A. Philipp, K. Wiebe, M. Foltan, M. Gietl, G. A. Jeron[1], D. E. Birnbaum und F. X. Schmid

Klinik für Herz-, Thorax- und herznahe Gefäßchirurgie (Direktor: Prof. Dr. med. D. E. Birnbaum)

[1]Klinik für Innere Medizin II (Direktor: Prof. Dr. med. Günter Riegger)

Klinikum der Universität Regensburg

Einsatz des minimierten EKZ-Systems (MECC) als Life-Support-System (LSS) außerhalb herzchirurgischer Einrichtungen

Zusammenfassung

Wir beschreiben den Einsatz eines minimierten EKZ-Systems (MECC) auf einer kardiologischen Intensivstation bei einem Patienten mit freier Ventrikelruptur nach transmuralem Myokardinfarkt. Der Anschluss des MECC-Systems erfolgte dabei unter fortgesetzter Herzdruckmassage über die Leistengefäße, die operative Ventrikelrekonstruktion unter MECC-Perfusion.

Schlüsselwörter

MECC, LSS, Reanimation, femoro-femoraler Bypass, Heparinbeschichtung.

Summary

We describe the application of a miniaturized extracorporeal circulation system (MECC) in a coronary care unit in a patient with ventricular rupture following acute myocardial infarction. The MECC system was connected via the femoral vessels under cardiopulmonary resuscitation.

Key Words

Miniaturized extracorporeal circulation (MECC), life support system (LSS), reanimation, femoro-femoral ECC, heparin coating.

Einleitung

Die Entwicklung von so genannten Life-Support-Systemen (LSS) erfolgte für Patienten, die nach einer Herzoperation einer prolongierten mechanischen Kreislaufunterstützung bedurften. Fälschlicherweise werden diese Systeme im „herzchirurgischen Sprachgebrauch“ oft als ECMO bezeichnet. ECMO ist jedoch nach den Richtlinien der Extracorporeal Life Support Organisation (ELSO) die extrakorporale Lungenunterstützung bei respiratorischer Insuffizienz ohne wesentliche kardiale Einschränkung [1]. Daraus erklärt sich auch, dass der Anschluss an die Zirkulation bei ECMO veno-venös erfolgt. Im Gegensatz dazu ist die Anschlusstechnik eines LSS immer veno-arteriell. Hierbei erfolgt die Drainage entweder aus der V. femoralis, dem rechten Vorhof oder der V. subclavia, und das Blut wird über die Aorta femoralis, die Aorta asc. oder die Aorta subclavia zurückgeführt. Für eine herzchirurgische Klinik ist es von großer Bedeutung, dass sie über ein standardisiertes Perfusionssystem verfügt, welches für die unterschiedlichsten Indikationen wie z. B. Reanimation, Lungenunterstützung bei respiratorischer Insuffizienz oder Akutinterventionen im Herzkatheterlabor zur Verfügung steht [2].

Logistik für einen mobilen Herz- und/oder Lungenunterstützungsdienst

Eine extrakorporale Unterstützungsmaßnahme außerhalb einer herzchirurgischen Einrichtung ist zunächst eine organisatorische Herausforderung. Am Klinikum der Universität Regensburg wird von der Klinik für Herz-, Thorax- und herznahe Gefäßchirurgie allen Abteilungen ein 24-stündiger Perfusionsservice bereitgestellt. Dies beinhaltet unter anderem extrakorporale Lungenunterstützungsverfahren sowohl auf verschiedenen fachspezifischen Intensivstationen wie auch in der Notaufnahme des Klinikums. Erschwerend wirken gelegentlich räumliche Gegebenheiten; wenn einzelne Intensivstationen vom eigentlichen Arbeitsbereich weiter entfernt oder aber beengte Verhältnisse in Aufzügen zu überwinden sind. Als weitere Option ist die externe Implantation eines extrakorporalen Unterstützungssystems in umliegenden Krankenhäusern zu nennen. Hierbei gilt es, den Patienten zur Sicherstellung der Transportfähigkeit mit einem Herz- oder Lungenunterstützungssystem zu stabilisieren und danach in ein Zentrum der Maximalversorgung zu verlegen [3].

Systembeschreibung

Zur Sicherstellung einer 24-stündigen Einsatzbereitschaft ist in unserer Klinik permanent ein MECC-System (Maquet Cardiopulmonary, Hirrlingen) aufgerüstet und verfügbar. Das Befüllen des Systems beansprucht nur ca. 1–2 Minuten. Da dieses System als vollwertiges EKZ-System für ACVB-Operationen eingesetzt wird, liegen die Standzeiten maximal bei 48 Stunden. Durch wiederholte mikrobiologische Kontrolluntersuchungen konnten wir nachweisen, dass das „geprimte“ System über diesen Zeitraum steril bleibt.

Die Sicherheit und Effektivität des MECC-Systems konnte an unserer Klinik bei mehr als 900 Koronaroperationen gezeigt werden [4]. Als aktive Komponenten beinhaltet das System einen Diffusionsmembranoxygenator (QuadroxD) und eine Zentrifugalpumpe (Rotaflow). Inklusiv der AV-Linie sind alle Komponenten mit Bioline Coating® heparinbeschichtet [5]. Die Systemfüllung beträgt ca. 500 ml. Ein arterieller Blutfilter und ein Reservoir sind in der von uns eingesetzten Variante nicht vorhanden. Das System ist in sich komplett geschlossen, ein Blut-Luft-Kontakt findet nicht statt. Wird das MECC-Set als LSS eingesetzt, wird zusätzlich ein Online-BG-Monitoring CDI 500 (Terumo) mit arteriellem Sensor und venöser Messzelle implementiert. Das identische Set kann im Bedarfsfall auch als Lungenunterstützungssystem, dann mit veno-venöser Kanülierung, als ECMO zur Anwendung kommen. Das komplette Equipment ist auf einer fahrbaren Einheit montiert und daher leicht zu transportieren (Abb. 1).

Heparinisierung

Wird das MECC-System bei konventionellen koronarchirurgischen Eingriffen eingesetzt, erfolgt die Heparinisierung des Patienten mit 150 IE/kg KG, ganz im Gegensatz zur Standard-EKZ mit 300 IE/kg KG. Der angestrebte ACT-Wert liegt hierbei im Bereich zwischen 250–300 Sekunden. Wird das MECC-System jedoch als LSS bzw. ECMO-Variante eingesetzt, liegen die ACT-Zielwerte im Bereich von 140–180 Sekunden. Bei Traumapatienten bzw. massiven diffusen Blutungen verzichten wir im Einzelfall in der Anfangsphase auf eine systemische Heparinisierung. Entsprechend unseren Erfahrungen ergaben sich bei Einsatz eines minimierten EKZ-Systems bisher keine thrombotischen Probleme.

Abb. 1: Das portable Life-Support-System (MECC-LSS), wie es bei uns sowohl für Akutinterventionen als auch in der Routine für aortokoronare Bypassoperationen eingesetzt wird.

Kanülierung

Bei Patienten, die mechanisch reanimiert werden und nicht sternotomiert sind, bietet sich der Anschluss eines LSS über die A. und V. femoralis in Seldinger-Technik an. Diese Vorgehensweise wird erleichtert, wenn der Patient hier bereits Zugänge hat, sei es ein Sheldon-Katheter zur CVVH-Therapie oder eine arterielle Druckmesskanüle bzw. noch liegende Schleusen von einer vorausgegangenen Herzkatheteruntersuchung. In diesen Fällen können mühelos über diese Katheter bzw. Kanülen – durch Austausch – die kaliberstärkeren Kanülen neu eingeschleust werden. Wir verwenden dabei das „CB 96017, Femoralkanülen-Platzierungsset mit einer 17 Fr. arteriellen und einer 21 Fr. venösen Kanüle“ (Medtronic).

Fallbeschreibung

Ein 57-jähriger Mann (168 cm, 75 kg) wurde mit thorakalen Schmerzen, die anamnestisch seit drei Tagen bestanden, und Kreislaufinsuffizienz vom Notarzt eingewiesen. In der Notaufnahme wurde der katecholaminbedürftige Patient intubiert. Es erfolgte bei V. a. akuten Myokardinfarkt (CK-MB 25 U/l) eine Herzkatheteruntersuchung, bei der sich ein Verschluss des Ramus circumfexus (RCX) sowie eine subtotale Stenose der rechten Herzkranzarterie (RCA) fand. Beide Läsionen konnten erfolgreich dilatiert und mit Stents versorgt werden. Trotzdem kam es zur progredienten hämodynamischen Zustandsverschlechterung. Auf der kardiologischen Intensivstation wurde echokardiographisch ein deutlicher Perikarderguss (>2 cm) nachgewiesen. Zu diesem Zeitpunkt wurde das herzchirurgische Team (Chirurg, Kardiotechniker und OP-Schwestern) alarmiert.

Zwischenzeitlich mussten mechanische Reanimationsmaßnahmen ergriffen werden. Durch Perikardpunktion konnten zunächst 800 ml Blut abgesaugt und kurzzeitig eine Stabilisierung des Kreislaufs erreicht werden. Unter erneuter protrahierter Reanimation wurde das Perikard chirurgisch über einen subxiphoidalen Zugang eröffnet. Es zeigte sich weiterhin eine signifikante Blutung aus dem Perikardraum. Die sofortige chirurgische Versorgung der Blutungsquelle war bei dem nicht transportfähigen Patienten somit umgehend auf der Intensivstation indiziert.

Vena und Arteria femoralis wurden perkutan in Seldinger-Technik mit Kanülen versorgt und die MECC angeschlossen (Abb. 2). Die jetzt vorliegende hämodynamische Stabilität erlaubte das kontrollierte sterile Abdecken und eine Sternotomie unter geordneten Verhältnissen. Nach Eröffnung des Perikards zeigte sich im Bereich der Ventrikelseitenwand im Versorgungsgebiet des RCX ein ca. 4 x 6 cm großes Infarktareal mit einer umschriebenen Ventrikelruptur. Die Blutung konnte durch die Kombination von Teflon-unterlegten Nähten, Fibrinkleber sowie Kollagenvlies gestillt werden. Die Kreislaufsituation war nun stabil, und um weiteren Blutungskomplikationen vorzubeugen, wurde die EKZ beendet und die Kanülen wurden unter manueller Kompression entfernt.

Bedingt durch die präoperative Verabreichung von Thrombozytenaggregationshemmern (Agrastat und Plavix) musste für 3 Stunden eine Kompression der Punktionsstellen erfolgen. Insgesamt wurden in den ersten 24 Stunden 22 EK, 23 FFP und 2 TK transfundiert. Die Blutmenge aus den Thoraxdrainagen betrug insgesamt 800 ml. Der weitere Verlauf war durch eine Niereninsuffizienz mit Hyperkaliämie und vorübergehend stark erhöhte Leberwerte gekennzeichnet (Tab. 1). Nach 14 Tagen war der Patient katecholaminfrei. Am 16. Tag erfolgte die Extubation, am 19. Tag konnte der weiterhin noch dialysepflichtige Patient auf die Normalstation verlegt werden. Unter breiter Antibiotikatherapie mit Einschluss von Vancomycin und Metronidazol waren die Entzündungsparameter deutlich rückläufig. Es trat keine Infektion im Verlauf der Krankenhausbehandlung auf. Der Patient zeigte keinerlei neurologisches Defizit.

Abb. 2: Die Tischlinie befindet sich in einer doppelwandigen Sterilverpackung. Hierdurch ist ein Primen des Systems jederzeit möglich. Mit dem kollabierbaren Volumenbeutel können Volumenschwankungen ausgeglichen werden. Ein Maximum an Sicherheit ist selbst bei einer vollständigen Entleerung des kollabierten Beutels vorhanden. So kann in dieser Situation keine Luft in das System gelangen. Die Befüllung des Beutels kann mit jeder beliebigen Lösung (z. B. FFP, EK, kolloidale Lösung) nach Bedarf erfolgen. Durch die LL-Verbinder ist ein schnelles und sicheres Austauschen des Beutels möglich.

Perfusion

Die Perfusion erfolgte auf einer internistischen Intensivstation ca. 350 Meter vom herzchirurgischen OP-Bereich entfernt. Das mit 500 ml (Hemohes® 6 %) gefüllte System wurde an in den Leistengefäßen befindliche Kanülen adaptiert. Die systemische Heparinisierung erfolgte zuvor mit 5000 IE Heparin i. v., dem Priming wurden prophylaktisch (aufgrund der protrahierten Reanimation) 40 ml NaBic 8,4 % und 20 ml Tris-Puffer (Trometamol) zugesetzt. Die Perfusionsaufnahme erfolgte 66 Minuten nach Reanimationsbeginn und 28 Minuten nach Anforderung der Kardiotechnik, die sich zum Zeitpunkt der Alarmierung nicht in der Klinik befand (Wochenende).

Eine unmittelbar vor Perfusionsaufnahme abgenommene art. Blutgasanalyse zeigte folgendes Ergebnis: pH 7,06, pCO_2 35 mmHg, pO_2 222 mmHg, Hb 10,7 g/dl und Laktat 134 ng/dl. Der mittlere Blutdruck (MAP) lag zu diesem Zeitpunkt bei 35 mmHg, Adrenalin wurde in einer Dosierung von 3,5 mg/h verabreicht.

Ohne Anschalten des Heizgerätes für den Wärmetauscher des Oxygenators wurde die Perfusion aufgenommen. Mit Perfusionsbeginn mussten große Mengen an Volumen in Form von Hemohes 6 % (1500 ml) über das MECC-System substituiert werden. Freigegebene Blutkonserven standen zu diesem Zeitpunkt nur in beschränkter Anzahl zur Verfügung. Um die massiven Blutverluste aus dem rupturierten Ventrikel zu kontrollieren, wurde zusätzlich ein Cell-Saver (CS) eingesetzt und angeschlossen. Nach 3–4 Minuten gelang es, stabile Flussverhältnisse im Bereich von 3,5–4,0 L/min herzustellen. Eine erste Blutgasanalyse (3 min nach EKZ an)

aus der venösen Linie zeigte folgende Werte: pH 7,15, pCO_2 67 mmHg, pO_2 54 mmHg, Hb 8,7 g/dl, Laktat 188 mg/dl, Natrium lag bei 150 mmol. Kurz nach Aufnahme der Perfusion konvertierte das Kammerflimmern spontan in stabilen Sinusrhythmus. In den ersten 30 bis 40 Minuten richteten sich unsere perfusionstechnischen Bemühungen auf die Äquilibrierung des Säure-Basen-Haushaltes. Dies erfolgte vor allem mit Tris (40 ml), um einen weiteren Anstieg des pCO_2 zu vermeiden und einem Natriumanstieg entgegenzuwirken. Zusätzlich wurde 20 % Mannit (250 ml) als Hirnödemprophylaxe infundiert. Der MAP lag im Bereich von 45–50 mmHg, zusätzliche Noradrenalingaben zur Druckanhebung waren nicht erforderlich. Unter stetiger Volumensubstitution konnten stabile Perfusionsverhältnisse mit Flowraten um 4,0 L/min erreicht werden. Die rektal gemessene Patiententemperatur lag bei 34,5 °C. Nach 60 Minuten Perfusion wurde das Heizgerät angestellt und eine Wasservorlauftemperatur von 36 °C eingestellt. Die Übernähung der Ventrikelruptur gestaltete sich technisch äußert schwierig. Daraus ergaben sich für das Volumenmanagement der EKZ weitere Konsequenzen. Im Verlauf der EKZ wurden 1900 ml CS-Blut, 6 EK und 6 FFP und 2000 ml Hemohes 6 % über das Perfusionssystem zugegeben.

Nach Verschluss der Ventrikelruptur wurde vorsichtig Volumen infundiert. Additiv wurde eine moderate Katecholamindosierung von 0,5 mg/h Adrenalin eingestellt. Bei visuell guter Kontraktilität war darunter eine Entwöhnung vom Bypass möglich. Die Rektaltemperatur lag zum Bypassende bei 35,5 °C. Die Bypasszeit betrug 195 Minuten. Die während der EKZ-Zeit gemessenen ACT-Werte lagen im Bereich von 188–209 Sekunden. Eine erste BG-Analyse nach EKZ ergab folgende Werte: pH 7,42, pCO_2 41 mmHg, pO_2 240 mmHg, Hb 10,6 mg/dl, Na 156 mmol/l und Laktat 192 mg/dl. Bei stabiler Hämodynamik und adäquater chirurgischer Blutstillung wurden die Kanülen gezogen und die Punktionsstellen mechanisch komprimiert.

Diskussion

Über die erfolgreiche Anwendung von sog. minimierten portablen Herz-Lungen-Unterstützungssystemen wurde in der Literatur mehrfach berichtet [6, 7, 8]. Das Indikationsspektrum reicht von Stabilisierung der Kreislauffunktion unter Reanimation und Wiedererwärmen nach Beinaheertrinken bis hin zum Einsatz bei Hochrisiko-PTCA. Gerade in diesen beschriebenen Fällen existiert bislang kein einheitliches Perfusionsmanagement. Aus der Literatur geht hervor, dass nach erfolgter Reanimation, aus Gründen der Hirnprotektion, zunächst keine Normothermie angestrebt werden sollte. Die Wiedererwärmung sollte daher langsam erfolgen, da in Studien eindeutig ein besseres neurologisches Outcome belegt werden konnte. ILCOR (International Committee on Resuscitation) empfiehlt in den ersten 24 Stunden nach erfolgreicher Reanimation die Körperkerntemperatur bis 34 °C (milde Hypothermie) abzusenken [9]. Dass durch die zusätzliche Applikation von Antioxydanzien das neurologische Outcome verbessert werden kann, konnte zwar in Tierversuchen belegt werden, für die klinische Situation steht der Nachweis aber noch aus.

Die verwendeten Perfusionssysteme unterscheiden sich von Klinik zu Klinik. Wesentlich bei der Auswahl der zum Einsatz kommenden Systeme erscheint uns deren Sicherheit und Zuverlässigkeit in der täglichen Praxis. Um die größtmögliche Effektivität zugunsten des Patienten zu gewährleisten, sollte für verschiedene Notfallsituationen ein multifunktionelles, in der Praxis bewährtes System zum Einsatz kommen. Aufgrund der hämokompatiblen Eigenschaft im Kurz- bzw. vor allem im Langzeiteinsatz haben sich heparinbeschichtete Systeme den unbeschichteten Systemen überlegen gezeigt [10]. Das Antikoagulationsmanagement und die damit verbundenen ACT-Werte variieren je nach Fallsituation.

	Notaufnahme	6 Std. n. EKZ	Tag 1 post-op.	Tag 3 post-op.	Tag 5 post-op.
CK [U/l]	146	7691	8088	17138	8949
CKMB [U/l]	25	203	217	185	112
LDH [U/l]	318	2631	2077	846	646
Bilirubin [mg/dl]	–	2,0	3,7	5,7	4,9
Kreatinin [mg/dl]	0,85	1,8	2,7	1,7	2,6
NSE [µg/l]	–	27,9	26,3	–	–

Tab. 1: Zusammenfassung der Laborwerte. Am dritten post-operativen Tag wurde als Zeichen einer massiven Rhabdomyolyse ein CK-Peak von 17.138 U/l gemessen. Die neuronenspezifische Enolase (NSE) als Ischämiemarker für einen zerebralen Hypoxieschaden war mit 27,9 µg/l deutlich erhöht. Ab dem fünften Tag normalisierten sich die gemessenen Laborparameter bis auf das Kreatinin im Serum.

Zusammenfassung

Die notfallmäßige Anwendung der EKZ außerhalb des herzchirurgischen Arbeitsbereiches erfordert ein erfahrenes Team. Ein Life-Support-System unter femoro-femoraler Kanülierungen, im vorliegenden Fall in Form der in unsrer Klinik etablierten MECC, hat sich als suffiziente Methode zur notfallmäßigen Kreislaufunterstützung erwiesen. Nur durch eine zeitgerechte Koordination und fachliche Kooperation können Krisensituationen, wie z. B. eine prolongierte Reanimation, zu einem erfolgreichen Ausgang geführt werden.

LITERATUR

[1] Zwischenberger JB, Steinhorn RH, Bartlett RH: ECMO – Extracorporeal Cardiopulmonary Support in Critical Care. Second Edition (Handbook); Extracorporeal Life Support Organisation, Ann Arbor 2000

[2] Thrum A: Die transportable Herz-Lungen-Maschine als Life-Support-System (LSS). In: Lauterbach G (Hrsg): Handbuch der Kardiotechnik. Urban & Fischer, München, Jena [4]2002; 299–304

[3] Gietl M, Philipp A, Reng M, Zimmermann M, Behr R, Kaiser M, Schmid FX, Birnbaum DE: Extra-Corporeal Lung Assist (pECLA) Transfer of critically ill patients. Kardiotechnik Supplement 2002; 11:24

[4] Wiesenack C, Liebold A, Philipp A et al: Four years' experience with a miniaturized extracorporeal circulation system and its influence on clinical outcome. Artif Organs 2004; 28(12): 1082–1088

[5] Wendel HP: Beschichtungstechniken für Werkstoffe der EKZ-Systeme. In: Lauterbach G (Hrsg.): Handbuch der Kardiotechnik, Urban & Fischer, München, Jena [4]2002; 106–124

[6] Perensky MJ, Long WB, Hill JG et al: Extracorporeal cardiopulmonary life support with heparin-bonded circuitry in the resuscitation of massively injured trauma patients. Am J Surg 1995; 169: 488

[7] Sassako Y, Nakatani T, Nonogi H et al: Clinical experience of percutaneous cardiopulmonary support. Artif Organs 1996; 20: 733–736

[8] Kurusz M, Zwischenberger JB: Percutaneous cardiopulmonary bypass for cardiac emergency. Perfusion Jul 2002; 17(4): 269–277

[9] Nolan JP, Morley PT, Vanden TL et al: Therapeutic hypothermia after cardiac arrest. An advisory statement by the Advanced Life Support Task Force of the International Liaison Committee on Resuscitation. Resuscitation 2003; 57: 231–235

[10] Wahba A, Philipp A, Behr R, Birnbaum DE: Heparin coated equipment reduces the risk of oxygenator failure. Ann Thorac Surg 1998; 65(5): 1310–1312.

Alois Philipp ECCP
Klinik für Herz-, Thorax- u. herznahe Gefäßchirurgie
Klinikum der Universität Regensburg
Franz-Josef-Strauß-Allee 11
93042 Regensburg
Alois.Philipp@klinik.Uni-Regensburg.de