspruchung eines Kardiotechnikers während der Bedienung der Herz-Lungen-Maschine aufzeigen. Darüber hinaus wurde die Kommunikation zwischen den Beteiligten im Operationssaal aufgenommen und erhoben.

Methode: Zu diesem Zweck wurde mit sogenannten Eye Tracking Glasses die Blickrichtung und Blickverweildauer bzw. -fokussierung sowie biometrische Daten, wie z. B. Herzfrequenz, Atemfrequenz und Hautwiderstand bei fünf freiwilligen Testpersonen mit unterschiedlicher Arbeitserfahrung (von 0,5–24 Jahren) während einer realen Operation aufgezeichnet und ausgewertet. Des Weiteren wurden die Testpersonen einem Teilnehmerprotokoll unterzogen. Dieses Protokoll beinhaltet allgemeine Informationen über den Teilnehmer zur Erfassung der Kompetenzebene, der „Areas of Interests“ an der Herz-Lungen-Maschine, der Perfusionsphasen einschließlich des subjektiven Stressempfindens und der Beanspruchungshöhe bezogen auf geistige, körperliche und zeitliche Anforderungen mittels des von der NASA entworfenen Task Load Index-Fragebogens.

Fazit: Unsere Erkenntnisse zeigen auf, dass Eye Tracking und die Erfassung von Biometriedaten geeignete Instrumente sind, um die objektiven Anforderungen eines Kardiotechnikers während einer realen Operation aufzuzeigen. Verwendung: Die Machbarkeitsstudie wurde erfolgreich umgesetzt und abgeschlossen, wodurch sich zukünftig weitere Projekte zur Human-Factors-Forschung in der Herzchirurgie ergeben.

Minimalinvasiver Aortenklappenersatz durch eine rechts-anteriore Minithorakotomie mit zentraler Kanülierung

Marin, Denise¹; Hamilton, Carole¹; Schütz, Albert¹; Hohe, Stephen¹

¹ Schön-Klinik Vogtareuth, Krankenhausstrasse 20, 83569 Vogtareuth, DE

Einleitung: Die Aortenklappenstenose stellt eine der häufigsten Klappenerkrankungen bei älteren Patienten in Industrieländern dar. Der Aortenklappenersatz durch eine konventionelle Sternotomie repräsentiert den Gold-Standard. Aber minimalinvasive Prozeduren werden von Patienten zunehmend bevorzugt. Als Alternative zu TAVI und partieller Sternotomie analysierten wir unsere Erfahrungen zum Aortenklappenersatz durch eine rechts-anteriore Minithorakotomie (RAT) in unserer Abteilung.

Material und Methoden: Eine retrospektive Beobachtungsstudie an 22 Patienten, die einem Aortenklappenersatz durch RAT unterzogen wurden, wurde durchgeführt. Zwischen August 2013 und März 2017 wurden 22 Patienten mit einem durchschnittlichen Alter von 67 Jahren (40–81 Jahren) operiert. 54,5 % waren Frauen; 27,3 % der Patienten hatten zum Zeitpunkt der Operation ein Alter von über 75 Jahren. 14 Patienten erhielten eine nahtfreie biologische Herzklappe Perceval S LivaNova, 6 Patienten eine mechanische Doppelflügelklappe und 2 Patienten eine biologische Herzklappe Intuity Elite Edwards. Der mittlere additive EuroSCORE betrug 5,5 (Bereich 0–7). Die meisten Patienten waren präoperativ in NYHA Klasse II (36,4 %) oder III (50 %). Die gesamte Operation mit arterieller und venöser zentraler Kanülierung wurde durch einen 6–7cm Hautschnitt im zweiten Intercostalraum rechts parasternal durchgeführt.

Ergebnisse: In unserem Beobachtungszeitraum gab es keine Notwendigkeit für eine Konversion zur vollen Sternotomie. Die mittlere Herz-Lungen-Maschinen-Zeit betrug 104 Minuten bei einer mittleren Klemmzeit von 69 Minuten. Der Intensivstation-Aufenthalt betrug im Mittel 2 Tage (+/- 4 Tage). Die In-house-Mortalität war 0 %. Nach 30 Tagen und nach einer mittleren Nachbeobachtungszeit von 13,5 Monaten lag die Überlebensrate bei 100 %. Weitere Ergebnisse z.B. Morbidität mit Schlaganfall (0 %), Re-Exploration wegen Nachblutungen (4,5 %; n = 1), Herzschrittmacherimplantation (9 %; n = 2 Perceval) und tiefe Wundinfektion (0 %) wurden beobachtet.

Diskussion: RAT scheint eine neue Möglichkeit anstatt der konventionellen Sternotomie, unabhängig von der Prothesenwahl, mit sehr geringer Mortalität und ausgezeichneten mittleren Follow-up-Ergebnissen. RAT entwickelt sich in unserer Abteilung zu einer Routineoperation für einen isolierten Aortenklappenersatz. Es stellt ebenfalls eine neue Alternative zu TAVI und zur partiellen Sternotomie

für einen isolierten Aortenklappenersatz dar. Für eine zuverlässige Aussage werden mehr Patienten und eine längere Nachbeobachtungszeit benötigt.

Das neurologische Impact einer ballon-dilatativen Aortenvalvuloplastie während TA-TAVI Prozeduren

Useini, Dritan¹; Haldenwang, Peter-Lucas¹; Schlömicher, Markus¹; Christ, Hildegard²; Bechtel, Matthias¹; Strauch, Justus T.¹

¹ Uni-Klinik für Herz- und Thoraxchirurgie Bergmannsheil Bochum, Bürkle de-la Camp-Platz 1, 44797 Bochum, DE

² Uni-Klinik Köln, Institut für medizinische Statistik, Informatik und Epidemiologie, DE

Hintergrund: Neurologische Komplikationen stellen bei TAVI-Prozeduren weiterhin einer der schwerwiegenden Komplikationen dar. Es ist längst bekannt dass, das ``silent stroke`` ein TAVI-Prozeduren assoziierter Begriff geworden ist. Ziel dieser Studie ist zu untersuchen, ob eine ballondilatative Aortenvalvuloplastie (BAV), die als Stamm-Schritt unmittelbar vor Aortenklappenprothesen-Implantation in vielen TAVI-Empfehlungen vorgeschrieben ist, Auswirkungen auf das früh postoperative neurologische Outcome hat.

Methoden: Es wurden 277 Patienten (81 ± 6 Jahre, 53,8 % Männer, ES II $8,71 \pm 7,5$ %) mit hochgradiger Aortenklappenstenose, die zwischen 01/11 und 05/17 in unserer Klinik eine TA-TAVI erhielten in die Studie eingeschlossen. In Übereinstimmung mit unserer neuen operativen Vorgehensweise, die Aortenklappenprothesen ohne vorherige BAV zu implantieren, wurde die Patientenkohorte in 2 Gruppen eingeteilt: 180 Patienten mit BAV (64,99 %) und 97 Patienten ohne BAV (35,01 %) und retrospektiv analysiert. Im Patientenkollektiv ohne BAV blieb eine BAV unabhängig von Kalk-Last und -Muster aus. Ein früh postoperatives Neuro-Defizit wurde nach VARC-2 Kriterien definiert. Die statistische Auswertung wurde Anhand von Chi-Quadrat, Fischer, Kruskal-Wallis und Mann-Whitney-U Tests durchgeführt.

Ergebnisse: Die präoperative Risikostratifizierung ergab ein signifikant unterschiedliches Verhältnis zwischen den Gruppen (ES II mit BAV $7,8 \pm 6$ % vs. ohne BAV $10,4 \pm 9$ %; $p = 0,007$). Ein früh postoperatives neurologisches Defizit (Stroke/TIA) trat insgesamt bei 12 Patienten (4,33 %) auf. Dieses wurde bei 5,55 % bei der Gruppe mit BAV vs. 2,06 % ohne BAV registriert; $p=0,06$. Eine Indikation zur CCT-Untersuchung früh-postoperativ wurde bei 6,66 % bei der Gruppe mit BAV vs. 2,06 % ohne BAV gestellt; $p = 0,026$. Die Hospitalisationszeit betrug $12,7 \pm 7$ Tage bei der Gruppe mit BAV vs. 10 ± 4 Tage ohne BAV; $p < 0,001$. Die gesamte Mortalität betrug 10,1 %, vergleichbar in beiden Gruppen (11,66 % mit BAV vs. 7,21 % ohne BAV; $p = 0,106$). Eine moderate bis höhergradige paravalvuläre Leckage wurde nur bei Patienten mit BAV registriert.

Fazit: Aus den Ergebnissen geht hervor, dass eine BAV während TA-TAVI Prozeduren mit deutlich vermehrten früh-postoperativen, neurologischen Zwischenfällen vergesellschaftet ist. Ein TA-TAVI-Prozedere ohne BAV scheint eine sichere Methode zu sein. Im Hinblick auf das rein interventionelle Ergebnis ist ein TA-TAVI-Einsatz mit BAV der TA-TAVI ohne BAV methodologisch nicht überlegen.

