

AWMF-Registernummer 011 - 021

Klassifikation S3

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

- Kurzversion der Leitlinie -

Stand: 20.08.2020

Anmeldende Fachgesellschaft(en):

Deutsche Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie (DGTHG)

Beteiligung weiterer AWMF-Gesellschaften:

Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V. (DGAI)

Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI)

Deutsche Gesellschaft für Kardiologie - Herz- und Kreislaufforschung e.V. (DGK)

Gesellschaft für Neonatologie und pädiatrische Intensivmedizin e.V. (GNPI)

Deutsche Gesellschaft für Pädiatrische Kardiologie e.V. (DGPK)

Deutsche Gesellschaft für Internistische Intensivmedizin und Notfallmedizin (DGIIN)

Deutsche Gesellschaft für Innere Medizin e.V. (DGIM)

Deutsche Gesellschaft für Kinder- und Jugendmedizin e.V. (DGKJ)

Deutsche Gesellschaft für Kinderchirurgie (DGKCH)

Deutsche Gesellschaft für Thoraxchirurgie (DGT)

Akademie für Ethik in der Medizin (AEM)

Beteiligung weiterer Fachgesellschaften/Organisationen:

Deutsche Gesellschaft für Kardiotechnik e.V., DGfK

Deutsche Gesellschaft für Fachkrankenpflege und Funktionsdienste e. V., DGF

Schweizerische Gesellschaft für Herz- und thorakale Gefäßchirurgie (SGHC)

Österreichische Gesellschaft für Thorax- und Herzchirurgie (ÖGTHC)

Deutsche Herzstiftung e.V.

Deutscher Verband für Physiotherapie (ZVK)

Leitliniensekretariat:

Dr. Andreas Beckmann

Geschäftsstelle der Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie
Langenbeck-Virchow-Haus, Luisenstr. 58/59, 10117 Berlin

Koordination:

Prof. Dr. Udo Boeken

Prof. Dr. Stephan Ensminger

In dieser Kurzversion der Leitlinie sind keine Hintergrundinformationen zu den jeweiligen Empfehlungen enthalten. Diese können jedoch der kompletten Version entnommen werden.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Inhaltsverzeichnis..... | 3 |
| SF1 Indikationen und Kontraindikationen der ECLS | 8 |
| ECLS bei bestimmten Erkrankungen | 8 |
| Empfehlungen zur ECLS bei bestimmten Erkrankungen..... | 8 |
| ECLS in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungskonzepten..... | 10 |
| Empfehlungen zur ECLS in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungskonzepten..... | 10 |
| ECLS bei Patienten mit unterschiedlichen Risikoprofilen | 11 |
| Empfehlungen zur ECLS bei unterschiedlichen Risikoprofilen | 11 |
| SF 2 Strukturelle und personelle Voraussetzungen für die Initiierung und Betreuung der ECLS | 12 |
| Einbindung von Fachexpertise bei der Initiierung der ECLS..... | 12 |
| Empfehlungen zur Einbindung von Fachexpertise bei der Initiierung der ECLS..... | 12 |
| Einbindung von Fachexpertise bei der Fortführung der ECLS..... | 14 |
| Empfehlungen zur Einbindung von Fachexpertise bei der Fortführung der ECLS..... | 14 |
| Anforderungen an Einrichtungen, die ECLS-Therapie durchführen..... | 15 |
| Empfehlungen zu Anforderungen an Einrichtungen, die ECLS_Therapie durchführen | 15 |
| Anforderungen an Mindestmengen an Implantationen | 17 |
| Empfehlungen zu Mindestmengen an Implantationen | 17 |
| ECLS-Implantations-Szenarien | 18 |
| Empfehlungen zu verschiedenen ECLS-Implantations-Szenarien..... | 18 |
| Timing der ECLS-Initiierung | 19 |
| Empfehlungen zum Timing der ECLS-Initiierung | 19 |
| SF 3 Therapiemanagement..... | 20 |
| ECLS Systemkomponenten | 20 |
| Empfehlungen zu ECLS-Systemkomponenten..... | 20 |
| ECLS-Kanülierungsstellen | 21 |
| Empfehlungen zu Kanülierungsstellen..... | 21 |
| ECLS-Zielparameter | 21 |
| Empfehlungen zu ECLS-Zielparametern | 21 |

| | |
|---|----|
| ECLS-Antikoagulationsstrategien..... | 22 |
| Empfehlungen zu ECLS-Antikoagulationsstrategien | 22 |
| ECLS-Wechselwirkungen | 22 |
| Empfehlungen zu ECLS-Wechselwirkungen | 23 |
| Begleitendes Therapiemanagement (Physio-/ Atemtherapie; Lagerungs- und Mobilisationsmaßnahmen)..... | 23 |
| Empfehlungen zum begleitenden Therapiemanagement..... | 24 |
| Anwendung und Tiefe der Sedierung bei ECLS | 24 |
| Empfehlungen zu Anwendung und Tiefe der Sedierung bei ECLS..... | 24 |
| SF 4 Überwachung bei ECLS-Therapie..... | 25 |
| Überwachung unter ECLS-Therapie | 25 |
| Empfehlungen zur Überwachung unter ECLS-Therapie..... | 25 |
| Überwachung der Oxygenierung des Patienten | 25 |
| Empfehlung zur Überwachung der Oxygenierung | 26 |
| Überwachung der Antikoagulation | 26 |
| Empfehlung zur Antikoagulation | 26 |
| Überwachung der Extremitätenperfusion | 26 |
| Empfehlung zur Überwachung der Extremitätenfunktion..... | 27 |
| Neuromonitoring | 27 |
| Empfehlung zum Neuromonitoring | 27 |
| SF 5 Maßnahmen bei Komplikationen..... | 28 |
| Frühzeitige Erkennung von Komplikationen | 28 |
| Empfehlung Komplikationen | 28 |
| Infektionen unter ECLS-Therapie..... | 29 |
| Empfehlung zu Infektionen unter ECLS-Therapie..... | 29 |
| Extremitätenischämie..... | 30 |
| Empfehlungen zur Extremitätenischämie..... | 30 |
| Linksventrikuläre Distension | 30 |
| Empfehlungen zur linksventrikulären Distension | 31 |
| Zentrale Hypoxie..... | 31 |
| Empfehlung zur zentralen Hypoxie | 31 |
| Nierenversagen | 32 |

| | |
|---|----|
| Empfehlung zum Nierenversagen unter ECLS-Therapie | 32 |
| SF 6 Entwöhnung des ECLS-Systems | 33 |
| Einleitung des Weanings | 33 |
| Empfehlung zur Einleitung des Weanings | 33 |
| Überwachungsparameter bei der Entwöhnung | 34 |
| Empfehlung zu Überwachungsparametern bei der Entwöhnung | 34 |
| Entwöhnung vom ECLS-System | 34 |
| Empfehlung zur Entwöhnung vom ECLS-System | 35 |
| Additive Maßnahmen bei der Entwöhnung | 35 |
| Empfehlungen zur additiven Maßnahmen bei der Entwöhnung | 35 |
| Techniken der ECLS-Explantation | 37 |
| Empfehlungen zur ECLS-Explantation | 37 |
| Ethische und medizinisch Aspekte der Änderung von Therapiezielen | 38 |
| Empfehlungen zu ethischen und medizinischen Aspekten der Therapiezieländerung | 38 |
| SF 7 Nachsorge der ECLS-Therapie | 39 |
| Empfehlungen zur Nachsorge der ECLS-Therapie | 39 |
| SF 8 ECLS-Therapie bei Kindern | 41 |
| ECLS bei bestimmten Erkrankungen pädiatrischer Patienten | 41 |
| Empfehlungen zur ECLS bei bestimmten Erkrankungen | 41 |
| ECLS in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungskonzepten bei Kindern | 44 |
| Empfehlung zu verschiedenen Behandlungskonzepten bei Kindern | 44 |
| ECLS bei Kindern mit unterschiedlichen Risikoprofilen | 44 |
| Empfehlung zu ECLS bei Kindern mit unterschiedlichen Risikoprofilen | 45 |
| SF 8-2 Strukturelle und personelle Voraussetzungen für die Initiierung und Betreuung der ECLS | 46 |
| Einbindung von Fachexpertise bei der Initiierung der ECLS bei Kindern | 46 |
| Empfehlungen z. Einbindung von Fachexpertise bei der Initiierung der ECLS Kindern | 46 |
| Einbindung von Fachexpertise bei der Fortführung der ECLS bei Kindern | 47 |
| Empfehlungen zur Einbindung von Fachexpertise bei der Fortführung der ECLS bei Kindern | 47 |
| Anforderungen an Einrichtungen, die ECLS-Therapie bei Kindern durchführen | 48 |
| Empfehlungen zu Anforderungen an Einrichtungen, die ECLS-Therapie bei Kindern durchführen | 48 |

| | |
|--|----|
| Anforderungen an Mindestmengen an Implantationen bei Kindern | 50 |
| Empfehlungen zu Anforderungen Implantations-Mindestmengen Kinder | 51 |
| ECLS-Implantations-Szenarien | 52 |
| Empfehlung zu ECLS Implantations-Szenarien | 52 |
| Timing der ECLS-Initiierung bei Kindern | 52 |
| Empfehlung zum Timing der ECLS-Initiierung bei Kindern | 52 |
| SF 8-3 ECLS-Therapiemanagement bei Kindern..... | 54 |
| ECLS-Systemkomponenten bei Kindern | 54 |
| Empfehlungen zu Systemkomponenten bei Kindern | 54 |
| ECLS-Kanülierungsstellen bei Kindern | 55 |
| Empfehlungen zu ECLS- Kanülierungsstellen bei Kindern | 55 |
| ECLS-Zielparameter bei Kindern | 56 |
| Empfehlungen zu ECLS-Zielparametern | 56 |
| ECLS-Wechselwirkungen bei Kindern..... | 57 |
| Empfehlungen zu ECLS-Wechselwirkungen bei Kindern | 57 |
| Begleitendes Therapiemanagement bei Kindern..... | 58 |
| Empfehlung zum begleitenden Therapiemanagement | 58 |
| Anwendung und Tiefe der Sedierung bei Kindern | 59 |
| Empfehlung zur Sedierung bei Kindern | 59 |
| SF 8-4 Überwachung der ECLS-Therapie bei Kindern | 60 |
| Überwachung unter ECLS-Therapie | 60 |
| Empfehlungen zur Überwachung unter ECLS-Therapie | 60 |
| Überwachung der Oxygenierung..... | 61 |
| Empfehlung zur Überwachung der Oxygenierung | 61 |
| Überwachung der Antikoagulation | 62 |
| Empfehlung zur Antikoagulation bei Kindern | 62 |
| Überwachung der Extremitätenperfusion | 63 |
| Empfehlung zur Überwachung der Extremitätenperfusion bei Kindern..... | 63 |
| Neuromonitoring | 64 |
| Empfehlungen zum Neuromonitoring bei Kindern | 64 |
| SF 8-5 Maßnahmen bei Komplikationen bei Kindern | 66 |

| | |
|--|----|
| Häufige Komplikationen bei Kindern | 66 |
| Empfehlungen zur häufigen Komplikationen bei Kindern..... | 66 |
| Temperaturregelung bei Kindern..... | 68 |
| Empfehlungen zur Temperaturregelung bei Kindern | 68 |
| Nierenersatztherapie..... | 69 |
| Empfehlung zu Nierenersatztherapie bei ECLS bei Kindern..... | 69 |
| SF 8-6 Entwöhnung bei Kindern | 70 |
| Zeitpunkt der Entwöhnung bei Kindern | 70 |
| Empfehlungen zum Zeitpunkt der Entwöhnung | 70 |
| Überwachung der Entwöhnung bei Kindern | 70 |
| Empfehlung zur Überwachung der Entwöhnung bei Kindern..... | 71 |
| Ablauf der Entwöhnung bei Kindern..... | 71 |
| Empfehlung zum Ablauf der Entwöhnung bei Kindern..... | 71 |
| Additive Maßnahmen bei der Entwöhnung..... | 72 |
| Techniken der ECLS-Explantation bei Kindern | 72 |
| Empfehlungen zur ECLS-Explantation bei Kindern | 72 |
| SF 8-7 Nachsorge bei Kindern | 74 |
| Nachsorge Untersuchungen | 74 |
| Empfehlungen zu Nachsorgeuntersuchungen | 74 |
| Literatur | 75 |

SF1 Indikationen und Kontraindikationen der ECLS

ECLS bei bestimmten Erkrankungen

Schlüsselfrage 1.1

Welche Indikationen und Kontraindikationen gelten bei bestimmten Erkrankungen bzw. klinischen Krankheitszuständen, insbesondere unter Berücksichtigung ethischer Aspekte bei der Fortführung bzw. Beendigung

Empfehlungen zur ECLS bei bestimmten Erkrankungen

| 1.1.1 | Empfehlung |
|--------------------------------|---|
| Empfehlungsgrad 0 | Im kardiogenen Schock kann eine ECLS in Erwägung gezogen werden. |
| Evidenzgrad + bis ++ | <p>Systematisch gesichtete Literatur:</p> <p>Ouweneel, D. M., Schotborgh, J. V., Limpens, J., Sjauw, K. D., Engstrom, A. E., Lagrand, W. K. et al. (2016). Extracorporeal life support during cardiac arrest and cardiogenic shock: a systematic review and meta-analysis. <i>Intensive Care Med</i>, 42(12), 1922-1934. (1)</p> <p>Chen, S. W., Tsai, F. C., Lin, Y. S., Chang, C. H., Chen, D. Y., Chou, A. H. et al. (2017). Long-term outcomes of extracorporeal membrane oxygenation support for postcardiotomy shock. <i>J Thorac Cardiovasc Surg</i>, 154(2), 469-477.e462. (2)</p> <p>Chang, J. J., Lin, M. S., Chen, T. H., Chen, D. Y., Chen, S. W., Hsu, J. T. et al. (2017). Heart Failure and Mortality of Adult Survivors from Acute Myocarditis Requiring Intensive Care Treatment - A Nationwide Cohort Study. <i>Int J Med Sci</i>, 14(12), 1241-1250. (3)</p> <p>Schiller, P., Hellgren, L. & Vikholm, P. (2018). Survival after refractory cardiogenic shock is comparable in patients with Impella and veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation when adjusted for SAVE score. <i>Eur Heart J Acute Cardiovasc Care</i>, 2048872618799745. (4)</p> <p>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. <i>BioMed Research International</i>, 2018, 1-8. (5)</p> |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| 1.1.2 | Empfehlung |
|-----------------------------|--|
| Empfehlungsgrad 0 | Im Schock verursacht durch (Medikamenten-) Intoxikation kann eine ECLS in Erwägung gezogen werden. |
| Evidenzgrad | Systematisch gesichtete Literatur: |

| | |
|----------|---|
| + | Masson, R., Colas, V., Parienti, J. J., Lehoux, P., Massetti, M., Charbonneau, P. et al. (2012). A comparison of survival with and without extracorporeal life support treatment for severe poisoning due to drug intoxication. <i>Resuscitation</i> , 83(11), 1413-1417. (6) |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| | |
|---------------------------------|---|
| 1.1.3 | Empfehlung |
| Empfehlungsgrad 0 (B) | Bei in-hospital-Reanimation (IHCA) kann eine ECLS Therapie (E-CPR) in ausgewählten Fällen erwogen werden. Diese Entscheidung sollte frühzeitig getroffen werden. |
| Evidenzgrad +++ | Systematisch gesichtete Literatur: Blumenstein, J., Leick, J., Liebetau, C., Kempfert, J., Gaede, L., Gross, S. 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. <i>Eur Heart J Acute Cardiovasc Care</i> , 5(7), 13-22. (7) Shin, T. G., Choi, J. H., Jo, I. J., Sim, M. S., Song, H. G., Jeong, Y. K. et al. (2011). Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in patients with inhospital cardiac arrest: A comparison with conventional cardiopulmonary resuscitation. <i>Crit Care Med</i> , 39(1), 1-7. (8) Shin, T. G., Jo, I. J., Sim, M. S., Song, Y. B., Yang, J. H., Hahn, J. Y. et al. (2013). Two-year survival and neurological outcome of in-hospital cardiac arrest patients rescued by extracorporeal cardiopulmonary resuscitation. <i>Int J Cardiol</i> , 168(4), 3424-3430. (9) Lin, J. W., Wang, M. J., Yu, H. Y., Wang, C. H., Chang, W. T., Jerng, J. S. et al. (2010). Comparing the survival between extracorporeal rescue and conventional resuscitation in adult in-hospital cardiac arrests: propensity analysis of three-year data. <i>Resuscitation</i> , 81(7), 796-803. (10) |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| | |
|----------------------------------|---|
| 1.1.4 | Empfehlung |
| Empfehlungsgrad 0 (B) | Bei out of-hospital-Reanimation (OHCA) kann eine ECLS Therapie (E-CPR) in ausgewählten Fällen erwogen werden. Diese Entscheidung sollte frühzeitig getroffen werden. |
| Evidenzgrad ++ bis +++ | Systematisch gesichtete Literatur: Choi, D. S., Kim, T., Ro, Y. S., Ahn, K. O., Lee, E. J., Hwang, S. S. et al. (2016). Extracorporeal life support and survival after out-of-hospital cardiac arrest in a nationwide registry: A propensity score-matched analysis. <i>Resuscitation</i> , 99, 26-32. (11) Kim, S. J., Jung, J. S., Park, J. H., Park, J. S., Hong, Y. S. & Lee, S. W. (2014). An optimal transition time to extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for predicting good neurological |

| | |
|--|--|
| | <p>outcome in patients with out-of-hospital cardiac arrest: a propensity-matched study. <i>Crit Care</i>, 18(5), 535. (12)</p> <p>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. <i>Crit Care Med</i>, 41(5), 1186-1196. (13)</p> |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

ECLS in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungskonzepten

Schlüsselfrage 1.2

Welche Indikationen und Kontraindikationen gelten in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungskonzepten bzw. Bridgingsituationen?

Empfehlungen zur ECLS in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungskonzepten

| 1.2 | Empfehlung |
|--|---|
| <p>Empfehlungsgrad</p> <p>a) Empfehlung</p> <p>b) Keine Empfehlung</p> | <p>a) Bei Weaningversagen sollte in Rücksprache mit einem spezialisierten Zentrum (Herz-Kreislauf-Zentrum mit VAD-Expertise) die Implantation eines permanenten Unterstützungssystems erwogen werden.</p> <p>b) Der optimale Zeitpunkt zum Wechsel von ECLS auf ein Langzeitunterstützungssystem ist gemäß Evidenzlage gegenwärtig unklar.</p> |
| <p>Evidenzgrad</p> <p>a) Experten-konsens</p> <p>b) +</p> | <p>Systematisch gesichtete Literatur:</p> <p>Cheng, R., Ramzy, D., Azarbal, B., Arabia, F. A., Esmailian, F., Czer, L. S. et al. (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. <i>Artif Organs</i>, 41(3), 224-232 (14)</p> <p>Fukuhara, S., Takeda, K., Kurlansky, P. A., Naka, Y. & Takayama, H. (2018). Extracorporeal membrane oxygenation as a direct bridge to heart transplantation in adults. <i>J Thorac Cardiovasc Surg</i>, 155(4), 1607-1618.e1606 (15)</p> |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

ECLS bei Patienten mit unterschiedlichen Risikoprofilen

Schlüsselfrage 1.3

Welche Indikationen und Kontraindikationen gelten für Patienten mit unterschiedlichen Risikoprofilen?

Empfehlungen zur ECLS bei unterschiedlichen Risikoprofilen

| 1.3 | Empfehlung |
|--|---|
| Empfehlungsgrad a) Empfehlung b) Keine Empfehlung | a) Die Entscheidung bzgl. einer ECLS sollte nach Abwägung von Pro- und Kontrakriterien individuell, im klinischen Kontext und im ECLS-Team erfolgen (adaptiert nach eCPR-Konsensuspapier 2018 (16)). b) Es können keine studienbasierten Empfehlungen zur Restriktion der ECLS Therapie bei längerer Reanimationsdauer oder Alter des Patienten gegeben werden. |
| Evidenzgrad a) Experten-konsens b) Qualität der Evidenz: + | Systematisch gesichtete Literatur: Chang, C. H., Chen, H. C., Caffrey, J. L., Hsu, J., Lin, J. W., Lai, M. S. et al. (2016). Survival Analysis After Extracorporeal Membrane Oxygenation in Critically Ill Adults: A Nationwide Cohort Study. <i>Circulation</i> , 133(24), 2423-2433. (17) Lorusso, R., Gelsomino, S., Parise, O., Mendiratta, P., Prodhon, P., Rycus, P. et al. (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. <i>Ann Thorac Surg</i> , 104(1), 62-69. (18) Richardson, A. S., Schmidt, M., Bailey, M., Pellegrino, V. A., Rycus, P. T. & Pilcher, D. V. (2017). ECMO Cardio-Pulmonary Resuscitation (ECPR), trends in survival from an international multicentre cohort study over 12-years. <i>Resuscitation</i> , 112, 34-40. (19) Schmidt, M., Burrell, A., Roberts, L., Bailey, M., Sheldrake, J., Rycus, P. T. et al. (2015). Predicting survival after ECMO for refractory cardiogenic shock: the survival after veno-arterial-ECMO (SAVE)-score. <i>Eur Heart J</i> , 36(33), 2246-2256. (20) Smith, M., Vukomanovic, A., Brodie, D., Thiagarajan, R., Rycus, P. & Buscher, H. (2017). Duration of veno-arterial extracorporeal life support (VA ECMO) and outcome: an analysis of the Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) registry. <i>Crit Care</i> , 21(1), 45. (21) |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

SF 2 Strukturelle und personelle Voraussetzungen für die Initiierung und Betreuung der ECLS

Einbindung von Fachexpertise bei der Initiierung der ECLS

Schlüsselfrage 2.1

Vertreter welcher Fachgebiete/Fachrichtungen sollen bei der Initiierung einer ECLS-Therapie eingebunden sein?

Empfehlungen zur Einbindung von Fachexpertise bei der Initiierung der ECLS

| 2.1.1 | Empfehlung |
|---|--|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | 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 |
| Evidenzgrad Expertenkonsens | Systematisch gesichtete Literatur: Keine Nicht systematisch gesichtete Literatur: Michels, G., Wengenmayer, T., Hagl, C., Dohmen, C., Bottiger, B. W., Bauersachs, J.et al. (2018). [Recommendations for extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (eCPR) : Consensus statement of DGIIN, DGK, DGTHG, DGfK, DGNI, DGAI, DIVI and GRC]. Med Klin Intensivmed Notfmed, 113(6), 478-486. (16) Abrams, D., Garan, A. R., Abdelbary, A., Bacchetta, M., Bartlett, R. H., Beck, J.et al. (2018). Position paper for the organization of ECMO programs for cardiac failure in adults. Intensive Care Med, 44(6), 717-729.(22) |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| 2.1.2 | Empfehlung |
|---|--|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Für die ECLS-Initiierung soll entsprechend der Fachabteilungen eine spezifische Mindest-Ausrüstung und strukturelle Ausstattung vorgehalten werden. |
| Evidenzgrad Expertenkonsens | Systematisch gesichtete Literatur: Keine Nicht systematisch gesichtete Literatur: Michels, G., Wengenmayer, T., Hagl, C., Dohmen, C., Bottiger, B. W., Bauersachs, J.et al. (2018). [Recommendations for extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (eCPR) : Consensus |

| | |
|--|--|
| | <p>statement of DGIIN, DGK, DGTHG, DGfK, DGNI, DGAI, DIVI and GRC]. Med Klin Intensivmed Notfmed, 113(6), 478-486. (16)</p> <p>Abrams, D., Garan, A. R., Abdelbary, A., Bacchetta, M., Bartlett, R. H., Beck, J. et al. (2018). Position paper for the organization of ECMO programs for cardiac failure in adults. Intensive Care Med, 44(6), 717-729. (22)</p> |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| | |
|---|--|
| 2.1.3 | Empfehlung |
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Für die ECLS-Implantation soll eine den lokalen Gegebenheiten angepasste, standardisierte Vorgehensweise verschriftlicht vorliegen. 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 auseinander gesetzt haben. |
| Evidenzgrad Expertenkonsens | <p>Systematisch gesichtete Literatur: Keine</p> <p>Nicht systematisch gesichtete Literatur:</p> <p>Extracorporeal Life Support Organization (2014). ELSO Guidelines for ECMO Centers Verfügbar unter: https://www.else.org/Portals/0/IGD/Archive/FileManager/faf3f6a3c7cusersshydocumentselsoguidelinesecmocentersv1.8.pdf [09 Mar 2020]. (23).</p> |
| | Konsensstärke: Konsens |

| | |
|--------------------------------------|--|
| 2.1.4 | Empfehlung |
| Empfehlungsgrad Empfehlung | Krankenhäuser ohne ausreichende Expertise sollten eine strukturierte medizinische Kooperation zu einer Klinik mit einem ECLS-Programm besitzen. |
| Evidenzgrad EK | <p>Systematisch gesichtete Literatur: Keine</p> <p>Nicht systematisch gesichtete Literatur:</p> <p>Abrams, D., Garan, A. R., Abdelbary, A., Bacchetta, M., Bartlett, R. H., Beck, J., . . . Brodie, D. (2018). Position paper for the organization of ECMO programs for cardiac failure in adults. Intensive Care Med, 44(6), 717-729. doi:10.1007/s00134-018-5064-5 (22)</p> <p>Michels, G., Wengenmayer, T., Hagl, C., Dohmen, C., Bottiger, B. W., Bauersachs, J., . . . Thiele, H. (2018). [Recommendations for extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (eCPR) : Consensus statement of DGIIN, DGK, DGTHG, DGfK, DGNI, DGAI, DIVI and GRC]. Med Klin Intensivmed Notfmed, 113(6), 478-486. doi:10.1007/s00063-018-0452-8 (16)</p> |

| | |
|--|------------------------|
| | Konsensstärke: Konsens |
|--|------------------------|

Einbindung von Fachexpertise bei der Fortführung der ECLS

Schlüsselfrage 2.2

Vertreter welcher Fachgebiete/Fachrichtungen sollen bei der Fortführung einer ECLS-Therapie eingebunden sein?

Empfehlungen zur Einbindung von Fachexpertise bei der Fortführung der ECLS

| 2.2.1 | Empfehlung |
|---|---|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Die ECLS-Fortführung soll in einem Zentrum mit voll umfänglicher intensivmedizinischer Behandlungsmöglichkeit in einem standardisierten, multidisziplinären und multimodalen Ansatz unter Leitung eines mit dieser Methode erfahrenen Facharztes mit Zusatzbezeichnung Intensivmedizin erfolgen. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine Nicht systematisch gesichtete Literatur: Abrams, D., Garan, A. R., Abdelbary, A., Bacchetta, M., Bartlett, R. H., Beck, J., . . . Brodie, D. (2018). Position paper for the organization of ECMO programs for cardiac failure in adults. <i>Intensive Care Med</i> , 44(6), 717-729. doi:10.1007/s00134-018-5064-5 (22) Combes, A., Brodie, D., Bartlett, R., Brochard, L., Brower, R., Conrad, S. et al. (2014). Position paper for the organization of extracorporeal membrane oxygenation programs for acute respiratory failure in adult patients. <i>Am J Respir Crit Care Med</i> , 190(5), 488-496 (24). |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| 2.2.2 | Empfehlung |
|---|---|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Bei der ECLS-Fortführung des Erwachsenen soll die Einbindung ärztlicher Vertreter aller medizinischer Fachgebiete erfolgen können, die für das Management der potenziellen ECLS-Komplikationen erforderlich sind (Tabelle 1) |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine Nicht systematisch gesichtete Literatur: Keine Abrams, D., Garan, A. R., Abdelbary, A., Bacchetta, M., Bartlett, R. H., Beck, J., . . . Brodie, D. (2018). Position paper for the organization |

| | |
|--|---|
| | <p>of ECMO programs for cardiac failure in adults. Intensive Care Med, 44(6), 717-729. doi:10.1007/s00134-018-5064-5 (22)</p> <p>Combes, A., Brodie, D., Bartlett, R., Brochard, L., Brower, R., Conrad, S. et al. (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 (24)</p> |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

Anforderungen an Einrichtungen, die ECLS-Therapie durchführen

Schlüsselfrage 2.3

Welche Anforderungen / Kriterien (ärztlicher und pflegerischer Betreuungsschlüssel und Mitarbeiterqualifikation) soll eine Einrichtung erfüllen, die eine ECLS-Therapie betreut?

Empfehlungen zu Anforderungen an Einrichtungen, die ECLS Therapie durchführen

| 2.3.1 | Empfehlung |
|--|--|
| <p>Empfehlungsgrad</p> <p>Starke Empfehlung</p> | <p>Die Abläufe der Initiierung, der Weiterversorgung, des Trainings und der Mitarbeiter-Qualifikation des multiprofessionellen ECLS-Teams sollen durch den ärztlichen Leiter des ECLS-Programms je nach institutioneller Struktur koordiniert werden.</p> |
| <p>Evidenzgrad</p> <p>EK</p> | <p>Systematisch gesichtete Literatur: Keine</p> <p>Nicht systematisch gesichtete Literatur:</p> <p>Abrams, D., Garan, A. R., Abdelbary, A., Bacchetta, M., Bartlett, R. H., Beck, J., . . . Brodie, D. (2018). Position paper for the organization of ECMO programs for cardiac failure in adults. Intensive Care Med, 44(6), 717-729. doi:10.1007/s00134-018-5064-5 (22)</p> <p>Combes, A., Brodie, D., Bartlett, R., Brochard, L., Brower, R., Conrad, S., . . . Vuylsteke, A. (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. doi:10.1164/rccm.201404-0630CP(24)</p> <p>Michels, G., Wengenmayer, T., Hagl, C., Dohmen, C., Bottiger, B. W., Bauersachs, J. et al. (2018). [Recommendations for extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (eCPR) : Consensus statement of DGIIN, DGK, DGTHG, DGfK, DGNI, DGAI, DIVI and GRC]. Med Klin Intensivmed Notfmed, 113(6), 478-486.(16).</p> |
| | Konsensstärke: Konsens |

| | |
|---|--|
| 2.3.2 | Empfehlung |
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Die multimodale ECLS-Therapie auf der Intensivstation soll durch speziell in dem Therapieverfahren geschultes multiprofessionelles Team erfolgen. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine Nicht systematisch gesichtete Literatur: Michels, G., Wengenmayer, T., Hagl, C., Dohmen, C., Bottiger, B. W., Bauersachs, J., . . . Thiele, H. (2018). [Recommendations for extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (eCPR) : Consensus statement of DGIIN, DGK, DGTHG, DGfK, DGNI, DGAI, DIVI and GRC]. Med Klin Intensivmed Notfmed, 113(6), 478-486. doi:10.1007/s00063-018-0452-8 (16). |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| | |
|---|--|
| 2.3.3 | Empfehlung |
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Die Fortbildung des multiprofessionellen Teams auf der Intensivstation soll regelmäßig nach einem definierten internen Curriculum erfolgen. Dabei richtet sich der Schulungsbedarf nach dem zentrums-spezifischem ECLS-Volumen und der individuellen Erfahrung der Mitarbeiter. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine Nicht systematisch gesichtete Literatur: Abrams, D., Garan, A. R., Abdelbary, A., Bacchetta, M., Bartlett, R. H., Beck, J., . . . Brodie, D. (2018). Position paper for the organization of ECMO programs for cardiac failure in adults. Intensive Care Med, 44(6), 717-729. doi:10.1007/s00134-018-5064-5 (22) |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| | |
|---|--|
| 2.3.4 | Empfehlung 2.3.4 |
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | 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. Die Möglichkeit einer 1:1 pflegerischen Betreuung sollte sichergestellt sein. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine Nicht systematisch gesichtete Literatur: |

| | |
|--|--|
| | Combes, A., Brodie, D., Bartlett, R., Brochard, L., Brower, R., Conrad, S., . . . Vuylsteke, A. (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. doi:10.1164/rccm.201404-0630CP.(24) |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| | |
|---|---|
| 2.3.5 | Empfehlung |
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | 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 geschulten Fachkraft erfolgen. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine Nicht systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: Konsens |

Anforderungen an Mindestmengen an Implantationen

Schlüsselfrage 2.4

Beeinflusst die Anzahl der durchgeführten ECLS-Therapien/Jahr die Effektivität und Sicherheit der ECLS-Therapie bei Patienten im kardiogenen Schock (Kann eine Mindestmenge definiert werden?) ?

Empfehlungen zu Mindestmengen an Implantationen

| | |
|--|--|
| 2.4.1 | Empfehlung |
| Empfehlungsgrad a) Statement | a) Für das Erreichen eines ausreichenden Therapieerfolges durch die ECLS kann auf der Basis der vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnis keine Mindestmenge an Implantationen pro Jahr definiert werden. |
| b) Empfehlung | b) Eine Implantationszahl von mindestens 20 ECLS/Jahr sollte angestrebt werden. |
| Evidenzgrad a) + | Systematisch gesichtete Literatur : McCarthy, F. H., McDermott, K. M., Spragan, D., Hoedt, A., Kini, V., Atluri, P. et al. (2016). Unconventional Volume-Outcome Associations in |

| | |
|--------------|--|
| b) EK | <p>Adult Extracorporeal Membrane Oxygenation in the United States. <i>Ann Thorac Surg</i>, 102(2), 489-495 (25)</p> <p>Barbaro, R. P., Odetola, F. O., Kidwell, K. M., Paden, M. L., Bartlett, R. H., Davis, M. M., & Annich, G. M. (2015). Association of hospital-level volume of extracorporeal membrane oxygenation cases and mortality. Analysis of the extracorporeal life support organization registry. <i>Am J Respir Crit Care Med</i>, 191(8), 894-901. doi:10.1164/rccm.201409-1634OC (26)</p> <p>Huesch, M. D. (2018). Volume-Outcome Relationships in Extracorporeal Membrane Oxygenation: Retrospective Analysis of Administrative Data From Pennsylvania, 2007-2015. <i>Asaio j</i>, 64(4), 450-457.(27)</p> |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

ECLS-Implantations-Szenarien

Schlüsselfrage 2.5

Welche Effekte hat das ECLS-Implantations-Szenario in Bezug auf Ort und Zeit (z.B. intrahospitale versus interhospitale versus extrahospitale oder intraprozedurale versus periprozedurale Situation)?

Empfehlungen zu verschiedenen ECLS-Implantations-Szenarien

| | |
|--------------------------------------|---|
| 2.5.1 | Empfehlung |
| Empfehlungsgrad Empfehlung | Das klinische Setting (IH-CA vs. OH-CA) allein sollte keinen entscheidenden Einfluss auf die Initiierung einer ECLS-Therapie haben. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| | |
|-----------------------------|---|
| 2.5.2 | Empfehlung |
| Empfehlungsgrad B | Der Einsatz mobiler ECLS-Teams zur Versorgung von Patienten in externen Krankenhäusern sollte im Einzelfall erwogen werden. |
| Evidenzgrad + | Systematisch gesichtete Literatur: Beurtheret, S., Mordant, P., Paoletti, X., Marijon, E., Celermajer, D. S., Leger, P., . . . 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. doi:10.1093/eurheartj/ehs081 (28) |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| | |
|--|---|
| 2.5.3 | Empfehlung |
| Empfehlungsgrad a) Offene Empfehlung b) Empfehlung | a) Eine extrahospitale ECLS-Initiierung kann im Einzelfall erwogen werden. b) Diese Einsätze sollten in einem Register erfasst werden. |
| Evidenzgrad a) EK b) EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: Konsens |

Timing der ECLS-Initiierung

Schlüsselfrage 2.6

Beeinflusst das Timing (intraoperativ vs. postoperativ) der ECLS-Initiierung bei Patienten im Postkardiotomie-bedingten kardiogenen Schock den Effekt der Therapie?

Empfehlungen zum Timing der ECLS-Initiierung

| | |
|--------------------------------------|---|
| 2.6.1 | Empfehlung |
| Empfehlungsgrad Empfehlung | Zur Vermeidung eines postoperativen Herz-Kreislaufversagens nach kardiochirurgischen Eingriffen sollte schon intraoperativ die Indikation für eine ECLS-Initiierung geprüft werden. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

SF 3 Therapiemanagement

ECLS Systemkomponenten

Schlüsselfrage 3.1

Wie soll das Therapiemanagement bezüglich der ECLS-Systemkomponenten (z.B. miniaturisierte versus konventionelle Systeme, Rollen- versus Zentrifugalpumpen, konventionelle versus dispersive Kanülen) erfolgen?

Empfehlungen zu ECLS-Systemkomponenten

| 3.1.1 | Empfehlung |
|---|--|
| Empfehlungsgrad A | Für ECLS sollen nur Zentrifugalpumpen verwendet werden. |
| Evidenzgrad Qualität der Evidenz: + | Systematisch gesichtete Literatur: Barrett, C. S., Jagers, J. J., Cook, E. F., Graham, D. A., Yarlagadda, V. V., Teele, S. A., . . . Thiagarajan, R. R. (2013). Pediatric ECMO outcomes: comparison of centrifugal versus roller blood pumps using propensity score matching. <i>Asaio j</i> , 59(2), 145-151. doi:10.1097/MAT.0b013e31828387cd. (29) Byrnes, J., McKamie, W., Swearingen, C., Prodhan, P., Bhutta, A., Jaquiss, R., . . . Fiser, R. (2011). Hemolysis during cardiac extracorporeal membrane oxygenation: a case-control comparison of roller pumps and centrifugal pumps in a pediatric population. <i>Asaio j</i> , 57(5), 456-461. doi:10.1097/MAT.0b013e31822e2475 (30) |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| 3.1.2 | Empfehlung |
|--|---|
| Empfehlungsgrad Empfehlung | Für ECLS sollten bevorzugt beschichtete Komponenten verwendet werden. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

ECLS-Kanülierungsstellen

Schlüsselfrage 3.2

Wie soll das Therapiemanagement bezüglich der verschiedenen ECLS-Kanülierungsstellen (z.B. femorale, subklavikuläre, aortale / kardiale Kanülierung) und -techniken (z.B. perkutane versus offene oder direkte versus Prothesen-medierte Kanülierung, LV-Entlastung, v→va-ECLS) sowie die Liegezeit der Kanülen erfolgen?

Empfehlungen zu Kanülierungsstellen

| 3.2 | Empfehlung |
|--|---|
| Empfehlungsgrad a) Empfehlung b) Offen | a) Die Auswahl der arteriellen Kanülierungsstelle sollte nach patientenindividuellen Aspekten erfolgen. b) Bei Erwachsenen kann entweder eine periphere (A.femoralis) oder eine zentrale (A.subclavia; Ao.ascendens) Kanülierung erfolgen. |
| Evidenzgrad a) EK b) EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

ECLS-Zielparameter

Schlüsselfrage 3.3

Wie soll das Therapiemanagement bezüglich der verschiedenen ECLS-Zielparameter (Flussparameter wie z.B. pulsatiler versus nicht-pulsatiler Fluss, Flussminutenvolumen in Abhängigkeit von der zugrundeliegenden Pathologie oder weitere Monitoringparameter wie z.B. MAD) erfolgen?

Empfehlungen zu ECLS-Zielparametern

| 3.3.1 | Empfehlung |
|-----------------|--|
| Empfehlungsgrad | Für oder gegen pulsatilen ECLS-Fluss kann gegenwärtig keine studienbasierte Empfehlung ausgesprochen werden. |

| | |
|--------------------------|--|
| Keine Empfehlung | |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| 3.3.2 | Empfehlung |
|--|---|
| Empfehlungsgrad Empfehlung | Bei inadäquatem Laktatabfall oder unzureichender zentralvenöser Sättigung sollte unter Berücksichtigung des klinischen Zustands des Patienten auch eine Anpassung des Pumpflusses erwogen werden. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

ECLS-Antikoagulationsstrategien

Schlüsselfrage 3.4

Wie soll das Therapiemanagement bezüglich der verschiedenen ECLS-Antikoagulationsstrategien (z.B. Wahl der Antikoagulation, Laborparameter/ Tests für Gerinnungskontrollen, Zielwerte für Gerinnungsparameter) erfolgen?

Empfehlungen zu ECLS-Antikoagulationsstrategien

| 3.4 | Empfehlung |
|--|---|
| Empfehlungsgrad Empfehlung | Die Antikoagulation sollte mit unfraktioniertem Heparin erfolgen. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

ECLS-Wechselwirkungen

Schlüsselfrage 3.5

Wie sollen das Therapiemanagement bezüglich möglicher Wechselwirkungen verschiedener Medikamenten-Therapien mit einem ECLS-System (z.B. Antibiotika, Katecholamine) erfolgen?

Empfehlungen zu ECLS-Wechselwirkungen

| 3.5.1 | Empfehlung |
|-------------------|---|
| Empfehlungsgrad | Unter ECLS sollten die Katecholamine möglichst weit reduziert werden. |
| Empfehlung | |
| Evidenzgrad | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| EK | |
| | Konsensstärke: Konsens |

| 3.5.2 | Empfehlung |
|------------------|---|
| Empfehlungsgrad | Für eine Empfehlung zur Levosimendan-Therapie im Rahmen des ECLS-Weanings reicht die Evidenz aus Sicht der LL-Gruppe nicht aus. |
| Statement | |
| Evidenzgrad | Systematisch gesichtete Literatur: |
| ++ | Distelmaier, K., Roth, C., Schrutka, L., Binder, C., Steinlechner, B., Heinz, G., . . . Goliash, G. (2016). Beneficial effects of levosimendan on survival in patients undergoing extracorporeal membrane oxygenation after cardiovascular surgery. Br J Anaesth, 117(1), 52-58. doi:10.1093/bja/aew151(31) |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

Begleitendes Therapiemanagement (Physio-/ Atemtherapie; Lagerungs- und Mobilisationsmaßnahmen)

Schlüsselfrage 3.6

Wie soll das Therapiemanagement bezüglich der Physiotherapie-, Atmungstherapie- und Lagerungsmaßnahmen sowie der Mobilisation im Rahmen einer ECLS-Therapie erfolgen?

Empfehlungen zum begleitenden Therapiemanagement

| 3.6 | Empfehlung |
|---|---|
| Empfehlungsgrad a) Empfehlung b) Empfehlung | a) Physiotherapie, Atemtherapie und Lagerungsmaßnahmen sollten im Rahmen einer ECLS-Therapie durchgeführt werden. b) Eine Frühmobilisation sollte bei stabiler Flusssituation im erfahrenen Team mit erfahrenen Physiotherapeuten angestrebt werden. |
| Evidenzgrad a) EK b) EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

Anwendung und Tiefe der Sedierung bei ECLS

Schlüsselfrage 3.7

Wie soll das Therapiemanagement bezüglich der Anwendung und Tiefe der Sedierung im Rahmen einer ECLS-Therapie erfolgen?

Empfehlungen zu Anwendung und Tiefe der Sedierung bei ECLS

| 3.7 | Empfehlung |
|--|---|
| Empfehlungsgrad Empfehlung | Auch während ECLS-Therapie sollten unter Berücksichtigung der Therapiesicherheit ...eine adäquate Analgesie erfolgen / ...die Sedierungstiefe so gering wie möglich gehalten werden / ...eine Extubation angestrebt werden. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

SF 4 Überwachung bei ECLS-Therapie

Überwachung unter ECLS-Therapie

Schlüsselfrage 4.1

Wie soll die Überwachung eines Patienten unter ECLS-Therapie erfolgen und welche Parameter sollen hierbei berücksichtigt werden?

Empfehlungen zur Überwachung unter ECLS-Therapie

| 4.1 | Empfehlung |
|---|--|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | 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. |
| Evidenzgrad EK | <p>Nicht systematisch ermittelte Literatur:</p> <p>Beckmann, A., Benk, C., Beyersdorf, F., Haimerl, G., Merkle, F., Mestres, C. et al. (2011). Position article for the use of extracorporeal life support in adult patients. Eur J Cardiothorac Surg, 40(3), 676-680 (32)</p> <p>Extracorporeal Life Support Organization. (2014). Guidelines for AdultCardiacFailure Verfügbar unter: https://www.else.org/Portals/0/IGD/Archive/FileManager/e76ef78eabcusersshydocumentselsoguidelinesforadultcardiacfailure1.3.pdf [09 Mar 2020].(33)</p> <p>Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) General Guidelines for all ECLS Cases Verfügbar unter: www.else.org (34)</p> <p>Pichler, P., Antretter, H., Dunser, M., Eschertzhuber, S., Gottardi, R., Heinz, G. et al. (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)</p> |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

Überwachung der Oxygenierung des Patienten

Schlüsselfrage 4.2

Wie soll die Oxygenierung des Patienten unter ECLS-Therapie überwacht werden?

Empfehlung zur Überwachung der Oxygenierung

| 4.2 | Empfehlung |
|---|---|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Bei femoral arterieller Kanülierung soll 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. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

Überwachung der Antikoagulation

Schlüsselfrage 4.3

Wie soll die Überwachung einer suffizienten Antikoagulation unter ECLS-Therapie erfolgen?

Empfehlung zur Antikoagulation

| 4.3 | Empfehlung |
|---|---|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Unter ECLS-Therapie soll eine engmaschige Kontrolle der Antikoagulation erfolgen. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

Überwachung der Extremitätenperfusion

Schlüsselfrage 4.4

Unter welchen Aspekten soll eine Überwachung der Extremitätenperfusion unter ECLS-Therapie erfolgen?

Empfehlung zur Überwachung der Extremitätenfunktion

| 4.4 | Empfehlung |
|---|--|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Bei peripherer Kanülierung soll eine Überwachung der Perfusion der distalen Extremitäten erfolgen. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

Neuromonitoring

Schlüsselfrage 4.5

Wie und mit welcher Frequenz soll ein adäquates Neuromonitoring von Patienten am ECLS durchgeführt werden?

Empfehlung zum Neuromonitoring

| 4.5 | Empfehlung |
|---|--|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Unter ECLS-Therapie soll eine klinisch-neurologische Basis-Untersuchung täglich und eine Kontrolle der Pupillomotorik mehrmals täglich erfolgen. Aufgrund fehlender belastbarer Daten kann keine darüber hinaus reichende apparative Methode zur Routine-Überwachung der neurologischen Funktionen empfohlen werden. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

SF 5 Maßnahmen bei Komplikationen

Frühzeitige Erkennung von Komplikationen

Schlüsselfrage 5.1

Welche Maßnahmen gewährleisten eine frühzeitige Erkennung von Komplikationen bei Patienten unter ECLS-Therapie?

Empfehlung Komplikationen

| 5.1 | Empfehlung |
|---|---|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | 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. |
| Evidenzgrad + | <p>Systematisch ermittelte Literatur:</p> <p>Richardson, A. S., Schmidt, M., Bailey, M., Pellegrino, V. A., Rycus, P. T., & Pilcher, D. V. (2017). ECMO Cardio-Pulmonary Resuscitation (ECPR), trends in survival from an international multicentre cohort study over 12-years. <i>Resuscitation</i>, 112, 34-40. doi:10.1016/j.resuscitation.2016.12.009 (19)</p> <p>Lorusso, R., Barili, F., Mauro, M. D., Gelsomino, S., Parise, O., Rycus, P. T., . . . Thiagarajan, R. R. (2016). In-Hospital Neurologic Complications in Adult Patients Undergoing Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation: Results From the Extracorporeal Life Support Organization Registry. <i>Crit Care Med</i>, 44(10), e964-972. doi:10.1097/ccm.0000000000001865 (36)</p> <p>Bizzarro, M. J., Conrad, S. A., Kaufman, D. A., & Rycus, P. (2011). Infections acquired during extracorporeal membrane oxygenation in neonates, children, and adults. <i>Pediatr Crit Care Med</i>, 12(3), 277-281. doi:10.1097/PCC.0b013e3181e28894 (Bizzarro, Conrad, Kaufman, & Rycus, 2011)</p> <p>Vogel, A. M., Lew, D. F., Kao, L. S., & Lally, K. P. (2011). Defining risk for infectious complications on extracorporeal life support. <i>J Pediatr Surg</i>, 46(12), 2260-2264. doi:10.1016/j.jpedsurg.2011.09.013 (37)</p> <p>Dalton, H. J., Garcia-Filion, P., Holubkov, R., Moler, F. W., Shanley, T., Heidemann, S., . . . Nicholson, C. (2015). Association of bleeding and thrombosis with outcome in extracorporeal life support. <i>Pediatr Crit Care Med</i>, 16(2), 167-174. doi:10.1097/pcc.0000000000000317 (38)</p> |

| | |
|--|--|
| | <p>Polito, A., Barrett, C. S., Wypij, D., Rycus, P. T., Netto, R., Cogo, P. E., & Thiagarajan, R. R. (2013). Neurologic complications in neonates supported with extracorporeal membrane oxygenation. An analysis of ELSO registry data. <i>Intensive Care Med</i>, 39(9), 1594-1601. doi:10.1007/s00134-013-2985-x (39)</p> <p>Werho, D. K., Pasquali, S. K., Yu, S., Donohue, J., Annich, G. M., Thiagarajan, R. R., . . . Gaies, M. (2015). Epidemiology of Stroke in Pediatric Cardiac Surgical Patients Supported With Extracorporeal Membrane Oxygenation. <i>Ann Thorac Surg</i>, 100(5), 1751-1757. doi:10.1016/j.athoracsur.2015.06.020 (40)</p> <p>Werho, D. K., Pasquali, S. K., Yu, S., Donohue, J., Annich, G. M., Thiagarajan, R. R., . . . Gaies, M. G. (2015). Hemorrhagic complications in pediatric cardiac patients on extracorporeal membrane oxygenation: an analysis of the Extracorporeal Life Support Organization Registry. <i>Pediatr Crit Care Med</i>, 16(3), 276-288. doi:10.1097/pcc.0000000000000345 (41)</p> <p>Wightman, A., Bradford, M. C., Symons, J., & Brogan, T. V. (2015). Impact of Kidney Disease on Survival in Neonatal Extracorporeal Life Support. <i>Pediatr Crit Care Med</i>, 16(6), 576-582. doi:10.1097/pcc.0000000000000414 (42)</p> |
| | <p>Konsensstärke: starker Konsens</p> |

Infektionen unter ECLS-Therapie

Schlüsselfrage 5.2

Welche Maßnahmen sind bezüglich Infektionen bei Patienten unter ECLS-Therapie zu berücksichtigen?

Empfehlung zu Infektionen unter ECLS-Therapie

| 5.2 | Empfehlung |
|--|--|
| <p>Empfehlungsgrad</p> <p style="text-align: center;">Starke Empfehlung</p> | <p>Bestehende Infektionen sollen vor ECLS-Implantation antibiotisch therapiert werden, ohne damit den Beginn einer notwendigen ECLS-Therapie zu verzögern.</p> |
| <p>Evidenzgrad</p> <p style="text-align: center;">+</p> | <p>Systematisch ermittelte Literatur:</p> <p>Vogel, A. M., Lew, D. F., Kao, L. S., & Lally, K. P. (2011). Defining risk for infectious complications on extracorporeal life support. <i>J Pediatr Surg</i>, 46(12), 2260-2264. doi:10.1016/j.jpedsurg.2011.09.013 (Vogel, Lew, Kao, & Lally, 2011)</p> |

| | |
|--|------------------------|
| | |
| | Konsensstärke: Konsens |

Extremitätenischämie

Schlüsselfrage 5.3

Welche Maßnahmen sollen zur Vermeidung einer Extremitätenischämie angewandt werden?

Empfehlungen zur Extremitätenischämie

| 5.3.1 | Empfehlung |
|---|--|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Bei femoraler arterieller Kanülierung soll eine distale Perfusionskanüle zur Vermeidung einer entsprechenden Extremitätenischämie durchgeführt werden. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Evidenz: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| 5.3.2 | Empfehlung |
|--------------------------------------|---|
| Empfehlungsgrad Empfehlung | Bei femoraler Kanülierung sollte eine seitendifferente Kanülierung von Arterie und Vene bevorzugt werden. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Evidenz: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

Linksventrikuläre Distension

Schlüsselfrage 5.4

Welche therapeutischen Maßnahmen sollen bei Vorliegen einer linksventrikulären Distension ergriffen werden?

Empfehlungen zur linksventrikulären Distension

| 5.4 | Empfehlung |
|---|---|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Bei Vorliegen einer linksventrikulären Distension soll nach Ausschöpfung konservativer Maßnahmen eine aktive Entlastung des LV durchgeführt werden. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch ermittelte Literatur: Patel, S. M., Lipinski, J., Al-Kindi, S. G., Patel, T., Saric, P., Li, J., . . . Bezerra, H. G. (2018). Simultaneous Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation and Percutaneous Left Ventricular Decompression Therapy with Impella Is Associated with Improved Outcomes in Refractory Cardiogenic Shock. <i>Asaio j.</i> doi:10.1097/mat.0000000000000767(43) Pappalardo, F., Schulte, C., Pieri, M., Schrage, B., Contri, R., Soeffker, G., . . . Westermann, D. (2017). Concomitant implantation of Impella on top of veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation may improve survival of patients with cardiogenic shock. <i>Eur J Heart Fail.</i> Retrieved from http://onlinelibrary.wiley.com/o/cochrane/clcentral/articles/778/CN-01245778/frame.html doi:10.1002/ejhf.668 (44) Schmack, B., Seppelt, P., Weymann, A., Alt, C., Farag, M., Arif, R. et al. (2017). Extracorporeal life support with left ventricular decompression-improved survival in severe cardiogenic shock: results from a retrospective study. <i>PeerJ</i> , 5, e3813. (45) |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

Zentrale Hypoxie

Schlüsselfrage 5.5

Wie soll die Behandlung einer zentralen Hypoxie erfolgen?

Empfehlung zur zentralen Hypoxie

| 5.5 | Empfehlung |
|---|--|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | 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 folgende Maßnahmen: <ul style="list-style-type: none"> • Umkanülierung auf rechte A. axillaris |

| | |
|--------------------------|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Einbringen einer weiteren Kanüle (z.B. via rechte V. jugularis interna) & Wechsel der Konfiguration auf veno-arteriovenös (V-AV) • Einbringen einer weiteren venösen Drainage-Kanüle (VV-A Konfiguration) • Wechsel von einer peripheren Kanülierung auf eine zentrale Kanülierung. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

Nierenversagen

Schlüsselfrage 5.6

Wie soll ein akutes Nierenversagen unter ECLS-Therapie behandelt werden?

Empfehlung zum Nierenversagen unter ECLS-Therapie

| | |
|--------------------------------------|--|
| 5.6 | Empfehlung |
| Empfehlungsgrad Empfehlung | Entscheidet man sich unter ECLS-Therapie für ein Nierenersatz-Verfahren, sollte zur optimalen Volumensteuerung ein (semi-)kontinuierliches Verfahren zum Einsatz kommen. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: Konsens |

SF 6 Entwöhnung des ECLS-Systems

Einleitung des Weanings

Schlüsselfrage 6.1

Wann sollte das Weaning von der ECLS eingeleitet werden bzw. welche Kriterien sollten unter ECLS-Weaning als Prädiktoren für ein erfolgreiches Weaning herangezogen werden?

Empfehlung zur Einleitung des Weanings

| 6.1 | Empfehlung |
|---|---|
| <p>Empfehlungsgrad</p> <p style="text-align: center;">Empfehlung</p> | <p>Folgende Kriterien sollten evaluiert werden, bevor ein ECLS-Weaning nach standardisiertem Protokoll schnellstmöglich eingeleitet wird:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pulsatiler arterieller Blutdruck und Nachweis einer biventrikulären Kontraktilität in der Echokardiographie 2. Mittlerer arterieller Blutdruck (MAD) > 60 mmHg 3. SvO₂ ≥ 65 % (ScvO₂ ≥ 60 %) 4. Laktat normwertig (≤ 2 mmol/l) oder fallend 5. Vasopressoren-/Inotropika-Dosierung niedrig oder fallend 6. Ausreichende pulmonale Oxygenierungs-/ CO₂-Eliminationsleistung unter lungenprotektiver Beatmung 7. Kompensierte Endorgan-Funktionen, v.a. Leberfunktion (Nierenersatzverfahren schließen ein erfolgreiches Weaning aber nicht aus) <p>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</p> |
| <p>Evidenzgrad</p> <p style="text-align: center;">+</p> | <p>Systematisch gesichtete Literatur:</p> <p>Smith, M., Vukomanovic, A., Brodie, D., Thiagarajan, R., Rycus, P., & Buscher, H. (2017). Duration of veno-arterial extracorporeal life support (VA ECMO) and outcome: an analysis of the Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) registry. <i>Crit Care</i>, 21(1), 45. doi:10.1186/s13054-017-1633-1 (21)</p> <p>Nicht systematisch gesichtete Literatur:</p> <p>Extracorporeal Life Support Organization. (2015). Ultrasound Guidance for Extra-corporeal Membrane Oxygenation General Guidelines (46)</p> |
| <p>Konsensstärke: starker Konsens</p> | |

Überwachungsparameter bei der Entwöhnung

Schlüsselfrage 6.2

Welche Parameter sollen mit welcher Frequenz im Rahmen der Entwöhnung von einem ECLS-System insbesondere im Hinblick auf mögliche Komplikationen sowie Zeichen eines Weaningversagens überwacht werden?

Empfehlung zu Überwachungsparametern bei der Entwöhnung

| 6.2 | Empfehlung |
|---|---|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Bei Patienten unter ECLS-Therapie im Weaningprozess soll jeweils etwa 30 Minuten 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. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine Nicht systematisch gesichtete Literatur: Beckmann, A., Benk, C., Beyersdorf, F., Haimerl, G., Merkle, F., Mestres, C. et al. (2011). Position article for the use of extracorporeal life support in adult patients. <i>Eur J Cardiothorac Surg</i> , 40(3), 676-680 (32) Pichler, P., Antretter, H., Dunser, M., Eschertzhuber, S., Gottardi, R., Heinz, G. et al. (2015). [Use of ECMO in adult patients with cardiogenic shock: a position paper of the Austrian Society of Cardiology]. <i>Med Klin Intensivmed Notfmed</i> , 110(6), 407-420 (35) |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

Entwöhnung vom ECLS-System

Schlüsselfrage 6.3

Wie soll die Entwöhnung von einem ECLS-System erfolgen?

Empfehlung zur Entwöhnung vom ECLS-System

| 6.3 | Empfehlung |
|---|---|
| Empfehlungsgrad Offene Empfehlung | Bei schwierigem Weaning kann ein invasives Monitoring mittels Rechtsherzkatheter durchgeführt werden. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: Konsens |

Additive Maßnahmen bei der Entwöhnung

Schlüsselfrage 6.4

Welche Effekte haben additive Maßnahmen (z.B. IABP, Impella, TandemHeart) auf die Entwöhnung von einem ECLS-System?

Empfehlungen zur additiven Maßnahmen bei der Entwöhnung

| 6.4.1 | Empfehlung |
|---|---|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Unter laufender ECLS-Behandlung (inkl. Weaning) soll nicht routinemäßig ein zusätzliches mechanisches Kreislaufunterstützungssystem implantiert werden. |
| Evidenzgrad EK + | Systematisch gesichtete Literatur: 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, 186-92 (47) Lin LY, Liao CW, Wang CH, Chi NH, Yu HY, Chou NK, Hwang JJ, Lin JL, Chiang FT, Chen YS. Effects of Additional Intra-aortic Balloon Counter-Pulsation Therapy to Cardiogenic Shock Patients Supported by Extra-corporeal Membranous Oxygenation. Sci Rep. 2016 Apr 1;6:23838. (48) Aso S, Matsui H, Fushimi K, Yasunaga H. The Effect of Intraaortic Balloon Pumping Under Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation on Mortality of Cardiogenic Patients: An Analysis Using |

| | |
|--|---|
| | <p>a Nationwide Inpatient Database. Crit Care Med. 2016 Nov;44(11):1974-1979 (48, 49)</p> <p>Pappalardo F, Schulte C, Pieri M, Schrage B, Contri R, Soeffker G, Greco T, Lembo R, Müllerleile K, Colombo A, Sydow K, De Bonis M, Wagner F, Reichenspurner H, Blankenberg S, Zangrillo A, Westermann D. Concomitant implantation of Impella® on top of veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation may improve survival of patients with cardiogenic shock. Eur J Heart Fail. 2017 Mar;19(3):404-412 (44)</p> <p>Park TK, Yang JH, Choi SH, Song YB, Hahn JY, Choi JH, Sung K, Lee YT, Gwon HC. Clinical impact of intra-aortic balloon pump during extracorporeal life support in patients with acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock. BMC Anesthesiol. 2014 Apr 14;14:27. (50).</p> <p>Bréchet 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. Intra-aortic balloon pump protects against hydrostatic pulmonary oedema during peripheral venoarterial-extracorporeal membrane oxygenation. Eur Heart J Acute Cardiovasc Care. 2018 Feb;7(1):62-69. (51).</p> |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| | |
|---|---|
| 6.4.2 | Empfehlung |
| Empfehlungsgrad Offene Empfehlung | Ist vor ECLS-Anlage eine IABP oder Mikroaxialpumpe implantiert worden, kann dieses System während der ECLS-Therapie fortgeführt werden. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| | |
|-------------------------------------|--|
| 6.4.3 | Empfehlung |
| Empfehlungsgrad Statement | Zur zusätzlichen Implantation einer IABP oder Mikroaxialpumpe bei laufender ECLS-Therapie kann die Leitliniengruppe aufgrund der existierenden Datenlage keine Empfehlung abgeben. |
| Evidenzgrad EK | |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

Techniken der ECLS-Explantation

Schlüsselfrage 6.5

Welche Effekte haben verschiedene Techniken der ECLS-Explantation (z.B. operativ versus nicht-operative De-Kanülierung mit nachfolgender Gefäßkompression) in Abhängigkeit von verschiedenen Implantations-Szenarien (z.B. perkutane versus offene Implantation, direkte versus Prothesen-mediierte Kanülierung) sowie der Liegezeit der Kanülen (Thrombus-Risiko)?

Empfehlungen zur ECLS-Explantation

| 6.5.1 | Empfehlung |
|-------------------|--|
| Empfehlungsgrad | Bei offen-chirurgischer Kanülierung sollte die Explantation der Kanülen ebenfalls chirurgisch erfolgen. Die Art der chirurgischen Versorgung (z.B. Übernähung, Patch, Prothesenligatur) richtet sich nach dem Lokalbefund. |
| Empfehlung | |
| Evidenzgrad | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| EK | |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| 6.5.2 | Empfehlung |
|-------------------|--|
| Empfehlungsgrad | Bei perkutaner Kanülierung sollte die Dekanülierung in Abhängigkeit von Patienten- und Prozedur-spezifischen Charakteristika (Größe der Kanüle, Schwierigkeiten/Komplikationen bei der Implantation, Größe der nativen Gefäße, pAVK, Blutungskomplikationen) per manueller Kompression, mittels perkutaner Verschlussysteme oder offen-chirurgisch erfolgen. |
| Empfehlung | |
| Evidenzgrad | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| EK | |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| 6.5.3 | Empfehlung |
|-------------------|--|
| Empfehlungsgrad | Die Technik der Dekanülierung sollte sich nicht an der ECLS-Therapiedauer orientieren. |
| Empfehlung | |
| Evidenzgrad | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| EK | |
| | Konsensstärke: Konsens |

Ethische und medizinisch Aspekte der Änderung von Therapiezielen

Schlüsselfrage 6.6

Welche ethischen und medizinischen Aspekte sollen bei Therapiezieländerungen bzw. Therapiezielbegrenzungen berücksichtigt werden?

Empfehlungen zu ethischen und medizinischen Aspekten der Therapiezieländerung

| 6.6 | Empfehlung |
|--|---|
| Empfehlungsgrad <p style="text-align: center;">Starke Empfehlung</p> | Therapiezieländerungen/ -limitationen bei ECLS-Patienten sollen unter Berücksichtigung von medizinischen und ethischen Aspekten als Patienten-zentrierte Entscheidung mit dem interprofessionellen Behandlungsteam erfolgen. Ein solches Szenario liegt vor, wenn das angestrebte Therapieziel nicht erreicht werden kann oder das Therapieziel vom Patienten nicht gewünscht ist. |
| Evidenzgrad <p style="text-align: center;">EK</p> | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| Konsensstärke: starker Konsens | |

SF 7 Nachsorge der ECLS-Therapie

Empfehlungen zur Nachsorge der ECLS-Therapie

| | |
|---|---|
| 7.1.1 | Empfehlung |
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | 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. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| | |
|---|---|
| 7.1.2 | Empfehlung |
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Eine Echokardiographie soll zeitnah nach ECLS-Explantation sowie täglich in der frühen Phase nach Explantation und bei Auftreten einer kardiopulmonalen Instabilität durchgeführt werden. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| | |
|---|---|
| 7.1.3 | Empfehlung |
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | 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. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| | |
|---|--|
| 7.1.4 | Empfehlung |
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | 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. |

| | |
|--------------------------|--|
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| | |
|---|--|
| 7.1.5 | Empfehlung |
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | 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. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| | |
|---|--|
| 7.1.6 | Empfehlung |
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Bei Patienten nach ECLS-Therapie soll eine möglichst stationäre rehabilitative Maßnahme durchgeführt werden. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

SF 8 ECLS-Therapie bei Kindern

ECLS bei bestimmten Erkrankungen pädiatrischer Patienten

Schlüsselfrage 8.1.1

Welche Indikationen und Kontraindikationen gelten bei bestimmten Erkrankungen bzw. klinischen Krankheitszuständen insbesondere unter Berücksichtigung ethischer Aspekte bei der Fortführung bzw. Beendigung der Therapie? (Review*)

Empfehlungen zur ECLS bei bestimmten Erkrankungen

| 8-1.1.1 | Empfehlung |
|---------------------------------|---|
| Empfehlungsgrad Offen | Im septisch vermittelten kardiogenen Schock im Kindes- und Jugendalter kann eine ECLS in Erwägung gezogen werden. |
| Evidenzgrad EK + | Systematisch gesichtete Literatur: Oberender, F., Ganeshalingham, A., Fortenberry, J. D., Hobson, M. J., Houmes, R. J., Morris, K. P., . . . Butt, W. (2018). Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation Versus Conventional Therapy in Severe Pediatric Septic Shock. <i>Pediatr Crit Care Med</i> , 19(10), 965-972. doi:10.1097/pcc.0000000000001660 (52) Ruth, A., McCracken, C. E., Fortenberry, J. D., & Hebbbar, K. B. (2015). Extracorporeal therapies in pediatric severe sepsis: findings from the pediatric health-care information system. <i>Crit Care</i> , 19, 397. doi:10.1186/s13054-015-1105-4 (53) Skinner, S. C., Iocono, J. A., Ballard, H. O., Turner, M. D., Ward, A. N., Davenport, D. L., . . . Zwischenberger, J. B. (2012). Improved survival in venovenous vs venoarterial extracorporeal membrane oxygenation for pediatric noncardiac sepsis patients: a study of the Extracorporeal Life Support Organization registry. <i>J Pediatr Surg</i> , 47(1), 63-67. doi:10.1016/j.jpedsurg.2011.10.018 (54) |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| 8-1.1.2 | Empfehlung |
|--------------------------------------|--|
| Empfehlungsgrad Empfehlung | Im perioperativen Management herzchirurgischer Eingriffe sollte im Kindes- und Jugendalter der Einsatz der ECLS (z.B. im Rahmen des LCOS) erwogen werden. |
| Evidenzgrad + | Systematisch gesichtete Literatur: Gupta, P., Robertson, M. J., Rettiganti, M., Seib, P. M., Wernovsky, G., Markovitz, B. P., . . . Tobias, J. D. (2016). Impact of Timing of |

| | |
|--|--|
| | <p>ECMO Initiation on Outcomes After Pediatric Heart Surgery: A Multi-Institutional Analysis. <i>Pediatr Cardiol</i>, (5), 971-978. Retrieved from http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1007/s00246-016-1379-6 doi:10.1007/s00246-016-1379-6(55)</p> <p>Gupta, P., Robertson, M. J., Beam, B. W., & Rettiganti, M. (2015). Outcomes associated with preoperative use of extracorporeal membrane oxygenation in children undergoing heart operation for congenital heart disease: a multi-institutional analysis. <i>Clin Cardiol</i>, 38(2), 99-105. doi:10.1002/clc.22358(56)</p> <p>Mascio, C. E., Austin, E. H., 3rd, Jacobs, J. P., Jacobs, M. L., Wallace, A. S., He, X., & Pasquali, S. K. (2014). Perioperative mechanical circulatory support in children: an analysis of the Society of Thoracic Surgeons Congenital Heart Surgery Database. <i>J Thorac Cardiovasc Surg</i>, 147(2), 658-664: discussion 664-655. doi:10.1016/j.jtcvs.2013.09.075 (57)</p> |
| | <p>Konsensstärke: starker Konsens</p> |

| 8-1.1.3 | Empfehlung |
|--|--|
| <p>Empfehlungsgrad Empfehlung</p> | <p>Im kardiogenen Schockgeschehen bei V.a. Myokarditis sollte im Kindes- und Jugendalter eine ECLS in Erwägung gezogen werden.</p> |
| <p>Evidenzgrad +</p> | <p>Systematisch gesichtete Literatur:</p> <p>Rajagopal, S. K., Almond, C. S., Laussen, P. C., Rycus, P. T., Wypij, D., & Thiagarajan, R. R. (2010). Extracorporeal membrane oxygenation for the support of infants, children, and young adults with acute myocarditis: a review of the Extracorporeal Life Support Organization registry. <i>Crit Care Med</i>, 38(2), 382-387. doi:10.1097/CCM.0b013e3181bc8293 (58)</p> <p>Conrad, S. J., Bridges, B. C., Kalra, Y., Pietsch, J. B., & Smith, A. H. (2017). Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation Among Patients with Structurally Normal Hearts. <i>Asaio j</i>, 63(6), 781-786. doi:10.1097/mat.0000000000000568 (59)</p> |
| | <p>Konsensstärke: starker Konsens</p> |

| 8-1.1.4 | Empfehlung |
|---|--|
| <p>Empfehlungsgrad Offen</p> | <p>Im kardiogenen Schockgeschehen bei pulmonalarterieller Hypertonie (z.B. pAH-Krise, Lungenarterienembolie, bei anstehender Lungentransplantation) im Kindes- und Jugendalter</p> |

| | |
|--------------------------|--|
| | kann eine ECLS in ausgewählten Fällen in Erwägung gezogen werden. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine Nicht systematisch gesichtete Literatur: Sivarajan, V. B., Almodovar, M. C., Rodefeld, M. D., & Laussen, P. C. (2013). Pediatric extracorporeal life support in specialized situations. <i>Pediatr Crit Care Med</i> , 14(5 Suppl 1), S51-61. doi:10.1097/PCC.0b013e318292e16e (60) |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| 8-1.1.5 | Empfehlung |
|--------------------------------|--|
| Empfehlungsgrad B | Im perioperativen Management herzchirurgischer Eingriffe sollte im Kindes- und Jugendalter der Einsatz der ECLS (z.B. im Rahmen des LCOS) erwogen werden. |
| Evidenzgrad + bis ++ | Systematisch gesichtete Literatur: Lasa, J. J., Rogers, R. S., Localio, R., Shults, J., Raymond, T., Gaies, M., . . . Topjian, A. (2016). Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation (E-CPR) During Pediatric In-Hospital Cardiopulmonary Arrest Is Associated With Improved Survival to Discharge. <i>Circulation</i> , 133(2), 165-176. doi:10.1161/circulationaha.115.016082 (61) Lowry, A. W., Morales, D. L., Graves, D. E., Knudson, J. D., Shamszad, P., Mott, A. R., . . . Rossano, J. W. (2013). Characterization of extracorporeal membrane oxygenation for pediatric cardiac arrest in the United States: analysis of the kids' inpatient database. <i>Pediatr Cardiol</i> , 34(6), 1422-1430. doi:10.1007/s00246-013-0666-8 (62) Conrad, S. J., Bridges, B. C., Kalra, Y., Pietsch, J. B., & Smith, A. H. (2017). Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation Among Patients with Structurally Normal Hearts. <i>Asaio j</i> , 63(6), 781-786. doi:10.1097/mat.0000000000000568 (59) |
| | Konsensstärke: Konsens |

| 8-1.1.6 | Empfehlung |
|---|--|
| Empfehlungsgrad Offene Empfehlung | Bei out of-hospital Reanimation (OHCA) kann auf Grund der unklaren Datenlage keine Empfehlung zum Einsatz einer ECLS Therapie (E-CPR) im Kindes- und Jugendalter gegeben werden. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

ECLS in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungskonzepten bei Kindern

Schlüsselfrage 8-1.2

Welche Indikationen und Kontraindikationen gelten in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungskonzepten bzw. Bridgingsituationen? (Review*)

Empfehlung zu verschiedenen Behandlungskonzepten bei Kindern

| 8-1.2 | Empfehlung |
|--|---|
| Empfehlungsgrad a) B b) Empfehlung | a) Bei einem Weaningversagen sollte im Kindes- und Jugendalter die Implantation eines permanenten Herzunterstützungssystems erwogen werden. b) Obwohl der optimale Zeitpunkt zum Wechsel von ECLS auf ein Langzeitunterstützungssystem (VAD) gemäß der aktuellen Evidenzlage unklar ist, sollte im Kindes- und Jugendalter ein frühzeitiger Wechsel auf Grund der potentiell erhöhten Mortalität/Morbidität am ECLS in Erwägung gezogen werden. |
| Evidenzgrad a)+ c) EK | Systematisch gesichtete Literatur: Wehman, B., Stafford, K. A., Bittle, G. J., Kon, Z. N., Evans, C. F., Rajagopal, K., . . . Griffith, B. P. (2016). Modern Outcomes of Mechanical Circulatory Support as a Bridge to Pediatric Heart Transplantation. <i>Ann Thorac Surg</i> , 101(6), 2321-2327. doi:10.1016/j.athoracsur.2015.12.003 (63) Yarlagadda, V. V., Maeda, K., Zhang, Y., Chen, S., Dykes, J. C., Gowen, M. A., . . . Almond, C. S. (2017). Temporary Circulatory Support in U.S. Children Awaiting Heart Transplantation. <i>J Am Coll Cardiol</i> , 70(18), 2250-2260. doi:10.1016/j.jacc.2017.08.072 (64) |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

ECLS bei Kindern mit unterschiedlichen Risikoprofilen

Schlüsselfrage 8-1.3

Welche Indikationen und Kontraindikationen gelten für Patienten mit unterschiedlichen Risikoprofilen? (Review*)

Empfehlung zu ECLS bei Kindern mit unterschiedlichen Risikoprofilen

| 8-1.3 | Empfehlung |
|---|--|
| <p>Empfehlungsgrad</p> <p>a) Empfehlung b) Keine Empfehlung</p> | <p>a) Die Entscheidung zu einer ECLS-Implantation im Kindes- und Jugendalter sollte nach Abwägung von Pro- und Kontrakriterien individuell, im klinischen Kontext und im ECLS-Team unter Formulierung von konkreten Therapiezielen erfolgen (adaptiert nach eCPR-Konsensuspapier 2018).</p> <p>b) Es können keine Empfehlungen zur Restriktion der ECLS Therapie im Kindes- und Jugendalter bei unterschiedlichen Risikoprofilen (z.B. mit begleitenden Organdysfunktionen/Organversagen, vorbekannte onkologische Grunderkrankung etc.) getroffen werden.</p> |
| <p>Evidenzgrad</p> <p>a) Expertenkonsens b) +</p> | <p>Systematisch gesichtete Literatur:</p> <p>Ford, M. A., Gauvreau, K., McMullan, D. M., Almodovar, M. C., Cooper, D. S., Rycus, P. T., & Thiagarajan, R. (2016). Factors Associated With Mortality in Neonates Requiring Extracorporeal Membrane Oxygenation for Cardiac Indications: Analysis of the Extracorporeal Life Support Organization Registry Data. <i>Pediatr Crit Care Med</i>, 17(9), 860-870. doi:10.1097/pcc.0000000000000842 (65)</p> <p>Furlong-Dillard, J. M., Amula, V., Bailly, D. K., Bleyl, S. B., Wilkes, J., & Bratton, S. L. (2017). Use of Extracorporeal Membrane Oxygenation and Mortality in Pediatric Cardiac Surgery Patients With Genetic Conditions. <i>Pediatric critical care medicine</i>, 18(9), 850-858. doi:10.1097/pcc.0000000000001225 (66)</p> <p>Nicht systematisch gesichtete Literatur:</p> <p>Extracorporeal Life Support Organization. (2017). <i>Guidelines for Pediatric Cardiac Failure</i>. (67)</p> |
| | <p>Konsensstärke: starker Konsens</p> |

SF 8-2 Strukturelle und personelle Voraussetzungen für die Initiierung und Betreuung der ECLS

Einbindung von Fachexpertise bei der Initiierung der ECLS bei Kindern

Schlüsselfrage 8-2.1

Vertreter welcher Fachgebiete/Fachrichtungen sollen bei der *Initiierung* einer ECLS-Therapie eingebunden sein?

Empfehlungen z. Einbindung von Fachexpertise bei der Initiierung der ECLS Kindern

| 8-2.1.1 | Empfehlung |
|---|--|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung möglich | Die ECLS-Initiierung (Indikation und Implantation) im Kindes- und Jugendalter 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. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine Nicht systematisch gesichtete Literatur: Abrams, D., Garan, A. R., Abdelbary, A., Bacchetta, M., Bartlett, R. H., Beck, J., . . . Brodie, D. (2018). Position paper for the organization of ECMO programs for cardiac failure in adults. <i>Intensive care medicine</i> , 44(6), 717-729. doi:10.1007/s00134-018-5064-5v (22) Extracorporeal Life Support Organization. (2014). <i>ELSO Guidelines for ECMO Centers</i> (23) |
| | Konsensstärke: Konsens |

| 8-2.1.2 | Empfehlung |
|---|--|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Für die ECLS-Implantation im Kindes- und Jugendalter soll eine den lokalen Gegebenheiten angepasste, standardisierte Vorgehensweise verschriftlicht vorliegen. 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 auseinandersetzen |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine Nicht systematisch gesichtete Literatur: Abrams, D., Garan, A. R., Abdelbary, A., Bacchetta, M., Bartlett, R. H., Beck, J., . . . Brodie, D. (2018). Position paper for the organization of ECMO programs for cardiac failure in adults. <i>Intensive care medicine</i> , 44(6), 717-729. doi:10.1007/s00134-018-5064-5v (22) |

| | |
|--|---|
| | Extracorporeal Life Support Organization. (2014). ELSO Guidelines for ECMO Centers (23) |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| 8-2.1.3 | Empfehlung |
|--------------------------------------|---|
| Empfehlungsgrad Empfehlung | Krankenhäuser ohne ausreichende Expertise in der ECLS – Therapie im Kindes- und Jugendalter sollten eine strukturierte medizinische Kooperation zu einer Klinik mit einem pädiatrischen ECLS-Programm besitzen. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine Nicht systematisch gesichtete Literatur: Abrams, D., Garan, A. R., Abdelbary, A., Bacchetta, M., Bartlett, R. H., Beck, J., . . . Brodie, D. (2018). Position paper for the organization of ECMO programs for cardiac failure in adults. <i>Intensive care medicine</i> , 44(6), 717-729. doi:10.1007/s00134-018-5064-5v (22) Extracorporeal Life Support Organization. (2014). ELSO Guidelines for ECMO Centers (23) |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

Einbindung von Fachexpertise bei der Fortführung der ECLS bei Kindern

Schlüsselfrage Nr. 8-2.2

Vertreter welcher Fachgebiete/Fachrichtungen sollen bei der *Fortführung* einer ECLS-Therapie eingebunden sein?

Empfehlungen zur Einbindung von Fachexpertise bei der Fortführung der ECLS bei Kindern

| 8-2.2.1 | Empfehlung |
|---|--|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Die ECLS-Fortführung im Kindes- und Jugendalter soll in einem Zentrum mit intensivmedizinischer Maximalversorgung in einem multiprofessionellen, multimodalen Ansatz erfolgen. Zudem soll eine innerhäusliche radiologische Versorgungsstruktur (z.B. für Notfall-CT etc.) vorgehalten werden. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine Nicht systematisch gesichtete Literatur: Abrams, D., Garan, A. R., Abdelbary, A., Bacchetta, M., Bartlett, R. H., Beck, J., . . . Brodie, D. (2018). Position paper for the organization |

| | |
|--|--|
| | <p>of ECMO programs for cardiac failure in adults. Intensive care medicine, 44(6), 717-729. doi:10.1007/s00134-018-5064-5v (22)</p> <p>Extracorporeal Life Support Organization. (2014). ELSO Guidelines for ECMO Centers (23)</p> |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| 8-2.2.2 | Empfehlung |
|--|--|
| <p>Empfehlungsgrad</p> <p>Starke Empfehlung</p> | <p>Bei der ECLS-Fortführung im Kindes- u. Jugendalter soll die Einbindung ärztlicher Vertreter aller medizinischen Fachgebiete erfolgen können, die für das Management der potenziellen ECLS-Komplikationen erforderlich sind.</p> |
| <p>Evidenzgrad</p> <p>EK</p> | <p>Systematisch gesichtete Literatur: Keine</p> <p>Nicht systematisch gesichtete Literatur:</p> <p>Abrams, D., Garan, A. R., Abdelbary, A., Bacchetta, M., Bartlett, R. H., Beck, J., . . . Brodie, D. (2018). Position paper for the organization of ECMO programs for cardiac failure in adults. Intensive care medicine, 44(6), 717-729. doi:10.1007/s00134-018-5064-5v (22)</p> <p>Extracorporeal Life Support Organization. (2014). ELSO Guidelines for ECMO Centers (23)</p> |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

Anforderungen an Einrichtungen, die ECLS-Therapie bei Kindern durchführen

Schlüsselfrage 8-2.3

Welche Anforderungen soll eine Einrichtung erfüllen, die eine ECLS-Therapie betreut?

Empfehlungen zu Anforderungen an Einrichtungen, die ECLS-Therapie bei Kindern durchführen

| 8-2.3.1 | Empfehlung |
|--|--|
| <p>Empfehlungsgrad</p> <p>Starke Empfehlung</p> | <p>Die Abläufe der Initiierung, der Weiterversorgung, des Trainings und der Mitarbeiter-Qualifikation des multidisziplinären pädiatrischen ECLS-Teams sollen durch einen ärztlichen Leiter koordiniert werden.</p> |
| <p>Evidenzgrad</p> <p>EK</p> | <p>Systematisch gesichtete Literatur: Keine</p> <p>Nicht systematisch gesichtete Literatur:</p> |

| | |
|--|--|
| | <p>Abrams, D., Garan, A. R., Abdelbary, A., Bacchetta, M., Bartlett, R. H., Beck, J., . . . Brodie, D. (2018). Position paper for the organization of ECMO programs for cardiac failure in adults. <i>Intensive care medicine</i>, 44(6), 717-729. doi:10.1007/s00134-018-5064-5v (22)</p> <p>Extracorporeal Life Support Organization. (2014). <i>ELSO Guidelines for ECMO Centers</i> (23)</p> |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| 8-2.3.2 | Empfehlung |
|--|--|
| <p>Empfehlungsgrad</p> <p>Starke Empfehlung</p> | <p>Die multimodale pädiatrische ECLS-Therapie auf der Intensivstation soll durch ein speziell in dem Therapieverfahren geschultes multiprofessionelles Team erfolgen.</p> |
| <p>Evidenzgrad</p> <p>EK</p> | <p>Systematisch gesichtete Literatur: Keine</p> <p>Nicht systematisch gesichtete Literatur:</p> <p>Abrams, D., Garan, A. R., Abdelbary, A., Bacchetta, M., Bartlett, R. H., Beck, J., . . . Brodie, D. (2018). Position paper for the organization of ECMO programs for cardiac failure in adults. <i>Intensive care medicine</i>, 44(6), 717-729. doi:10.1007/s00134-018-5064-5v (22)</p> <p>Extracorporeal Life Support Organization. (2014). <i>ELSO Guidelines for ECMO Centers</i> (23)</p> |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| 8-2.3.3 | Empfehlung |
|--|--|
| <p>Empfehlungsgrad</p> <p>Starke Empfehlung</p> | <p>Die Fortbildung des multiprofessionellen Teams zur Behandlung von Kindern- und Jugendlichen auf der Intensivstation soll regelmäßig nach einem definierten internen Curriculum erfolgen. Dabei richtet sich der Schulungsbedarf nach dem zentrums-spezifischem ECLS-Volumen und der individuellen Erfahrung der Mitarbeiter.</p> |
| <p>Evidenzgrad</p> <p>EK</p> | <p>Systematisch gesichtete Literatur: Keine</p> <p>Nicht systematisch gesichtete Literatur:</p> <p>Abrams, D., Garan, A. R., Abdelbary, A., Bacchetta, M., Bartlett, R. H., Beck, J., . . . Brodie, D. (2018). Position paper for the organization of ECMO programs for cardiac failure in adults. <i>Intensive care medicine</i>, 44(6), 717-729. doi:10.1007/s00134-018-5064-5v (22)</p> <p>Extracorporeal Life Support Organization. (2014). <i>ELSO Guidelines for ECMO Centers</i> (23)</p> |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| 8-2.3.4 | Empfehlung |
|---|--|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Je nach medizinischem und pflegerischem Aufwand soll im multidisziplinären Ansatz der Pflegeschlüssel auf der Intensivstation für die Versorgung der ECLS-Patienten im Kindes- und Jugendalter von Schicht-zu-Schicht individuell festgelegt werden. Die Möglichkeit einer 1:1 pflegerischen Betreuung soll sichergestellt sein. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine Nicht systematisch gesichtete Literatur: Abrams, D., Garan, A. R., Abdelbary, A., Bacchetta, M., Bartlett, R. H., Beck, J., . . . Brodie, D. (2018). Position paper for the organization of ECMO programs for cardiac failure in adults. <i>Intensive care medicine</i> , 44(6), 717-729. doi:10.1007/s00134-018-5064-5v (22) Extracorporeal Life Support Organization. (2014). <i>ELSO Guidelines for ECMO Centers</i> (23) |
| | Konsensstärke: Konsens |

| 8-2.3.5 | Empfehlung |
|---|--|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Neben der ärztlichen und pflegerischen Behandlung soll die technische Überprüfung des ECLS-Systems mindestens 2-mal täglich durch einen Kardiotechniker oder eine in der ECLS-Therapie speziell geschulte Fachkraft erfolgen. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine Nicht systematisch gesichtete Literatur: Abrams, D., Garan, A. R., Abdelbary, A., Bacchetta, M., Bartlett, R. H., Beck, J., . . . Brodie, D. (2018). Position paper for the organization of ECMO programs for cardiac failure in adults. <i>Intensive care medicine</i> , 44(6), 717-729. doi:10.1007/s00134-018-5064-5v (22) Extracorporeal Life Support Organization. (2014). <i>ELSO Guidelines for ECMO Centers</i> (23) |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

Anforderungen an Mindestmengen an Implantationen bei Kindern

Schlüsselfrage 8-2.4

Beeinflusst die Anzahl der durchgeführten ECLS-Therapien/Jahr die Effektivität und Sicherheit der ECLS-Therapie bei Patienten im kardiogenen Schock? Kann eine Mindestmenge definiert werden?

Empfehlungen zu Anforderungen Implantations-Mindestmengen Kinder

| 8-2.4.1 | Empfehlung |
|--|--|
| Empfehlungsgrad a) Statement b) Empfehlung | a) Evidenzbasiert kann eine minimale jährliche ECLS - Fallzahl für das Kindes- und Jugendalter nicht genannt werden. b) Eine Implantationszahl von mindestens 6 ECLS/Jahr sollte angestrebt werden. |
| Evidenzgrad a) + b) EK | Systematisch gesichtete Literatur: Karamlou, T., Vafaezadeh, M., Parrish, A. M., Cohen, G. A., Welke, K. F., Permut, L., & McMullan, D. M. (2013). Increased extracorporeal membrane oxygenation center case volume is associated with improved extracorporeal membrane oxygenation survival among pediatric patients. <i>J Thorac Cardiovasc Surg</i> , 145(2), 470-475. doi:10.1016/j.jtcvs.2012.11.037(68) Freeman, C. L., Bennett, T. D., Casper, T. C., Larsen, G. Y., Hubbard, A., Wilkes, J., & Bratton, S. L. (2014). Pediatric and Neonatal Extracorporeal Membrane Oxygenation. <i>Critical Care Medicine</i> , 42(3), 512-519. doi:10.1097/01.ccm.0000435674.83682.96 (69) Gupta, P., & Rettiganti, M. (2015). Association Between Extracorporeal Membrane Oxygenation Center Volume and Mortality Among Children With Heart Disease: Propensity and Risk Modeling. <i>Pediatr Crit Care Med</i> , 16(9), 868-874. doi:10.1097/pcc.0000000000000557 (70) Barbaro, R. P., Odetola, F. O., Kidwell, K. M., Paden, M. L., Bartlett, R. H., Davis, M. M., & Annich, G. M. (2015). Association of hospital-level volume of extracorporeal membrane oxygenation cases and mortality. Analysis of the extracorporeal life support organization registry. <i>Am J Respir Crit Care Med</i> , 191(8), 894-901. doi:10.1164/rccm.201409-1634OC(26) Rettiganti, M., Seib, P. M., Robertson, M. J., Wilcox, A., & Gupta, P. (2016). Impact of varied center volume categories on volume-outcome relationship in children receiving ECMO for heart operations. <i>J Artif Organs</i> , 19(3), 249-256. doi:10.1007/s10047-016-0890-0(71) Barrett, C. S., Chan, T. T., Wilkes, J., Bratton, S. L., & Thiagarajan, R. R. (2017). Association of Pediatric Cardiac Surgical Volume and Mortality after Cardiac ECMO. <i>Asaio j</i> , (no pagination). doi:10.1097/MAT.0000000000000558(72) Nicht systematisch gesichtete Literatur: |

| | |
|--|---|
| | Extracorporeal Life Support Organization. (2014). ELSO Guidelines for ECMO Centers.(23) |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

ECLS-Implantations-Szenarien

Schlüsselfrage 8-2.5

Welche Effekte hat das ECLS-Implantations-Szenario in Bezug auf Ort und Zeit (z.B. intrahospitale versus interhospitale versus extrahospitale oder intraprozedurale versus periprozedurale Situation)?

Empfehlung zu ECLS Implantations-Szenarien

| 8-2.5 | Empfehlung |
|---|--|
| Empfehlungsgrad Offene Empfehlung | Eine ECLS Implantation im Kindes- und Jugendalter in Kliniken ohne ECLS-Option durch ein erfahrenes mobiles ECLS Team kann erwogen werden, um das Risiko der Verlegung eines instabilen Kindes zu umgehen. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

Timing der ECLS-Initiierung bei Kindern

Schlüsselfrage 8-2.6

Beeinflusst das Timing (intraoperativ vs. postoperativ) der ECLS-Initiierung bei Patienten im Postkardiotomie-bedingten kardiogenen Schock den Effekt der Therapie?

Empfehlung zum Timing der ECLS-Initiierung bei Kindern

| 8-2.6.1 | Empfehlung |
|---------|------------|
|---------|------------|

| | |
|--|---|
| Empfehlungsgrad Statement | Ob der Implantationszeitpunkt einer ECLS bei Kindern und Jugendlichen nach Herzchirurgie (intra- versus postoperativ) die Letalität beeinflusst, ist gemäß aktueller Evidenzlage unklar. |
| Evidenzgrad + | Systematisch gesichtete Literatur: Gupta, P., Robertson, M. J., Rettiganti, M., Seib, P. M., Wernovsky, G., Markovitz, B. P., . . . Tobias, J. D. (2016). Impact of Timing of ECMO Initiation on Outcomes After Pediatric Heart Surgery: A Multi-Institutional Analysis. <i>Pediatr Cardiol</i> , (5), 971-978. Retrieved from http://onlinelibrary.wiley.com/o/cochrane/clcentral/articles/379/CN-01166379/frame.html doi:10.1007/s00246-016-1379-6(55) Gupta, P., Robertson, M. J., Beam, B. W., & Rettiganti, M. (2015). Outcomes associated with preoperative use of extracorporeal membrane oxygenation in children undergoing heart operation for congenital heart disease: a multi-institutional analysis. <i>Clin Cardiol</i> , 38(2), 99-105. doi:10.1002/clc.22358 (56) |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| | |
|---|--|
| 8-2.6.2 | Empfehlung |
| Empfehlungsgrad Empfehlung | Der Implantationszeitpunkt sollte im Kindes- und Jugendalter in erster Linie von hämodynamischen Parametern sowie Zeichen der Organminderperfusion/-sauerstoffunterversorgung abhängig gemacht werden. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

SF 8-3 ECLS-Therapiemanagement bei Kindern

ECLS-Systemkomponenten bei Kindern

Schlüsselfrage 8-3.1

Wie soll das Therapiemanagement bezüglich der ECLS-Systemkomponenten (z.B. miniaturisierte versus konventionelle Systeme, Rollen- versus Zentrifugalpumpen, konventionelle versus dispersive Kanülen) erfolgen?

Empfehlungen zu Systemkomponenten bei Kindern

| 8-3.1.1 | Empfehlung |
|-----------------------------|--|
| Empfehlungsgrad B | Im Rahmen einer ECLS Therapie im Kindes- und Jugendalter sollte eine Zentrifugalpumpe eingesetzt werden. |
| Evidenzgrad + | Systematisch gesichtete Literatur: Barrett, C. S., Jagers, J. J., Cook, E. F., Graham, D. A., Yarlagadda, V. V., Teele, S. A., . . . Thiagarajan, R. R. (2013). Pediatric ECMO outcomes: comparison of centrifugal versus roller blood pumps using propensity score matching. <i>Asaio j</i> , 59(2), 145-151. doi:10.1097/MAT.0b013e31828387cd (29) Byrnes, J., McKamie, W., Swearingen, C., Prodhan, P., Bhutta, A., Jaquiss, R., . . . Fiser, R. (2011). Hemolysis during cardiac extracorporeal membrane oxygenation: a case-control comparison of roller pumps and centrifugal pumps in a pediatric population. <i>Asaio j</i> , 57(5), 456-461. doi:10.1097/MAT.0b013e31822e2475(30) |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| 8-3.1.2 | Empfehlung |
|--------------------------------------|--|
| Empfehlungsgrad Empfehlung | Für ECLS im Kindes- und Jugendalter sollten bevorzugt beschichtete Komponenten verwendet werden. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| 8-3.1.3 | Empfehlung |
|---|--|
| Empfehlungsgrad a) Empfehlung | a) Eine Miniaturisierung des ECLS Systems im Kindes- und Jugendalter sollte angestrebt werden. |

| | |
|-----------------------------|---|
| b) Starke Empfehlung | b) Bei der Auswahl des Systems soll das Körpergewicht / die Körperoberfläche des Patienten berücksichtigt werden. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

ECLS-Kanülierungsstellen bei Kindern

Schlüsselfrage 8-3.2

Wie soll das Therapiemanagement bezüglich der verschiedenen ECLS-Kanülierungsstellen (z.B. femorale, subklavikuläre, aortale / kardiale Kanülierung) und -techniken (z.B. perkutane versus offene oder direkte versus Prothesen-medierte Kanülierung, LV-Entlastung, v→va-ECMO) sowie die Liegezeit der Kanülen erfolgen?

Empfehlungen zu ECLS- Kanülierungsstellen bei Kindern

| 8-3.2.1 | Empfehlung |
|-----------------------------|--|
| Empfehlungsgrad B | Im Kindes- und Jugendalter sollte, wenn technisch und klinisch möglich, die Kanülierung der A. carotis vermieden werden. |
| Evidenzgrad ++ | Systematisch gesichtete Literatur: Teele, S. A., Salvin, J. W., Barrett, C. S., Rycus, P. T., Fynn-Thompson, F., Laussen, P. C., & Thiagarajan, R. R. (2014). The association of carotid artery cannulation and neurologic injury in pediatric patients supported with venoarterial extracorporeal membrane oxygenation*. <i>Pediatr Crit Care Med</i> , 15(4), 355-361. doi:10.1097/pcc.000000000000103 (73) |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| 8-3.2.2 | Empfehlung |
|---|--|
| Empfehlungsgrad Offene Empfehlung | Im Rahmen der Implantation einer ECLS im Kindes- und Jugendalter kann eine perkutane Kanülierung erwogen werden. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| 8-3.2.3 | Empfehlung |
|---|--|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Bei unzureichender Entlastung des linken Ventrikels/Vorhofs, die nicht durch andere Interventionen (Erhöhung des Flusses, Kanülenrepositionierung etc.) behoben werden kann, soll der linke Ventrikel durch ein geeignetes Verfahren entlastet werden. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| 8-3.2.4 | Empfehlung |
|-------------------------------------|--|
| Empfehlungsgrad Statement | Das Management eines systemisch-pulmonalen Shunts bei univentrikulärem Herzen während der ECLS – Therapie im Kindes- und Jugendalter ist gemäß Evidenzlage gegenwärtig unklar. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

ECLS-Zielparameter bei Kindern

Schlüsselfrage 8-3.3

Welche Effekte haben verschiedene ECLS-Zielparameter (Flussparameter wie z.B. Pulsatiler versus nicht-pulsatiler Fluss, Flussminutenvolumen in Abhängigkeit von der zugrundeliegenden Pathologie oder weitere Monitoringparameter wie z.B. MAD?)

Empfehlungen zu ECLS-Zielparametern

| 8-3.3.1 | Empfehlung |
|---|---|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Das Flussminutenvolumen der ECLS soll anhand laborchemischer (bspw. Laktat, zentralvenöse Sauerstoffsättigung) und klinischer Parameter (bspw. Urinproduktion) auf Angemessenheit überprüft werden. |
| Evidenzgrad | Systematisch gesichtete Literatur: |

| | |
|-----------|------------------------|
| EK | keine |
| | Konsensstärke: Konsens |

| | |
|-------------------------------------|--|
| 8-3.3.2 | Empfehlung |
| Empfehlungsgrad Statement | Ob ein pulsatiler statt eines kontinuierlichen Blutflusses an der ECLS im Kindes- und Jugendalter vorteilhaft ist, ist unklar. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

ECLS-Wechselwirkungen bei Kindern

| |
|--|
| <i>Schlüsselfrage 8-3.5</i> |
| Welche Wechselwirkungen haben verschiedene Medikamenten-Therapien mit einem ECLS-System (z.B. Antibiotika, Katecholamine)? |

Empfehlungen zu ECLS-Wechselwirkungen bei Kindern

| | |
|---|--|
| 8-3.5.1 | Empfehlung |
| Empfehlungsgrad Offene Empfehlung | Unter ECLS im Kindes- und Jugendalter sollten die Katecholamine möglichst weit reduziert werden. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| | | |
|----------------|-------------------|--|
| 8-3.5.2 | Empfehlung | |
|----------------|-------------------|--|

| | |
|---|--|
| Empfehlungsgrad Offene Empfehlung | Unter ECLS im Kindes- und Jugendalter kann erwogen werden einen erniedrigten systemischen Gefäßwiderstand mit Vasopressoren anzuheben. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| 8-3.5.3 | Empfehlung |
|---------------------------------------|---|
| Empfehlungsgrad: Empfehlung | Bei ECLS im Kinder- und Jugendalter soll die Dosierung von Medikamenten mit primär renaler Exkretion kritisch überprüft und angepasst werden. Medikamente mit stark lipophiler Eigenschaft bedürfen ggf. einer höheren Dosierung. |
| Evidenzgrad: EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

Begleitendes Therapiemanagement bei Kindern

Schlüsselfrage 8-3.6

Welche Effekte haben verschiedene Physiotherapie-, Atmungstherapie- und Lagerungsmaßnahmen sowie die Mobilisation im Rahmen einer ECLS-Therapie?

Empfehlung zum begleitenden Therapiemanagement

| 8-3.6.1 | Empfehlung |
|---------------------------------------|--|
| Empfehlungsgrad: Empfehlung | Eine tägliche Physiotherapie mit passiven oder aktiven Übungen sollte durch ein erfahrenes multidisziplinäres Team durchgeführt werden. Dies sollte bereits in der Frühphase der ECLS-Therapie im Kindes- und Jugendalter begonnen werden. |
| Evidenzgrad: EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

Anwendung und Tiefe der Sedierung bei Kindern

Empfehlung zur Sedierung bei Kindern

| 8-3.7 | Empfehlung |
|---------------------------------------|--|
| Empfehlungsgrad: Empfehlung | Auch während ECLS-Therapie im Kindes- und Jugendalter sollten unter Berücksichtigung der Therapiesicherheit eine adäquate Analgesie erfolgen, die Sedierungstiefe so gering wie möglich gehalten werden und ggfs. eine Extubation angestrebt werden. |
| Evidenzgrad: EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

SF 8-4 Überwachung der ECLS-Therapie bei Kindern

Überwachung unter ECLS-Therapie

Schlüsselfrage 8-4.1

Wie soll die Überwachung eines Patienten unter ECLS-Therapie erfolgen und welche Parameter sollen hierbei berücksichtigt werden?

Empfehlungen zur Überwachung unter ECLS-Therapie

| 8-4.1.1 | Empfehlung |
|---|---|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Bei Kindern und Jugendlichen unter ECLS-Therapie soll eine kontinuierliche Überwachung erfolgen, um <ol style="list-style-type: none"> (1) zu überprüfen, dass die ECLS zu einer dem physiologischen Bedarf erforderlichen Perfusion und Sauerstoffversorgung aller Organe führt, (2) zu erkennen, ob eine ausreichende kardiale Entlastung gewährleistet ist, (3) die Antikoagulation adäquat zu steuern, (4) Komplikationen der Therapie beim Patienten frühzeitig zu erkennen und ggfs. behandeln zu können (5) Beeinträchtigungen der Funktionalität des ECLS-Systems frühzeitig erkennen und beheben zu können. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| 8-4.1.2 | Empfehlung |
|---|--|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Das Monitoring an der ECLS soll im Kindes- und Jugendalter nach einer internen SOP erfolgen. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| 8-4.2.3 | Empfehlung |
|---|--|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Die Kontrolle des pädiatrischen ECLS – Systems sollte mindestens alle 8 Stunden erfolgen |
| Evidenzgrad EK | Nicht systematisch gesichtete Literatur: |

| | |
|--|---|
| | <p>Extracorporeal Life Support Organization. (2014). ELSO Guidelines for ECMO Centers. Retrieved from https://www.else.org/Portals/0/IGD/Archive/FileManager/faf3f6a3c7cuserdocumentselsoguidelinesecmocentersv1.8.pdf (23)</p> <p>Beckmann A, Benk C, Beyersdorf F, et al. Position article for the use of extracorporeal life support in adult Beckmann, A., Benk, C., Beyersdorf, F., Haimerl, G., Merkle, F., Mestres, C., . . . Wahba, A. (2011). Position article for the use of extracorporeal life support in adult patients. <i>Eur J Cardiothorac Surg</i>, 40(3), 676-680. doi:10.1016/j.ejcts.2011.05.011 (32)</p> |
| | Konsensstärke: Konsens |

Überwachung der Oxygenierung

Schlüsselfrage 8-4.2

Wie soll die Oxygenierung des Patienten unter ECLS-Therapie überwacht werden?

Empfehlung zur Überwachung der Oxygenierung

| | | |
|---|--|--|
| 8-4.2.1 | Empfehlung | |
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Ist eine periphere transkutane Sauerstoffsättigung technisch nicht ableitbar, soll durch alternative Methoden eine kontinuierliche Kontrolle der Sauerstoffsättigung des Kindes/Jugendlichen erfolgen. | |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine | |
| | Konsensstärke: starker Konsens | |

| | | |
|---|--|--|
| 8-4.2.2 | Empfehlung | |
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Der Ort zur Überwachung der Oxygenierung von Kindern und Jugendlichen soll sowohl von anatomischen und hämodynamischen Gegebenheiten als auch von der Kanülierung abhängig gemacht werden. | |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine | |
| | Konsensstärke: starker Konsens | |

| | | |
|---|--|--|
| 8-4.2.3 | Empfehlung | |
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Der Sauerstoffpartialdruck soll im Kindes- und Jugendalter während der ECLS – Therapie in physiologischen Grenzen gehalten werden. | |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine | |
| | Konsensstärke: starker Konsens | |

| | | |
|---|--|--|
| 8-4.2.4 | Empfehlung | |
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Eine Hypokapnie <35 mmHg soll im Kindes- und Jugendalter während der ECLS – Therapie vermieden werden. | |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine | |
| | Konsensstärke: starker Konsens | |

Überwachung der Antikoagulation

Schlüsselfrage 8-4.3

Wie soll die Überwachung einer suffizienten Antikoagulation unter ECLS-Therapie erfolgen?

Empfehlung zur Antikoagulation bei Kindern

| | |
|--|--|
| 8-4.3.1. | Empfehlung |
| Empfehlungsgrad: Starke Empfehlung | Zur Vermeidung thrombembolischer Komplikationen soll an der ECLS im Kindes- und Jugendalter eine Antikoagulation erfolgen. In begründeten Ausnahmefällen kann von diesem Vorgehen abgewichen werden. |
| Evidenzgrad: EK | Nicht systematisch gesichtete Literatur: Extracorporeal Life Support Organization. (2014a). ELSO Anticoagulation Guideline (74). |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| | |
|-----------------|-------------------|
| 8-4.3.2. | Empfehlung |
|-----------------|-------------------|

| | |
|--------------------------------|---|
| Empfehlungsgrad: Empfehlung | Zur Antikoagulation an der ECLS sollte im Kindes- und Jugendalter unfraktioniertes Heparin verwendet werden. |
| Evidenzgrad: EK | Nicht systematisch gesichtete Literatur: Extracorporeal Life Support Organization. (2014a). ELSO Anticoagulation Guideline. (74) |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| 8-4.3.3. | Empfehlung |
|---------------------------------------|--|
| Empfehlungsgrad: Empfehlung | Zur Therapiesteuerung des unfraktionieren Heparins sollten im Kindes- und Jugendalter neben der ACT weitere Gerinnungsparameter (aPTT, AT III, INR und Thrombozytenzahl) regelmäßig gemessen werden. Das Monitoring der anti-Xa-Aktivität und/oder der Thrombozytenfunktion kann in ausgewählten Fällen erwogen werden. |
| Evidenzgrad: EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine Nicht systematisch gesichtete Literatur: Extracorporeal Life Support Organization. (2014a). ELSO Anticoagulation Guideline. (74) |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

Überwachung der Extremitätenperfusion

Schlüsselfrage 4.4

Unter welchen Aspekten soll eine Überwachung der Extremitätenperfusion unter ECLS-Therapie erfolgen?

Empfehlung zur Überwachung der Extremitätenperfusion bei Kindern

| 8-4.1.5 | Empfehlung |
|--------------------------------------|--|
| Empfehlungsgrad Offene Empfehlung | Zur Überwachung der Extremitätenperfusion bei peripherer Kanülierung kann im Kindes- und Jugendalter die Messung der Gewebeoxygenierung mittels near infrared spectroscopy erwogen werden. |

| | |
|--------------------------|---|
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

Neuromonitoring

Schlüsselfrage 4.5

Wie und welcher Frequenz soll ein adäquates Neuromonitoring von Patienten am ECLS durchgeführt werden?

Empfehlungen zum Neuromonitoring bei Kindern

| | | |
|---|---|--|
| 8-4.1.6 | Empfehlung | |
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Um eine klinische Beurteilung des Neurostatus zu ermöglichen, soll im Kindes- und Jugendalter soweit hämodynamisch und vom Schmerz- und Sedierungsscore vertretbar, die Analgosedierung reduziert werden, | |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine | |
| | Konsensstärke: starker Konsens | |

| | | |
|---|---|--|
| 8-4.1.7 | Empfehlung | |
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Bei Säuglingen an der ECLS soll zur Darstellung der zerebralen Morphologie und Perfusion und zur Diagnose von zerebralen Komplikationen regelmäßig eine Schädelsonographie durch die große Fontanelle erfolgen. | |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine | |
| | Konsensstärke: starker Konsens | |

| | | |
|---|---|--|
| 8-4.1.8 | Empfehlung | |
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Bei Kindern und Jugendlichen mit geschlossener Fontanelle soll zur Darstellung der zerebralen Morphologie und Perfusion und zur Diagnose von zerebralen Komplikationen regelmäßig eine transkranielle Sonographie erfolgen. | |
| Evidenzgrad | Systematisch gesichtete Literatur: | |

| | |
|----|--------------------------------|
| EK | Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| | |
|-------------------------------|--|
| 8-4.1.9 | Empfehlung |
| Empfehlungsgrad Empfehlung | Bei erhöhtem Risiko von Krampfanfällen sollte im Kindes- und Jugendalter ein kontinuierliches amplitudenintegriertes EEG (aEEG) oder intermittierend konventionelle EEG abgeleitet werden. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| | |
|--------------------------------------|--|
| 8-4.1.10 | Empfehlung |
| Empfehlungsgrad Offene Empfehlung | Zur Erkennung von Veränderungen der zerebralen Oxygenierung kann im Kindes- und Jugendalter die Messung der Gewebeoxygenierung mittels der near infrared spectroscopy (NIRS) erwogen werden. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

SF 8-5 Maßnahmen bei Komplikationen bei Kindern

Häufige Komplikationen bei Kindern

Schlüsselfrage 8-5.1

Welche Komplikationen treten mit welcher Häufigkeit auf und wie können diese behandelt werden?

Empfehlungen zur häufigen Komplikationen bei Kindern

| 8-5.1.1 | Empfehlung | |
|---|--|--|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Bei Vorliegen von zerebralen Komplikationen (Blutungen/Ischämie) im Kindes- und Jugendalter soll frühzeitig eine neuropädiatrische/neurochirurgische Beurteilung erfolgen. | |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine | |
| | Konsensstärke: starker Konsens | |

| 8-5.1.2 | Empfehlung | |
|---|---|--|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Bei Kindern und Jugendlichen, die unter ECLS-Therapie neurologische Komplikationen entwickeln, soll unter Einbeziehung von pädiatrischer Neurologie, Neurochirurgie sowie den Eltern eine Überprüfung des Therapieziels erfolgen. | |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine | |
| | Konsensstärke: starker Konsens | |

| 8-5.1.3 | Empfehlung | |
|---|---|--|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Zur Vermeidung von Blutungskomplikationen an der ECLS im Kindes- und Jugendalter soll eine optimale chirurgische Blutstillung nach Abgang von der Herz-Lungenmaschine sowie eine möglichst normalisierte Gerinnungssituation angestrebt werden. | |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine | |
| | Konsensstärke: starker Konsens | |

| | | |
|--------------------------------------|--|--|
| 8-5.1.4 | Empfehlung | |
| Empfehlungsgrad Empfehlung | Bei Blutungskomplikationen sollte im Kindes- und Jugendalter eine erweiterte Gerinnungsdiagnostik erfolgen (Hyperfibrinolyse, Faktor XIII – Mangel). | |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine | |
| | Konsensstärke: starker Konsens | |

| | | |
|---|---|--|
| 8-5.1.5 | Empfehlung | |
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Bei Erhöhung der Hämolyseparameter soll das gesamte pädiatrische ECLS - System überprüft werden und gegebenenfalls Komponenten ausgetauscht werden. Die Überprüfung umfasst eine audio-visuelle Kontrolle von Schlauchsystem, Pumpe und Oxygenator sowie die Funktionalität des Systems (Oxygenator, Drücke, Kanülenlage und –größe). | |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine | |
| | Konsensstärke: starker Konsens | |

| | | |
|---|---|--|
| 8-5.1.6 | Empfehlung | |
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Bestehende Infektionen bei Kindern und Jugendlichen sollen vor ECLS-Implantation adäquat antibiotisch therapiert werden, ohne damit den Beginn einer notwendigen ECLS-Therapie zu verzögern. | |
| Evidenzgrad + | Systematisch gesichtete Literatur: Vogel, A. M., Lew, D. F., Kao, L. S., & Lally, K. P. (2011). Defining risk for infectious complications on extracorporeal life support. <i>J Pediatr Surg</i> , 46(12), 2260-2264. doi:10.1016/j.jpedsurg.2011.09.013 | |
| | Konsensstärke: starker Konsens | |

| | | |
|---|---|--|
| 8-5.1.7 | Empfehlung | |
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Bei femoraler arterieller Kanülierung soll bei Kindern und Jugendlichen eine distale Perfusionskanüle zur Vermeidung einer Extremitätenischämie erwogen werden. | |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine | |

| | |
|--|--------------------------------|
| | Konsensstärke: starker Konsens |
|--|--------------------------------|

Temperaturregelung bei Kindern

Schlüsselfrage 8-5.2

Welche Einflüsse übt eine gezielte Temperaturregulation im Rahmen einer ECLS-Therapie aus?

Empfehlungen zur Temperaturregelung bei Kindern

| | | |
|--------------------------------------|--|--|
| 8-5.2.1 | Empfehlung | |
| Empfehlungsgrad Empfehlung | Nach neonataler Asphyxie sollte an der ECLS keine Hypothermiebehandlung begonnen werden. | |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine | |
| | Konsensstärke: starker Konsens | |

| | | |
|-------------------------------------|--|--|
| 8-5.2.2 | Empfehlung | |
| Empfehlungsgrad Statement | Ob eine vor ECLS – Therapie begonnene Hypothermiebehandlung an der ECLS fortgeführt werden soll, kann anhand der Evidenzlage nicht beantwortet werden. | |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine | |
| | Konsensstärke: starker Konsens | |

| | | |
|--------------------------------------|--|--|
| 8-5.2.3 | Empfehlung | |
| Empfehlungsgrad Empfehlung | Im Kindes- und Jugendalter sollte nach ECPR nach IHCA die Körpertemperatur normotherm gehalten werden. | |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine | |

| | |
|--|--------------------------------|
| | |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

Nierenersatztherapie

Schlüsselfrage 8-5.3

Wie soll ein akutes Nierenversagen unter ECLS-Therapie behandelt werden?

Empfehlung zu Nierenersatztherapie bei ECLS bei Kindern

| 8-5.3 | Empfehlung |
|-----------------------------|--|
| Empfehlungsgrad B | Ein kontinuierliches Nierenersatzverfahren (CVVH / CVVHDF) sollte zur Therapie der konservativ nicht beherrschbaren Volumenüberladung und des akuten Nierenversagens im Kindes- und Jugendalter zum Einsatz kommen. |
| Evidenzgrad + | Systematisch gesichtete Literatur: Lou, S., MacLaren, G., Paul, E., Best, D., Delzoppo, C., & Butt, W. (2015). Hemofiltration is not associated with increased mortality in children receiving extracorporeal membrane oxygenation. <i>Pediatr Crit Care Med</i> , 16(2), 161-166. doi:10.1097/pcc.000000000000290(75) Wolf, M. J., Chanani, N. K., Heard, M. L., Kanter, K. R., & Mahle, W. T. (2013). Early renal replacement therapy during pediatric cardiac extracorporeal support increases mortality. <i>Ann Thorac Surg</i> , 96(3), 917-922. doi:10.1016/j.athoracsur.2013.05.056(76) |
| | Konsensstärke: Konsens |

SF 8-6 Entwöhnung bei Kindern

Zeitpunkt der Entwöhnung bei Kindern

Schlüsselfrage 8-6.1

Wann sollte das Weaning von der ECLS eingeleitet werden bzw. welche Kriterien sollten unter ECLS-Weaning als Prädiktoren für ein erfolgreiches Weaning herangezogen werden?

Empfehlungen zum Zeitpunkt der Entwöhnung

| 8-6.1.1 | Empfehlung | |
|---|---|--|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Im Kindes- und Jugendalter soll der Zeitpunkt zum Weaning von der ECLS primär von der Herz-Kreislauffunktion und der pulmonalen Funktion abhängig gemacht werden. | |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine Nicht systematisch gesichtete Literatur: Extracorporeal Life Support Organization. (2017b). Guidelines for Pediatric Cardiac Failure. (67) | |
| | Konsensstärke: starker Konsens | |

| 8-6.1.2 | Empfehlung | |
|--------------------------------------|--|--|
| Empfehlungsgrad Empfehlung | Ist innerhalb von 10-14 Tagen nach Initiierung der ECLS im Kindes- und Jugendalter keine Erholung der Myokardfunktion zu beobachten, sollten alternative Unterstützungssysteme erwogen werden. | |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine Nicht systematisch gesichtete Literatur: Extracorporeal Life Support Organization. (2017b). Guidelines for Pediatric Cardiac Failure. (67) | |
| | Konsensstärke: starker Konsens | |

Überwachung der Entwöhnung bei Kindern

Schlüsselfrage 8-6.2

Welche Parameter sollen mit welcher Frequenz im Rahmen der Entwöhnung von einem ECLS-System insbesondere im Hinblick auf mögliche Komplikationen sowie Zeichen eines Weaningversagens überwacht werden?

Empfehlung zur Überwachung der Entwöhnung bei Kindern

| 8-6.2 | Empfehlung | |
|---|---|--|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Das Weaning von einer extrakorporalen Unterstützung im Kindes- und Jugendalter soll standardisiert unter Monitoring invasiver und nichtinvasiver hämodynamischer, laborchemischer und echokardiographischer Parameter erfolgen. | |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine Nicht systematisch gesichtete Literatur: Extracorporeal Life Support Organization. (2017b). Guidelines for Pediatric Cardiac Failure. (67) | |
| | Konsensstärke: starker Konsens | |

Ablauf der Entwöhnung bei Kindern

Schlüsselfrage 8-6.3

Wie soll die Entwöhnung von einem ECLS-System erfolgen?

Empfehlung zum Ablauf der Entwöhnung bei Kindern

| 8-6.3 | Empfehlung | |
|--------------------------------------|---|--|
| Empfehlungsgrad Empfehlung | Zur Überprüfung der Herz-Kreislauf- und Lungenfunktion sollte im Kindes- und Jugendalter bei liegenden Kanülen ein Stopp der mechanischen Kreislaufunterstützung herbeigeführt werden. | |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine Nicht systematisch gesichtete Literatur: Extracorporeal Life Support Organization. (2017b). Guidelines for Pediatric Cardiac Failure. (67) | |
| | Konsensstärke: Konsens | |

Additive Maßnahmen bei der Entwöhnung

Schlüsselfrage 8-6.4

Welche Effekte haben additive Maßnahmen (z.B. IABP, Impella, TandemHeart) auf die Entwöhnung von einem ECLS-System?

Techniken der ECLS-Explantation bei Kindern

Schlüsselfrage 8-6.5

Welche Effekte haben verschiedene Techniken der ECLS-Explantation (z.B. operativ versus nicht-operative De-Kanülierung mit nachfolgender Gefäßkompression) in Abhängigkeit von verschiedenen Implantations-Szenarien (z.B. perkutane versus offene Implantation, direkte versus Prothesen-mediierte Kanülierung) sowie der Liegezeit der Kanülen (Thrombus-Risiko)?

Empfehlungen zur ECLS-Explantation bei Kindern

| 8-6.5.1 | Empfehlungen | |
|--------------------------------------|--|--|
| Empfehlungsgrad Empfehlung | Bei Dekanülierung der Arterie sollte bei Kindern und Jugendlichen eine chirurgische Gefäßrekonstruktion erfolgen. | |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine Nicht systematisch gesichtete Literatur: Extracorporeal Life Support Organization. (2017b). Guidelines for Pediatric Cardiac Failure. (67) | |
| | Konsensstärke: starker Konsens | |

| 8-6.5.2 | Empfehlungen | |
|---------|--------------|--|
|---------|--------------|--|

| | |
|---|--|
| <p>Empfehlungsgrad Offene Empfehlung</p> | <p>Bei Dekanülierung der Vene kann bei Kindern und Jugendlichen eine chirurgische Gefäßrekonstruktion erwogen werden.</p> |
| <p>Evidenzgrad EK</p> | <p>Systematisch gesichtete Literatur: Keine Nicht systematisch gesichtete Literatur: Extracorporeal Life Support Organization. (2017b). Guidelines for Pediatric Cardiac Failure. (67)</p> |
| | <p>Konsensstärke: starker Konsens</p> |

SF 8-7 Nachsorge bei Kindern

Nachsorge Untersuchungen

Schlüsselfrage 8-7.1

Welche Nachsorge-Untersuchungen sollen kurz-, mittel- und langfristig in Abhängigkeit von welchen Indikationen und Risikoprofilen in welchen Zeitabständen nach erfolgreicher ECLS-Entwöhnung durchgeführt werden?

Empfehlungen zu Nachsorgeuntersuchungen

| 8-7.1.1 | Empfehlung |
|---|--|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Kinder und Jugendliche nach ECLS-Therapie sind Risikopatienten und sollen daher eine regelmässige, standardisierte und multimodale Nachsorge erhalten. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| 8-7.1.2 | Empfehlung |
|---|---|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Die Nachsorgeuntersuchungen sollen longitudinal im Säuglings-, Vorschul-, Schul- und Jugendalter stattfinden. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

| 8-7.1.3 | Empfehlung |
|---|---|
| Empfehlungsgrad Starke Empfehlung | Die Nachsorge von Kindern und Jugendlichen soll Untersuchungen von Wachstum, Herz, Lunge, Leber, Niere, neurologischer Entwicklung und Psyche beinhalten. |
| Evidenzgrad EK | Systematisch gesichtete Literatur: Keine |
| | Konsensstärke: starker Konsens |

Literatur

1. Ouweneel DM, Schotborgh JV, Limpens J, Sjaauw KD, Engstrom AE, Lagrand WK, et al. Extracorporeal life support during cardiac arrest and cardiogenic shock: a systematic review and meta-analysis. *Intensive care medicine*. 2016;42(12):1922-34.
2. Chen SW, Tsai FC, Lin YS, Chang CH, Chen DY, Chou AH, et al. Long-term outcomes of extracorporeal membrane oxygenation support for postcardiotomy shock. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2017;154(2):469-77.e2.
3. Chang JJ, Lin MS, Chen TH, Chen DY, Chen SW, Hsu JT, et al. Heart Failure and Mortality of Adult Survivors from Acute Myocarditis Requiring Intensive Care Treatment - A Nationwide Cohort Study. *International journal of medical sciences*. 2017;14(12):1241-50.
4. Schiller P, Hellgren L, Vikholm P. Survival after refractory cardiogenic shock is comparable in patients with Impella and veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation when adjusted for SAVE score. *European heart journal Acute cardiovascular care*. 2018:2048872618799745.
5. El Sibai R, Bachir R, El Sayed M. Outcomes in Cardiogenic Shock Patients with Extracorporeal Membrane Oxygenation Use: A Matched Cohort Study in Hospitals across the United States. *BioMed Research International*. 2018;2018:1-8.
6. Masson R, Colas V, Parienti JJ, Lehoux P, Massetti M, Charbonneau P, et al. A comparison of survival with and without extracorporeal life support treatment for severe poisoning due to drug intoxication. *Resuscitation*. 2012;83(11):1413-7.
7. Blumenstein J, Leick J, Liebetau C, Kempfert J, Gaede L, Gross S, et al. 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. *European heart journal Acute cardiovascular care*. 2016;5(7):13-22.
8. Shin TG, Choi JH, Jo IJ, Sim MS, Song HG, Jeong YK, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in patients with in-hospital cardiac arrest: A comparison with conventional cardiopulmonary resuscitation. *Critical care medicine*. 2011;39(1):1-7.
9. Shin TG, Jo IJ, Sim MS, Song YB, Yang JH, Hahn JY, et al. Two-year survival and neurological outcome of in-hospital cardiac arrest patients rescued by extracorporeal cardiopulmonary resuscitation. *International journal of cardiology*. 2013;168(4):3424-30.
10. Lin JW, Wang MJ, Yu HY, Wang CH, Chang WT, Jerng JS, et al. Comparing the survival between extracorporeal rescue and conventional resuscitation in adult in-hospital cardiac arrests: propensity analysis of three-year data. *Resuscitation*. 2010;81(7):796-803.
11. Choi DS, Kim T, Ro YS, Ahn KO, Lee EJ, Hwang SS, et al. Extracorporeal life support and survival after out-of-hospital cardiac arrest in a nationwide registry: A propensity score-matched analysis. *Resuscitation*. 2016;99:26-32.
12. Kim SJ, Jung JS, Park JH, Park JS, Hong YS, Lee SW. 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. *Critical care (London, England)*. 2014;18(5):535.
13. Maekawa K, Tanno K, Hase M, Mori K, Asai Y. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for patients with out-of-hospital cardiac arrest of cardiac origin: a propensity-matched study and predictor analysis. *Critical care medicine*. 2013;41(5):1186-96.
14. Cheng R, Ramzy D, Azarbal B, Arabia FA, Esmailian F, Czer LS, et al. 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. *Artificial organs*. 2017;41(3):224-32.
15. Fukuhara S, Takeda K, Kurlansky PA, Naka Y, Takayama H. Extracorporeal membrane oxygenation as a direct bridge to heart transplantation in adults. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2018;155(4):1607-18.e6.

16. Michels G, Wengenmayer T, Hagl C, Dohmen C, Bottiger BW, Bauersachs J, et al. [Recommendations for extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (eCPR) : Consensus statement of DGIIN, DGK, DGTHG, DGfK, DGNI, DGAI, DIVI and GRC]. *Medizinische Klinik, Intensivmedizin und Notfallmedizin*. 2018;113(6):478-86.
17. Chang CH, Chen HC, Caffrey JL, Hsu J, Lin JW, Lai MS, et al. Survival Analysis After Extracorporeal Membrane Oxygenation in Critically Ill Adults: A Nationwide Cohort Study. *Circulation*. 2016;133(24):2423-33.
18. Lorusso R, Gelsomino S, Parise O, Mendiratta P, Prodhan P, Rycus P, et al. Venous-arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation for Refractory Cardiogenic Shock in Elderly Patients: Trends in Application and Outcome From the Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) Registry. *The Annals of thoracic surgery*. 2017;104(1):62-9.
19. Richardson AS, Schmidt M, Bailey M, Pellegrino VA, Rycus PT, Pilcher DV. ECMO Cardio-Pulmonary Resuscitation (ECPR), trends in survival from an international multicentre cohort study over 12-years. *Resuscitation*. 2017;112:34-40.
20. Schmidt M, Burrell A, Roberts L, Bailey M, Sheldrake J, Rycus PT, et al. Predicting survival after ECMO for refractory cardiogenic shock: the survival after veno-arterial-ECMO (SAVE)-score. *European heart journal*. 2015;36(33):2246-56.
21. Smith M, Vukomanovic A, Brodie D, Thiagarajan R, Rycus P, Buscher H. Duration of veno-arterial extracorporeal life support (VA ECMO) and outcome: an analysis of the Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) registry. *Critical care (London, England)*. 2017;21(1):45.
22. Abrams D, Garan AR, Abdelbary A, Bacchetta M, Bartlett RH, Beck J, et al. Position paper for the organization of ECMO programs for cardiac failure in adults. *Intensive care medicine*. 2018;44(6):717-29.
23. Extracorporeal Life Support Organization. ELSO Guidelines for ECMO Centers 2014 [Available from: <https://www.else.org/Portals/0/IGD/Archive/FileManager/faf3f6a3c7cusersshydocumentselsoguidelinesecmocentersv1.8.pdf>].
24. Combes A, Brodie D, Bartlett R, Brochard L, Brower R, Conrad S, et al. Position paper for the organization of extracorporeal membrane oxygenation programs for acute respiratory failure in adult patients. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2014;190(5):488-96.
25. McCarthy FH, McDermott KM, Spragan D, Hoedt A, Kini V, Atluri P, et al. Unconventional Volume-Outcome Associations in Adult Extracorporeal Membrane Oxygenation in the United States. *The Annals of thoracic surgery*. 2016;102(2):489-95.
26. Barbaro RP, Odetola FO, Kidwell KM, Paden ML, Bartlett RH, Davis MM, et al. Association of hospital-level volume of extracorporeal membrane oxygenation cases and mortality. Analysis of the extracorporeal life support organization registry. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2015;191(8):894-901.
27. Huesch MD. Volume-Outcome Relationships in Extracorporeal Membrane Oxygenation: Retrospective Analysis of Administrative Data From Pennsylvania, 2007-2015. *ASAIO journal (American Society for Artificial Internal Organs : 1992)*. 2018;64(4):450-7.
28. Beurtheret S, Mordant P, Paoletti X, Marijon E, Celermajer DS, Leger P, et al. Emergency circulatory support in refractory cardiogenic shock patients in remote institutions: a pilot study (the cardiac-RESCUE program). *European heart journal*. 2013;34(2):112-20.
29. Barrett CS, Jaggars JJ, Cook EF, Graham DA, Yarlaga VV, Teele SA, et al. Pediatric ECMO outcomes: comparison of centrifugal versus roller blood pumps using propensity score matching. *ASAIO journal (American Society for Artificial Internal Organs : 1992)*. 2013;59(2):145-51.
30. Byrnes J, McKamie W, Swearingen C, Prodhan P, Bhutta A, Jaquiss R, et al. Hemolysis during cardiac extracorporeal membrane oxygenation: a case-control comparison of roller

pumps and centrifugal pumps in a pediatric population. *ASAIO journal (American Society for Artificial Internal Organs* : 1992). 2011;57(5):456-61.

31. Distelmaier K, Roth C, Schrutka L, Binder C, Steinlechner B, Heinz G, et al. Beneficial effects of levosimendan on survival in patients undergoing extracorporeal membrane oxygenation after cardiovascular surgery. *British journal of anaesthesia*. 2016;117(1):52-8.

32. Beckmann A, Benk C, Beyersdorf F, Haimerl G, Merkle F, Mestres C, et al. Position article for the use of extracorporeal life support in adult patients. *European journal of cardiothoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery*. 2011;40(3):676-80.

33. Extracorporeal Life Support Organization. Guidelines for Adult Cardiac Failure 2014 [Available from: <https://www.else.org/Portals/0/IGD/Archive/FileManager/e76ef78eabcusersshyerdocumentselsoguidelinesforadultcardiacfailure1.3.pdf>].

34. ELSO. Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) General Guidelines for all ECLS Cases 2017 [1-26]. Available from: www.else.org.

35. Pichler P, Antretter H, Dunser M, Eschertzhuber S, Gottardi R, Heinz G, et al. [Use of ECMO in adult patients with cardiogenic shock: a position paper of the Austrian Society of Cardiology]. *Medizinische Klinik, Intensivmedizin und Notfallmedizin*. 2015;110(6):407-20.

36. Lorusso R, Barili F, Mauro MD, Gelsomino S, Parise O, Rycus PT, et al. In-Hospital Neurologic Complications in Adult Patients Undergoing Venous Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation: Results From the Extracorporeal Life Support Organization Registry. *Critical care medicine*. 2016;44(10):e964-72.

37. Vogel AM, Lew DF, Kao LS, Lally KP. Defining risk for infectious complications on extracorporeal life support. *Journal of pediatric surgery*. 2011;46(12):2260-4.

38. Dalton HJ, Garcia-Filion P, Holubkov R, Moler FW, Shanley T, Heidemann S, et al. Association of bleeding and thrombosis with outcome in extracorporeal life support. *Pediatric critical care medicine : a journal of the Society of Critical Care Medicine and the World Federation of Pediatric Intensive and Critical Care Societies*. 2015;16(2):167-74.

39. Polito A, Barrett CS, Wypij D, Rycus PT, Netto R, Cogo PE, et al. Neurologic complications in neonates supported with extracorporeal membrane oxygenation. An analysis of ELSO registry data. *Intensive care medicine*. 2013;39(9):1594-601.

40. Werho DK, Pasquali SK, Yu S, Donohue J, Annich GM, Thiagarajan RR, et al. Epidemiology of Stroke in Pediatric Cardiac Surgical Patients Supported With Extracorporeal Membrane Oxygenation. *The Annals of thoracic surgery*. 2015;100(5):1751-7.

41. Werho DK, Pasquali SK, Yu S, Donohue J, Annich GM, Thiagarajan RR, et al. Hemorrhagic complications in pediatric cardiac patients on extracorporeal membrane oxygenation: an analysis of the Extracorporeal Life Support Organization Registry. *Pediatric critical care medicine : a journal of the Society of Critical Care Medicine and the World Federation of Pediatric Intensive and Critical Care Societies*. 2015;16(3):276-88.

42. Wightman A, Bradford MC, Symons J, Brogan TV. Impact of Kidney Disease on Survival in Neonatal Extracorporeal Life Support. *Pediatric critical care medicine : a journal of the Society of Critical Care Medicine and the World Federation of Pediatric Intensive and Critical Care Societies*. 2015;16(6):576-82.

43. Patel NJ, Patel N, Bhardwaj B, Golwala H, Kumar V, Atti V, et al. Trends in utilization of mechanical circulatory support in patients hospitalized after out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation*. 2018;127:105-13.

44. Pappalardo F, Schulte C, Pieri M, Schrage B, Contri R, Soeffker G, et al. Concomitant implantation of Impella[®] on top of veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation may improve survival of patients with cardiogenic shock. *European journal of heart failure* [Internet]. 2017. Available from: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ehf.13111>.

45. Schmack B, Seppelt P, Weymann A, Alt C, Farag M, Arif R, et al. Extracorporeal life support with left ventricular decompression-improved survival in severe cardiogenic shock: results from a retrospective study. *PeerJ*. 2017;5:e3813.
46. Extracorporeal Life Support Organization. Ultrasound Guidance for Extra-corporeal Membrane Oxygenation General Guidelines 2015 [Available from: https://www.else.org/Portals/0/Files/else_Ultrasoundguidance_ecmogeneral_guidelines_May2015.pdf].
47. Ro SK, Kim JB, Jung SH, Choo SJ, Chung CH, Lee JW. Extracorporeal life support for cardiogenic shock: influence of concomitant intra-aortic balloon counterpulsation. *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery*. 2014;46(2):186-92; discussion 92.
48. Lin LY, Liao CW, Wang CH, Chi NH, Yu HY, Chou NK, et al. Effects of Additional Intra-aortic Balloon Counter-Pulsation Therapy to Cardiogenic Shock Patients Supported by Extracorporeal Membranous Oxygenation. *Scientific reports*. 2016;6:23838.
49. Aso S, Matsui H, Fushimi K, Yasunaga H. The Effect of Intraaortic Balloon Pumping Under Venous Extracorporeal Membrane Oxygenation on Mortality of Cardiogenic Patients: An Analysis Using a Nationwide Inpatient Database. *Critical care medicine*. 2016;44(11):1974-9.
50. Park TK, Yang JH, Choi SH, Song YB, Hahn JY, Choi JH, et al. Clinical impact of intra-aortic balloon pump during extracorporeal life support in patients with acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock. *BMC anesthesiology*. 2014;14:27.
51. Brechot N, Demondion P, Santi F, Lebreton G, Pham T, Dalakidis A, et al. Intra-aortic balloon pump protects against hydrostatic pulmonary oedema during peripheral venous-extracorporeal membrane oxygenation. *European heart journal Acute cardiovascular care*. 2018;7(1):62-9.
52. Oberender F, Ganeshalingham A, Fortenberry JD, Hobson MJ, Houmes RJ, Morris KP, et al. Venous Extracorporeal Membrane Oxygenation Versus Conventional Therapy in Severe Pediatric Septic Shock. *Pediatric critical care medicine : a journal of the Society of Critical Care Medicine and the World Federation of Pediatric Intensive and Critical Care Societies*. 2018;19(10):965-72.
53. Ruth A, McCracken CE, Fortenberry JD, Hebbard KB. Extracorporeal therapies in pediatric severe sepsis: findings from the pediatric health-care information system. *Critical care (London, England)*. 2015;19:397.
54. Skinner SC, Iocono JA, Ballard HO, Turner MD, Ward AN, Davenport DL, et al. Improved survival in venous vs venous extracorporeal membrane oxygenation for pediatric noncardiac sepsis patients: a study of the Extracorporeal Life Support Organization registry. *Journal of pediatric surgery*. 2012;47(1):63-7.
55. Gupta P, Robertson MJ, Rettiganti M, Seib PM, Wernovsky G, Markovitz BP, et al. Impact of Timing of ECMO Initiation on Outcomes After Pediatric Heart Surgery: A Multi-Institutional Analysis. *Pediatric cardiology [Internet]*. 2016; (5):[971-8 pp.]. Available from: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/pcc.12379>.
56. Gupta P, Robertson MJ, Beam BW, Rettiganti M. Outcomes associated with preoperative use of extracorporeal membrane oxygenation in children undergoing heart operation for congenital heart disease: a multi-institutional analysis. *Clinical cardiology*. 2015;38(2):99-105.
57. Mascio CE, Austin EH, 3rd, Jacobs JP, Jacobs ML, Wallace AS, He X, et al. Perioperative mechanical circulatory support in children: an analysis of the Society of Thoracic Surgeons Congenital Heart Surgery Database. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2014;147(2):658-64; discussion 64-5.
58. Rajagopal SK, Almond CS, Laussen PC, Rycus PT, Wypij D, Thiagarajan RR. Extracorporeal membrane oxygenation for the support of infants, children, and young adults

- with acute myocarditis: a review of the Extracorporeal Life Support Organization registry. *Critical care medicine*. 2010;38(2):382-7.
59. Conrad SJ, Bridges BC, Kalra Y, Pietsch JB, Smith AH. Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation Among Patients with Structurally Normal Hearts. *ASAIO journal (American Society for Artificial Internal Organs : 1992)*. 2017;63(6):781-6.
60. Sivarajan VB, Almodovar MC, Rodefeld MD, Laussen PC. Pediatric extracorporeal life support in specialized situations. *Pediatric critical care medicine : a journal of the Society of Critical Care Medicine and the World Federation of Pediatric Intensive and Critical Care Societies*. 2013;14(5 Suppl 1):S51-61.
61. Lasa JJ, Rogers RS, Localio R, Shults J, Raymond T, Gaies M, et al. Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation (E-CPR) During Pediatric In-Hospital Cardiopulmonary Arrest Is Associated With Improved Survival to Discharge. *Circulation*. 2016;133(2):165-76.
62. Lowry AW, Morales DL, Graves DE, Knudson JD, Shamszad P, Mott AR, et al. Characterization of extracorporeal membrane oxygenation for pediatric cardiac arrest in the United States: analysis of the kids' inpatient database. *Pediatric cardiology*. 2013;34(6):1422-30.
63. Wehman B, Stafford KA, Bittle GJ, Kon ZN, Evans CF, Rajagopal K, et al. Modern Outcomes of Mechanical Circulatory Support as a Bridge to Pediatric Heart Transplantation. *The Annals of thoracic surgery*. 2016;101(6):2321-7.
64. Yarlagadda VV, Maeda K, Zhang Y, Chen S, Dykes JC, Gowen MA, et al. Temporary Circulatory Support in U.S. Children Awaiting Heart Transplantation. *Journal of the American College of Cardiology*. 2017;70(18):2250-60.
65. Ford MA, Gauvreau K, McMullan DM, Almodovar MC, Cooper DS, Rycus PT, et al. Factors Associated With Mortality in Neonates Requiring Extracorporeal Membrane Oxygenation for Cardiac Indications: Analysis of the Extracorporeal Life Support Organization Registry Data. *Pediatric critical care medicine : a journal of the Society of Critical Care Medicine and the World Federation of Pediatric Intensive and Critical Care Societies*. 2016;17(9):860-70.
66. Furlong-Dillard JM, Amula V, Bailly DK, Bleyl SB, Wilkes J, Bratton SL. Use of Extracorporeal Membrane Oxygenation and Mortality in Pediatric Cardiac Surgery Patients With Genetic Conditions: A Multicenter Analysis. *Pediatric critical care medicine : a journal of the Society of Critical Care Medicine and the World Federation of Pediatric Intensive and Critical Care Societies*. 2017;18(9):850-8.
67. Extracorporeal Life Support Organization. Guidelines for Pediatric Cardiac Failure 2017 [Available from: <http://www.else.org/resources/guidelines.aspx>].
68. Karamlou T, Vafaezadeh M, Parrish AM, Cohen GA, Welke KF, Permut L, et al. Increased extracorporeal membrane oxygenation center case volume is associated with improved extracorporeal membrane oxygenation survival among pediatric patients. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2013;145(2):470-5.
69. Freeman CL, Bennett TD, Casper TC, Larsen GY, Hubbard A, Wilkes J, et al. Pediatric and neonatal extracorporeal membrane oxygenation: does center volume impact mortality?*. *Critical care medicine*. 2014;42(3):512-9.
70. Gupta P, Rettiganti M. Association Between Extracorporeal Membrane Oxygenation Center Volume and Mortality Among Children With Heart Disease: Propensity and Risk Modeling. *Pediatric critical care medicine : a journal of the Society of Critical Care Medicine and the World Federation of Pediatric Intensive and Critical Care Societies*. 2015;16(9):868-74.
71. Rettiganti M, Seib PM, Robertson MJ, Wilcox A, Gupta P. Impact of varied center volume categories on volume-outcome relationship in children receiving ECMO for heart operations. *Journal of artificial organs : the official journal of the Japanese Society for Artificial Organs*. 2016;19(3):249-56.

72. Barrett CS, Chan TT, Wilkes J, Bratton SL, Thiagarajan RR. Association of Pediatric Cardiac Surgical Volume and Mortality after Cardiac ECMO. ASAIO journal (american society for artificial internal organs : 1992). 2017;(no pagination).
73. Teele SA, Salvin JW, Barrett CS, Rycus PT, Fynn-Thompson F, Laussen PC, et al. The association of carotid artery cannulation and neurologic injury in pediatric patients supported with venoarterial extracorporeal membrane oxygenation*. Pediatric critical care medicine : a journal of the Society of Critical Care Medicine and the World Federation of Pediatric Intensive and Critical Care Societies. 2014;15(4):355-61.
74. Extracorporeal Life Support Organization. ELSO Anticoagulation Guideline 2014 [Available from: <https://www.elseo.org/Portals/0/Files/elseoanticoagulationguideline8-2014-table-contents.pdf>].
75. Lou S, MacLaren G, Paul E, Best D, Delzoppo C, Butt W. Hemofiltration is not associated with increased mortality in children receiving extracorporeal membrane oxygenation. Pediatric critical care medicine : a journal of the Society of Critical Care Medicine and the World Federation of Pediatric Intensive and Critical Care Societies. 2015;16(2):161-6.
76. Wolf MJ, Chanani NK, Heard ML, Kanter KR, Mahle WT. Early renal replacement therapy during pediatric cardiac extracorporeal support increases mortality. The Annals of thoracic surgery. 2013;96(3):917-22.

Versions-Nummer: 1.0

Erstveröffentlichung: 08/2020

Nächste Überprüfung geplant: 08/2025

Die AWMF erfasst und publiziert die Leitlinien der Fachgesellschaften mit größtmöglicher Sorgfalt - dennoch kann die AWMF für die Richtigkeit des Inhalts keine Verantwortung übernehmen. **Insbesondere bei Dosierungsangaben sind stets die Angaben der Hersteller zu beachten!**

Autorisiert für elektronische Publikation: AWMF online