



Einsatz der extrakorporalen Zirkulation (ECLS/ECMO) bei Herz- und Kreislaufversagen

Kurzversion der AWMF-S3-Leitlinie

Udo Boeken¹ · Stephan Ensminger² · Alexander Assmann¹ · Christof Schmid³ · Karl Werdan⁴ · Guido Michels⁵ · Oliver Miera⁶ · Florian Schmidt⁷ · Stefan Klotz⁸ · Christoph Starck⁹ · Kevin Pilarczyk¹⁰ · Ardawan Rastan¹¹ · Marion Burckhardt¹² · Monika Nothacker¹³ · Ralf Muellenbach¹⁴ · York Zausig¹⁵ · Nils Haake¹⁰ · Heinrich Groesdonk¹⁶ · Markus Ferrari¹⁷ · Michael Buerke¹⁸ · Marcus Hennersdorf¹⁹ · Mark Rosenberg²⁰ · Thomas Schaible²¹ · Harald Köditz²² · Stefan Kluge²³ · Uwe Janssens²⁴ · Matthias Lubnow²⁵ · Andreas Flemmer²⁶ · Susanne Herber-Jonat²⁷ · Lucas Wessel²⁸ · Dirk Buchwald²⁹ · Sven Maier³⁰ · Lars Krüger³¹ · Andreas Fründ³² · Rolf Jaksties³³ · Stefan Fischer³⁴ · Karsten Wiebe³⁵ · Christiane Hartog³⁶ · Omer Dzembali³⁷ · Daniel Zimpfer³⁸ · Elfriede Ruttman-Ulmer³⁹ · Christian Schlensak⁴⁰ · Malte Kelm⁴¹ · Andreas Beckmann⁴²

Zusatzmaterial online

Die Onlineversion dieses Beitrags (<https://doi.org/10.1007/s12181-021-00514-4>) enthält ausführliche Angaben aller Autor*innen zum Interessenkonflikt.

Dieser Beitrag erscheint parallel in den Zeitschriften *Der Anaesthetist*, *Der Kardiologe*, *Medizinische Klinik – Intensivmedizin und Notfallmedizin*, *Zeitschrift für Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie* sowie *Anästhesiologie & Intensivmedizin*.

Der Verlag veröffentlicht die Beiträge in der von den Autor*innen gewählten Genderform. Die Verwendung einer angemessenen gendergerechten Sprache, um Menschen in ihrer Vielfalt wertschätzend anzusprechen, wird begrüßt.



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

Weitere Informationen zu den Affiliations der Autoren befinden sich auf der letzten Artikelseite.

Zusammenfassung

Seit einigen Jahren ist eine stetige Zunahme des Einsatzes von mechanischen extrakorporalen Herz-Kreislauf- und Lungenunterstützungssystemen (ECLS/ECMO) zu verzeichnen. So wurden seit 2015 in Deutschland jährlich bei etwa 3000 Patienten ECLS/ECMO-Systeme implantiert. Trotz dieser häufigen Anwendung der passageren Unterstützungssysteme existieren zurzeit national und international nur Leitlinien zum Einsatz der ECMO/ECLS, die erkrankungsbezogene Teilaspekte komplexer Therapiekaskaden adressieren. Vor diesem Hintergrund erschien es notwendig, evidenzbasierte Empfehlungen zur ECLS/ECMO-Therapie im Hinblick auf Indikationen und das komplexe Patientenmanagement zu verfassen, in denen personelle, prozessuale und infrastrukturelle Anforderungen definiert werden. Aus diesem Grund erfolgte im Juli 2015 durch die Deutsche Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie (DGTHG) die Anmeldung einer diesbezüglichen S3-Leitlinie bei der zuständigen Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e. V. (AWMF). Im Mittelpunkt der Leitlinie steht die klinische Anwendung der ECLS/ECMO-Therapie; ergänzend werden auch strukturelle und ökonomische Aspekte adressiert. Unter Federführung der DGTHG wurde mit Einbindung von Experten aus Deutschland, Österreich und der Schweiz, delegiert aus 11 AWMF-Fachgesellschaften, 5 weiteren Fachgesellschaften sowie der Patientenvertretung, die S3-Leitlinie im Februar 2021 publiziert. Dieser Artikel stellt eine kurze Zusammenfassung des methodischen Konzepts sowie aller konsentierten Empfehlungen für jede bearbeitete Fragestellung der Leitlinie dar.

Schlüsselwörter

EKZ · ECLS · Herzinsuffizienz · Kardiomyopathie · Mechanische Kreislaufunterstützung · Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e. V.

Tab. 1 Qualität der Evidenz	
Level	Evidenz
++++	Hohe Qualität
+++	Moderate Qualität
++	Niedrige Qualität
+	Sehr niedrige Qualität
EK	Expertenkonsens (keine „relevante“ Evidenz vorhanden)
Definition der Evidenzlevel in Anlehnung an GRADE (Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation; [5])	

Tab. 2 Graduierung von Empfehlungen		
Empfehlungsgrad	Beschreibung	Syntax
A	Starke Empfehlung	„Soll“ bzw. „soll nicht“
B	Empfehlung	„Sollte“ bzw. „sollte nicht“
0	Offene Empfehlung	„Kann erwogen werden“ bzw. „kann verzichtet werden“
Definition der Empfehlungsgrade in Anlehnung an GRADE (Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation; [6])		

Tab. 3 Indikationen und Kontraindikationen		
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; [7]).	B	EK
Im kardiogenen Schock kann eine ECLS in Erwägung gezogen werden [8–12].	0	+/++
Bei In-Hospital Cardiac Arrest (IHCA) kann eine ECLS-Therapie (eCPR) in ausgewählten Fällen erwogen werden.	0	+++
Diese Entscheidung sollte frühzeitig getroffen werden [13–16].	B	+++
Bei Out-of-Hospital Cardiac Arrest (OHCA) kann eine ECLS-Therapie (eCPR) in ausgewählten Fällen erwogen werden.	0	++/+++
Diese Entscheidung sollte frühzeitig getroffen werden [17–19].	B	++/+++
Zur Vermeidung eines postoperativen Herz-Kreislauf-Versagens nach kardiochirurgischen Eingriffen sollte schon intraoperativ die Indikation für eine ECLS-Initiierung geprüft werden.	B	EK
Im Schock verursacht durch (Medikamenten-)Intoxikation kann eine ECLS in Erwägung gezogen werden [20].	0	+
Es können keine studienbasierten Empfehlungen zur Restriktion der ECLS-Therapie bei längerer Reanimationsdauer oder Alter des Patienten gegeben werden [21–24].	0	+
COR „class of recommendation“/Empfehlungsgrad, LOE „level of evidence“/Evidenzlevel, EK Expertenkonsens		

Einleitung

In den letzten 10 Jahren hat die Zahl der Anwendungen einer venoarteriellen ECMO (sog. va-ECMO oder „extracorporeal life support“ = ECLS) für Patienten mit Herz-Kreislauf-Versagen dramatisch 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]. Trotz der immer weiter zunehmenden Anwendung und der immensen medizinischen und sozioökonomischen Bedeutung dieser invasiven und komplexen Therapieoption gibt es weiterhin kaum evidenzbasierte, interdisziplinäre Empfehlungen zur ECLS-Therapie. In diesem Zusammenhang konnte kürzlich in einer bundesweiten Umfrage der Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie (DGTHG) die Heterogenität bezüglich Organisation, Struktur, technischer Anwendung und auch der Nachsorge in den einzelnen Institutionen gezeigt werden [3].

Der Erfolg einer ECLS-Therapie hängt, neben den patientenbezogenen Faktoren,

vor allem von einer effektiven interdisziplinären sowie berufsgruppenübergreifenden Teamarbeit ab. Das Team sollte qualifizierte Ärzte diverser Fachgebiete, Gesundheits- und Krankenpflegekräfte und klinische Perfusionisten (Kardiotechnik) einschließen, um einen optimalen Entscheidungsprozess hinsichtlich Indikationsstellung, Behandlung, Komplikationsmanagement, Weaning und Nachsorge zu ermöglichen. Gerade dazu ist die Organisation struktureller und personeller Ressourcen von großer Bedeutung. Die vorliegende S3-Leitlinie umfasst alle bisher erwähnten Aspekte, wobei alle konsentierten Empfehlungen unter Berücksichtigung der bestverfügbaren Evidenz erarbeitet wurden. Einerseits ermöglicht die Leitlinie wissenschaftlich fundierte Entscheidungen für den angemessenen klinischen Einsatz der ECMO/ECLS-Therapie; andererseits zeigt sich anhand der konsentierten Empfehlungen eindeutig, dass weiterhin umfassender Forschungsbedarf besteht.

Methodik

Ziel und Adressaten der Leitlinie

Die vorliegende S3-Leitlinie dient der Implementierung von evidenz- und konsensusbasierten Empfehlungen für die bestmögliche Versorgung von Patienten, die aufgrund eines Herz-Kreislauf-Versagens ein passageres ECLS-Unterstützungssystem benötigen. Adressaten dieser Leitlinie sind alle Berufsgruppen, die mit der stationären Behandlung des akuten Herz-Kreislauf-Versagens befasst sind, vor allem in den Fachbereichen Herzchirurgie, Kardiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Pneumologie, Unfallchirurgie und Kinderheilkunde. Aufgrund der Besonderheiten der ECLS-Therapie in der Pädiatrie wird in diesem Manuskript bewusst auf die Darstellung verzichtet. Die diesbezüglichen Empfehlungen finden sich unter <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/011-021.html> in der Langversion der Leitlinie [4].

Selbstverständlich beinhaltet die Leitlinie auch Informationen zur Rehabilitation,

Tab. 4 Strukturelle und personelle Voraussetzungen		
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.	0	+
b) Eine Implantationszahl von mindestens 20 ECLS/Jahr sollte angestrebt werden [25, 26].	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 [7, 27, 28].	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 [27].	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 [7, 27].	A	EK
Für die ECLS-Initiierung sollen entsprechend den Fachabteilungen eine spezifische Mindest-Ausrüstung und strukturelle Ausstattung vorgehalten werden [7, 27].	A	EK
Für die ECLS-Implantation soll eine den lokalen Gegebenheiten angepasste, standardisierte Vorgehensweise verschriftlicht vorliegen [29].	A	EK
Der die ECLS-initiiierende 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 [7, 27].	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 [30].	B	+
a) Eine extrahospitale ECLS-Initiierung kann im Einzelfall erwogen werden.	0	EK
b) Diese 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 [27, 28].	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 [27].	A	EK
Je nach medizinischem und pflegerischem Aufwand soll im multidisziplinären Ansatz der Pflegeschlüssel auf der Intensivstation für die Versorgung der ECLS-Patienten von Schicht zu Schicht individuell festgelegt werden.	A	EK
Die Möglichkeit einer 1:1-pflegerischen Betreuung sollte sichergestellt sein [28].	B	EK
Neben der ärztlichen und pflegerischen Behandlung soll die technische Überprüfung des ECLS-Systems mindestens einmal täglich durch einen Kardiotechniker oder eine in der ECLS-Therapie speziell geschulte Fachkraft erfolgen.	A	EK
COR „class of recommendation“/Empfehlungsgrad, LOE „level of evidence“/Evidenzlevel, EK Expertenkonsens		

Tab. 5 Therapiemanagement und Überwachung		
Empfehlung	COR	LOE
<i>ECLS-System und Kanülierung</i>		
Für ECLS sollen nur Zentrifugalpumpen verwendet werden [31, 32].	A	+
Für oder gegen pulsatilen ECLS-Fluss kann gegenwärtig keine studienbasierte Empfehlung ausgesprochen werden.	0	EK
Bei inadäquatem Abfall eines erhöhten Laktatspiegels oder bei unzureichender zentralvenöser O ₂ -Sättigung sollte unter Berücksichtigung des klinischen Zustands des Patienten auch eine Anpassung des Pumpenflusses erwogen werden.	B	EK
a) Die Auswahl der arteriellen Kanülierungsstelle sollte nach patientenindividuellen Aspekten erfolgen.	B	EK
b) Bei Erwachsenen kann entweder eine periphere (A. femoralis) oder eine zentrale (A. subclavia; Ao. ascendens) Kanülierung erfolgen.	0	EK
Für ECLS sollten bevorzugt beschichtete Komponenten verwendet werden.	B	EK
<i>Antikoagulation und Medikation</i>		
Die Antikoagulation sollte mit unfractioniertem Heparin erfolgen.	B	EK
Unter ECLS sollten die Katecholamine möglichst weit reduziert werden.	B	EK
<i>Begleitende Therapie und Sedierung</i>		
Physiotherapie, Atemtherapie und Lagerungsmaßnahmen sollten im Rahmen einer ECLS-Therapie durchgeführt werden.	B	EK
Eine Frühmobilisation sollte bei stabiler Flusssituation im erfahrenen Team mit erfahrenen Physiotherapeuten angestrebt werden.	B	EK
Auch während ECLS-Therapie sollten unter Berücksichtigung der Therapie-sicherheit ... eine adäquate Analgesie erfolgen/... die Sedierungstiefe so gering wie möglich gehalten werden/... eine Extubation angestrebt 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 [33–35].	A	EK
Bei femoral arterieller Kanülierung sollen die Kontrolle einer adäquaten Oxygenierung mittels Messung der peripheren Sauerstoffsättigung an der rechten oberen Extremität und Blutgasanalysen durch Blutentnahme aus Arterien der rechten oberen Extremität erfolgen.	A	EK
Bei peripherer Kanülierung soll eine Überwachung der Perfusion der distalen Extremitäten erfolgen.	A	EK
Unter ECLS-Therapie soll eine engmaschige Kontrolle der Antikoagulation erfolgen.	A	EK
Unter ECLS-Therapie sollen eine klinisch-neurologische Basisuntersuchung täglich und eine Kontrolle der Pupillomotorik mehrmals täglich erfolgen.	A	EK
Aufgrund fehlender belastbarer Daten kann keine darüber hinaus reichende apparative Methode zur Routineüberwachung der neurologischen Funktionen empfohlen werden.	0	EK
<i>COR</i> „class of recommendation“/Empfehlungsgrad, <i>LOE</i> „level of evidence“/Evidenzlevel, <i>EK</i> Expertenkonsens		

Tab. 6 Komplikationsmanagement		
Empfehlung	COR	LOE
Bei Patienten unter ECLS-Therapie soll eine kontinuierliche Überwachung der Perfusion, der Hämodynamik, der kardialen Entlastung, der Oxygenierung, der Antikoagulation, des Neurostatus und der Funktionalität des ECLS-Systems erfolgen, um Komplikationen der Therapie frühzeitig erfassen zu können [23, 36–43].	A	+
Bestehende Infektionen sollen vor ECLS-Implantation antimikrobiell therapiert werden, ohne damit den Beginn einer notwendigen ECLS-Therapie zu verzögern [37].	A	+
Bei femoraler arterieller Kanülierung soll eine distale Perfusionskanüle zur Vermeidung einer entsprechenden Extremitätenischämie eingeführt werden.	A	EK
Bei femoraler Kanülierung sollte eine seitendifferente Kanülierung von Arterie und Vene bevorzugt werden.	B	EK
Bei Vorliegen einer linksventrikulären Distension soll nach Ausschöpfung konservativer Maßnahmen eine aktive Entlastung des linken Ventrikels durchgeführt werden [44–46].	A	EK
Eine zentrale Hypoxie (durch ein Wasserscheidenphänomen) unter ECLS-Therapie bei femoral-arterieller Kanülierung soll – nach Ausschöpfung konservativer Maßnahmen – sofort nach Diagnosestellung behandelt werden. Es eignen sich z. B. folgende Maßnahmen: – Wechsel auf zentrale Kanülierung (z. B. auf rechte A. axillaris); – Einbringen einer weiteren Kanüle (z. B. via rechte V. jugularis interna) und Wechsel der Konfiguration auf venoarteriovenös (V-AV); – Einbringen einer weiteren venösen Drainagekanüle (VV-A-Konfiguration).	A	EK
Entscheidet man sich unter ECLS-Therapie für ein Nierenersatzverfahren, sollte zur optimalen Volumensteuerung ein (semi-)kontinuierliches Verfahren zum Einsatz kommen.	B	EK
COR „class of recommendation“/Empfehlungsgrad, LOE „level of evidence“/Evidenzlevel, EK Expertenkonsens		

Physiotherapie, speziellen Krankenpflege und Wissenswertes für betroffene Patienten und deren Angehörige.

Evaluierung der Evidenz und Klassifizierung der Empfehlungen

Die primäre Literaturrecherche (PubMed, Cochrane Library, CINAHL, EMBASE, Leitliniendatenbanken (G-I-N, AHRQ), ELSO („extracorporeal life support organization“-Internetseite und ClinicalTrials.gov) umfasste alle relevanten Publikationen von 2010 bis 2018 (9801 Treffer), von denen 68 Artikel den Evidenzkriterien entsprachen [4]. Die jeweiligen Evidenzlevel wurden anhand der GRADE-Kriterien (Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation [5]) zugeordnet (■ Tab. 1). Basierend auf der vorhandenen Evidenz wurden in einem verbindlich strukturierten Konsensusprozess gewichtete Empfehlungen gegeben (■ Tab. 2; [6]).

Ergebnisse

Insgesamt konnten 71 Empfehlungen zur ECLS-Therapie bei akutem Herz-Kreislaufversagen konsentiert werden. Details bezüglich der zugrunde liegenden Literatur, aber auch ausführliche Begründungen zur Festlegung der Empfehlungsgrade (COR) und der Evidenzlevel (LOE) sind unter <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/011-021.html> der Langversion der Leitlinie zu entnehmen [4].

In den ■ Tab. 3, 4, 5, 6, 7 und 8 finden sich konsentierete Empfehlungen für jedes Kapitel:

Indikationen und Kontraindikationen. (■ Tab. 3)

Strukturelle und personelle Voraussetzungen für die Initiierung und Betreuung der ECLS. (■ Tab. 4)

Therapiemanagement und Überwachung bei ECLS-Therapie. (■ Tab. 5)

Maßnahmen bei Komplikationen. (■ Tab. 6)

Entwöhnung vom ECLS-System. (■ Tab. 7)

Tab. 7 Entwöhnung vom ECLS-System		
Empfehlung	COR	LOE
<i>Entwöhnung</i>		
Folgende Kriterien sollten evaluiert werden, bevor ein ECLS-Weaning nach standardisiertem Protokoll schnellstmöglich eingeleitet wird [47, 48].	B	+
1. Pulsatiler arterieller Blutdruck und Nachweis einer biventrikulären Kontraktilität in der Echokardiographie		
2. Mittlerer arterieller Blutdruck (MAD) > 60 mm Hg		
3. $S_vO_2 \geq 65\%$ ($S_{cv}O_2 \geq 60\%$)		
4. Laktat normwertig (≤ 2 mmol/l) oder fallend		
5. Vasopressoren-/Inotropikadosierung niedrig oder fallend		
6. Ausreichende pulmonale Oxygenierungs-/CO ₂ -Eliminationsleistung unter lungenprotektiver Beatmung		
7. Kompensierte Endorganfunktionen, v. a. Leberfunktion (Nierenersatzverfahren schließen ein erfolgreiches Weaning aber nicht aus)		
Zudem sollten vor ECLS-Explantation die Kriterien 1–7 unter einem niedrigen ECLS-Fluss (< 2,0 l/min) und bei niedrigem Gasfluss (< 2 l/min) erfüllt sein.	B	+
Bei Patienten unter ECLS-Therapie im Weaningprozess sollen jeweils etwa 30 min nach Reduktion des ECLS-Blutflusses eine arterielle BGA zur Überwachung der Oxygenierung und CO ₂ -Elimination sowie eine zentralvenöse BGA zur Überwachung der Kreislauffunktion entnommen werden [33, 34].	A	EK
Bei schwierigem Weaning kann ein invasives Monitoring mittels Rechtsherzkatheter durchgeführt werden.	0	EK
Für eine Empfehlung zur Levosimendantherapie im Rahmen des ECLS-Weanings reicht die Evidenz aus Sicht der Leitliniengruppe nicht aus [49].	0	++
Unter laufender ECLS-Behandlung (inkl. Weaning) soll nicht routinemäßig ein zusätzliches mechanisches Kreislaufunterstützungssystem implantiert werden [44, 50–54].	A	+
Ist vor ECLS-Anlage eine intraaortale Ballonpumpe (IABP) oder Mikroaxialpumpe implantiert worden, kann dieses Therapie während der ECLS-Therapie fortgeführt werden.	0	EK
Bei Weaningversagen sollte in Rücksprache mit einem spezialisierten Zentrum (Herz-Kreislauf-Zentrum mit Ventricular-assist-device(VAD)-Expertise) die Implantation eines permanenten Unterstützungssystems erwogen werden.	B	EK
Der optimale Zeitpunkt zum Wechsel von ECLS auf ein Langzeitunterstützungssystem ist gemäß Evidenzlage gegenwärtig unklar [55, 56].	0	+
<i>ECLS-Explantation</i>		
Bei offen-chirurgischer Kanülierung sollte die Explantation der Kanülen ebenfalls chirurgisch erfolgen. Die Art der chirurgischen Versorgung (z. B. Übernäherung, Patch, Prothesenligatur) richtet sich nach dem Lokalbefund.	B	EK
Bei perkutaner Kanülierung sollte die Dekanülierung in Abhängigkeit von patienten- und prozedurspezifischen Charakteristika (Größe der Kanüle, Schwierigkeiten/Komplikationen bei der Implantation, Größe der nativen Gefäße, periphere arterielle Verschlusskrankheit, Blutungskomplikationen) per manueller Kompression, mittels perkutaner Verschlussysteme oder offen-chirurgisch erfolgen.	B	EK
Die Technik der Dekanülierung sollte sich nicht an der ECLS-Therapiedauer orientieren.	B	EK
Therapiezieländerungen/-limitationen bei ECLS-Patienten sollen unter Berücksichtigung von medizinischen und ethischen Aspekten als patientenzentrierte Entscheidung mit dem interprofessionellen Behandlungsteam erfolgen [57–59]. Ein solches Szenario liegt vor, wenn das angestrebte Therapieziel nicht erreicht werden kann oder das Therapieziel vom Patienten nicht gewünscht ist [60].	A	EK
COR „class of recommendation“/Empfehlungsgrad, LOE „level of evidence“/Evidenzlevel, EK Expertenkonsens		

Nachsorge nach ECLS-Therapie.
(Tab. 8)

Diskussion

Auf Grundlage eines strukturierten Verfahrens mit interdisziplinärem und berufsgruppenübergreifendem Ansatz konnte im Februar 2021 die erste evidenz- und konsensusbasierte AWMF-S3-Leitlinie zur ECMO/ECLS-Therapie bei Herz- und Kreislaufversagen publiziert werden [4].

Die vorliegende Zusammenfassung gibt einen aggregierten und prägnanten Überblick über das methodische Konzept und die konsentierten Empfehlungen. Die Mehrzahl der Empfehlungen musste letztlich auf Basis eines Expertenkonsenses verabschiedet werden, da derzeit wissenschaftliche Studien mit höherer Evidenz zu diesem Thema nicht existieren. Hieraus ergibt sich zwangsläufig die dringende Notwendigkeit, zukünftig Forschungsprojekte zu allen Aspekten der ECLS-Therapie zu initiieren. Hierbei gilt es insbesondere zu berücksichtigen, dass randomisierte prospektive Studien zu dieser Therapie verständlicherweise aus verschiedenen Gründen kaum realisierbar sind. Dennoch ermöglicht die nun vorliegende Leitlinie eine kritische Reflektion publizierter Studien zu diesem Thema. Interdisziplinäre bzw. fachgebietsübergreifende Forschungsprojekte für den Bereich der extrakorporalen Kreislaufunterstützung müssen in Zukunft durch alle involvierten Fachgesellschaften und Organisationen nachhaltig unterstützt werden.

Gültigkeit und Aktualisierung

Alle Empfehlungen der Leitlinie sind nach entsprechender Literaturrecherche begründet durch die aktuell beste verfügbare Evidenz für die Anwendung der ECLS und wurden vollständig durch die beteiligten Fachgesellschaften konsentiert.

Die Leitlinie ist gültig bis zum 19.08.2025.

Tab. 8 Nachsorge		
Empfehlung	COR	LOE
Bei intensivpflichtigen Patienten in der frühen Phase nach Explantation eines ECLS-Systems soll eine kontinuierliche Überwachung der Perfusion, der Hämodynamik (mit invasiver arterieller Blutdruckmessung) sowie der Oxygenierung erfolgen.	A	EK
Eine Echokardiographie soll zeitnah nach ECLS-Explantation sowie täglich in der frühen Phase nach Explantation und bei Auftreten einer kardiopulmonalen Instabilität durchgeführt werden.	A	EK
In der frühen Phase nach Dekanülierung eines peripher implantierten ECLS-Systems soll mindestens einmal täglich eine klinische Untersuchung der Kanülierungsstellen erfolgen. Ebenso soll routinemäßig nach Dekanülierung eine Ultraschalluntersuchung der kanülierten Gefäße erfolgen.	A	EK
Im Rahmen der Versorgung von Patienten nach ECLS-Therapie auf der Normalstation soll neben der täglichen Evaluation aller Organsysteme im Rahmen der bettseitigen Visite insbesondere die Beachtung kardialer Dekompensationszeichen im Vordergrund stehen sowie auf Folgen kanülierungsbedingter Komplikationen (Infektion, Thrombose oder Ischämie) geachtet werden.	A	EK
Bei Patienten nach ECLS-Therapie soll eine möglichst stationäre rehabilitative Maßnahme durchgeführt werden.	A	EK
Patienten nach einer ECLS-Therapie sollen in Abhängigkeit von ihrer Grunderkrankung regelmäßig, engmaschig und langfristig kardiologisch und abhängig von der Krankheitskomplexität in einer interdisziplinären Spezialambulanz kontrolliert werden.	A	EK
COR „class of recommendation“/Empfehlungsgrad, LOE „level of evidence“/Evidenzlevel, EK Expertenkonsens		

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Udo Boeken

Department of Cardiac Surgery, Heinrich Heine University Medical School
Mooresstraße 5, 40225 Düsseldorf,
Deutschland
udo.boeken@med.uni-duesseldorf.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. Ausführliche Angaben aller Autor*innen zum Interessenkonflikt finden Sie im Onlinezusatzmaterial des Beitrags.

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

- Karagiannidis C, Brodie D, Strassmann S, Stoelben E, Philipp A, Bein T, Müller T, Windisch W (2016) Extracorporeal membrane oxygenation: evolving epidemiology and mortality. *Intensive Care Med* 42(5):889–896
- 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
- Assmann A, Boeken U, Klotz S, Harringer W, Beckmann A (2019) Organization and application of ECLS therapy—A nationwide survey in German cardiosurgical departments. *Thorac Cardiovasc Surg* 67(3):164–169. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1675597>
- (2020) Extrakorporale Zirkulation (ECLS / ECMO), Einsatz bei Herz- und Kreislaufversagen. S3-Leitlinie. AWMF-RN 011-021. <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/011-021.html>. Zugegriffen: 25. Aug. 2021
- Balshem H, Helfand M, Schunemann HJ, Oxman AD, Kunz R, Brozek J, Vist GE, Falck-Ytter Y, Meerpohl J, Norris S, Guyatt GH (2011) GRADE guidelines: 3. Rating the quality of evidence. *J Clin Epidemiol* 64(4):401–406
- Andrews J, Guyatt G, Oxman AD, Alderson P, Dahm P, Falck-Ytter Y, Nasser M, Meerpohl J, Post PN, Kunz R, Brozek J, Vist G, Rind D, Akl EA, Schunemann HJ (2013) GRADE guidelines: 14. Going from evidence to recommendations: the significance and presentation of recommendations. *J Clin Epidemiol* 66(7):719–725
- Michels G, Wengenmayer T, Hagl C, Dohmen C, Bottiger BW, Bauersachs J, Markewitz A, Bauer A, Grasner JT, Pfister R, Ghanem A, Busch HJ, Kreimeier U, Beckmann A, Fischer M, Kill C, Janssens U, Kluge S, Born F, Hoffmeister HM, Preusch M, Boeken U, Riessen R, Thiele H (2019) Recommendations for extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (eCPR): consensus statement of DGIIN, DGK, DGTHG, DGfK, DGNi, DGAI, DIVI and GRC. *Clin Res Cardiol* 108(5):455–464
- Ouweneel DM, Schotborgh JV, Limpens J, Sjauw KD, Engstrom AE, Lagrand WK, Cherpanath TGV, Driessen AHG, de Mol B, Henriques JPS (2016) Extracorporeal life support during cardiac arrest and cardiogenic shock: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med* 42(12):1922–1934
- Chen SW, Tsai FC, Lin YS, Chang CH, Chen DY, Chou AH, Chen TH (2017) Long-term outcomes of extracorporeal membrane oxygenation support for postcardiotomy shock. *J Thorac Cardiovasc Surg* 154(2):469–477e2
- Chang JJ, Lin MS, Chen TH, Chen DY, Chen SW, Hsu JT, Wang PC, Lin YS (2017) Heart failure and mortality of adult survivors from acute myocarditis requiring intensive care treatment—a nationwide cohort study. *Int J Med Sci* 14(12):1241–1250
- Schiller P, Heggren L, Vikholm P (2019) Survival after refractory cardiogenic shock is comparable in patients with Impella and veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation when adjusted for SAVE score. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care* 8(4):329–337
- El Sibai R, Bachir R, El Sayed M (2018) Outcomes in cardiogenic shock patients with extracorporeal membrane oxygenation use: a matched cohort study in hospitals across the United States. *Biomed Res Int* 2018:2428648. <https://doi.org/10.1155/2018/2428648>
- Blumenstein J, Leick J, Liebetau C, Kempfert J, Gaede L, Gross S, Krug M, Berkowitsch A, Nef H, Rolf A, Arlt M, Walther T, Hamm CW, Mollmann H (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(7):13–22
- Lin JW, Wang MJ, Yu HY, Wang CH, Chang WT, Jerng JS, Huang SC, Chou NK, Chi NH, Ko WJ, Wang YC, Wang SS, Hwang JJ, Lin FY, Chen YS (2010) Comparing the survival between extracorporeal rescue and conventional resuscitation in adult in-hospital cardiac arrests: propensity analysis of three-year data. *Resuscitation* 81(7):796–803
- Shin TG, Choi JH, Jo IJ, Sim MS, Song HG, Jeong YK, Song YB, Hahn JY, Choi SH, Gwon HC, Jeon ES, Sung K, Kim WS, Lee YT (2011) Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in patients with in-hospital cardiac arrest: a comparison with conventional cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med* 39(1):1–7
- Shin TG, Jo IJ, Sim MS, Song YB, Yang JH, Hahn JY, Choi SH, Gwon HC, Jeon ES, Sung K, Lee YT, Choi JH (2013) Two-year survival and neurological outcome of in-hospital cardiac arrest patients rescued by extracorporeal cardiopulmonary resuscitation. *Int J Cardiol* 168(4):3424–3430
- Choi DS, Kim T, Ro YS, Ahn KO, Lee EJ, Hwang SS, Song SW, Song KJ, Shin SD (2016) Extracorporeal life support and survival after out-of-hospital cardiac arrest in a nationwide registry: A propensity score-matched analysis. *Resuscitation* 99:26–32
- Maekawa K, Tanno K, Hase M, Mori K, Asai Y (2013) Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for patients with out-of-hospital cardiac arrest of cardiac origin: a propensity-matched study and predictor analysis. *Crit Care Med* 41(5):1186–1196
- Kim SJ, Jung JS, Park JH, Park JS, Hong YS, Lee SW (2014) An optimal transition time to extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for predicting good neurological outcome in patients with out-of-hospital cardiac arrest: a propensity-matched study. *Crit Care* 18(5):535
- Masson R, Colas V, Parienti JJ, Lehoux P, Massetti M, Charbonneau P, Saulnier F, Daubin C (2012) A comparison of survival with and without extracorporeal life support treatment for severe poisoning due to drug intoxication. *Resuscitation* 83(11):1413–1417
- Chang CH, Chen HC, Caffrey JL, Hsu J, Lin JW, Lai MS, Chen YS (2016) Survival analysis after extracorporeal membrane oxygenation in critically ill adults: a nationwide cohort study. *Circulation* 133(24):2423–2433

22. Lorusso R, Gelsomino S, Parise O, Mendiratta P, Prodhon P, Rycus P, MacLaren G, Brogan TV, Chen YS, Maessen J, Hou X, Thiagarajan RR (2017) Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation for refractory cardiogenic shock in elderly patients: trends in application and outcome from the Extracorporeal life support organization (ELSO) registry. *Ann Thorac Surg* 104(1):62–69
23. Richardson AS, Schmidt M, Bailey M, Pellegrino VA, Rycus PT, Pilcher DV (2017) ECMO Cardio-pulmonary resuscitation (ECP), trends in survival from an international multicentre cohort study over 12-years. *Resuscitation* 112:34–40
24. Schmidt M, Burrell A, Roberts L, Bailey M, Sheldrake J, Rycus PT, Hodgson C, Scheinkestel C, Cooper DJ, Thiagarajan RR, Brodie D, Pellegrino V, Pilcher D (2015) Predicting survival after ECMO for refractory cardiogenic shock: the survival after veno-arterial-ECMO (SAVE)-score. *Eur Heart J* 36(33):2246–2256
25. Barbaro RP, Odetola FO, Kidwell KM, Paden ML, Bartlett RH, Davis MM, Annich GM (2015) Association of hospital-level volume of extracorporeal membrane oxygenation cases and mortality. Analysis of the extracorporeal life support organization registry. *Am J Respir Crit Care Med* 191(8):894–901
26. Huesch MD (2018) Volume-outcome relationships in extracorporeal membrane oxygenation: retrospective analysis of administrative data from Pennsylvania, 2007–2015. *ASAIO J* 64(4):450–457
27. Abrams D, Garan AR, Abdelbary A, Bacchetta M, Bartlett RH, Beck J, Belohlavek J, Chen YS, Fan E, Ferguson ND, Fowles JA, Fraser J, Gong M, Hassan IF, Hodgson C, Hou X, Hryniewicz K, Ichiba S, Jakobleff WA, Lorusso R, MacLaren G, McGuinness S, Mueller T, Park PK, Peek G, Pellegrino V, Price S, Rosenzweig EB, Sakamoto T, Salazar L, Schmidt M, Slutsky AS, Spaulding C, Takayama H, Takeda K, Vuylsteke A, Combes A, Brodie D, International EN, Extracorporeal Life Support TO (2018) Position paper for the organization of ECMO programs for cardiac failure in adults. *Intensive Care Med* 44(6):717–729
28. Combes A, Brodie D, Bartlett R, Brochard L, Brower R, Conrad S, De Backer D, Fan E, Ferguson N, Fortenberry J, Fraser J, Gattinoni L, Lynch W, MacLaren G, Mercat A, Mueller T, Ogino M, Peek G, Pellegrino V, Pesenti A, Ranieri M, Slutsky A, Vuylsteke A, International EN (2014) Position paper for the organization of extracorporeal membrane oxygenation programs for acute respiratory failure in adult patients. *Am J Respir Crit Care Med* 190(5):488–496
29. Annabi N, Yue K, Tamayol A, Khademhosseini A (2015) Elastic sealants for surgical applications. *Eur J Pharm Biopharm* 95(Pt A):27–39
30. Beurtheret S, Mordant P, Paoletti X, Marijon E, Celermajer DS, Leger P, Pavie A, Combes A, Leprince P (2013) Emergency circulatory support in refractory cardiogenic shock patients in remote institutions: a pilot study (the cardiac-RESCUE program). *Eur Heart J* 34(2):112–120
31. Barrett CS, Jagers JJ, Cook EF, Graham DA, Yalagadda VV, Teele SA, Almond CS, Bratton SL, Seeger JD, Dalton HJ, Rycus PT, Laussen PC, Thiagarajan RR (2013) Pediatric ECMO outcomes: comparison of centrifugal versus roller blood pumps using propensity score matching. *ASAIO J* 59(2):145–151
32. Byrnes J, McKamie W, Swearingen C, Prodhon P, Bhutta A, Jaquiss R, Imamura M, Fiser R (2011) Hemolysis during cardiac extracorporeal membrane oxygenation: a case-control comparison of

Use of extracorporeal circulation (ECLS/ECMO) for cardiac and circulatory failure. Short version of the S3 guideline

In Germany, a remarkable increase regarding the usage of extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) and extracorporeal life support (ECLS) systems has been observed in recent years with approximately 3000 ECLS/ECMO implantations annually since 2015. Despite the widespread use of ECLS/ECMO, evidence-based recommendations or guidelines are still lacking regarding indications, contraindications, limitations and management of ECMO/ECLS patients. Therefore in 2015, the German Society of Thoracic and Cardiovascular Surgery (GSTCVS) registered the multidisciplinary S3 guideline “Use of extracorporeal circulation (ECLS/ECMO) for cardiac and circulatory failure” to develop evidence-based recommendations for ECMO/ECLS systems according to the requirements of the Association of the Scientific Medical Societies in Germany (AWMF). Although the clinical application of ECMO/ECLS represents the main focus, the presented guideline also addresses structural and economic issues. Experts from 17 German, Austrian and Swiss scientific societies and a patients’ organization, guided by the GSTCVS, completed the project in February 2021. In this report, we present a summary of the methodological concept and tables displaying the recommendations for each chapter of the guideline.

Keywords

ECC · ECLS · Cardiac failure · Cardiomyopathy · Mechanical circulatory support · Association of the Scientific Medical Societies in Germany

- roller pumps and centrifugal pumps in a pediatric population. *ASAIO J* 57(5):456–461
33. Beckmann A, Benk C, Beyersdorf F, Haimerl G, Merkle F, Mestres C, Pepper J, Wahba A, Group EW (2011) Position article for the use of extracorporeal life support in adult patients. *Eur J Cardiothorac Surg* 40(3):676–680
 34. Pichler P, Antretter H, Dunser M, Eschertzhuber S, Gottardi R, Heinz G, Polzl G, Pretschl I, Rajek A, Wasler A, Zimpfer D, Geppert A (2015) Use of ECMO in adult patients with cardiogenic shock: a position paper of the Austrian Society of Cardiology. *Med Klin Intensivmed Notfmed* 110(6):407–420
 35. Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) guidelines for adult cardiac failure 2014. <https://www.elseo.org/Portals/0/IGD/Archive/FileManager/e76ef78eabcusersshyerdocument/selsoguidelinesforadultcardiacfailure1.3.pdf>. Zugriffen: 25. Aug. 2021
 36. Bizzarro MJ, Conrad SA, Kaufman DA, Rycus P, Extracorporeal Life Support Organization Task Force on Infections EMO. (2011) Infections acquired during extracorporeal membrane oxygenation in neonates, children, and adults. *Pediatr Crit Care Med* 12(3):277–281
 37. Vogel AM, Lew DF, Kao LS, Lally KP (2011) Defining risk for infectious complications on extracorporeal life support. *J Pediatr Surg* 46(12):2260–2264
 38. Lorusso R, Barili F, Mauro MD, Gelsomino S, Parise O, Rycus PT, Maessen J, Mueller T, Muellenbach R, Belohlavek J, Peek G, Combes A, Frenckner B, Pesenti A, Thiagarajan RR (2016) In-hospital neurologic complications in adult patients undergoing venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: results from the Extracorporeal life support organization registry. *Crit Care Med* 44(10):e964–e972
 39. Dalton HJ, Garcia-Filion P, Holubkov R, Moler FW, Shanley T, Heidemann S, Meert K, Berg RA, Berger J, Carcillo J, Newth C, Harrison R, Doctor A, Rycus P, Dean JM, Jenkins T, Nicholson C (2015) Eunice Kennedy shriver national institute of child H, human development collaborative pediatric critical care research N. association of bleeding and thrombosis with outcome in extracorporeal life support. *Pediatr Crit Care Med* 16(2):167–174
 40. Polito A, Barrett CS, Wypij D, Rycus PT, Netto R, Cogo PE, Thiagarajan RR (2013) Neurologic complications in neonates supported with extracorporeal membrane oxygenation. An analysis of ELSO registry data. *Intensive Care Med* 39(9):1594–1601
 41. Werho DK, Pasquali SK, Yu S, Donohue J, Annich GM, Thiagarajan RR, Hirsch-Romano JC, Gaies MG, Extracorporeal Life Support Organization (2015) Hemorrhagic complications in pediatric cardiac patients on extracorporeal membrane oxygenation: an analysis of the Extracorporeal Life Support Organization Registry. *Pediatr Crit Care Med* 16(3):276–288
 42. Werho DK, Pasquali SK, Yu S, Donohue J, Annich GM, Thiagarajan RR, Hirsch-Romano JC, Gaies M, Centers EM (2015) Epidemiology of stroke in pediatric cardiac surgical patients supported with extracorporeal membrane oxygenation. *Ann Thorac Surg* 100(5):1751–1757
 43. Wightman A, Bradford MC, Symons J, Brogan TV (2015) Impact of kidney disease on survival in neonatal extracorporeal life support. *Pediatr Crit Care Med* 16(6):576–582
 44. Pappalardo F, Schulte C, Pieri M, Schrage B, Contri R, Soeffker G, Greco T, Lembo R, Mullerleile K, Colombo A, Sydow K, De Bonis M, Wagner F, Reichenspurner H, Blankenberg S, Zangrillo A, Westermann D (2017) Concomitant implantation of Impella(R) on top of veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation may improve survival of patients with cardiogenic shock. *Eur J Heart Fail* 19(3):404–412
 45. Schmack B, Seppelt P, Weymann A, Alt C, Farag M, Arif R, Doesch AO, Raake PW, Kallenbach K, Mansur A, Popov AF, Karck M, Ruhparwar A (2017) Extracorporeal life support with left ventricular decompression-improved survival in severe

- cardiogenic shock: results from a retrospective study. *PeerJ* 5:e3813
46. Patel SM, Lipinski J, Al-Kindi SG, Patel T, Saric P, Li J, Nadeem F, Ladas T, Alaiti A, Phillips A, Medalion B, Deo S, Elgudin Y, Costa MA, Osman MN, Attizani GF, Oliveira GH, Sareyupoglu B, Bezerra HG (2019) Simultaneous venoarterial extracorporeal membrane oxygenation and percutaneous left ventricular decompression therapy with Impella is associated with improved outcomes in refractory Cardiogenic shock. *ASAIO J* 65(1):21–28
 47. Smith M, Vukomanovic A, Brodie D, Thiagarajan R, Rycus P, Buscher H (2017) Duration of venoarterial extracorporeal life support (VA ECMO) and outcome: an analysis of the Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) registry. *Crit Care* 21(1):45
 48. (2015) Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) ultrasound guidance for extra-corporeal membrane oxygenation. https://www.else.org/Portals/0/Files/else_Ultrasoundguidance_ecmogeneral_guidelines_May2015.pdf. Zugegriffen: 25. Aug. 2021
 49. Distelmaier K, Roth C, Schrutka L, Binder C, Steinfeldner B, Heinz G, Lang IM, Maurer G, Koinig H, Niessner A, Hulsman M, Speidl W, Goliasch G (2016) Beneficial effects of levosimendan on survival in patients undergoing extracorporeal membrane oxygenation after cardiovascular surgery. *Br J Anaesth* 117(1):52–58
 50. Aso S, Matsui H, Fushimi K, Yasunaga H (2016) The effect of Intra-aortic balloon pumping under venoarterial extracorporeal membrane oxygenation on mortality of cardiogenic patients: an analysis using a nationwide inpatient database. *Crit Care Med* 44(11):1974–1979
 51. Brechot N, Demondion P, Santi F, Lebreton G, Pham T, Dalakidis A, Gambotti L, Luyt CE, Schmidt M, Hekimian G, Cluzel P, Chastre J, Leprince P, Combes A (2018) Intra-aortic balloon pump protects against hydrostatic pulmonary oedema during peripheral venoarterial-extracorporeal membrane oxygenation. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care* 7(1):62–69
 52. Lin LY, Liao CW, Wang CH, Chi NH, Yu HY, Chou NK, Hwang JJ, Lin JL, Chiang FT, Chen YS (2016) Effects of additional intra-aortic balloon counterpulsation therapy to cardiogenic shock patients supported by extra-corporeal membranous oxygenation. *Sci Rep* 6:23838
 53. Park TK, Yang JH, Choi SH, Song YB, Hahn JY, Choi JH, Sung K, Lee YT, Gwon HC (2014) Clinical impact of intra-aortic balloon pump during extracorporeal life support in patients with acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock. *BMC Anesthesiol* 14:27
 54. Ro SK, Kim JB, Jung SH, Choo SJ, Chung CH, Lee JW (2014) Extracorporeal life support for cardiogenic shock: influence of concomitant intra-aortic balloon counterpulsation. *Eur J Cardiothorac Surg* 46(2):186–192 (discussion 192)
 55. Cheng R, Ramzy D, Azarbal B, Arabia FA, Esmailian F, Czer LS, Kobashigawa JA, Moriguchi JD (2017) Device strategies for patients in INTERMACS profiles 1 and 2 cardiogenic shock: double bridge with extracorporeal membrane oxygenation and initial implant of more durable devices. *Artif Organs* 41(3):224–232
 56. Fukuhara S, Takeda K, Kurlansky PA, Naka Y, Takayama H (2018) Extracorporeal membrane oxygenation as a direct bridge to heart transplantation in adults. *J Thorac Cardiovasc Surg* 155(4):1607–1618e6
 57. Davidson JE, Aslakson RA, Long AC, Puntillo KA, Kross EK, Hart J, Cox CE, Wunsch H, Wickline MA, Nunnally ME, Netzer G, Kentish-Barnes N, Sprung CL, Hartog CS, Coombs M, Gerritsen RT, Hopkins RO, Franck LS, Skrobik Y, Kon AA, Scruth EA, Harvey MA, Lewis-Newby M, White DB, Swoboda SM, Cooke CR, Levy MM, Azoulay E, Curtis JR (2017) Guidelines for family-centered care in the neonatal, pediatric, and adult ICU. *Crit Care Med* 45(1):103–128
 58. White DB, Angus DC, Shields AM, Buddadhumaruk P, Pidro C, Paner C, Chaitin E, Chang CH, Pike F, Weissfeld L, Kahn JM, Darby JM, Kowinsky A, Martin S, Arnold RM, Investigators PA (2018) Randomized Trial of a Family-Support Intervention in Intensive Care Units. *N Engl J Med* 378(25):2365–2375
 59. Bundesärztekammer (2011) Grundsätze der Bundesärztekammer zur ärztlichen Sterbebegleitung. *Dtsch Arztebl Int* 108(7):346–348
 60. Neitzke G, Burchardi H, Duttge G, Hartog C, Erchinger R, Gretenkort P, Michalsen A, Mohr M, Nauck F, Salomon F, Stopfkuchen H, Weiler N, Janssens U (2016) Limits of the meaningfulness of intensive care medicine : position paper of the ethics section of DIVI. *Med Klin Intensivmed Notfmed* 111(6):486–492

Affiliations

- ¹ Department of Cardiac Surgery, Heinrich Heine University Medical School, Düsseldorf, Deutschland;
- ² Department of Cardiac and Thoracic Vascular Surgery, University Hospital of Schleswig-Holstein, Lübeck, Deutschland;
- ³ Department of Cardiothoracic Surgery, University Medical Center Regensburg, Regensburg, Deutschland;
- ⁴ Clinic for Internal Medicine III, University Hospital Halle (Saale), Martin Luther University Halle-Wittenberg, Halle-Wittenberg, Deutschland;
- ⁵ Department of Acute and Emergency Care, St Antonius Hospital Eschweiler, Eschweiler, Deutschland;
- ⁶ Department of Congenital Heart Disease–Pediatric Cardiology, German Heart Center Berlin, Berlin, Deutschland;
- ⁷ Department of Pediatric Cardiology and Intensive Care Medicine, Medical School Hannover, Hannover, Deutschland;
- ⁸ Department of Cardiac Surgery, Segeberger Kliniken, Bad Segeberg, Deutschland;
- ⁹ Department of Cardiothoracic and Vascular Surgery, German Heart Center, Berlin, Deutschland;
- ¹⁰ Inland Hospital Rendsburg, Department for Intensive Care Medicine, Rendsburg, Deutschland;
- ¹¹ Department of Cardiac and Vascular Thoracic Surgery, Philipps University Hospital Marburg, Marburg, Deutschland;
- ¹² Department of Health Sciences and Management, Baden-Wuerttemberg Cooperative State University (DHBW)–Stuttgart, Stuttgart, Deutschland;
- ¹³ Institute for Medical Knowledge Management, Association of the Scientific Medical Societies (AWMF), Universität Marburg, Marburg, Deutschland;
- ¹⁴ Department of Anesthesiology and Critical Care Medicine, Campus Kassel of the University of Southampton, Kassel, Deutschland;
- ¹⁵ Department of Anesthesiology and Operative Intensive Care Medicine, Aschaffenburg-Alzenau Hospital, Aschaffenburg, Deutschland;
- ¹⁶ Department of Intensive Care Medicine, Helios Clinic Erfurt, Erfurt, Deutschland;
- ¹⁷ HSK, Clinic of Internal Medicine I, Helios-Kliniken, Wiesbaden, Deutschland;
- ¹⁸ Department of Cardiology, Angiology and Internal Intensive Care Medicine, St. Marienkrankenhaus Siegen, Siegen, Deutschland;
- ¹⁹ Department of Cardiology, Pneumology, Angiology and Internal Intensive Care Medicine, SLK-Kliniken Heilbronn, Heilbronn, Deutschland;
- ²⁰ Department of Internal Medicine I, Hospital Aschaffenburg-Alzenau, Aschaffenburg-Alzenau, Deutschland;
- ²¹ Department of Neonatology, University Children’s Hospital Mannheim, University of Heidelberg, Mannheim, Deutschland;
- ²² Medical University Children’s Hospital, Hannover, Deutschland;
- ²³ Department of Intensive Care, University Medical Center Hamburg-Eppendorf, Hamburg, Deutschland;
- ²⁴ Medical Clinic and Medical Intensive Care Medicine, St Antonius Hospital, Eschweiler, Deutschland;
- ²⁵ Department of Internal Medicine II, University Hospital Regensburg, Regensburg, Deutschland;
- ²⁶ Division of Neonatology, Dr. v. Hauner Children’s Hospital and Perinatal Center Munich–Grosshadern, LMU Munich, Munich, Deutschland;
- ²⁷ Division of Neonatology, Dr. v. Hauner Children’s Hospital and Perinatal Center Munich–Grosshadern, LMU Munich, Munich, Deutschland;
- ²⁸ Department of Pediatric Surgery, Medical Faculty Mannheim, University of Heidelberg, Heidelberg, Deutschland;
- ²⁹ Department of Cardiothoracic Surgery, University Hospital Bergmannsheil, Ruhr University, Bochum, Deutschland;
- ³⁰ Department of Cardiovascular Surgery, Heart Center Freiburg University, Freiburg, Deutschland;
- ³¹ Division of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Heart and Diabetes Center NRW, Ruhr University, Bochum, Deutschland;
- ³² Department of Physiotherapy, Heart and Diabetes Center NRW, Ruhr University, Bochum, Bochum, Deutschland;
- ³³ German Heart Foundation, Frankfurt am Main, Deutschland;
- ³⁴ Department of Thoracic Surgery and Lung Support, Ibbenbueren General Hospital, Ibbenbueren, Deutschland;
- ³⁵ Department of Cardiothoracic Surgery, Münster University Hospital, Münster, Deutschland;
- ³⁶ Department of Anesthesiology and Operative Intensive Care Medicine, Charité, Humboldt-Universität zu Berlin, and Berlin Institute of Health, Berlin, Deutschland;
- ³⁷ Department of Cardiac Surgery, Triemli City Hospital Zurich, Zurich, Schweiz;
- ³⁸ Department of Cardiac Surgery, Medical University of Vienna, Vienna, Österreich;
- ³⁹ Department of Cardiac Surgery, Medical University of Innsbruck, Innsbruck, Österreich;
- ⁴⁰ Department of Cardiothoracic and Vascular Surgery, University of Tübingen, Tübingen, Deutschland;
- ⁴¹ Department of Cardiology, Pulmonology and Vascular Medicine, Heinrich Heine University Medical School, Duesseldorf, Deutschland;
- ⁴² German Society for Thoracic and Cardiovascular Surgery, Langenbeck-Virchow-Haus, Berlin, Deutschland