

Z Herz- Thorax- Gefäßchir 2018 · 32:133–140
<https://doi.org/10.1007/s00398-017-0199-1>
 Eingegangen: 17. November 2017
 Überarbeitet: 30. November 2017
 Angenommen: 1. Dezember 2017
 Online publiziert: 10. Januar 2018
 © Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von
 Springer Nature 2018



S. P. W. Günther¹ · F. Born¹ · S. Buchholz¹ · V. von Dossow² · R. Schramm¹ ·
 S. Brunner³ · S. Massberg³ · A. M. Pichlmaier¹ · C. Hagl¹

¹ Herzchirurgische Klinik und Poliklinik, Klinikum der Universität München, Ludwig-Maximilians-Universität, München, Deutschland

² Klinik für Anaesthesiologie, Klinikum der Universität München, Ludwig-Maximilians-Universität, München, Deutschland

³ Medizinische Klinik und Poliklinik I, Klinikum der Universität München, Ludwig-Maximilians-Universität, München, Deutschland

Patienten unter Reanimation: Kandidaten für „Extracorporeal Life Support“?

Mortalität und Morbidität des Herz-Kreislauf-Stillstands sind trotz stetiger Weiterentwicklung der Leitlinien zur kardiopulmonalen Reanimation (CPR) und der Postreanimationstherapie weiterhin inakzeptabel hoch [4, 11, 14, 21]. Insbesondere beim anhaltenden Ausbleiben eines Wiedereinsetzens des Spontankreislaufs („return of spontaneous circulation“, ROSC) sind praktisch keine weiteren konservativen Therapieoptionen verfügbar. Die „Extracorporeal Life Support“ (ECLS)-Therapie hat das Potenzial einer sofortigen vollen kardiopulmonalen Unterstützung mit Etablierung eines suffizienten Kreislaufs und einer ausreichenden Endorganperfusion. Daten zum Einsatz im therapierefraktären kardiogenen Schock sind vielversprechend [2, 12, 27]. Mit technischem Fortschritt, wachsender Expertise, steigenden Fallzahlen sowie nach Etablierung entsprechender Programme und Netzwerke erfolgt zunehmend der Einsatz im Rahmen der kardiopulmonalen Reanimation (Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation, ECPR). Dieser Beitrag gibt aufgrund dessen Einblicke in die aktuelle Studienlage und eine Übersicht über das Verfahren der ECPR.

Studienlage und Leitlinien

Daten aus prospektiven, randomisierten, kontrollierten Studien zum Einsatz der ECLS-Therapie im therapierefraktären kardiogenen Schock oder als ECPR

sind bisher nicht verfügbar. Erste entsprechende Studien sind unter *ClinicalTrials.gov* registriert, die Ergebnisse stehen derzeit allerdings noch aus. Daten aus retrospektiven und Registeranalysen zum Einsatz von ECLS-Systemen im konventionell nichtkontrollierbaren kardiogenen Schock sind vielversprechend [2, 12, 27]. Die Durchführung randomisierter kontrollierter Studien im Rahmen der CPR ist schwierig; nichtsdestotrotz deuten retrospektive oder beobachtende Untersuchungen darauf hin, dass der ECLS in der Situation der CPR mit ausbleibendem ROSC eine ausreichende systemische Zirkulation sicherzustellen vermag [7, 10, 29, 32]. Die berichteten Überlebensraten bewegen sich weitestgehend von knapp 15 bis über 30 %, in einzelnen Studien mit umfassenderen Protokollen auch bis ca. 50 %, und die Datenlage scheint auf einen potenziellen Überlebensvorteil durch die ECPR hinzuweisen [5, 7, 8, 13, 15, 18, 20, 23–26, 28, 29, 31, 32].

» Das neurologisch intakte Überleben steht als primäres Ziel im Fokus

Das neurologisch intakte Überleben steht als primäres Ziel im Fokus, und auch diesbezüglich sind die Ergebnisse ermutigend [7, 20, 32]. Eine gewisse Schwankungsbreite der Überlebensraten ist u. a. durch heterogene Patientenkollektive so-

wie Unterschiede in Patientenselektion und Therapiealgorithmen bedingt. Eine differenzierte Betrachtung für den inner- vs. außerklinisch auftretenden Herz-Kreislauf-Stillstand zeigt, dass der außerklinisch auftretende Herz-Kreislauf-Stillstand eine größere Herausforderung darstellt. Die Therapieergebnisse scheinen in diesem Fall schlechter zu sein, wobei die Diskrepanz erklärbar wird, wenn man eine deutliche Relevanz von Ischämiezeit, absoluter Reanimationsdauer und -qualität postuliert. Im Fall eines innerklinisch auftretenden Herz-Kreislauf-Stillstands ist eine schnellere und effizientere Therapie möglich, sodass sich bezüglich dieser Faktoren Vorteile ergeben [1, 8, 10, 17]. Eine Übersicht zu Schlüsselpublikationen der letzten Jahre findet sich in **Tab. 1**.

Die Leitlinien der Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) umfassen Grundlagen hinsichtlich Indikationen, Kanülierungsstrategie und der weiteren Therapie während der extrakorporalen Unterstützung sowie der Entwöhnung von dieser, wobei insbesondere die Indikationen bisher keine klaren Grenzwerte beinhalten [9]. Die Leitlinien der American Heart Association sprechen aufgrund mangelnder Evidenz keine Empfehlung zum routinemäßigen Einsatz der ECPR aus. Im Sinne einer Klasse-IIb-Empfehlung kann das Verfahren aber in ausgewählten Fällen in Betracht gezogen werden, wenn das System schnell implementiert werden kann, die vermutete

Tab. 1 Ausgewählte Schlüsselpublikationen der letzten Jahre

| Erstautor (Publikationsjahr) | Studiendesign | Studien- zeitraum | Land | Herz-Kreislauf- Stillstand | | Anzahl (n) der ECPR | Überleben (%) |
|---------------------------------|--|----------------------|---------------|-------------------------------|--------------------|------------------------|---|
| | | | | Inner- klinisch | Außer- klinisch | | |
| Sakamoto (2014, [26]) | Prospektiv beobachtend, multizentrisch | 2008–2012 | Japan | – | + | 260 | Dreißigtagesüberleben: 27% |
| Wang (2014, [31]) | Prospektiv beobachtend, monozentrisch | 2007–2012 | Taiwan | + | + | 230 | Überlebensrate bis zur Krankenhausentlassung: 32% |
| Park (2014, [24]) | Retrospektiv, monozentrisch | 2004–2012 | Südkorea | + | – | 152 | Überlebensrate bis zur Krankenhausentlassung: 32% |
| Stub (2015, [29]) | Prospektiv beobachtend, monozentrisch | 2010–2013 | Australien | + | + | 24 | Überlebensrate bis zur Krankenhausentlassung: 50% |
| Jung (2016, [15]) | Retrospektiv, monozentrisch | 2002–2013 | Deutschland | + | + | 117 | Dreißigtagesüberleben: 23% |
| Blumenstein (2016, [5]) | Retrospektiv, monozentrisch | 2009–2013 | Deutschland | + | – | 52 | Dreißigtagesüberleben: 27% |
| Richardson (2017, [25]) | Retrospektiv, multizentrisch | 2003–2014 | International | + | + | 1796 | Überlebensrate bis zur Krankenhausentlassung: 29% |
| Wengenmayer (2017, [33]) | Retrospektiv, monozentrisch | 2010–2016 | Deutschland | + | + | 133 | Überlebensrate bis zur Krankenhausentlassung: 14% |
| Pabst (2017, [23]) | Retrospektiv, monozentrisch | 2008–2016 | USA | + | – | 59 | Überlebensrate bis zur Krankenhausentlassung: 25% |
| Lee (2017, [18]) | Retrospektiv, monozentrisch | 2006–2016 | Südkorea | + | + | 111 | Überlebensrate bis zur Krankenhausentlassung: 19% |
| Haas (2017, [13]) | Retrospektiv, multizentrisch | 2010–2016 | International | – | + | 217 | Überlebensrate bis zur Krankenhausentlassung: 28% |

ECPR Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation

Ätiologie des Herz-Kreislauf-Stillstands potenziell reversibel und die vorangegangene Reanimationsdauer begrenzt ist [6].

Infrastruktur und Interdisziplinarität

Die ECPR beschreibt ein hochinvasives Verfahren, das substanzielle Expertise in Implantation und Management des Systems erfordert [6]. Die Zusammensetzung des implantierenden Teams ist in der Literatur nicht einheitlich, sollte aus Sicht der Autoren des vorliegenden Beitrags aber in jedem Fall einen erfahrenen Herzchirurgen und Kardiotechniker umfassen, um einen schnellen, sicheren und effizienten Umgang, auch bei potenziell auftretenden Komplikationen, zu

gewährleisten. Ähnliche Forderungen wurden in einem Positionspapier von Beckmann et al. für den Transport von Patienten unter ECLS-Therapie gestellt [3]. Da die Phase der kritischen Minderperfusion zu minimieren ist und die Zeit vom Eintreten des Herz-Kreislauf-Stillstands bis ECLS-Implantation aller Wahrscheinlichkeit nach mit dem Therapieergebnis korreliert, sind entsprechende infrastrukturelle Überlegungen erforderlich [19]. Sowohl das gesamte erforderliche Material als auch das ECLS-System befinden sich im Klinikum der Universität München kompakt, transportabel und jederzeit einsatzbereit an logistisch wichtigen Knotenpunkten, wie insbesondere im Schockraumbereich (Abb. 1 und 2). Hierdurch ist eine mobile und autarke Implantation jederzeit

möglich. Die Etablierung eines effizienten Programms muss auch Überlegungen zu Ressourcen und ökonomischen Faktoren einbeziehen. Zur abschließenden Beantwortung der Frage, durch welche Dienststruktur ein entsprechendes Programm außerhalb der Regelarbeitszeiten zu bedienen ist, sind „Number-needed-to-treat“- und Kosten-Nutzen-Analysen dringend erforderlich.

Die ECPR-Therapie muss eingebettet sein in ein Gesamtkonzept mit interdisziplinärem Fokus zur Behandlung von Reanimationspatienten. Dies umfasst nicht nur den Schockraumalgorithmus, sondern auch die sich anschließende Diagnostik und Kausaltherapie des Herz-Kreislauf-Stillstands sowie die intensivmedizinische und die weiterführende Behandlung. Da sowohl die Kausalthe-

Hier steht eine Anzeige.



Z Herz- Thorax- Gefäßchir 2018 · 32:133–140 <https://doi.org/10.1007/s00398-017-0199-1>
© Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018

S. P. W. Günther · F. Born · S. Buchholz · V. von Dossow · R. Schramm · S. Brunner · S. Massberg · A. M. Pichlmaier · C. Hagl

Patienten unter Reanimation: Kandidaten für „Extracorporeal Life Support“?

Zusammenfassung

Hintergrund. Der konventionell therapie-refraktäre Herz-Kreislauf-Stillstand verläuft in aller Regel letal. Die „Extracorporeal Life Support“(ECLS)-Therapie hat das Potenzial der sofortigen, vollen kardiopulmonalen Unterstützung und wird zunehmend im Rahmen der kardiopulmonalen Reanimation (Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation, ECPR) eingesetzt.

Fragestellung. Diese Arbeit soll Einblicke in die aktuelle Studienlage und eine Übersicht über das Verfahren der ECPR geben.

Material und Methoden. Es erfolgt ein systematischer Überblick über die vorhandenen Daten und Empfehlungen zur ECPR-Therapie in Kombination mit einer fokussierten Darstellung von Schlüsselementen des Verfahrens.

Ergebnisse. Die ECPR kann im Fall der frustrierten konventionellen CPR zur Etablierung einer suffizienten Zirkulation dienen. Daten aus prospektiven, randomisierten kontrollierten Studien sind bisher nicht verfügbar. Es handelt sich um ein hochinvasives Verfahren, das entsprechende Expertise erfordert. Parameter zur Patienten-Triage können Alter und Vorerkrankungen, den beobachteten Herz-Kreislauf-Stillstand, die Ischämiezeit, Qualität und Dauer der Reanimation, einschließlich Einsatz einer mechanischen Kompressionshilfe, umfassen. Vor Implantation liefern pH-Wert und Lactatkonzentration wertvolle Zusatzinformationen über den metabolischen Zustand des Patienten und die Perfusion während der Reanimation.

Schlussfolgerung. Das Verfahren der ECPR sollte auf Zentren der Maximalversorgung beschränkt sein, die über das volle Spektrum der modernen interdisziplinären Herzmedizin verfügen, einschließlich Kunstherzimplantation und thorakaler Organtransplantation. Randomisierte kontrollierte Studien und umfassende entsprechende Leitlinien sind dringend erforderlich. Die Definition minimaler Fallzahlen und die Etablierung von Kompetenzzentren werden zu diskutieren sein.

Schlüsselwörter

Kardiopulmonale Reanimation · Herz-Kreislauf-Stillstand · Kardiogener Schock · Blutzirkulation · Triage

Patients undergoing cardiopulmonary resuscitation: Candidates for Extracorporeal Life Support?

Abstract

Background. Conventionally therapy-refractory cardiac arrest usually has a fatal outcome. Extracorporeal life support (ECLS) has the potential to provide immediate full cardiopulmonary support and becomes increasingly implemented in the setting of cardiopulmonary resuscitation (Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation, ECPR).

Objective. This article aims to provide insights into current study results and a synopsis of the technique of ECPR.

Material and methods. This article gives a systematic overview of available data and recommendations in combination with a focused presentation of key elements of ECPR.

Results. In the setting of unsuccessful conventional cardiopulmonary resuscitation, ECPR can be used to establish a sufficient circulation. No data from prospective, randomized controlled trials are currently available. It is a highly invasive technique that requires substantial expertise. Parameters that may assist in triaging the patients include age, comorbidities, witnessed cardiac arrest, ischemia time, quality and duration of resuscitation and use of mechanical chest compression devices. Preimplantation pH and lactate levels provide valuable additional information on the metabolic status and perfusion during resuscitation.

Conclusion. The use of ECPR should be limited to centers of maximum care providing the full spectrum of modern interdisciplinary cardiac medicine, including ventricular assist device implantation and thoracic organ transplantation. Randomized controlled trials and comprehensive guidelines are urgently needed. The definition of minimum case numbers and the establishment of competence centers need to be discussed.

Keywords

Cardiopulmonary resuscitation · Cardiac arrest · Cardiogenic shock · Blood circulation · Triage

rapie des Herz-Kreislauf-Stillstands als auch die weiterführende Therapie, insbesondere bei nichtmöglicher Entwöhnung von der temporären mechanischen Kreislaufunterstützung, potenziell das volle Spektrum der modernen interdisziplinären Herzmedizin erfordern, sollte das Verfahren der ECPR auf Zentren der Maximalversorgung beschränkt sein, die auch über etablierte Programme der Kunstherz-Implantation und der thorakalen Organtransplantation verfügen.

Patienten-Triage und Workflow

Abschließende Scores oder Leitlinien zu Kriterien, anhand deren Patienten unter CPR evaluiert und hinsichtlich des potenziellen Erfolgs einer ECPR-Therapie triagiert werden können, sind bisher nicht verfügbar. Von verschiedenen Autoren werden allerdings Alter und Vorerkrankungen des Patienten, der beobachtete Herz-Kreislauf-Stillstand, die Ischämiezeit sowie Qualität und Dauer der Reanimation, einschließlich Einsatz

einer mechanischen Kompressionshilfe, als essenziell eingeschätzt [7, 10, 17, 18, 22, 28]. Ein entscheidender Nachteil ist, dass es je nach Situation akut schwierig bis unmöglich sein kann, diese Parameter valide und suffizient zu erfassen. Zudem bilden sie den aktuellen Status der Organsysteme nur unsicher und unzureichend ab. Darüber hinaus ist vermutlich die Effizienz der CPR als integrativer Parameter von größerer Relevanz als die entsprechenden Einzelfaktoren wie Reanimationsdauer

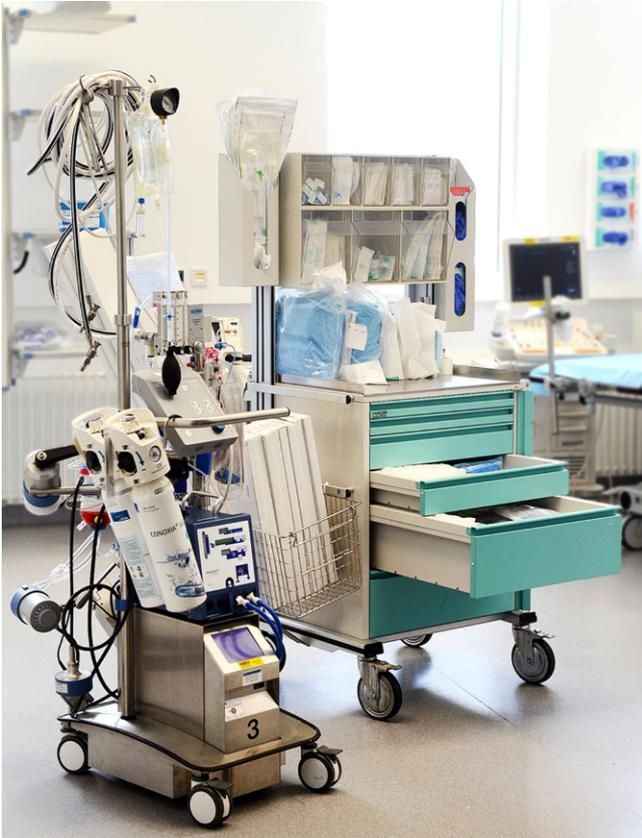


Abb. 1 ▲ Stationäre Einheit für den Extracorporeal Life Support (SCPC; Fa. Sorin Group, LivaNova, München, Deutschland) Materialwagen

und -qualität. Objektivierbaren Parametern, die Rückschlüsse auf die Perfusion während der Reanimation und den metabolischen Zustand des Patienten geben, kommt deshalb essenzielle Bedeutung zu. Die arterielle Blutgasanalyse ist schnell, einfach und sicher durchführbar und bietet in dieser Notfallsituation den Vorteil wertvoller Zusatzinformationen. Insbesondere pH-Wert und Lactatkonzentration korrelierten in bisher durchgeführten Untersuchungen zum Einsatz der ECLS-Therapie im therapierefraktären kardiogenen Schock oder als ECPR mit dem Überleben des Patienten [7, 12, 15, 23]. Insgesamt ist auf Basis der aktuellen Datenlage derzeit allerdings nur die Definition eines potenziellen Entscheidungsrahmens möglich; die definitive Indikationsstellung bleibt noch eine Einzelfallentscheidung [22].

Dem Faktor Zeit kommt entscheidende Bedeutung zu. Essenziell sind aus Sicht der Autoren die frühe Kontaktierung des ECLS-Teams, etwa bei Ankündigung eines prähospital reanimierten Patienten

oder bei intrahospitalem Eintreten eines Herz-Kreislauf-Stillstands sowie die Parallelisierung von Patientenevaluation und Implantationsvorbereitung. Letzteres bedeutet konkret, dass bereits während der interdisziplinären Befunderhebung und Diskussion durch Herzchirurgie sowie Kardiotechnik sämtliche vorbereitenden Maßnahmen zur ECLS-Etablierung ergriffen werden (▣ **Abb. 3**).

» Die definitive Indikationsstellung bleibt derzeit noch eine Einzelfallentscheidung

Für den idealen Implantationszeitpunkt sind nichtsdestotrotz keine konkreten Handlungsempfehlungen verfügbar. Während in einigen Untersuchungen das Einschlusskriterium der kardiopulmonalen Reanimation mit ausbleibendem ROSC durch eine minimal durchgeführte Zeitspanne der konventionellen Reanimation definiert war, wurden durch unterschiedliche Autoren andererseits



Abb. 2a,b ▲ Mobile Einheit für den Extracorporeal Life Support (LifeBox™; Fa. Sorin Group, LivaNova, München, Deutschland) und Material

Obergrenzen der Reanimationsdauer und darüberhinausgehende Zeiten als Kontraindikation zur ECPR vorgeschlagen [7, 8, 17, 20, 35]. Da die Wahrscheinlichkeit eines ROSC mit jeder Minute bei zunehmender Reanimationsdauer rapide abnimmt und in bisherigen Untersuchungen eine Verschlechterung der Therapieergebnisse durch prolongierte Reanimation und Zeit bis zur Kanülierung suggeriert wird, sollte die Hinzuziehung des ECLS-Teams zur Evaluation des Patienten so schnell wie möglich erfolgen [7, 33].

Unsere primäre Kanülierungsstrategie in dieser absoluten Notfallsituation ist perkutan femoral über eine modifizierte Seldinger-Technik [12]. Hierdurch ist nicht nur eine schnelle, sondern aufgrund der Kompaktheit moderner Materialien und Systeme auch örtlich weitestgehend unabhängige Implantation möglich. Diese kann dementsprechend im Schockraum, im Herzkatheterlabor, auf der (Intensiv-)Station oder auch in der zuweisenden Klinik erfolgen. Wenn-

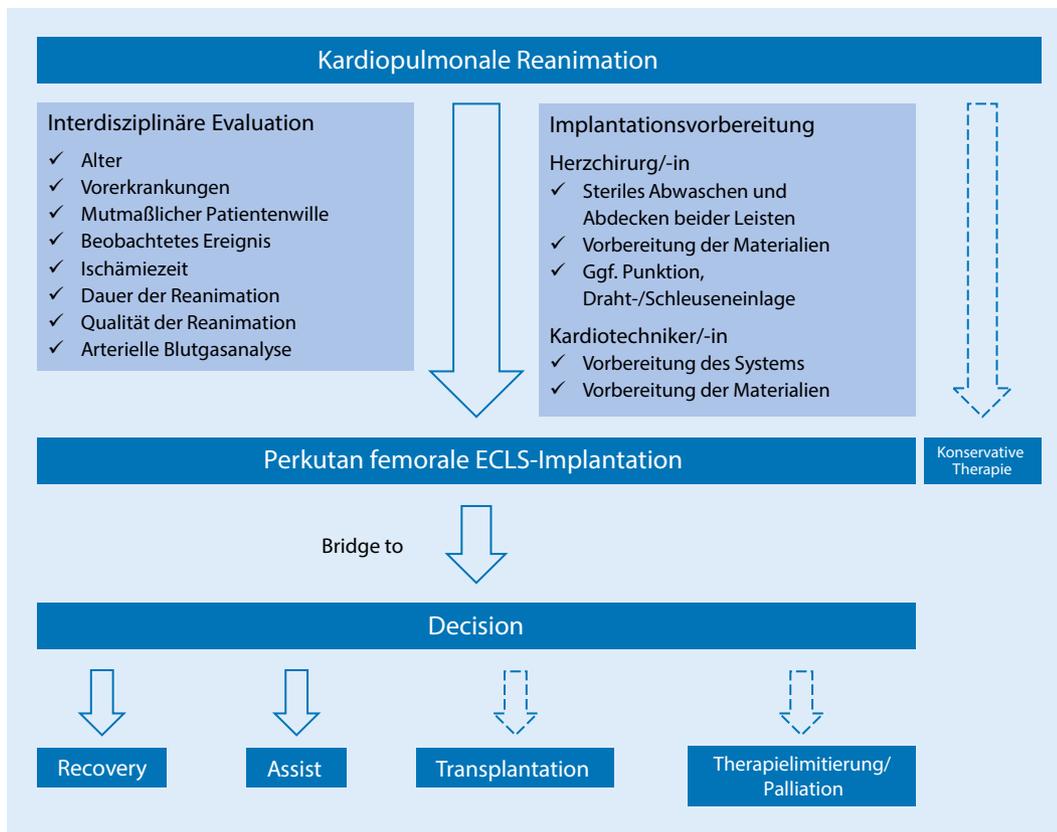


Abb. 3 ◀ Etablierung des Extracorporeal Life Support unter kardiopulmonaler Reanimation. (Adaptiert nach Guenther et al. [12])

gleich die Fluoroskopie oder transösophageale Echokardiographie von Vorteil ist, ist eine Bildgebung während der Implantation nicht zwingend erforderlich. Verläuft der perkutane Implantationsversuch frustant, sind sekundäre Ansätze, wie beispielsweise eine chirurgisch offene femorale Kanülierung, in Betracht zu ziehen. Die diesbezügliche Evaluation sollte kritisch erfolgen und insbesondere die bis zur Etablierung erwartete zusätzliche Reanimationsdauer berücksichtigen. Die Implantation eines Katheters zur antegraden Perfusion der arteriell kanülierten Extremität wird im Schockpatienten als obligatorisch eingeschätzt [12].

Auch unter CPR sollte aus Sicht der Autoren der Implantationsversuch erfolgen. Verläuft dieser, auch aufgrund der situationsbedingt erhöhten Schwierigkeit, nicht erfolgreich, ist allerdings ein Abbruch mit ggf. sekundärer Implantation, falls nötig auch offen chirurgisch, vertretbar. Zumindest initial wird in der Situation der ECPR das volle Herzzeitvolumen durch das ECLS-System gestellt. Bezüglich des minimal zu erzielenden Herzzeit-

volumens, also, ob in diesem Fall ein nach bekannten Formeln berechnetes Herzzeitvolumen ausreichend ist, oder aber, ob in der Reperfusionphase ein höherer Fluss einen potenziellen Benefit bewirken kann, sind bisher keine Daten verfügbar. Auf Basis pathophysiologischer Aspekte erscheint allerdings die Bereitstellung des maximal möglichen Flusses sinnvoll. Entsprechend ergeben sich Implikationen für die Wahl der Kanülengrößen. Neben einer nichterfolgreichen Kanülierung ist die Unmöglichkeit der Erzielung eines suffizienten Flusses ein Grund für das Versagen der ECPR. In diesen Fällen sollte eine adäquate Volumentherapie erfolgen. Lässt sich der Fluss des Systems weiterhin nicht steigern, sind differenzialdiagnostisch die der Reanimationssituation zugrunde liegende Pathologie, Reanimationstraumata, durch die Reanimationssituation bedingte Änderungen in der Rheologie, aber auch eine Kanülenfehlhänge oder eine Perforation zu bedenken und, wenn möglich, auszuschließen [12].

Eine besondere Herausforderung stellt die ausreichende Entlastung des

linken Ventrikels dar [9]. Die Risiken der pulmonalen Stauung bis hin zum Lungenödem, der ventrikulären Distension und der intrakavitären Thrombusbildung aufgrund von Stase sind in diesem Patientenkollektiv deutlich erhöht, da zumindest initial in einem Großteil der Fälle kein relevanter ventrikulärer Auswurf besteht. Ist dieser durch Inotropika nicht erzielbar, sollten adjuvante Verfahren frühzeitig berücksichtigt werden, da neben entsprechenden Komplikationen auch die myokardiale Erholung beeinträchtigt werden kann [16, 30, 34].

» Primär wird durch die ECPR ein „Bridge-to-decision“-Ansatz verfolgt

Primär wird durch die ECPR ein „Bridge-to-decision“-Ansatz verfolgt (▣ **Abb. 3**). Nach akut erfolgter Etablierung einer suffizienten Zirkulation ist weitere Diagnostik, wie beispielsweise eine Ganzkörpercomputertomographie oder Koronarangiographie zur Klärung der Ätiopathogenese des Herz-Kreislauf-Stillstands mög-

lich. Therapeutische Prozeduren, wie insbesondere die „percutaneous coronary intervention“ (PCI), können direkt unter ECLS-Schutz erfolgen. Eine Schlüsselbedeutung kommt zudem der neurologischen Evaluation mit, wenn möglich, verpflichtender kranialer Computertomographie zu.

Im weiteren Verlauf wird prinzipiell eine Entwöhnung von dem ECLS-System angestrebt. Ist dies bei ausbleibender myokardialer Erholung nicht möglich, kann eine Überbrückung zur „Ventricular Assist Device“(VAD)-Implantation erfolgen. Die Überbrückung zur Herztransplantation ist in der aktuellen Situation des manifesten Spenderorganmangels eher theoretischer Natur. Auf allen Stufen der Therapie, d. h. vor der ECLS-Implantation und stetig im weiteren Verlauf, sind ethische Überlegungen unter Berücksichtigung des (mutmaßlichen) Patientenwillens erforderlich. Im Fall eines nichtreversiblen Multiorganversagens trotz maximaler Therapie oder massiver zerebraler Schäden ist eine Therapiezieländerung mit Palliation in Betracht zu ziehen.

Zur Maximierung der Therapieergebnisse sind Gesamtkonzepte mit Berücksichtigung aller Elemente, vom Eintreten des Herz-Kreislauf-Stillstands, über die Etablierung der extrakorporalen Zirkulation, bis zur weiterführenden Therapie, erforderlich. Schlüsselemente umfassen die Minimierung von Zeitverzögerungen, die Optimierung der Reanimationsqualität, die rasche Therapie der Ursache des Herz-Kreislauf-Stillstands, das volle Spektrum der modernen Intensivmedizin und die effiziente Rehabilitationsbehandlung, insbesondere mit neurologischem Schwerpunkt.

Ausblick

Die ECPR kann im Fall der frustranen konventionellen CPR als Verfahren zur Etablierung einer suffizienten Zirkulation dienen. Randomisierte kontrollierte Studien tragen maßgeblich zur abschließenden evidenzbasierten Bewertung eines Verfahrens bei, sind in der Reanimationssituation, auch aus ethischen Gründen, aber äußerst schwierig durchführbar. Daneben sind v. a. Untersuchun-

gen zu Patientenselektionskriterien, zum idealen Herzzeitvolumen nach CPR, aber auch Kosten-Nutzen- und „Number-needed-to-treat“-Analysen sowie die Untersuchung der insbesondere neurologischen Langzeitergebnisse erforderlich. Konkretisierungen von Leitlinien und Handlungsempfehlungen sollten auch Kriterien zur Therapielimitierung abbilden. Die Definition minimaler Fallzahlen und die Etablierung von Kompetenzzentren werden zu diskutieren sein. Sekundäre Überlegungen werden den präklinischen Einsatz des Verfahrens der ECPR und die „Non-heart-beating“-Organspende umfassen müssen.

Fazit für die Praxis

- Die ECPR kann im Fall der frustranen konventionellen CPR als Verfahren zur Etablierung einer suffizienten Zirkulation dienen.
- Es handelt sich um eine hochinvasive Methode, die entsprechende Expertise in Implantation, Management und Umgang mit potenziellen Komplikationen erfordert.
- In der Akut- und weiterführenden Therapie dieser Patienten ist das volle Spektrum der modernen interdisziplinären Herzmedizin, einschließlich etablierter Programme der Kunstherzimplantation und der thorakalen Organtransplantation, erforderlich.
- Weitere Studien zur abschließenden Evaluation des Verfahrens und zur umfassenden Etablierung entsprechender Leitlinien sind dringend nötig.

Korrespondenzadresse

Dr. S. P. W. Günther

Herzchirurgische Klinik und Poliklinik, Klinikum der Universität München, Ludwig-Maximilians-Universität
Marchioninistr. 15, 81377 München, Deutschland
sabina.guenther@med.uni-muenchen.de

Danksagung. Die Autoren danken Herrn Andreas Steeger für das Erstellen des in **Abb. 1** und **2** verwendeten Fotomaterials.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. S.P.W. Günther, F. Born, S. Buchholz, V. von Dossow, R. Schramm, S. Brunner, S. Massberg, A.M. Pichlmaier und C. Hagl geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine von den Autoren durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

Literatur

1. Ahn C, Kim W, Cho Y et al (2016) Efficacy of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation compared to conventional cardiopulmonary resuscitation for adult cardiac arrest patients: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep* 6:34208
2. Aubin H, Petrov G, Dalyanoglu H et al (2016) A suprainstitutional network for remote extracorporeal life support: a retrospective cohort study. *Jacc Heart Fail* 4:698–708
3. Beckmann A, Benk C, Beyersdorf F et al (2011) Position article for the use of extracorporeal life support in adult patients. *Eur J Cardiothorac Surg* 40:676–680
4. Berdowski J, Berg RA, Tijssen JG et al (2010) Global incidences of out-of-hospital cardiac arrest and survival rates: systematic review of 67 prospective studies. *Resuscitation* 81:1479–1487
5. Blumenstein J, Leick J, Liebetrau C et al (2016) Extracorporeal life support in cardiovascular patients with observed refractory in-hospital cardiac arrest is associated with favourable short and long-term outcomes: a propensity-matched analysis. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care* 5:13–22
6. Brooks SC, Anderson ML, Bruder E et al (2015) Part 6: alternative techniques and ancillary devices for cardiopulmonary resuscitation: 2015 American Heart Association guidelines update for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *Circulation* 132:5436–443
7. Chen YS, Chao A, Yu HY et al (2003) Analysis and results of prolonged resuscitation in cardiac arrest patients rescued by extracorporeal membrane oxygenation. *J Am Coll Cardiol* 41:197–203
8. Chen YS, Lin JW, Yu HY et al (2008) Cardiopulmonary resuscitation with assisted extracorporeal life-support versus conventional cardiopulmonary resuscitation in adults with in-hospital cardiac arrest: an observational study and propensity analysis. *Lancet* 372:554–561
9. Guidelines ELSO (2013) ELSO guidelines for ECPR cases, version 1.3 (www.elsonet.org)
10. Fagnoul D, Combes A, De Backer D (2014) Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation. *Curr Opin Crit Care* 20:259–265
11. Grasner JT, Bossaert L (2013) Epidemiology and management of cardiac arrest: what registries are revealing. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 27:293–306
12. Guenther SP, Brunner S, Born F et al (2016) When all else fails: extracorporeal life support in therapy-refractory cardiogenic shock. *Eur J Cardiothorac Surg* 49:802–809
13. Haas NL, Coute RA, Hsu CH et al (2017) Descriptive analysis of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation following out-of-hospital cardiac arrest – An ELSO registry study. *Resuscitation* 119:56–62

14. Hasselqvist-Ax I, Riva G, Herlitz J et al (2015) Early cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 372:2307–2315
15. Jung C, Janssen K, Kaluza M et al (2016) Outcome predictors in cardiopulmonary resuscitation facilitated by extracorporeal membrane oxygenation. *Clin Res Cardiol* 105:196–205
16. Keenan JE, Schechter MA, Bonadonna DK et al (2016) Early experience with a novel cannulation strategy for left ventricular decompression during nonpostcardiotomy venoarterial ECMO. *Asaio J* 62:e30–34
17. Le Guen M, Nicolas-Robin A, Carreira S et al (2011) Extracorporeal life support following out-of-hospital refractory cardiac arrest. *Crit Care* 15:R29
18. Lee SW, Han KS, Park JS et al (2017) Prognostic indicators of survival and survival prediction model following extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in patients with sudden refractory cardiac arrest. *Ann Intensive Care* 7:87
19. Leick J, Liebetrau C, Szardien S et al (2013) Door-to-implantation time of extracorporeal life support systems predicts mortality in patients with out-of-hospital cardiac arrest. *Clin Res Cardiol* 102:661–669
20. Massetti M, Tasle M, Le Page O et al (2005) Back from irreversibility: extracorporeal life support for prolonged cardiac arrest. *Ann Thorac Surg* 79:178–183 (discussion 183–174)
21. Mozaffarian D, Benjamin EJ, Go AS et al (2016) Heart Disease and Stroke Statistics – 2016 Update: a report from the American Heart Association. *Circulation* 133:e38–360
22. Napp LC, Kuhn C, Bauersachs J (2017) ECMO in cardiac arrest and cardiogenic shock. *Herz* 42:27–44
23. Pabst D, El-Banayosy A, Soleimani B et al (2017) Predictors of survival for nonhighly selected patients undergoing resuscitation with extracorporeal membrane oxygenation after cardiac arrest. *Asaio J*. <https://doi.org/10.1097/MAT.0000000000000644>
24. Park SB, Yang JH, Park TK et al (2014) Developing a risk prediction model for survival to discharge in cardiac arrest patients who undergo extracorporeal membrane oxygenation. *Int J Cardiol* 177:1031–1035
25. Richardson AS, Schmidt M, Bailey M et al (2017) ECMO Cardio-Pulmonary Resuscitation (ECP), trends in survival from an international multi-centre cohort study over 12-years. *Resuscitation* 112:34–40
26. Sakamoto T, Morimura N, Nagao K et al (2014) Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation versus conventional cardiopulmonary resuscitation in adults with out-of-hospital cardiac arrest: a prospective observational study. *Resuscitation* 85:762–768
27. Schmidt M, Burrell A, Roberts L et al (2015) Predicting survival after ECMO for refractory cardiogenic shock: the survival after veno-arterial-ECMO (SAVE)-score. *Eur Heart J* 36:2246–2256
28. Schober A, Sterz F, Herkner H et al (2017) Emergency extracorporeal life support and ongoing resuscitation: a retrospective comparison for refractory out-of-hospital cardiac arrest. *Emerg Med J* 34:277–281
29. Stub D, Bernard S, Pellegrino V et al (2015) Refractory cardiac arrest treated with mechanical CPR, hypothermia, ECMO and early reperfusion (the CHEER trial). *Resuscitation* 86:88–94
30. Tepper S, Masood MF, Baltazar Garcia M et al (2017) Left ventricular unloading by impella device versus surgical vent during extracorporeal life support. *Ann Thorac Surg* 104:861–867
31. Wang CH, Chou NK, Becker LB et al (2014) Improved outcome of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest – a comparison with that for extracorporeal rescue for in-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 85:1219–1224
32. Wang GN, Chen XF, Qiao L et al (2017) Comparison of extracorporeal and conventional cardiopulmonary resuscitation: a meta-analysis of 2 260 patients with cardiac arrest. *World J Emerg Med* 8:5–11
33. Wengenmayer T, Rombach S, Ramshorn F et al (2017) Influence of low-flow time on survival after extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (eCPR). *Crit Care* 21:157
34. Weymann A, Schmack B, Sabashnikov A et al (2014) Central extracorporeal life support with left ventricular decompression for the treatment of refractory cardiogenic shock and lung failure. *J Cardiothorac Surg* 9:60
35. Yam N, McMullan DM (2017) Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation. *Ann Transl Med* 5:72

Antibiotika-Surveillance für Krankenhäuser

Das Robert Koch-Institut (RKI) bietet mit der Antibiotika-Verbrauchs-Surveillance (<https://avs.rki.de>) erstmals allen Krankenhäusern und anderen Gesundheitseinrichtungen die Möglichkeit, ihren Antibiotikaverbrauch mit Referenzdaten zu vergleichen. Die Daten können über eine interaktive Datenbank abgerufen werden. In Zusammenarbeit mit dem Nationalen Referenzzentrum für die Surveillance von nosokomialen Infektionen (NRZ) hat das RKI die Antibiotika-Verbrauchs-Surveillance (AVS) für den stationären Sektor aufgebaut. Nach einer Pilotphase 2014 läuft AVS seit 2015 im Routinebetrieb. Bisher haben sich mehr als 300 Krankenhäuser und Rehabilitationskliniken angemeldet und 190 Einrichtungen liefern Daten, teilt das Institut mit. In Kürze sollen auf der AVS-Internetseite Referenzdaten öffentlich zugänglich gemacht, sodass auch Krankenhäuser, die noch nicht teilnehmen, Zugang zu Vergleichsdaten bekommen.

Für Verbrauch und Resistenzen

Neben der Verbrauchs-Surveillance führt das RKI auch eine Antibiotika-Resistenz-Surveillance (ARS) durch, mit der Kliniken und niedergelassene Ärzte die Resistenzentwicklung vor Ort verfolgen und ihre Verordnung anpassen können (<https://ars.rki.de>). AVS und ARS sind wichtige Voraussetzungen für Strategien zum umsichtigen Einsatz von Antibiotika (Antibiotic-Stewardship-Programme) in Kliniken, wie das RKI betont.

**Quelle: Robert Koch-Institut
www.rki.de**