

Notfall Rettungsmed
<https://doi.org/10.1007/s10049-021-00955-0>
Angenommen: 14. Oktober 2021

© The Author(s), under exclusive licence to Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2021



Einsatz der extrakorporalen Zirkulation (ECLS/ECMO) bei Herz- und Kreislaufversagen (AWMF-S3-Leitlinie): Bedeutung für die präklinische und klinische Notfallmedizin

Guido Michels¹ · Stephan Ensminger² · Alexander Assmann³ · Christof Schmid⁴ · Karl Werdan⁵ · Malte Kelm⁶ · Andreas Beckmann⁷ · Udo Boeken³ · S3 Guideline Group

¹ St.-Antonius-Hospital gGmbH, Akademisches Lehrkrankenhaus der RWTH Aachen, Eschweiler, Deutschland

² Department of Cardiac and Thoracic Vascular Surgery, University Hospital of Schleswig-Holstein, Lübeck, Deutschland

³ Department of Cardiac Surgery, Heinrich-Heine-University Medical School, Düsseldorf, Deutschland

⁴ Department of Cardiothoracic Surgery, University Medical Center Regensburg, Regensburg, Deutschland

⁵ Clinic for Internal Medicine III, University Hospital Halle (Saale), Martin-Luther University Halle-Wittenberg, Halle (Saale), Deutschland

⁶ Department of Cardiology, Pulmonology and Vascular Medicine, Heinrich-Heine-University Medical School, Düsseldorf, Deutschland

⁷ German Society for Thoracic and Cardiovascular Surgery, Langenbeck-Virchow-Haus, Berlin, Deutschland

Einleitung

In den letzten 10 Jahren hat die Zahl der Anwendungen der venoarteriellen extrakorporalen Membranoxygenierung (sog. VA-ECMO oder „extracorporeal life support“ [ECLS]) für Patienten mit Herz-Kreislauf-Versagen deutlich zugenommen. Allein in Deutschland ist ein Anstieg von ca. 300 Anwendungen im Jahr 2010 auf mehr als 3000 jährlich seit 2015 zu verzeichnen [1, 2]. Obwohl die Anwendungen von ECLS/ECMO weiter zunehmen, existieren kaum randomisiert-kontrollierte Studien oder evidenzbasierte Empfehlungen zur ECLS/ECMO-Therapie. Die erste Meilensteinstudie zur ECLS/ECMO in Zusammenhang mit der Reanimatologie konnte von Yannopoulos et al. publiziert werden [3]. Erwachsene Patienten mit außerklinischem Kreislaufstillstand (OHCA) basierend auf refraktärem Kammerflimmern/pulsloser ventrikulärer Tachykardie, welche zeitnah mittels ECLS/ECMO im Sinne einer extrakorporalen kardiopul-

monalen Reanimation (eCPR) therapiert wurden, profitierten im Vergleich zur alleinigen erweiterten kardiopulmonalen Reanimation signifikant von der ECLS/ECMO-Therapie. Die positiven Ergebnisse dieser relativ kleinen Single-Center-Studie beruhten auf der Tatsache, dass ein sehr ausgereiftes System und ein trainiertes präklinisch-klinisches Team vorlagen. Auch die auf der Jahrestagung des *American College of Cardiology* im Mai 2021 vorgestellte und bisher noch nicht publizierte prospektiv randomisierte Prague-OHCA-Studie scheint ebenfalls für den Nutzen der eCPR zu sprechen [4]. Weitere randomisiert-kontrollierte Multicenterstudien sind dennoch dringend notwendig. Bis dahin sollte im Rahmen der ECLS/ECMO-Therapie auf nationale und internationale Empfehlungen zugegriffen werden [5–9]. Um eine einheitliche und strukturierte ECLS/ECMO-Therapie gewährleisten zu können, wurde aus Gründen des Qualitätsmanagements/der Qualitätssicherung die interdisziplinäre und interprofessionelle

Zusatzmaterial online

Die Online-Version dieses Beitrags (<https://doi.org/10.1007/s10049-021-00955-0>) enthält eine übersichtliche Anleitung der extrakorporalen kardiopulmonalen Reanimation (eCPR) in 7 Schritten.

Tab. 1 Indikationen und Kontraindikationen [5, 6]		
Empfehlung	COR	LOE
Die Entscheidung bezüglich einer ECLS sollte nach Abwägung von Pro- und Kontrakriterien individuell, im klinischen Kontext und im ECLS-Team erfolgen (adaptiert nach eCPR-Konsensuspapier 2018)	B	EK
Im kardiogenen Schock kann eine ECLS in Erwägung gezogen werden	0	+ / +++
Bei „in-hospital cardiac arrest“ (IHCA) kann eine ECLS-Therapie (eCPR) in ausgewählten Fällen erwogen werden. Diese Entscheidung sollte frühzeitig getroffen werden	0 B	+++ +++
Bei „out-of-hospital cardiac arrest“ (OHCA) kann eine ECLS-Therapie (eCPR) in ausgewählten Fällen erwogen werden. Diese Entscheidung sollte frühzeitig getroffen werden	0 B	++ / +++ ++ / +++
Im Schock verursacht durch (Medikamenten-)Intoxikation kann eine ECLS in Erwägung gezogen werden	0	+
Es können keine studienbasierten Empfehlungen zur Restriktion der ECLS-Therapie bei längerer Reanimationsdauer oder Alter des Patienten gegeben werden	0	+

COR „class of recommendation“ bzw. Empfehlungsgrad, *ECLS* „extracorporeal life support“, *eCPR* extrakorporale kardiopulmonale Reanimation, *EK* Expertenkonsens, *LOE* „level of evidence“ bzw. Evidenzlevel

Abkürzungen

<i>COR</i>	„Class of recommendation“ bzw. Empfehlungsgrad
<i>ECLS</i>	„Extracorporeal life support“
<i>EK</i>	Expertenkonsens
<i>LOE</i>	„Level of evidence“ bzw. Evidenzlevel

Die Mitglieder der S3 Guideline Group werden am Beitragsende gelistet.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit und Verständlichkeit der Texte wird in diesem Beitrag das generische Maskulinum als geschlechtsneutrale Form verwendet. Diese Form impliziert immer alle Geschlechter.

Dieser Kommentar enthält die für Präklinik und Notaufnahme wichtigsten Aspekte der AWMF-S3-Leitlinie „Einsatz der extrakorporalen Zirkulation (ECLS/ECMO) bei Herz- und Kreislaufversagen“. Die volle Kurzversion der Leitlinie wurde parallel in den Zeitschriften *Der Anaesthetist*, *Der Kardiologe*, *Medizinische Klinik – Intensivmedizin und Notfallmedizin*, *Zeitschrift für Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie* sowie *Anästhesiologie & Intensivmedizin* veröffentlicht. Sie finden den vollen Text auf www.springermedizin.de. Bitte geben Sie den Titel in die Suche ein.



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

S3-Leitlinie „Einsatz der extrakorporalen Zirkulation (ECLS/ECMO) bei Herz- und Kreislaufversagen“ im Jahr 2015 von der Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie e.V. (DGTHG) initiiert und unter Einbindung von Experten aus Deutschland, Österreich, der Schweiz und der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V. (AWMF) vor Kurzem publiziert [5, 6].

Aufbau der S3-Leitlinie

Auf der Seite der AWMF kann die Leitlinie zum einen als Kurz- und zum anderen als Langfassung mit 71 konsentierten Empfehlungen zur ECLS-Therapie bei akutem Herz-Kreislauf-Versagen eingesehen werden. Die S3-Leitlinie wird in acht Hauptkapitel unterteilt: 1. Indikationen und Kontraindikationen der ECLS, 2. strukturelle und personelle Voraussetzungen für die Initiierung und Betreuung der ECLS, 3. Therapiemanagement, 4. Überwachung bei ECLS-Therapie, 5. Maßnahmen bei Komplikationen, 6. Entwöhnung des ECLS-Systems (inklusive ethischer Aspekte), 7. Nachsorge der ECLS-Therapie und 8. ECLS-Therapie bei Kindern. Da sich dieser Artikel auf das Management der ECLS/ECMO-Therapie von erwachsenen Patienten in der präklinischen und klinischen Notfallmedizin fokussiert, werden im Folgenden die ersten drei Kapitel in den Mittelpunkt gestellt.

Die Qualität der Evidenz wurde in Anlehnung an *Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluation* (GRADE) in fünf Level (+ sehr niedrige Qualität; ++ niedrige Qualität; +++ moderate Qualität; ++++ hohe Qualität; EK Expertenkonsens bzw. keine „relevante“ Evidenz vorhanden) eingeteilt. Die Graduierung der Empfehlungen erfolgte ebenfalls in Anlehnung an das GRADE-System (A starke Empfehlung, „soll“ bzw. „soll nicht“; B Empfehlung, „sollte“ bzw. „sollte nicht“; 0 offene Empfehlung, „kann erwogen werden“ bzw. „kann verzichtet werden“).

Indikationen und Kontraindikationen der ECLS/ECMO

In diesem Kapitel werden sowohl die Indikationen als auch die Kontraindikationen einer ECLS/ECMO-Therapie dargestellt (■ Tab. 1).

Da in der Akutsituation oftmals nicht auf die (Fremd-)Anamnese zurückgegriffen werden kann, ist eine Abwägung von Pro- und Kontrakriterien sowohl im präklinischen als auch im klinischen Szenario oftmals sehr erschwert. Die Entscheidung für oder gegen eine ECLS/ECMO-Therapie sollte – falls eruierbar – unter Berücksichtigung des (mutmaßlichen) Patientenwillens, individuell, im klinischen Kontext und im ECLS-Team erfolgen [9]. Ein checklistenbasierter Fast-track-Algorithmus hat sich im Rahmen der eCPR in einigen Kliniken etabliert [10]. Durch eine optimale Schnittstellenkommunikation zwischen Präklinik und Klinik können die Zeiten, insbesondere die Low-flow-Zeit, reduziert werden, was wiederum mit einem besseren Outcome assoziiert ist [3, 10]. Wichtig ist, wie auch die S3-Leitlinie betont, dass die Entscheidung für eine ECLS/ECMO „frühzeitig getroffen werden soll“. Zwischen Kollaps und Start der Reperfusion mittels ECLS/ECMO sollte nicht mehr als eine Stunde („golden hour of eCPR“) liegen [5, 6, 9]. Die zügige präklinisch-klinische Evaluierung (innerhalb von 10 bis 15 min bei weiterhin fehlendem Wiedereinsetzen eines Spontankreislaufs) eines möglichen eCPR-Patienten anhand einer standardisierten Checkliste ist daher von zentraler Bedeutung [9–11]. Dass eine ECLS/ECMO im Rahmen des Kreislaufstillstands bei ausge-

Tab. 2 Strukturelle und personelle Voraussetzungen [5, 6]		
Empfehlung	COR	LOE
<i>Generelle Struktur</i>		
a) Für das Erreichen eines ausreichenden Therapieerfolgs durch die ECLS kann auf der Basis der vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnis keine Mindestmenge an Implantationen pro Jahr definiert werden. b) Eine Implantationszahl von mindestens 20 ECLS/Jahr sollte angestrebt werden	0 B	+ EC
Die Abläufe der Initiierung, der Weiterversorgung, des Trainings und der Mitarbeiterqualifikation des multiprofessionellen ECLS-Teams sollen durch den ärztlichen Leiter des ECLS-Programms je nach institutioneller Struktur koordiniert werden	A	EK
Die Fortbildung des multiprofessionellen Teams auf der Intensivstation soll regelmäßig nach einem definierten internen Curriculum erfolgen. Dabei richtet sich der Schulungsbedarf nach dem zentrumsspezifischen ECLS-Volumen und der individuellen Erfahrung der Mitarbeiter	A	EK
<i>ECLS-Initiierung</i>		
Die ECLS-Initiierung (Indikation und Implantation) beim Erwachsenen soll durch ein multiprofessionelles ECLS-Team erfolgen. Die Implantation soll dabei idealerweise in einem ECLS-Zentrum mit ausreichender Expertise vorgenommen werden durch ein bezüglich Implantation und Indikation erfahrenes ECLS-Team	A	EK
Für die ECLS-Initiierung sollen entsprechend den Fachabteilungen eine spezifische Mindestausrüstung und strukturelle Ausstattung vorgehalten werden	A	EK
Für die ECLS-Implantation soll eine den lokalen Gegebenheiten angepasste, standardisierte Vorgehensweise verschriftlicht vorliegen	A	EK
Der die ECLS initiierende Arzt sowie die beteiligten Fachkräfte sollen sich im Vorfeld theoretisch und praktisch mit allen Aspekten der ECLS-Therapie und des Systemaufbaus auseinandergesetzt haben	A	EK
Krankenhäuser ohne ausreichende Expertise sollten eine strukturierte medizinische Kooperation zu einer Klinik mit einem ECLS-Programm besitzen	B	EK
Das klinische Setting (IHCA vs. OHCA) allein sollte keinen entscheidenden Einfluss auf die Initiierung einer ECLS-Therapie haben	B	EK
Der Einsatz mobiler ECLS-Teams zur Versorgung von Patienten in externen Krankenhäusern sollte im Einzelfall erwogen werden	B	+
Eine extrahospitale ECLS-Initiierung kann im Einzelfall erwogen werden	0	EK
Extrahospitale Einsätze sollten in einem Register erfasst werden	B	EK
<i>ECLS-Fortführung</i>		
Die ECLS-Fortführung soll in einem Zentrum mit vollumfänglicher intensivmedizinischer Behandlungsmöglichkeit in einem standardisierten, multidisziplinären und multimodalen Ansatz unter Leitung eines mit dieser Methode erfahrenen Facharztes mit der Zusatzbezeichnung Intensivmedizin erfolgen	A	EK
Bei der ECLS-Fortführung des Erwachsenen soll die Einbindung ärztlicher Vertreter aller medizinischen Fachgebiete erfolgen können, die für das Management der potenziellen ECLS-Komplikationen erforderlich sind	A	EK
<i>COR</i> „class of recommendation“ bzw. Empfehlungsgrad, <i>ECLS</i> „extracorporeal life support“, <i>EK</i> Expertenkonsens, <i>LOE</i> „level of evidence“ bzw. Evidenzlevel		

wählten Patienten als „rescue therapy“ erwogen werden kann, unterstreichen auch die aktuellen europäischen Leitlinien zur kardiopulmonalen Reanimation [12].

Strukturelle und personelle Voraussetzungen für die Initiierung und Betreuung der ECLS/ECMO

Die strukturellen und personellen Voraussetzungen sowohl für die Initiierung als

auch für die intensivmedizinische Betreuung von ECLS/ECMO Patienten werden in Kap. 2 der S3-Leitlinie dargestellt (■ Tab. 2).

Im Folgenden wird speziell auf die strukturellen und personellen Voraussetzungen zur ECLS/ECMO-Initiierung eingegangen. Da die Initiierung einer ECLS/ECMO-Therapie zur Herz- und Kreislauftherapie in der Notfallmedizin ungeplant vorgenommen wird, sollten im Vorfeld die Abläufe als standardisierter Prozessablauf abgebildet und im ECLS/ECMO-Team kommuniziert wer-

den [9]. „Damit muss sich jede Einrichtung mit einer kardiologischen und herzchirurgischen Fachabteilung und darüber hinaus jede Klinik mit einer Notaufnahme und der Bereitschaft, ACS-Patienten und damit auch potenziell Patienten im kardiogenen Schock zu behandeln, mit dem Management eines Herz-Kreislaufversagens aktiv auseinandersetzen“ [5, 6]. Neben obligaten Fortbildungen zu ECLS/ECMO wird zudem eine curriculare ECLS-Ausbildung von allen Beteiligten gefordert [5, 6]. Jüngst wurde daher ein praktikables Ausbildungsmodul auf nationaler Ebene unter Berücksichtigung des notfall- und intensivmedizinischen Managements etabliert [13]. Dieses einheitliche Curriculum dient der flächendeckenden Qualitätssicherung bezüglich der Umsetzung der ECLS/ECMO-Initiierung und Therapie im interdisziplinären Behandlungsteam.

Das multiprofessionelle ECLS/ECMO-Implantationsteam sollte idealerweise aus einem Facharzt mit der Zusatzbezeichnung „Intensivmedizin“ oder einem Arzt mit der Zusatzbezeichnung „Notfallmedizin“ und/oder einem Facharzt für Kardiologie oder Herzchirurgie sowie aus einem klinischen Perfusionisten oder – insbesondere in Institutionen, in denen es keinen Bereich Kardiotechnik gibt – einer speziell in ECLS geschulten qualifizierten Fachpflegekraft bestehen [5, 6]. Bezüglich der Qualifikation zur Initiierung der ECLS/ECMO-Therapie wird ein Facharztstandard der jeweiligen Fachdisziplin gefordert. Fachärzte anderer Fachgebiete, welche sich mit ECLS/ECMO beschäftigen, können ebenfalls die ECLS/ECMO-Therapie initiieren, wenn sie über die spezifische Qualifikation bzw. den Facharztstandard hierüber verfügen [5, 6]. Während „Kreislaufassistenzsysteme“ als spezifischer Inhalt zum Facharzt für Herzchirurgie in der Weiterbildungsordnung in den Ärztekammern aufgenommen wurden, sollte bei den anderen Fachgebieten ohne Nennung von ECLS/ECMO idealerweise ein spezifischer Qualifikationsnachweis erbracht werden [13].

Für die Initiierung einer ECLS/ECMO-Therapie wird eine apparative Basisausstattung vorausgesetzt, die entsprechend vorzuhalten ist (■ Infobox 1 [5, 6]).

Da für die präklinische ECLS/ECMO-Initiierung keine validen Daten vorlie-

Infobox 1

Apparative Mindestausstattung für eine ECLS/ECMO-Implantation [5, 6]

Apparative Basisausstattung

- ECLS-Kanülen, Punktions- und Dilatorset einschließlich Back-up-Ausstattung
- ECLS-Schlauchsystem mit Oxygenator und Pumpenkopf
- ECLS-Konsole mit Fahruntersatz
- Mehrere Schlauchklemmen
- Wärmetauscher
- Sterile Abdeckung
- Chirurgisches Instrumentarium zur operativen Gefäßrevision
- OP-Leuchte, ggf. Kopflicht
- Elektrokauter
- (Transösophageale) Echokardiographie
- Blutgasanalysegerät
- Ultraschallgerät mit Sektor-, Konvex- und Linearschallkopf
- Bronchoskopieeinheit
- Vorhalten zumindest eines Back-up-Systems

Tab. 3 Therapiemanagement und Überwachung [5, 6]

Empfehlung	COR	LOE
<i>ECLS-System und Kanülierung</i>		
Für ECLS sollen nur Zentrifugalpumpen verwendet werden	A	+
Bei inadäquatem Abfall eines erhöhten Laktatpiegels oder bei unzureichender zentralvenöser O ₂ -Sättigung sollte unter Berücksichtigung des klinischen Zustands des Patienten auch eine Anpassung des Pumpenflusses erwogen werden	B	EK
Die Auswahl der arteriellen Kanülierungsstelle sollte nach patientenindividuellen Aspekten erfolgen	B	EK
Bei Erwachsenen kann entweder eine periphere (A. femoralis) oder eine zentrale (A. subclavia; Aorta ascendens) Kanülierung erfolgen	0	EK
Für ECLS sollten bevorzugt beschichtete Komponenten verwendet werden	B	EK
<i>Antikoagulation und Katecholamine</i>		
Die Antikoagulation sollte mit unfraktioniertem Heparin erfolgen	B	EK
Unter ECLS sollten die Katecholamine möglichst weit reduziert werden	B	EK
<i>Monitoring</i>		
Bei Patienten unter ECLS-Therapie soll eine kontinuierliche Überwachung der Perfusion, der Hämodynamik, der kardialen Entlastung, der Oxygenierung, der Antikoagulation und der Funktionalität des ECLS-Systems erfolgen	A	EK
Unter ECLS-Therapie soll eine engmaschige Kontrolle der Antikoagulation erfolgen	A	EK

gen, wird in der S3-Leitlinie lediglich eine „Kann-Empfehlung“ ausgesprochen. Obwohl einige spezialisierte ECLS/ECMO-Zentren basierend auf der Beobachtung eines möglichen Zeitgewinns („golden hour“) eine präklinische ECLS/ECMO-Initiierung im Rahmen der erweiterten lebensrettenden Maßnahmen anbieten, sollte die eCPR als ein optionaler Baustein in den Reanimationsablauf integriert und im präklinisch-klinischen Team geschult und trainiert werden [14]. Ein obligates und regelmäßiges Simulations-Teamtraining sollte vor der Implementierung der präklinischen ECLS/ECMO-Initiierung in den zukünftigen Leitlinien vorausgesetzt werden.

Therapiemanagement

Das Kapitel „Therapiemanagement“ geht sowohl auf akutmedizinische als auch auf spezielle intensivmedizinische Fragestellungen (insbesondere Analgosedierung, Medikamente, Monitoring) ein (■ Tab. 3).

Im Folgenden wird auf die femorale Kanülierung unter Notfallbedingungen eingegangen. Die ECLS/ECMO-Anlage via Arteria und Vena femoralis sollte idealerweise entweder im Herzkatheterlabor unter Durchleuchtung (ggf. mittels Gefäßsonographie) oder in der Notaufnahme/Schockraum unter Ultraschallkontrolle

erfolgen [9]. Zusätzlich besteht die Möglichkeit der Kanülierung im Hybrid-OP, auf der Intensivstation oder im Operationsaal [5, 6]. Obwohl sich sowohl das eCPR-Konsensuspapier als auch die S3-Leitlinie ECLS/ECMO primär auf klinische Akutversorgung bezieht, lassen sich die Empfehlungen zur Kanülierung ebenfalls auf die Präklinik übertragen. Bei der femoralen Kanülierung sollte eine seitendifferente Kanülierung von Arterie und Vene bevorzugt werden. Durch diese Maßnahme soll eine Verschlechterung einer verminderten distalen Perfusion durch eine zusätzliche venöse Abflussbehinderung vermieden werden. Zudem soll bei femoraler arterieller Kanülierung zur Vermeidung einer distalen Extremitätenischämie eine distale Perfusionskanüle eingeführt werden. Die Visualisierung der Femoralgefäße mittels Ultraschall im Rahmen der perkutanen Kanülierung hat sich mittlerweile bei der ECLS/ECMO-Implantation vielerorts durchgesetzt. Da die Punktion und insbesondere die Kanülierung der Leistengefäße in bis zu 25% der Fälle zu Blutungskomplikationen und weiteren Gefäßkomplikationen (z. B. Dissektionen, Ruptur) führen können, setzt dies ein Training in der Gefäßsonographie voraus [13, 15]. Zudem sei auf weitere Komplikationen der mechanischen Kreislaufunterstützung, wie Kanülenfehl-

lage, -dislokation, -Kinking und technische Probleme des ECLS/ECMO-Systems, hingewiesen, weswegen bei der Implementierung eines ECLS/ECMO-Programms ein strukturiertes Teamtraining und die Schnittstellenkommunikation zwischen Präklinik und Klinik im Fokus stehen sollte [13].

Fazit für die Praxis

- Die Entscheidung bezüglich einer ECLS/ECMO-Initiierung sollte nach Abwägung von Pro- und Kontrakriterien individuell, im klinischen Kontext und im multiprofessionellen ECLS-Team erfolgen.
- Die eCPR ist ein interdisziplinärer und interprofessioneller „Teamsport“, welcher sowohl eine strukturierte Ausbildung voraussetzt als auch ausreichender Erfahrung bedarf.
- Eine gelebte Schnittstellenkommunikation zwischen Präklinik und Klinik ist der Schlüssel zum Erfolg.
- Die präklinische eCPR, als Baustein einer modifizierten Rettungskette, kann im Einzelfall erwogen werden.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. Guido Michels

St.-Antonius-Hospital gGmbH, Akademisches Lehrkrankenhaus der RWTH Aachen
Lehrkrankenhaus der RWTH Aachen
Dechant-Deckers-Str. 8, 52249 Eschweiler,
Deutschland
guido.michels@sah-eschweiler.de

Mitglieder der S3 Guideline Group. Oliver Miera (Department of Congenital Heart Disease-Pediatric Cardiology, German Heart Center Berlin, Berlin, Germany); Florian Schmidt (Department of Pediatric Cardiology and Intensive Care Medicine, Medical School Hannover, Hannover, Germany); Stefan Klotz (Department of Cardiac Surgery, Segeberger Kliniken, Bad Segeberg, Germany); Christoph Starck (German Heart Centre, Department of Cardiothoracic & Vascular Surgery, Berlin, Germany); Kevin Pilarczyk (Imland Hospital Rendsburg, Department for Intensive Care Medicine, Rendsburg, Schleswig-Holstein, Germany); Ardawan Rastan (Department of Cardiac and Vascular Thoracic Surgery, Philipps University Hospital Marburg, Marburg, Germany); Marion Burckhardt (Department of Health Sciences and Management, Baden-Württemberg Cooperative State University (DHBW) Stuttgart, Germany); Monika Nothacker (Institute for Medical Knowledge Management, Association of the Scientific Medical Societies (AWMF), Universität Marburg, Marburg, Germany); Ralf Muelenbach (Department of Anaesthesiology and Critical Care Medicine, Campus Kassel of the University of Southampton, Kassel, Germany); York Zausig (Department of Anesthesiology and Operative Intensive Care Medicine, Aschaffenburg-Alzenau Hospital, Aschaffenburg, Bavaria, Germany); Nils Haake (Imland Hospital Rendsburg, Department for Intensive Care Medicine, Rendsburg, Schleswig-Holstein, Germany); Heinrich Groesdonk (Department of Intensive Care Medicine, Helios Clinic Erfurt, Erfurt, Germany); Markus Ferrari (HSK, Clinic of Internal Medicine I, Helios-Kliniken, Wiesbaden, Germany); Michael Buerke (Department of Cardiology, Angiology and Internal Intensive Care Medicine, St. Marienkrankenhaus Siegen, Siegen, Germany); Marcus Hennersdorf (Department of Cardiology, Pneumology, Angiology and Internal Intensive Care Medicine, SLK-Kliniken Heilbronn, Heilbronn, Germany); Mark Rosenberg (Klinikum Aschaffenburg-Alzenau, Medizinische Klinik 1, Aschaffenburg, Germany); Thomas Schaible (Department of Neonatology, University Children's Hospital Mannheim, University of Heidelberg, Mannheim, Germany); Harald Köditz (Medical University Children's Hospital, Hannover, Germany); Stefan Kluge (Klinik für Intensivmedizin, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Hamburg, Deutschland); Uwe Janssens (Medical Clinic and Medical Intensive Care Medicine, St Antonius Hospital, Eschweiler, Germany); Matthias Lubnow (Department of Internal Medicine II, University Hospital Regensburg, Regensburg, Germany); Andreas Flemmer (Division of Neonatology, Dr. v. Hauner Children's Hospital and Perinatal Center Munich – Großhadern, LMU Munich, Munich, Germany); Susanne Herber-Jonat (Division of Neonatology, Dr. v. Hauner Children's Hospital and Perinatal Center Munich – Großhadern, LMU Munich, Germany); Lukas Wessel (Department of Pediatric Surgery, University Hospital Mannheim, Mannheim, Germany); Dirk Buchwald (Department of Cardiothoracic Surgery, University Hospital Bergmannsheil, Ruhr University, Bochum, Germany); Sven Maier (De-

partment of Cardiovascular Surgery, Heart Center Freiburg University, Freiburg, Germany); Lars Krüger (Division of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Heart and Diabetes Centre NRW, Ruhr University, Bochum, Germany); Andreas Fründ (Department of Physiotherapy, Heart and Diabetes Centre NRW, Ruhr University, Bochum, Germany); Rolf Jaksties (German Heart Foundation); Stefan Fischer (Department of Thoracic Surgery and Lung Support, Ibbenbüren General Hospital, Ibbenbüren, Germany); Karsten Wiebe (Department of Cardiothoracic Surgery, Münster University Hospital, Münster, Germany); Christiane Hartog (Department of Anesthesiology and Operative Intensive Care Medicine, Charité, Humboldt-Universität zu Berlin, and Berlin Institute of Health, Berlin, Germany); Omer Dzemali (Department of Cardiac Surgery, Triemli City Hospital Zurich, Zurich, Switzerland); Daniel Zimpfer (Department of Cardiac Surgery, Medical University of Vienna, Vienna, Austria); Elfriede Ruttman-Ulmer (Department of Cardiac Surgery, Medical University of Innsbruck, Innsbruck, Austria); Christian Schlensak (Department of Cardio-Thoracic and Vascular Surgery, University of Tübingen, Germany)

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. Bezüglich der Interessenkonflikte der einzelnen Autoren der S3-Leitlinie zum Einsatz der extrakorporalen Zirkulation (ECLS/ECMO) bei Herz- und Kreislaufversagen sei auf die AWMF-Website hingewiesen: https://www.awmf.org/fileadmin/user_upload/Leitlinien/011_D_Ges_f_Thorax-_Herz-_und_Gefaesschirurgie/011-021i_S3_Einsatz-der-extrakorporalen-Zirkulation-ECLS-ECMO-bei-Herz-Kreislaufversagen_2021-02_1.pdf. Die Interessenkonflikte stehen in keinem Zusammenhang mit dem vorliegenden Manuskript.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Literatur

1. Becher PM, Schrage B, Sinning CR et al (2018) Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation for cardiopulmonary support. *Circulation* 138(20):2298–2300
2. Beckmann A, Meyer R, Lewandowski J, Markewitz A, Gummert J (2021) German heart surgery report 2020: the annual updated registry of the German Society for Thoracic and Cardiovascular Surgery. *Thorac Cardiovasc Surg* 69(4):294–307
3. Yannopoulos D, Bartos J, Raveendran G et al (2020) Advanced reperfusion strategies for patients with out-of-hospital cardiac arrest and refractory ventricular fibrillation (ARREST): a phase 2, single centre, open-label, randomised controlled trial. *Lancet* 396(10265):1807–1816
4. Belohlavek J (2021) Hyperinvasive approach in refractory out-of-hospital cardiac arrest: an open-label randomized controlled trial. Prague OHCA study. Late-breaking clinical trials V. ACC-Jahrestagung 2021.
5. Deutsche Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie (2020) S3-Leitlinie Extrakorporale Zirkulation (ECLS / ECMO), Einsatz bei Herz- und Kreislaufversagen. <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/011-021.html>. Zugegriffen: 12. Sept. 2021
6. Boeken U, Assmann A, Beckmann A et al (2021) Extracorporeal circulation (ECLS/ECMO) for cardiocirculatory failure—summary of the S3 guideline. *Thorac Cardiovasc Surg* 69(6):483–489
7. Richardson ASC, Tonna JE, Nanjajya V et al (2021) Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in adults. Interim guideline consensus statement from the extracorporeal life support organization. *ASAIO J* 67(3):221–228
8. Lorusso R, Shekar K, MacLaren G et al (2021) ELSO interim guidelines for venoarterial extracorporeal membrane oxygenation in adult cardiac patients. *ASAIO J* 67(8):827–844
9. Michels G, Wengenmayer T, Hagl C et al (2019) Recommendations for extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (eCPR): consensus statement of DGIIN, DGK, DGTHG, DGfK, DGNL, DGAI, DIVI and GRC. *Clin Res Cardiol* 108(5):455–464
10. Adler C, Paul C, Michels G et al (2019) One year experience with fast track algorithm in patients with refractory out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 144:157–165
11. Kumar KM (2021) ECP—extracorporeal cardiopulmonary resuscitation. *Indian J Thorac Cardiovasc Surg* 37(Suppl 2):1–9
12. Soar J, Böttiger BW, Carli P et al (2021) European Resuscitation Council guidelines 2021: adult advanced life support. *Resuscitation* 161:115–151
13. Trummer G, Müller T, Muellenbach RM et al (2021) Training module extracorporeal life support (ECLS): consensus statement of the DIVI, DGTHG, DGfK, DGAI, DGIIN, DGF, GRC and DGK. *Notfall Rettungsmed* 24:831–834
14. Damjanovic D, Gliwiczky B, Deppe M, Benk C, Trummer G, Arbeitsgemeinschaft prähospitaler eCPR Freiburg (2019) eCPR bei prähospitaler therapierefraktärem Herz-Kreislauf-Stillstand. *Notfall Rettungsmed* 22:124–135
15. Nanjajya VB, Murphy D (2015) Ultrasound guidance for extra-corporeal membrane oxygenation general guidelines. https://www.else.org/Portals/0/Files/else_Ultrasoundguidance_ecmogeneral_guidelines_May2015.pdf. Zugegriffen: 23. Sept. 2021