A. Philipp, M. Foltan, A. Thrum, C. Wiesenack, C. Keyl*, R. Kobuch, L. Ruprecht, A. Liebold, D. E. Birnbaum*

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

** Klinik für Anästhesiologie (Direktor: Prof. Dr. K. Taeger)*

Klinikum der Universität Regensburg

MECC – ein minimiertes EKZ-System für ACB-Operationen

Zusammenfassung

In den vergangenen 2 Jahren wurden in unserer Klinik mehr als 200 Patienten unter Verwendung des minimierten EKZ-Systems MECC koronarchirurgisch operiert. Im Rahmen dieses Einsatzes hat sich das MECC-System sowohl für Operationen am schlagenden Herzen wie am kardioplegisch ruhiggestellten Herzen als ein sicheres Verfahren erwiesen. Unerwünschte Effekte der konventionellen EKZ konnten deutlich reduziert werden. Beide Operationstechniken zeigten gute postoperative Ergebnisse, da die Verwendung von Fremdblutpräparaten sowie Drainagenblutverlust und Beatmungszeit im Vergleich zu Patienten, die mit konventioneller HLM operiert wurden, verringert werden konnten. Ein großer Vorteil des MECC-Systems ist seine variable Einsatzfähigkeit, die uns die Möglichkeit gibt, mit nur einem sicher beherrschbaren System verschiedene Therapieverfahren zu unterstützen.

Die Bypassoperationen mit MECC wurden sowohl am schlagenden Herzen als auch mit kardioplegischem Herzstillstand durchgeführt. Als Kardioplegieverfahren wurde die Blutkardioplegie nach Calafiore genutzt.

In diesem Zusammenhang sei nochmals auf die Ausschließlichkeit der Anwendung des Systems bei Eingriffen am geschlossenen Herzen hingewiesen.

Schlüsselwörter

OPCAB, MECC – Minimal Extracorporeal Circulation, heparinbeschichtet, Bioline, Calafiore.

Summary

In view of the increasing numbers of OPCAB (off-pump coronary artery bypass) and MIDCAP (minimally invasive direct coronary artery bypass procedure) operations in the last few years, we modified the conventional extracorporeal bypass circuit (ECC) in our clinic to fulfill the following criteria:

1. To devise a minimal ECC-system which can be applied to counteract and lessen the haemodynamic instabilities encountered with manipulation of the heart in beating-heart surgery during anastomoses to the lateral and posterior cardiac wall.
2. To devise a minimal ECC-system in order to reduce the negative effects associated with conventional ECC, such as systemic inflammatory reaction, traumatisation of blood cells, haemodilution, disturbances of blood clotting and postoperative neurological deficits.
3. To devise a minimal ECC-system which can easily be used for a number of applications, e. g. coronary artery bypass grafting (CABG) on the beating heart or with cardioplegic cardiac arrest using Calafiore blood cardioplegia; left-heart bypass for thoracic aortic aneurysm repair; veno-venous ECLA/ECMO; circulatory assist during high risk cardiac catheterisation (PTCA); life support system (LSS) after cardiac surgery.

MECC is a fully heparinised preconnected closed ECC-system (Bioline; Jostra AG Hirrlingen, Germany) consisting of membrane oxygenator (BE HMO-D 1010; Quadrox), centrifugal pump (BE Rotaflow), venous 2-stage cannula (40-32 Fr), aortic cannula (7.0 mm) and 3/8" PVC tubing (180 cm). Online blood gas and saturation monitoring is incorporated (DataMaster, Stöckert Instrumente Div. Sorin/Biomedica). Total priming volume amounts to 480 ml.

A retrospective analysis was performed comprising 395 patients receiving elective coronary artery bypass grafts (CABG) from 6/99 to 12/00. Four different groups were formed.

Group I: OPCAB

Group II: CABG using conventional extracorporeal circulation (ECC) with HTK cardioplegia

Group III: Beating-heart CABG with MECC

Group IV: CABG using MECC and Calafiore blood cardioplegia

Demographic data and ECC times were comparative in all groups. Group I received significantly fewer grafts than the other groups. ICU stay was significantly shorter in group IV than in group II. Both MECC groups (III and IV) required significantly less blood products than the group with conventional ECC (II) and ventilation time was significantly shorter in group IV than in group II. In our experience of to date more than 200 patients MECC has proved to be a safe and versatile system. Also included in this article is the anaesthesiological management of patients undergoing coronary artery bypass operations using the MECC system as compared to conventional ECC.

Key Words

OPCAB, MECC – minimal extracorporeal circulation, heparin-coated, Bioline, Calafiore.

Einleitung

In den letzten Jahren werden zunehmend mehr Koronarpatienten nach dem OPCAB(Off-pump Coronary Artery Bypass)- und MIDCAB(Minimally Invasive Direct Coronary Artery Bypass)-Verfahren operiert. In den 81 deutschen Herzzentren wurden 1998 insgesamt 854 Koronaroperationen ohne Herz-Lungen-Maschine (HLM) durchgeführt. 1999 stieg diese Zahl auf 3.349 Operationen [1]. Diese Operationstechniken zur Myokardrevaskularisierung ohne Zuhilfenahme der HLM, und damit der extrakorporalen Zirkulation (EKZ), scheinen einige Vorteile zu bieten. Erstens eine Verminderung der EKZ-bedingten Morbidität und zweitens eine Kostenersparnis von beträchtlichem Umfang. Andererseits belaufen sich die Kosten für spezielle Halte- und Fixationssysteme, die bei den OPCAB-Verfahren eingesetzt werden, auf einen ähnlichen Umfang wie eine EKZ-Ausrüstung.

Der größte Teil der zur Koronaroperation zugewiesenen Patienten hat eine koronare Dreigefäßerkrankung. Eine „komplette“ Revaskularisierung, d. h. Versorgung aller Gefäße mit hämodynamisch signifikanten Stenosen, ist bei diesen Patienten am schlagenden Herzen nicht immer möglich. Wissenschaftlich gesicherte Daten, die einen Vorteil des OPCAB-Verfahrens im Vergleich zur konventionellen Bypassoperation im Langzeitverlauf aufzeigen, existieren noch nicht. Für die komplette Revaskulari-

sierung, auch im Seiten- und Hinterwandbereich, mit und ohne kardioplegischen Herzstillstand, wurde an unserer Klinik ein minimiertes extrakorporales Bypasssystem entwickelt (MECC – Minimal Extracorporeal Circulation), welches sich deutlich von einer konventionellen HLM unterscheidet [2]. Retrospektive Untersuchungen zeigen, dass sich negative Effekte der EKZ wie systemische inflammatorische Reaktion, Blutzelltraumatisierung, Hämodilution, Gerinnungsstörungen und neurologische Defizite deutlich reduzieren lassen [3, 4, 5]. Das System kann nur bei Herzoperationen eingesetzt werden, bei denen es nicht zu einer Eröffnung des Herzens kommt.

Systembeschreibung

MECC ist ein geschlossenes System ohne jeglichen Blut-Luft-Kontakt mit einem Füllvolumen von 480 ml (Abb. 1). Das Set ist vorkonnektiert und komplett heparinbeschichtet (Bioline, Jostra). Die Systemkomponenten umfassen Membranoxygenator (BE HMO-D 1010, Quadrox), Zentrifugalpumpe (BE Rotaflow), Tischlinie (3/8", 180 cm), venöse Zweistufenkanüle (32-40 Fr), Aortenkanüle (7,0 mm) sowie einen 1.000-ml-Beutel mit Doppellueranschluss (Isotonische Natriumchloridlösung; B. Braun Schiwa GmbH, Glandorf).

Abb. 1: Systemanwendung im OP

Aus sicherheitstechnischen Gründen ist das System nur mit einer Zentrifugalpumpe einsetzbar. Der Beutel wird zum Füllen des Systems und zur Volumensubstitution während der Perfusion verwendet. In der arteriellen Linie ist ein Online-pO_2-Sensor integriert. Optional wird eine Sättigungsmesszelle in der venösen Linie verwendet (DataMaster, Stöckert, Sorin/Biomedica). Im Unterschied zum konventionellen EKZ-System entfallen arterieller Blutfilter, Kardiotomiereservoir und Maschinensauger. Das Primingvolumen konnte von ca. 1.500 ml bei einer konventionellen HLM auf unter 500 ml bei MECC reduziert werden. Die Reduktion von Fremdoberfläche und Anzahl der Konnektoren im System sowie der Verzicht auf Shuntlinien bedingen eine Verminderung der Kontaktaktivierung und optimieren die Blutströmung [6]. Als Saugsystem für Blut aus dem OP-Situs wird ein Cell Saver verwendet. Die Besonderheiten des Systems lassen sich unter folgenden Punkten zusammenfassen:

- kein Blut-Luft-Kontakt
- geringe Schlauchlänge
- optimierte Flussbedingungen
- verminderte Hämodilution
- Reduktion der Heparindosis
- Kostenreduktion

MECC-Optionen

Bei der Systementwicklung stand der Gedanke der Multifunktionalität im Vordergrund. Es bestand die Anforderung, mit dem gleichen System, ohne weitere Setänderungen, unterschiedliche Perfusionsbereiche abdecken zu können. An unserer Klinik wurde das System bisher erfolgreich bei den folgenden Operationen bzw. Verfahren eingesetzt. Für die speziellen Anwendungen variiert nur die Kanülenauswahl.

- ACB am schlagenden Herzen mit und ohne Stabilisatoren (Octopus etc.)
- ACB mit kardioplegischem Herzstillstand nach Calafiore
- Linksbypass bei thorakalen Aneurysmen (LA > A. femoralis)
- kardiologische Interventionen (PTCA)
- ECLA/ECMO mit veno-venöser Kanülierung (V. femoralis > V. jugularis)
- Life Support System (LSS) nach herzchirurgischen Eingriffen (RA > Ao. asc.)
- LSS bei Reanimation mit Seldinger Kanülentechnik (V. femoralis > A. femoralis)

Besonderheiten des MECC-Systems

MECC ist ein geschlossenes EKZ-System. Die venöse Kanüle ist sicher im RA zu fixieren, und bei der Adaption an die venöse Linie ist auf eine sorgfältige Entlüftung zu achten, da das System nur geringe Mengen an Luft eliminieren kann (kein venöses Reservoir!). Zentrale Venenkatheter (z. B. Swan-Ganz- und ZVK) dürfen keine Lufteintrittspforte bilden.

Mit dem MECC-System wird eine normotherme volumenkonstante Perfusion durchgeführt. Das bedeutet, dass es nicht zu einer „Entleerung“ des Patientenblutvolumens in ein Reservoir kommt und dadurch der Patientenmitteldruck (MAP) im höheren Bereich (> 70 mmHg) relativ konstant bleibt. Höhere MAP-Werte werden mit einem Nitroprussidnatrium(Nipruss)-Perfusor eingestelllt. Die Förderleistung der Zentrifugalpumpe ist vor- und nachlastabhängig, d. h. bei einem Druckanstieg des Patienten muss, um den Blutfluss konstant zu halten, mit einer Anhebung der Drehzahl zur Aufrechterhaltung der Förderleistung reagiert werden. Bei einem Absinken des Blutflusses bei konstantem MAP wird Volumen durch das Öffnen der Linie zum „Primingbeutel“ zugegeben. Bevor Volumen dem Kreislauf zugefügt wird, muss sichergestellt sein, dass keine Verlagerung der V. Kanüle ursächlich ist.

Kritisch ist eine akzidenzielle Eröffnung des rechten Ventrikels bei Manipulationen an der Koronararterie. Dies stellt eine Notfallsituation dar und bedingt möglicherweise die Umstellung auf eine konventionelle EKZ. Bei über 200 Eingriffen mit MECC musste nur in einem Fall intraoperativ auf ein herkömmliches EKZ-System gewechselt werden, da es zu einer Eröffnung des rechten Ventrikels kam.

Das MECC-System beinhaltet keinen arteriellen Blutfilter. Mikrobubbleaktivität am MO-Ausgang wurde bei 10 Perfusionen (Hatteland CMD 10 Doppler) gemessen und zeigte im Vergleich zur konventionellen EKZ bei ACB-Operationen sowohl quantitativ als auch qualitativ eine deutlich geringere Bubbleaktivität [6].

MECC wird in der koronaren Herzchirurgie bei zwei unterschiedlichen Techniken eingesetzt. Ursprünglich geplant war die Unterstützung bei OPCAB-Eingriffen (Octopus-Technik) mit Seiten- und Hinterwandanastomosen, wobei es zu hämodynamischen Instabilitäten kommen kann, die durch das kreislaufunterstützende System MECC ausgeglichen werden können.

Da das System komplett heparinbeschichtet ist, reduzieren wir die Heparindosis auf 125 IE/kg und erreichen damit eine ACT im Bereich von 250–300 sec [7, 8, 9]. Die ACT wurde engmaschig alle 20 Minuten kontrolliert. Intrapericardial wurde nie eine Thrombenbildung beobachtet.

a) MECC zur Unterstützung bei ACB-Operationen am schlagenden Herzen

Hierbei dient das System zur Verminderung hämodynamischer Instabilität bei der Wandstabilisierung (Octopus) und Luxation des Herzens. Die Blutflussrate wird normalerweise im Bereich von 2–4 l/min gehalten. Das Besondere hierbei ist, dass die Oxygenation sowohl über den Membranoxygenator als auch über die eigene Lunge des Patienten erfolgt. Hierbei ist es sinvoll, die Blutgasanalyse aus der arteriellen Druckmesslinie des Patienten zu entnehmen. Eine art. BGA aus dem EKZ-System hat bei diesem Verfahren nur eine eingeschränkte Aussagekraft.

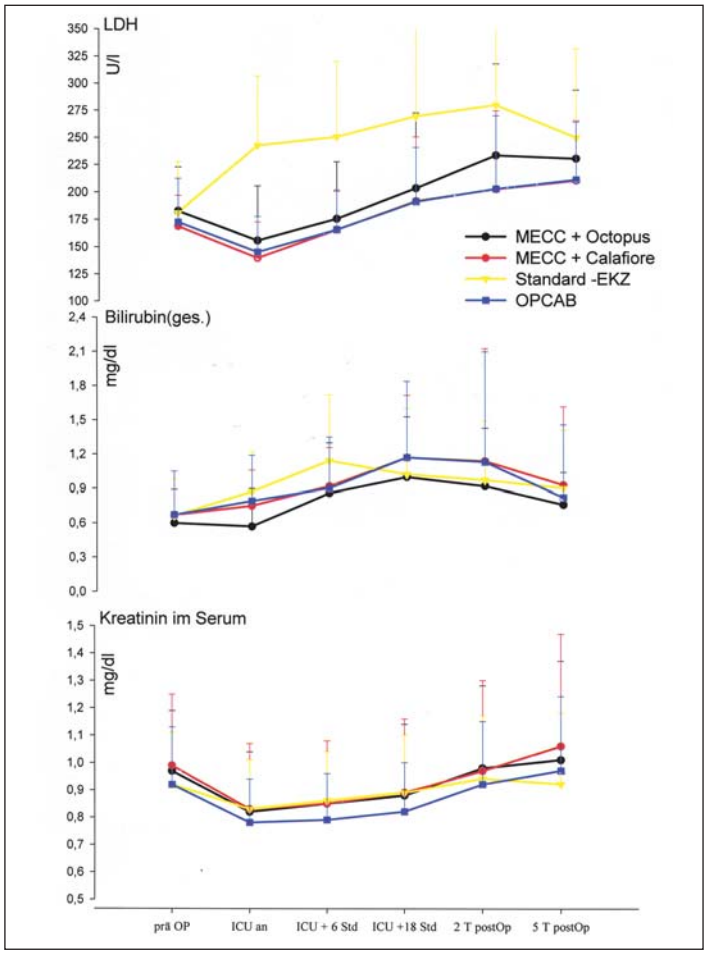

Abb. 2: Kreatinin im Serum, Bilirubin (ges.) und LDH im Dokumentationsintervall. Die LDH ist im postoperativen Verlauf gegenüber den Vergleichsgruppen signifikant erhöht.

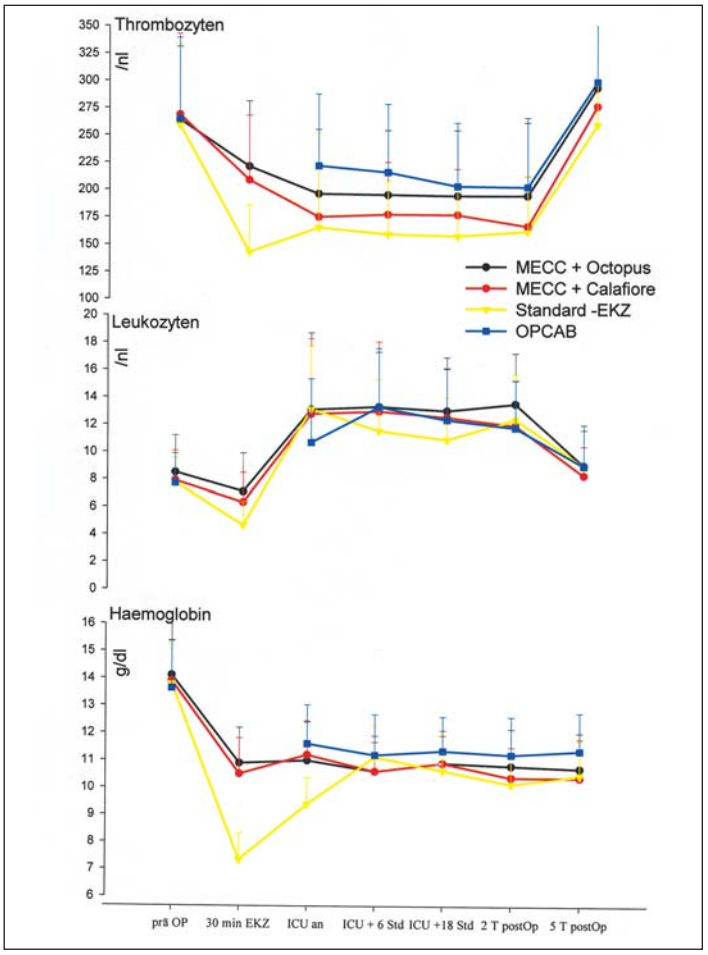

Abb. 3: Thrombozytenzahl, Leukozyten und Hämoglobin im zeitlichen Verlauf. Die Gruppe II weist perioperativ einen signifikant höheren Hämodilutionsgrad auf.

b) MECC mit kardioplegischem Herzstillstand nach Calafiore

Bei diesem Verfahren richten sich die Blutflussraten nach dem klinikinternen Standard für eine konventionelle EKZ (z. B. 2,5 l/min/m^2 KOF). Obwohl das System nicht über ein venöses Reservoir zum Volumenausgleich verfügt, kann die Perfusion problemlos durchgeführt werden, ohne dass es zu einer Volumenüberlastung des Herzens kommen kann. Eine begleitende Aorteninsuffizienz stellt ein Ausschlusskriterium dar. Das Verfahren nach Calafiore ist eine Blutkardioplegie mit einer Kaliumchlorid-Magnesiumsulfat-Mischlösung (Perfusorspritze aufziehen mit: 4 Ampullen, je 10 ml, Kaliumchlorid 14,9 % (Braun Melsungen) und 8 ml, eine Ampulle enthält 10 ml, 50 % Magnesiumsulfat (Casellamed GmbH Köln/ Artesan Pharma Lüchow). Zur Applikation der kardioplegischen Lösung wird eine Spritzenpumpe benötigt, die bei der Bolusgabe einen hohen Vorschub leisten kann (z. B. Modul DPS/999 ml/Std., Fresenius). Es gibt zwei Anwendungsmöglichkeiten [10, 11]:

1. In die Aorta wird eine dreilumige Kardioplegie-Kanüle eingebracht. Lumen I dient der Applikation der kardioplegischen Lösung, Lumen II als 1/4" Ventanschluss und über Lumen III kann der Druck in der Aortenwurzel gemessen werden. Eine 3/16"-Verbindungslinie führt von Lumen I zum Entlüftungskonnektor der Aortenkanüle. Diese Verbindungslinie ist in der Mitte mit einem Luer-Konnektor versehen, hier wird die Perfusorleitung konnektiert, über die das Kaliumchlorid-Magnesiumsulfat-Gemisch mit o. g. Spritzenpumpe appliziert wird. An den Ventanschluss wird eine Absauglinie zum Cell Saver (CS) angeschlossen, welche jedoch nur bei Bedarf benutzt wird. Unkontrolliertes Saugen kann zu einem relativ hohen Blutverlust in den CS führen. Nach Setzen der Aortenklemme treibt der Druck in der arteriellen Linie (MAP + Druckabfall über der Aortenkanüle) Blut durch den Verbindungsschlauch in die Aortenwurzel (Autoperfusion). Mittels Bolustaste der Spritzenpumpe kann ein schneller Eintritt der Asystolie erreicht werden. Nach Eintritt der Asystolie schließt sich eine zweiminütige Perfusion mit einem Vorschub von 200 ml/Std. an. Nach jeder Bypassanastomose wird die Gabe der Calafiore-Kardioplegie wiederholt, dabei wird der Vorschub der Spritzenpumpe von Mal zu Mal reduziert (200, 150, 120, 90 ml/Std.). Daraus ergibt sich eine abfallende Kaliumkonzentration des Perfusats in der Aortenwurzel. Wichtig ist, dass der Chirurg die Shuntlinie klemmt, bevor die Spritzenpumpe gestoppt wird, ansonsten kommt es zu einem Auswascheffekt.
2. Bei diesem Verfahren wird eine zusätzliche Rollerpumpe benötigt. Mittels dieser Kardioplegierollerpumpe wird an der Shuntlinie des MO Blut entnommen und über eine Kardioplegiekanüle in die Aortenwurzel gepumpt. Das Kaliumchlorid-Magnesiumsulfat-Gemisch wird mit o. g. Spritzenpumpe der Kardioplegieleitung zugemischt. Eine hochvolumige kardioplegische Lösung wie z. B. die HTK-Lösung nach Bretschneider (Custodiol; Dr. Franz Köhler Chemie) kann in Zusammenhang mit dem MECC-System nicht verwendet werden, da dies zu einer akuten, nicht kontrollierbaren Volumenüberlastung des Patientenkreislaufs führen würde.

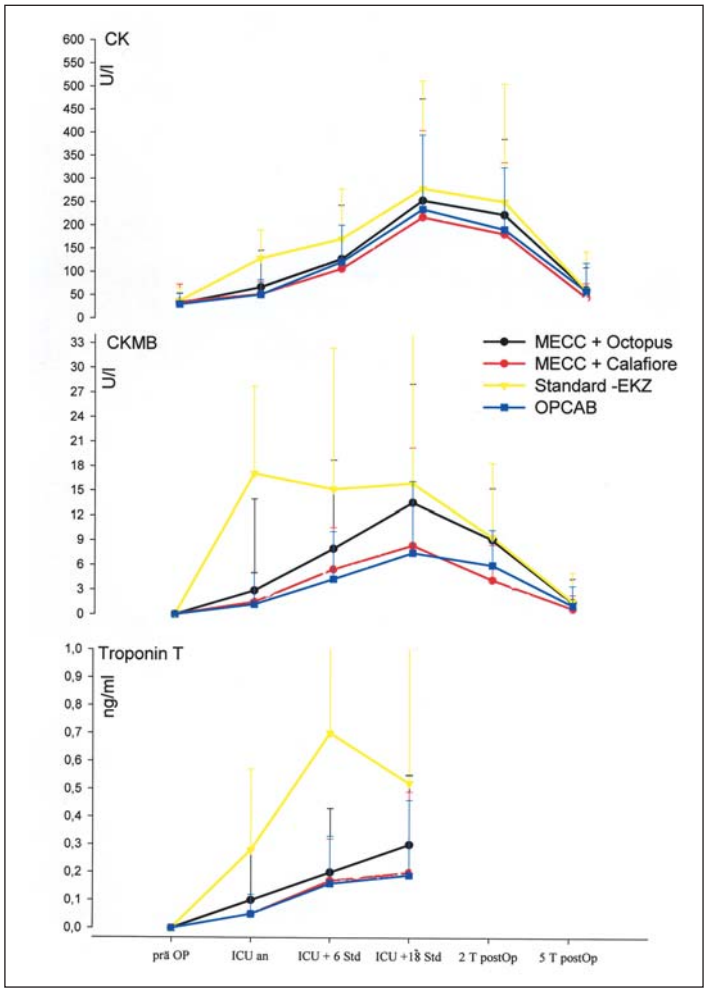

Abb. 4: Herzenzymaktivität: Kreatin(phospho)kinase CK, CK-MB und Troponin T zeigen bei Ankunft auf ICU und 6 Stunden später in Gruppe II signifikant höhere Werte als die übrigen Gruppen.

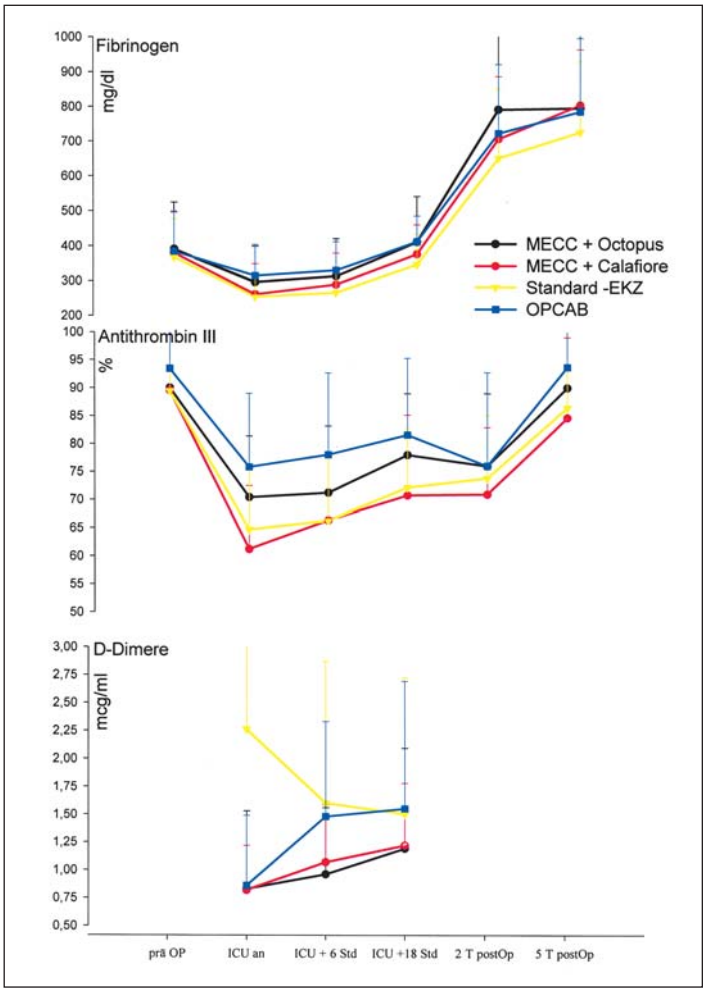

Abb. 5: Keine signifikanten Unterschiede ergeben sich beim Fibrinogen. Der AT-III-Abfall ist im unmittelbaren postoperativen Verlauf signifikant reduziert gegenüber der OPCAB-Gruppe. Die D-Dimere sind in der Gruppe II mit 2,4 ± 1,6 mcg/dl bei Ankunft ICU signifikant erhöht.

Anästhesiologisches Management bei MECC

Anästhesiologisch gibt es bei Patienten, die mit Hilfe der MECC operiert werden, einige Besonderheiten, die sonst bei keiner anderen herzchirurgischen Operation zu beachten sind. Dabei sind die Unterschiede gegenüber einer konventionellen ACB-Operation beim Einsatz der MECC am schlagenden Herzen größer als bei MECC mit Blutkardioplegie nach Calafiore. Daher ist es auch sinnvoll, beide Verfahren getrennt voneinander zu behandeln.

Bezüglich Einleitung und Monitoring unterscheidet sich das anästhesiologische Management jedoch nicht von dem sonst üblichen. Nach Anlage eines venösen und arteriellen Zugangs wird die Anästhesie mit Fentanyl, Etomidat und Pancuronium eingeleitet und mit Isofluran, Fentanyl und Pancuronium aufrechterhalten. Alle Patienten erhalten zusätzlich nach Narkoseeinleitung über die rechte V. jugularis interna einen zweilumigen zentralvenösen Katheter und eine Schleuse für einen Pulmonalarterienkatheter mit Pace-Port, der bei Einschränkung der linksventrikulären Funktion platziert wird, sowie einen weiteren großlumigen peripheren Zugang (14–12 G).

Die Verwendung kurz wirksamer und gut steuerbarer Anästhetika kann sinnvoll sein und schafft die Voraussetzung für eine Frühextubation, die aber nur unter bestimmten Bedingungen angestrebt werden sollte. Zur Anwendung kommen hierbei Propofol als Hypnotikum, Rocuronium oder Cis-Atracurium als Muskelrelaxans und Remifentanil als Analgetikum.

Neben einer „balanced anaesthesia“ können bei MECC auch Kombinationsnarkosen mit rückenmarksnahen Verfahren zur Anwendung kommen. So lassen sich mit einer hohen thorakalen Epiduralanästhesie (TEA), mit der die kardialen Symphatikussegmente blockiert werden, stressinduzierte kardiale Ereignisse reduzieren. Neben niedrigeren Katecholaminspiegeln mit Verringerung des Sauerstoffbedarfs, Verbesserung der myokardialen Kontraktilität und Zunahme des Gefäßdurchmessers stenosierter Koronararterien ist bei Kombinationsnarkosen die Möglichkeit einer raschen Extubation gegenüber einer alleinigen Allgemeinanästhesie gegeben. Aufgrund der therapeutischen intraoperativen Heparinisierung und der immer möglichen Notwendigkeit einer Konversion zu einem Operationsverfahren mit EKZ unter Vollheparinisierung, wird die Anlage des Periduralkatheters (PDK) am Vortag der OP empfohlen, um ein ausreichend langes Zeitintervall zwischen Punktion und Heparinisierung zu erreichen. Der PDK sollte in Höhe Th5/6 platziert und vor Narkoseeinleitung ausgetestet werden.

Wenn kein PDK gelegt wurde, ist die postoperative Schmerztherapie i. d. R. eine intravenöse. Hier bietet sich bei Frühextubation und Verwendung von kurz wirksamen Opiaten eine patientenkontrollierte Analgesie mittels PCA-Pumpe an.

MECC am schlagenden Herzen

Da die Operation am schlagenden Herzen durchgeführt wird, kann man während der Bypassphase keine exakte Aussage über den pulmonalen Blutfluss machen. Kli-

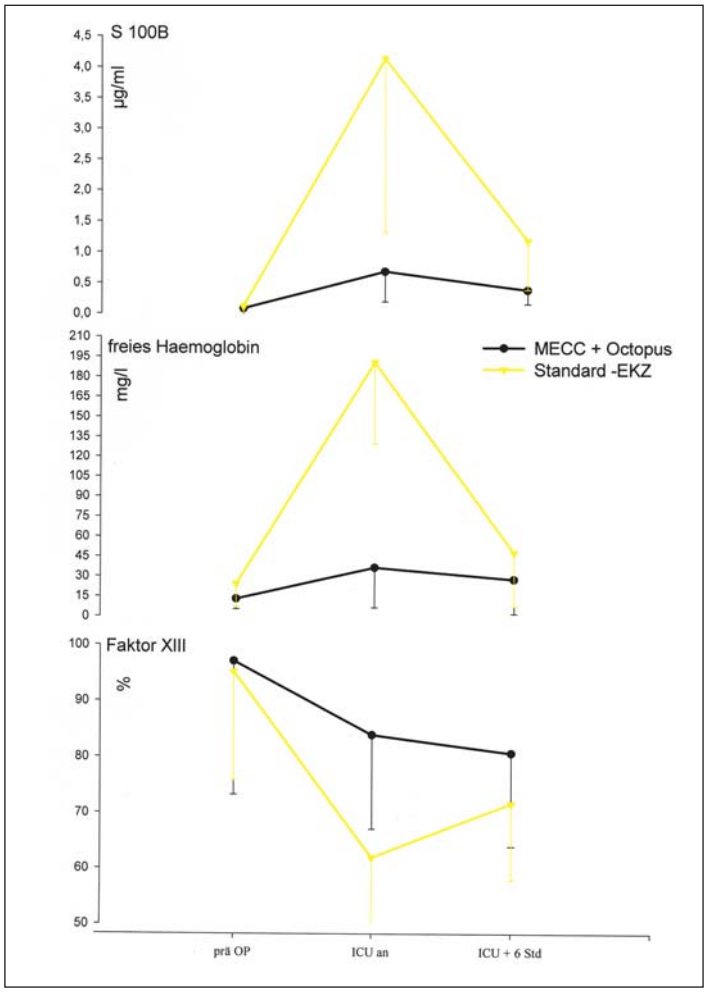

Abb. 6: Bei einer Untergruppe von je 30 Patienten, Standard-EKZ vs. MECC + Octopus, die prospektiv randomisiert wurden, zeigte sich, dass das MECC-System signifikant geringere Werte von S100B und freiem Hämoglobin aufwies. Der Faktor XIII verminderte sich um maximal 20 % im Mittel in der Gruppe III.

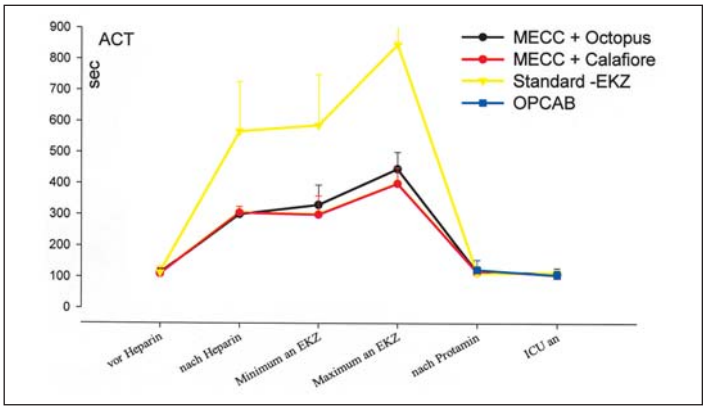

Abb. 7: Die intraoperativ gemessenen ACT-Werte liegen bei den Patienten, die mit dem heparinbeschichteten MECC-System (Gruppe III und IV) operiert wurden, im Mittel < 400 sec. Das Minimum aller gemessenen ACT-Werte während der EKZ lag bei 283 ± 38 sec, das Maximum bei 371 ± 96 sec.

nisch hat es sich bewährt, bei Flüssen von 2–4 l/min das Atemminutenvolumen (AMV) initial bei einer FiO_2 von 50 % zu halbieren und die Oxygenierung und CO_2-Elimination engmaschig mittels BGA zu überprüfen. Die MECC beinhaltet einen Oxygenator, so dass man sowohl von Maschinenseite als auch von anästhesiologischer Seite regulierend eingreifen kann, um eine suffiziente Beatmungssituation zu schaffen. Das Sedierungsregime wird während der Bypassphase von einem inhalativen auf ein intravenöses umgestellt. So wird bei der MECC nicht wie sonst üblich Isofluran über die HLM in das System eingespeist, sondern der Patient mit Propofol über Perfusor narkotisiert.

Da das System durch einen hohen systemischen Widerstand und eine geringe venöse Füllung in seiner Leistung limitiert ist, muss der Anästhesist zusammen mit dem Kardiotechniker auf die jeweilige Situation mit der Gabe von Volumen, Vasodilatoren – am ehesten eben NPN – oder Vasokonstriktoren – i. d. R. Phenylephrin – reagieren.

MECC mit BC nach Calafiore

Wesentlich weniger anästhesiologische Besonderheiten bestehen beim Einsatz der MECC unter Verwendung einer Blutkardioplegie nach Calafiore, da dieses Verfahren nur eine Variante einer konventionellen aortokoronaren Bypassoperation darstellt. Durch die wiederholte Gabe einer kaliumreichen kardioplegischen Lösung sollte ein präoperativ erniedrigter Kaliumwert nur sehr vorsichtig angehoben werden, um unerwünscht hohe Kaliumanstiege zu vermeiden.

Auch bei MECC mit Blutkardioplegie wird das Sedierungsregime während der Bypassphase von Isofluran auf Propofol umgestellt, obwohl die Einspeisung von Inhalationsgasen über die MECC theoretisch möglich wäre. Da die Oxygenierung und CO_2-Elimination komplett über den Oxygenator erfolgt, wird nur eine Atelektasenprophylaxe mit einem Atemzugvolumen von 150 ml unter Raumluft durchgeführt. Nach Freigabe des Blutflusses über die Aorta fängt das Herz i. d. R. innerhalb kurzer Zeit an zu schlagen, so dass nur in Ausnahmefällen defibrilliert werden muss.

Der Patient ist auch mit der MECC nicht vor Phasen hämodynamischer Instabilität mit Druckabfall geschützt. Deshalb sollte ein erweitertes hämodynamisches Monitoring durchgeführt werden.

Durch die Dislokation des Herzens kommt es zu einer Verdrehung der Herzachse mit Veränderung des EKGs, die eine Interpretation der kontinuierlichen ST-Streckenanalyse erschwert. Daher ist im Grunde genommen die kontinuierliche transösophageale Echokardiographie (TEE) unverzichtbar und das hämodynamische Monitoring der ersten Wahl, da auch der Pulmonaliskatheter, der vor und nach Maschine wertvolle Informationen liefert, während der Bypassphase nur eine sehr eingeschränkte Aussagekraft besitzt.

Ein wesentliches Problem der minimal-invasiven Verfahren ohne HLM ist bei der MECC durch die Möglichkeit eines integrierten Wärmeaustauschers elegant gelöst. Ein Auskühlen der Patienten wird durch aktives Wärmen zum Ende der Operation hin verhindert, die Patienten erreichen die Intensivstation i. d. R. normotherm. Neben dem positiven Einfluss auf die Hämodynamik entfallen v. a. die negativen Auswirkungen auf das Gerinnungssystem.

Retrospektive Analyse

395 Patienten, die sich im Zeitraum von 6/99 bis 12/00 einer elektiven, isolierten aortokoronaren Bypassoperation unterzogen, wurden retrospektiv in vier Gruppen eingeteilt. Re-Operationen und eine eingeschränkte Nierenfunktion (Kreatinin im Serum >1,3 mg/dl) galten als Ausschlusskriterium. Die Operationen mit EKZ wurden in moderater Hypothermie (Rektaltemperatur > 33,5 °C) durchgeführt, bei jedem Fall wurde ein Cell Saver verwendet.

Gruppe I: ACB-Operation ohne EKZ am schlagenden Herzen unter Zuhilfenahme eines Stabilisierungssystems

Gruppe II: ACB-Operation mit EKZ und kardioplegischem Herzstillstand mittels HTK-Lösung

Gruppe III: ACB-Operation am schlagenden Herzen mit MECC. Zur Fixation und Wandstabilisierung des Herzens kamen verschiedene Systeme zur Anwendung.
Gruppe IV: ACB-Operation mit MECC und kardioplegischem Herzstillstand mittels Calafiore-Blutkardioplegie. Die Gruppe IV umfasst im Gegensatz zu den anderen Gruppen nur 35 Patienten, da die Systemmodifikation, MECC + Aortenabklemmung mit Calafiore-Blutkardioplegie erst vor kurzem etabliert wurde.

Statistische Datenanalysen
Die Aufarbeitung der Daten für die graphische Darstellung (Abb. 2 bis 7) erfolgte mit SigmaPlot (Jandel Scientific GmbH). Die Laborparameter wurden nach dem klinikinternen Schema für Routine-Operationen bis zum fünften postoperativen Tag durchgeführt und in einer eigens angelegten Datenbank dokumentiert. Die statistischen Auswertungen wurden mit SPSS für Windows durchgeführt. Mit Hilfe der Lilliefors-Modifikation des Kolmogorow-Smirnow-Tests wurden die Gruppen auf Normalverteilung untersucht. Normalverteilte Daten wurden mit ANOVA, Post-hoc-Test nach Scheffé, verglichen. Die Analyse nicht normalverteilter Daten wurde mit dem Mann-Whitney-U-Test mit entsprechender Signifikanzkorrektur für Mehrfachvergleiche durchgeführt. Normalverteilte Daten sind als MW ± SD eingegeben, nicht normalverteilte Daten als Median [Spannweite].

Ergebnisse
Die demographischen Daten und OP-spezifischen Daten wie EKZ-Zeit unterscheiden sich nicht signifikant zwischen den Gruppen. Signifikante Unterschiede ergeben sich bei der Anastomosenzahl. Im Gruppenvergleich erhielten die OPCAB-Patienten signifikant weniger Grafts. Die Verweilzeit der Gruppe IV auf der Intensivstation ist gegenüber der Gruppe Standard-EKZ (p 0,05) signifikant kürzer. Der Fremdblutbedarf (FEK und FFP) der beiden MECC-Gruppen ist gegenüber der Gruppe Standard-EKZ (1,7 ± 2,1 FEK/Pat.) signifikant geringer (p 0,005). Die maschinelle Beatmungsdauer der Patienten, MECC+Aortenabklemmung, ist signifikant kürzer (p 0,05) als die der Patienten mit Standard-EKZ.

Gruppe	Anzahl	Alter [Jahre]	Geschlecht [m/w]	KOF m^2	IABP [n]	Letalität [n*]
I OPCAB	120	62 ± 8	88 / 32	1,84 ± 0,12	1	2
II Standard-EKZ	120	66 ± 9	88 / 32	1,93 ± 0,13	0	1
III MECC + Octopus	120	65 ± 10	85 / 35	1,88 ± 0,12	1	1
IV MECC +	35	65 ± 7	25 / 10	1,87 ± 0,12	0	0
* Tod im Krankenhaus						

Tab. 1: Allgemeine Daten

Gruppe	EF [%]	Grafts [n]	EKZ [min]	Ao-Klemmz. [min]	ICU [Tage]
I OPCAB	66 ± 16	1,8 ± 0,9	–	–	1 [1; 13]
II Standard-EKZ	60 ± 15	3,6 ± 0,8	98 ± 26	61 ± 20	1 [1; 8]
III MECC + Octopus	64 ± 16	2,7 ± 0,7	82 ± 25	–	1 [1; 14]
IV MECC + Aortenabklemmung	63 ± 16	3,5 ± 0,8	81 ± 24	53 ± 16	1 [1 ± 4]

Tab. 2: OP-Daten
Abkürzungen: EF = Ventrikelfunktion, Grafts = Anzahl der peripheren Bypassanastomosen, EKZ = Dauer der Extrakorporalen Pumpzeit, Ao-Klemmzeit = Dauer der Ischämie, ICU = Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation

Gruppe	FEK [./Patient]	FFP [./Patient]	Drainage [ml]	Beatmungsz. [Std.]	Krea >1,5 Post-OP [n]
I OPCAB	0 [0; 15]	0 [0; 20]	752 ± 432	9 [0; 192]	4
II Standard-EKZ	0 [0; 9]	0 [0; 14]	818 ± 524	12 [5; 176]	7
III MECC + Octopus	0 [0; 6]	0 [0; 2]	573 ± 336	10 [0; 67]	4
IV MECC + Aortenabklemmung	0 [0; 2]	0 [0; 4]	692 ± 310	11 [0; 24]	0

Tab. 3: Postoperative Daten
Abkürzungen: FEK = Anzahl der Erythrozytenkonzentrate je Patient, FFP = gerinnungsaktives Plasma je Patient, Drainage = Drainageblutverlust bis zur Entfernung der Drainage, Beatmungszeit = postoperative Nachbeatmungszeit, Krea = Anstieg des Kreatinin im Serum auf Werte von > 1,5 mg/dl im postoperativen Verlauf bis zum fünften Tag.

LITERATUR
[1] Herzbericht 1999; Bruckenberger E: 12. Bericht des Krankenhausausschusses der Arbeitsgemeinschaft der obersten Landesgesundheitsbehörden der Länder (AOLG)
[2] Philipp A, Behr R, Liebold A, Keyl C, Birnbaum DE: MECC – ein minimiertes EKZ-System für ACVB-Operationen am schlagenden Herzen. Vortrag: 28. Internationale Fortbildungs- und Arbeitstagung der Deutschen Gesellschaft für Kardiotechnik e. V., 13.–15. Mai 1999 in Würzburg
[3] Behr R, Philipp A, Liebold A, Thrum A, Kobuch R, Birnbaum DE: Effekte der Heparinbeschichtung eines minimierten EKZ-Systems. Vortrag: 29. Internationale Fortbildungs- und Arbeitstagung der Deutschen Gesellschaft für Kardiotechnik e. V. 1.–3. Juni 2000 in Würzburg
[4] Gu YJ, Oeveren W van, Kamp KKWHJ van der, Akkerman C, Boonstra PW, Wildevuur ChRH: Heparin-coating of extracorporeal circuits reduces thrombin formation in patients undergoing cardiopulmonary bypass. Perfusion 1991; 6: 221–225
[5] Schönberger J, Everts PA, Hofmann JJ: Systemic blood activation with open and closed venous reservoirs. Ann Thorac Surg 1995; 59: 1549–1555
[6] Liebold A, Jagiello-Kraatz M, Philipp A, Lehle K, Kobuch R, Birnbaum DE: Neurologic events and S100 protein following coronary bypass grafting: comparison of standard cardiopulmonary bypass, beating heart surgery with minimal extracorporeal circulation (MECC), OPCAB, and MIDCAB procedures. Eur J Cardiothorac Surg, in press
[7] Segesser LK von, Weiss BM, Garcia E et al: Reduction and elimination of systemic heparinization during cardiopulmonary bypass. J Thorac Cardiovasc Surg 1992; 103: 790–799
[8] Wendel HP, Ziemer G: Coating-techniques to improve the hemocompatibility of artificial devices used for extracorporeal circulation. Eur J Cardiothorac Surg 1999; 16(3): 342–350
[9] Mirow M, Rössing Ev, Kind K, Minami K, Reiß N, Körfer R: Koronare Bypasschirurgie unter Einsatz eines heparinbeschichteten extrakorporalen Zirkulationssystems. Kardiotechnik 1999; 2: 32–35
[10] Calafiore AM, Teodori G, Rondelez L et al: Intermittent antegrad warm blood cardioplegia. Ann Thorac Surg 1995; 59: 398–402
[11] Oeinck KH, Keller H, Werner M, Besser R: Blutkardioplegie nach Calafiore – Praktische Anwendung. Kardiotechnik 2000; 1: 14–15

Alois Philipp ECCP
Klinik für Herz-, Thorax- und herznahe Gefäßchirurgie
Klinikum der Universität Regensburg
Franz-Josef-Strauß-Allee 11
93042 Regensburg