

# Kursbuch Kindernotfall

Querschnittsbereich Notfallmedizin



# Inhaltsverzeichnis



Kurskonzept	3
Algorithmus PBLS	۷
Verschlucken/Ersticken bei Kindern	5
Algorithmus Foreign body obstruction (FBAO)	6
Fremdkörperaspiration/Atemwegsobstruktion	7
Vortrag QB Notfall "Kindernotfall"	8-19
Heimlich-Handgriff (auch: Heimlich-Manöver)	20-21
Lebensrettende Maßnahmen bei Kindern (Paediatric Basic Life Support, PBLS)Leitlinien des European Resuscitation Council 2021	22–65

# Kurskonzept

Liebe Studierende,

wir freuen uns Ihnen im Kursteil "Kindernotfall" im QB Notfallmedizin die wichtigsten Skills der Kindernotfallmedizin beizubringen. Kindernotfälle sind in der Notfallmedizin selten und bedürfen besonderer Fachkenntnis. Kinder sind keine kleinen Erwachsenen. Gerade, weil Kindernotfälle eher selten sind, ist es umso wichtiger die Maßnahmen der Kinderreanimation und die Notfallmaßnahmen bei akuter Luftnot durch Fremdkörperaspiration sicher zu beherrschen.

In dem vorliegenden Kurshandbuch finden Sie alle wichtigen Informationen rund um unseren Kurs "Kindernotfall". Neben dem Kurs-Vortrag finden Sie die aktuellen ERC-Leitlinien Lebensrettenden Maßnahmen bei Kindern (Paediatric Life Support) aus dem Jahr 2021. Auch wenn die Leitlinie weit über den Kursinhalt hinaus geht, möchten wir sie den KollegInnen nicht vorenthalten, die sich umfassender mit der Thematik beschäftigen möchten.

Egal welchem Fachgebiet Sie sich nach Ihrem Studium widmen, die Basismaßnahmen der Wiederbelebung bei Kindern und die akuten Maßnahmen bei Luftnot nach Fremdkörperaspiration sollten ein fester Bestandteil Ihrer medizinischen Skills sein. Wir geben unsere Erfahrung gerne an Sie weiter.

Sollten Sie Fragen, Anmerkungen oder Verbesserungsvorschläge zu den Inhalten des Kurses "Kindernotfall" haben, freue ich mich über Ihre Rückmeldung:

Wir freuen uns auf Sie!

Ihr

h



Dr. Till Dresbach Geschäftsführender Oberarzt Neonatologie/Pädiatrische Intensivmedizin

Email: till.dresbach@ukbonn.de

Tel.: 0228-287-37836

www.neonatologie-bonn.de

Erfahren Sie hier mehr über unsere Abteilung:



# **Algorithmus PBLS**

Zielgruppe: Studierende der Medizin im 4. Klinisches Semester

Kursdauer: 75 Minuten

Veranstaltungsort: SkillsLab, Gebäude 82, 1. Etage

Termine: mittwochs 14:00 – 16:30 Uhr

(1. Kurs: 14:00 – 15:15 Uhr und 2. Kurs: 15:15 – 16:30 Uhr) Instruktoren Ärzte: Oberärzte, Fachärzte, Assistenzärzte der Abteilung Neonatologie/Pädiatrische Intensivmedizin

**Unterrichtsmaterialien:** Powerpoint-Vortrag, 3x Baby Anne Laerdal, 3x Little Junior Laerdal, 2x FastAct Trainer, 3x Beatmungsbeutel Säugling, 3x Beatmungsbeutel Kleinkind, Kursbuch QB Notfallmedizin: Kindernotfall

# Lernziele:

- 1. Erkennen von innerklinischen Notfallsituationen
- 2. Qualitativ hochwertige Maskenbeatmung bei Säuglingen und Kindern
- 3. Qualitativ hochwertige Herzdruckmassage bei Säuglingen und Kindern
- **4.** Kenntnisse über den Ablauf und das eigenständige Durchführen des Paediatric Basic Life Support (PBLS)
- 5. Erstmaßnahmen bei Ersticken (Foreign body airway obstruction (FBAO))

# Ablauf des Kurses: Paediatric Basic Life Support (PBLS)

- **1.** Begrüßung, Vorstellung der Dozenten, Verteilung Kitteltaschenkarte "PBLS" (2 Minuten)
- 2. Powerpoint-Vortrag PBLS
- 3. Demonstration PBLS
- 4. Praktische Übung am Modell Supervision und Feedback durch Dozenten
- 5. Demonstration Maßnahmen bei Ersticken von Säuglingen und Kindern
- **6.** Praktische Übung am ActFast-Trainer; Supervision und Feedback durch Dozenten
- 7. Fragen, Anregungen der Teilnehmer, Verabschiedung

# Ärztliche Leitung: Dr. Till Dresbach

Sollten Sie Fragen, Anmerkungen oder Verbesserungsvorschläge zu den Inhalten des Kurses "Kindernotfall" haben, freue ich mich über Ihre Rückmeldung:

Dr. Till Dresbach till.dresbach@ukbonn.de

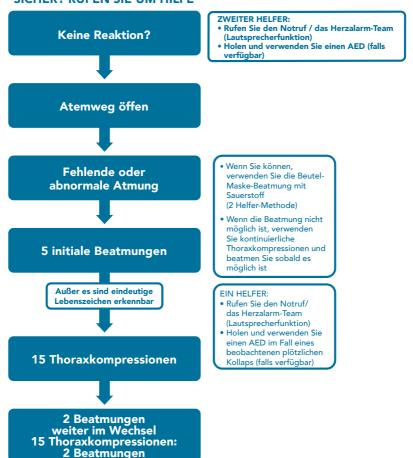
# Verschlucken/Ersticken bei Kindern





# LEBENSRETTENDE MASSNAHMEN BEI KINDERN

# SICHER? RUFEN SIE UM HILFE



# Algorithmus Foreign body obstruction (FBAO)



# Fremdkörperaspiration/Atemnwegsobstruktion

# FREMDKÖRPERASPIRATION/ATEMWEGS-OBSTRUKTION BEIM KIND





wenn der Fremdkörper ausgestoßen wurde: dringende medizinische Nachsorge

# Vortrag QB Notfall "Kindernotfall"

universitäts
klinikumbonn Neonatologie und Pädiatrische Intensivmedizin





Dr. Till Dresbac



Neonatologie und Pädiatrische Intensivmedizin



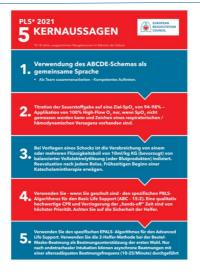
Warum eigene Leitlinien für Kinder?

**Erwachsene:** primäre Kreislaufstörung: Herzinfarkt, Herzrhythmusstörungen

**Kinder:** sekundäre Kreislaufstörung durch Sauerstoffmangel (71%)











Neonatologie und Pädiatrische Intensivmedizi



# Erkennen und Behandlung kritisch kranker Kinder

# A -Airway (Atemweg)

· Öffnen Sie die Atemwege und halten diese offen

# B- Breathing (Atmung)

- Prüfen Sie die Atemfrequenz
- · Atemarbeit (Einziehungen, Stöhnen, Nasenflügeln)?
- · Oxygenierung (Hautkolorit, Pulsoxymetrie)

# C- Circulation (Zirkulation):

- · Überprüfen Sie den Kreislauf
- · Pulsfrequenz (Der Trend ist wichtiger als einzelne Messwerte)
- · "capillary refill time"
- Bewertung der Vorlast (Halsvenen, Lebergröße, Rasselgeräusche)
- Laktatmessung
- Echokardiographie

# D- Disability (Neurologie)

- · Pupillengröße, Symetrie, Lichtreaktion
- Erkennen Sie Krampfanfälle als neurologischen Notfall
- Blutzucker bei Bewußtseinsstörung messen





### Eigenschutz und Beurteilung der Einsatzstelle: Schutzausrüstung anlegen, Notfallstelle sichern, ggf. technische Hilfe anfordern. Atemwege freimachen und freihalten, Ansprechen, Atemwege überprüfen. bedrohliche Blutungen stoppen, Bedrohliche Blutungen? Airway HWS-Immobilisation O<sub>2</sub>-Gabe, ggf. Beatmung, В Atmung beurteilen (sehen, hören fühlen!), ggf. Entlastungspunktion/ O<sub>2</sub>-Versorgung beurteilen (Auskultation, O<sub>2</sub>-Sättigung) Breathing Thoraxdrainage C Kreislauffunktion beurteilen (Puls, Blutdruck, Rekapillarisierungszeit). i.v.-Gabe von Volumen, Hinweis auf "versteckte" Blutungen? Blutstillung Circulation Neurologisches Defizit? D Angemessene Zielklinik Pupillenreaktion, AVPU, Orientierung beurteilen. (Neurologie, Neurochirurgie) Disability Einschätzung nach GCS. BZ messen! auswählen Erhalt der Körperwärme, Ε Entkleiden, Schutz vor Umwelteinflüssen, Suche nach Begleitverletzungen ("body-check") Schmerzbekämpfung



Neonatologie und Pädiatrische Intensivmedizin



Alters spezifische Atem- frequenz	1 Monat	1 Jahr	2 Jahre	5 Jahre	10 Jahre
Obergrenze des Norm- bereichs	60	50	40	30	25
Untergrenze des Norm-	25	20	18	17	14

- Der Übergang von einem kompensierten Zustand zu einer Dekompensation ist häufig nicht vorhersehbar.
- Kinder sind keinen "kleinen Erwachsene".
- Patienten, die erwachsen aussehen, können als Erwachsene behandelt werden.

Herzfrequenz nach Alter	1 Monat	1 Jahr	2 Jahre	5 Jahre	10 Jahre
Obergrenze des Norm- bereichs	180	170	160	140	120
Untergrenze des Norm- bereichs	110	100	90	70	60





**80 bis 90 Prozent** der Behandlungsfehler in Notfallsituationen lassen sich auf menschliche Faktoren zurückführen.

Ein 30% dieser Fehler sind durch mangelhafte Kommunikation bedingt.

Besonders die Reanimation in der Klinik ist prädestiniert für Kommunikationsfehler im Team.





Neonatologie und Pädiatrische Intensivmedizie



"Gemeint ist nicht gesagt. Gesagt ist nicht gehört. Gehört ist nicht verstanden. Verstanden ist nicht getan."

### Kommunikation:

- · klare und gerichtete Kommunikation
- · Closed-Loop-Kommunikation
- · Präzise Ansagen

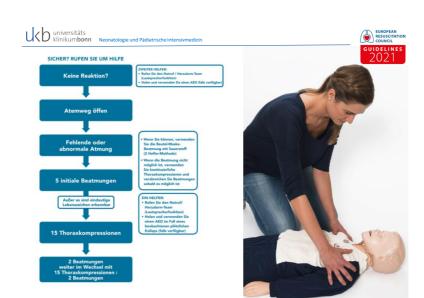
### Interaktion:

- · definierte Rollen für Teammitglieder
- · Teamleiter ist klar erkennbar
- · Teamleiter überwacht und priorisiert Aufgaben
- · Hands-off-Leitung wird bevorzugt

# Vorbereitung

- "know your stuff" (Ausrüstung, Notfallkoffer)
- Dosierhilfen nutzen (Notfallkarten/App)







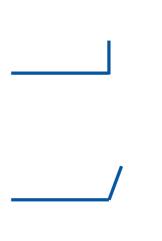






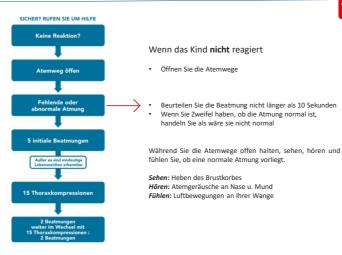
# Keine Reaktion? Wenn das Kind nicht reagiert - Öffnen Sie die Atemwege - Adäquates Lagern von Kopf und Körper - Hals überstrecken, Kinn anheben oder Esmarch-Handgriff S initiale Beatmungen Auder es sind eindezeige Labertungen Weiter im Wechsel mit 15 Thorakkompressionen 2 Beatmungen weiter im Wechsel mit 15 Thorakkompressionen: 2 Beatmungen





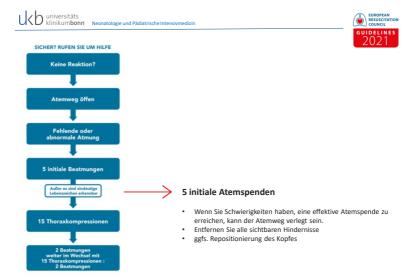














# SICHER? RUFEN SIE UM HILFE Keine Reaktion? Atemweg öffen Fehlende oder abnormale Atmung 5 initiale Beatmungen 15 Thoraxkompressionen

# 5 initiale Atemspenden

- · Wenn Sie Schwierigkeiten haben, eine effektive Atemspende zu erreichen, kann der Atemweg verlegt sein.
- Entfernen Sie alle sichtbaren Hindernisse
- ggfs. Repositionierung des Kopfes

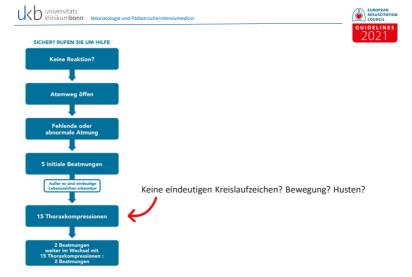














### SICHER? RUFEN SIE UM HILFE



# Thoraxkompressionen

- Frequenz 100-120/min
- Druckpunkt: untere Hälfte Brustbein
- Drucktiefe: 1/3 Thoraxdurchmesser
- Entlastung: Nehmen Sie zwischen den Kompressionen den Druck komplett vom Brustkorb
- Nutzen Sie ein Reanimationsbrett





















# Heimlich-Handgriff (auch: Heimlich-Manöver)

# Was ist der Heimlich-Handgriff?

Der Heimlich-Handgriff wird als Erste Hilfe-Maßnahme bei drohendem Ersticken durch einen Fremdkörper bei Kindern über einem Jahr und Erwachsenen eingesetzt.

# Wer hat den Heimlich-Handgriff (Heimlich-Manöver) erfunden?

Das Heimlich-Manöver wurde 1974 von dem Thoraxchirurgen Henry Judah Heimlich (\*03.02.1920) erfunden. Er veröffentlichte seine Empfehlung im Journal of Emergency Medicine unter "Pop Goes the Café Coronary". Seine Idee war es mit dem Luftvolumen in der Lunge, Fremdkörper vor der Stimmritze zu beseitigen. Durch eine ruckartige Kompression unter den Brustkorb wird der intrathorakale Druck (also der Druck im Brustkorb) erhöht. Durch diese Druckerhöhung kommt es zu einem Luftstoß der den Fremdkörper von der Stimmritze fortbewegt und die Atemwege wieder durchgängig macht.

Heimlich HJ, Patrick EA. The Heimlich maneuver. Best technique for saving any choking victim's life. Postgrad Med. 1990 May 1;87(6):38-48, 53. doi: 10.1080/00325481.1990.11716329.

# Wie wird der Heimlich-Handgriff bei Kindern durchgeführt?

- 1. Stehen oder knien Sie hinter dem Kind.
- 2. Beugen Sie Ihr Kind nach vorne (damit der Fremdkörper "frei herausfallen kann")
- 3. Ballen Sie die Faust und platzieren Sie die Faust zwischen Bauchnabel und Unterrand des Brustbeines
- **4.** Umfassen Sie die Faust mit Ihrer anderen Hand und ziehen Sie kräftig nach innen oben.
- 5. Wiederholen Sie diesen Vorgang 5 Mal.
- 6. Wichtig: Kein Heimlich-Manöver bei Kinder unter einem Jahr!
- 7. Nach der Anwendung des Heimlich-Manövers sollte umgehend eine Untersuchung durch einen Kinderarzt erfolgen.

# Warum darf der Heimlich-Handgriff nur bei Kindern angewendet werden, die älter als 1 Jahr sind?

Bei Kindern unter einem Jahr wird die Leber noch nicht vollständig von den Rippen geschützt. Erst mit zunehmenden Wachstum wird die Leber vollständig durch die Rippen geschützt. Der Unterrand der Leber könnte beim der ruckartigen Bewegung des Heimlich-Handgriffes verletzt werden. Bei älteren Kindern besteht diese Gefahr nicht.

# Wann sollte der Heimlich-Handgriff angewendet werden?

Bei Kindern unter einem Jahr wird die Leber noch nicht vollständig von den Rippen geschützt. Erst mit zunehmenden Wachstum wird die Leber vollständig durch die Rippen geschützt. Der Unterrand der Leber könnte beim der ruckartigen Bewegung des Heimlich-Handgriffes verletzt werden. Bei älteren Kindern besteht diese Gefahr nicht.

# Wann sollte der Heimlich-Handgriff nicht angewendet werden?

Kind ist bewusstlos

Kind hustet noch effektiv, kann sprechen, hat keine Luftnot Kind ist jünger als 1 Jahr



# Lebensrettende Maßnahmen bei Kindern (Paediatric Life Support, PLS) Leitlinien des European Resuscitation Council 2021

# Notfall+ Rettungsmedizin

# **ERC Leitlinien**

Notfall Rettungsmed 2021 · 24:650-719 https://doi.org/10.1007/s10049-021-00887-9 Angenommen: 19. April 2021 Online publiziert: 2. Juni 2021 © European Resuscitation Council (ERC), German Resuscitation Council (GRC), Austrian Resuscitation Council (ARC) 2021



Patrick Van de Voorde<sup>1,2</sup> · Nigel M. Turner<sup>3</sup> · Jana Djakow<sup>4,5</sup> · Nieves de Lucas<sup>6</sup> · Abel Martinez-Mejias7 · Dominique Biarent8 · Robert Bingham9 · Olivier Brissaud 10 · Florian Hoffmann 11 · Groa Biork Johannes dottir 12 · Torsten Lauritsen13 · Ian Maconochie14

Department of Emergency Medicine, Faculty of Medicine UG, Ghent University Hospital, Gent, Belgien; <sup>2</sup> Federal Department of Health, EMS Dispatch Center, East & West Flanders, Brüssel, Belgien; <sup>3</sup> Paediatric Cardiac Anesthesiology, Wilhelmina Children's Hospital, University Medical Center, Utrecht, Niederlande; <sup>4</sup>Paediatric Intensive Care Unit, NH Hospital, Hořovice, Tschechien; <sup>5</sup>Paediatric Anaesthesiology and Intensive Care Medicine, University Hospital Brno, Medical Faculty of Masaryk University, Brno, Tschechien; <sup>6</sup> SAMUR – Protección Civil, Madrid, Spanien; <sup>7</sup> Department of Paediatrics and Emergency Medicine, Hospital de Terassa, Consorci Sanitari de Terrassa, Barcelona, Spanien; \*Paediatric Intensive Care & Emergency Department, Hôpital Universitaire des Enfants, Université Libre de Bruxelles, Brüssel, Belgien; 9 Hon. Consultant Paediatric Anaesthetist, Great Ormond Street Hospital for Children, London, Großbritannien; <sup>10</sup> Réanimation et Surveillance Continue Pédiatriques et Néonatales, CHU Pellegrin -Hôpital des Enfants de Bordeaux, Université de Bordeaux, Bordeaux, Frankreich; 11 Pädiatrische Intensivund Notfallmedizin, Kinderklinik und Kinderpoliklinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital, Ludwig-Maximilians-Universität, München, Deutschland; 12 Paediatric gastroenterology, Akureyri Hospital, Akureyri, Island; <sup>13</sup> Paediatric Anaesthesia, The Juliane Marie Centre, University Hospital of Copenhagen, Kopenhagen, Dänemark; 14 Paediatric Emergency Medicine, Faculty of Medicine Imperial College, Imperial College Healthcare Trust NHS, London, Großbritannien

# Lebensrettende Maßnahmen bei Kindern (Paediatric Life Support, PLS)

# Leitlinien des European Resuscitation Council 2021

# **Einleitung und Geltungsbereich**

Ursachen und pathophysiologische Abläufe bei kritisch kranken oder schwer verletzten Kindern und Säuglingen unterscheiden sich von denen bei Erwachsenen. Die Inzidenz kritischer Erkrankungen oder Verletzungen, insbesondere die eines manifesten Atem-Kreislauf-Stillstands, ist bei Kindern wesentlich

Die Leitlinien wurden mit dem generischen Maskulinum übersetzt Ritte beachten Sie dass alle Personenbezeichnungen gleichermaßen für beide Geschlechter gelten.

Die Übersetzung beruht auf der Version vom 29.01.2021. Bis zur Publikation des englischen Originals in Resuscitation wurden in manchen Kapiteln Literaturstellen korrigiert oder andere Änderungen vorgenommen, die den Sinn nicht wesentlich ändern.

Supplementary data associated with this article can be found, in the online version, at https:// doi.org/10.1016/j.resuscitation.2021.02.015.

niedriger als bei Erwachsenen. Die Mehrzahl kindlicher Notfälle wird primär von pädiatrisch nicht spezialisierten Helfern versorgt, die nur über eine eingeschränkte Erfahrung bei pädiatrischen Notfällen verfügen. Die Evidenz der empfohlenen Erstversorgungsmaßnahmen ist gering und/oder wird aus den Erkenntnissen der Erwachsenenmedizin abgeleitet. Unterschiede in der lokalen notfallmedizinischen Infrastruktur und der Verfügbarkeit von Ressourcen können zu erheblichen Abweichungen in der Praxis führen. Die Arbeitsgruppe des European Resuscitation Council (ERC) für die Leitlinien des Paediatric Life Support (PLS) hat deshalb versucht, die Leitlinien nicht nur auf der Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse zu erstellen, sondern auch die Umsetzbarkeit im Rahmen von Schulungen und im klinischen Alltag zu berücksichtigen [1].

Es wurden 80 Kernfragen identifiziert, die es zu beurteilen gab. Suchstrategien und -ergebnisse sowie Wissenslücken werden im Anhang zu diesem Leitlinienkapitel (Anhang XX) ausführlich beschrieben und hier nur in Hinblick auf verfügbare Evidenz und deren Auswirkung auf Praxis und Forschung kurz zusammengefasst. Im Allgemeinen wurden Suchstrategien in Form von Rapid Reviews (RR) durchgeführt, die im Juni 2020 aktualisiert wurden (https:// www.who.int/alliance-hpsr/resources/ publications/rapid-review-guide/de/).

Wenn möglich wurden zur Beantwortung der Suchanfragen, die durch das International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) geprüften Reviews auf Basis des Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation Science with Treatment Recommendations (ILCOR COSTR) herangezogen. Für Themen, die nicht oder nur teilweise von ILCOR

# PLS\* 2021 **KERNAUSSAGEN**



Verwendung des ABCDE-Schemas als gemeinsame

- Titration der Sauerstoffgabe auf eine Ziel-SpO, von 94-98% Applikation von eines respiratorischen / hämodynamischen Versagens vorhanden sind.
- Bei "Schock" ist die Verabreichung von einem oder mehreren Flüssigkeitsboli von 10 ml/kg KG (bevorzugt balancierter) Vollelektrolytlösung (oder Blutprodukten) indiziert. Reevaluation nach jedem Bolus. Frühzeitig Beginn einer Katecholamintherapie erwägen
- Verwenden Sie wenn Sie geschult sind den spezifischen PBLS- Algorithmus für den Basic Life Support (ABC – 15:2). Eine qualitativ hochwertige CPR und Verringerung der "Hands-off-Zeit" sind von höchster Priorität. Achten Sie auf die Sicherheit der Helfer.
- Beim Advanced Life Support verwenden Sie den spezifischen EPALS- Algorithmus. Suchen und behandeln Sie reversibel Ursachen. Verwenden Sie die 2-Helfer-Metho de der BMV als Beatmungsunterstützung der ersten Wahl. Nur nach endotrache Intubation beatmen Sie asynchron mit altersadäguater Beatmungsfrequenz (10-25/ Minute)

Abb. 1 ▲ Kernaussagen der PLS-Leitlinien 2021

abgedeckt werden, wurden sowohl bestehende Leitlinien als auch systematische (SR) oder narrative Reviews (Übersichtsarbeiten; SCHRITT 0) herangezogen. Zusätzlich wurden auch klinische Studien (sowohl randomisierte kontrollierte Studien [RCT] als auch Beobachtungsstudien) eingeschlossen, die in direktem Zusammenhang mit dem definierten Vorgehen "Population - Intervention -Control - Outcomes - Setting - Times" (PICOST) stehen (SCHRITT 1). Die Oualität der vorhandenen Leitlinien und der systematischen Reviews (SR) wurde mit dem AGREE II- bzw. AM-

STAR II-Tool bewertet [2, 3]. Für klinische Studien wurden Ergebnisse und Einschränkungen angegeben, aber keine Bewertung der Evidenz. Als Grundlage unserer Erkenntnisse wurden auch indirekte Evidenzen (SCHRITT 2) durch Erwachsenenstudien, Tiermodelle und nicht klinischen Publikationen berücksichtigt.

Dieses Kapitel der ERC-Leitlinien befasst sich mit der Behandlung kritisch kranker oder verletzter Säuglinge und Kinder vor, während und nach einem Atem-Kreislauf-Stillstand. Es soll in Verbindung mit anderen Kapiteln gelesen

werden, die sich auf andere relevante Themen, z.B. Informationen zu Epidemiologie, Ethik, Ausbildung und bestimmte besondere Umstände in Bezug auf Kinder konzentrieren.

Die Leitlinien für die Reanimation von Neugeborenen (Anpassungsphase nach der Geburt) werden in einem separaten Kapitel beschrieben. Die ERC PLS-Leitlinien gelten für alle anderen Kinder jenseits der Perinatalperiode, seien es Neugeborene (innerhalb von 4 Wochen nach der Geburt), Säuglinge (bis zum ersten Lebensjahr) oder Kinder und Jugendliche (ab dem Alter von 1 bis 18 Jahren; [4]). Aus praktischer Sicht können die Leitlinien für Erwachsene für jeden Jugendlichen verwendet werden, der vom Helfer als Erwachsener eingestuft wird.

Im folgenden Text bezieht sich Kind, sofern nicht anders angegeben, sowohl auf Säuglinge als auch auf Kinder. Der Begriff professionelle Helfer wird verwendet, um diejenigen Personen zu identifizieren, die in der Patientenversorgung tätig sind und ein höheres Ausbildungsniveau als ungeschulte Ersthelfer haben. Der Begriff kompetenter Helfer wird für diejenigen Helfer verwendet, welche über ausreichende Fähigkeiten und Fachkenntnisse sowie regelmäßige Schulungen verfügen, um ein bestimmtes Verfahren oder einen bestimmten Eingriff auf professionellem Niveau durchzuführen. Es ist nicht immer möglich, eindeutig zu definieren, was ausreichende Kenntnisse genau bedeutet. Dies bietet die Möglichkeit und Chance für den Helfer, kritisch seine Kompetenzen zu reflektieren.

Im Vergleich zu den Leitlinien aus dem Jahr 2015 wurden in dieser überarbeiteten Version relativ wenige wesentliche Änderungen vorgenommen. Zu den wichtigsten Punkten gehören ( Abb. 1):

- Die PLS-Leitlinien gelten für alle Kinder im Alter von 0 bis 18 Jahren mit Ausnahme von Neugeborenen rund um die Geburt, Patienten, die erwachsen aussehen, können als Erwachsene behandelt werden.
- Bei der Sauerstofftherapie soll eine SpO2 von 94 bis 98 % angestrebt werden. Bis eine Bestimmung der SpO2 (oder PaO<sub>2</sub>) möglich ist, empfehlen wir bei Kindern mit Anzeichen von

# Zusammenfassung · Abstract

hämodynamischem und/oder respiratorischem Versagen die höchstmögliche Sauerstoffkonzentration zu applizieren.

- Bei Kindern im Kreislaufversagen sollen ein oder mehrere Flüssigkeitsboli von jeweils 10 ml/kgKG gegeben werden. Nach jedem Bolus soll eine Reevaluation erfolgen, um eine Volumenüberladung zu vermeiden. Beginnen Sie frühzeitig eine Therapie mit vasoaktiven Medikamenten (Katecholamine). Begrenzen Sie bei hämorrhagischem Schock kristalloide Boli und geben Sie Blutprodukte, sobald diese verfügbar sind (Vollblut oder Erythrozytenkonzentrate mit Plasma und Thrombozytenkonzentraten)
- Jede Person, die im p\u00e4diatrischen Basic Life Support (PBLS) geschult ist, soll den spezifischen PBLS-Algorithmus verwenden.
- Bei PBLS-Helfern werden im BLS-Algorithmus unmittelbar nach den 5 Initialbeatmungen Thoraxkompressionen durchgeführt - es sei denn, es liegen Lebenszeichen und damit eindeutige Anzeichen einer intakten Kreislauffunktion vor. Einzelhelfer sollen, bevor sie fortfahren, zuerst um Hilfe rufen (Freisprecheinrichtung). Im Fall eines plötzlichen, beobachteten Kollapses sollen Helfer versuchen, einen AED anzuwenden, wenn dieser leicht zugänglich ist. Wenn kein Telefon verfügbar ist, soll 1 min lang eine kardiopulmonale Reanimation ("cardio-pulmonary resuscitation", CPR) durchgeführt werden, bevor die CPR für den Anruf unterbrochen wird
- Ist der PBLS-Helfer allein, können entweder eine thoraxumgreifende Zwei-Daumen-Technik oder zwei Fingerspitzen für die Thoraxkompressionen bei Säuglingen verwendet werden
- Wert auf die aktive Suche nach reversiblen Ursachen (und deren Behandlung) gelegt.
- Die 2-Personen-Beutel-Maske-Beatmung ist die Beatmungsunterstützung der ersten Wahl während der Herz-Lungen-Wiederbelebung für al-

Notfall Rettungsmed 2021 · 24:650-719 https://doi.org/10.1007/s10049-021-00887-9 © European Resuscitation Council (ERC), German Resuscitation Council (GRC), Austrian Resuscitation Council (ARC) 2021

P. Van de Voorde · N. M. Turner · J. Djakow · N. de Lucas · A. Martinez-Mejias · D. Biarent · R. Bingham · O. Brissaud · F. Hoffmann · G. B. Johannesdottir · T. Lauritsen · I. Maconochie

# Lebensrettende Maßnahmen bei Kindern (Paediatric Life Support, PLS). Leitlinien des European Resuscitation Council 2021

### Zusammenfassung

Die Leitlinien des European Resuscitation Council (ERC) zu den lebensrettenden Maßnahmen bei Kindern (Paediatric Life Support, PLS) basieren auf dem 2020 verfassten "International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation Science with Treatment Recommendations" der ILCOR (International Liaison Committee on Resuscitation). Dieses Kapitel beinhaltet Leitlinien zur Behandlung kritisch kranker oder verletzter Säuglinge, von Kindern und Jugendlichen vor, während und nach einem Atem-Kreislauf-Stillstand.

### Schlüsselwörter

Wiederbelebung · Kind · Säugling · Pädiatrie · CPR · Grundlegende Lebenserhaltung · Erweiterte Lebenshilfe · Defibrillation · Pädiatrie · Atemstillstand · Kreislaufversagen · Schock · Sauerstoff · Herzstillstand · Beutel-Masken-Beatmung

# **Paediatric Life Support. European Resuscitation Council Guidelines 2021**

The European Resuscitation Council (ERC) Paediatric Life Support (PLS) guidelines are based on the 2020 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation Science with Treatment Recommendations of the International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR). This section provides guidelines on the management of critically ill or injured infants, children and adolescents

before, during and after respiratory/cardiac arrest.

### Keywords

Resuscitation · Child · Infant · Paediatric · CPR · Basic life support · Advanced life support · Defibrillation · Pediatric · Respiratory failure · Circulatory failure · Shock · Oxygen · Cardiac arrest · Bag-mask ventilation

le kompetenten Helfer. Nur wenn ein Patient intubiert ist, empfehlen wir eine asynchrone Beatmung mit einer altersgerechten Beatmungsfrequenz (10-25 pro Minute).

 EPALS-Helfer sollen, wenn Zweifel bestehen, den Rhythmus als schockbar einstufen.

Diese Leitlinien wurden von den Mitgliedern der Leitliniengruppe Paediatric Life Support entworfen und verabschiedet. Die zur Leitlinienentwicklung verwendete Methodik ist in der Zusammenfassung dargestellt [5]. Die Leitlinien wurden im Oktober 2020 für öffentliche Kommentare publiziert. Das Feedback wurde von der Leitliniengruppe begutachtet und die Leitlinien wurden gegebenenfalls modifiziert. Die Leitlinien wurden der ERC-

Generalversammlung am 10. Dezember 2020 vorgelegt und von dieser genehmigt.

### Leitlinie für die klinische Praxis

Erkennen und Behandlung kritisch kranker Kinder

# Beurteilung des kritisch kranken oder verletzten Kindes

- Verwenden Sie das p\u00e4diatrische Blickdiagnosedreieck oder ein ähnliches Ouick-Look-Tool, um ein gefährdetes Kind frühzeitig zu erken-
- Folgen Sie dem ABCDE-Schema
  - · Führen Sie bei jedem Schritt der Bewertung die erforderlichen Interventionen durch, wenn pathologische Befunde festgestellt werden.

Tab. 1 Altersspezifische Normwerte	: Atemfreque	enz			
Altersspezifische Atemfrequenz	1 Monat	1 Jahr	2 Jahre	5 Jahre	10 Jahre
Obergrenze des Normbereichs	60	50	40	30	25
Untergrenze des Normbereichs	25	20	18	17	14

Tab. 2 Altersspezifische Normwerte: Herzfrequenz					
Altersspezifische Herzfrequenz	1 Monat	1 Jahr	2 Jahre	5 Jahre	10 Jahre
Obergrenze des Normbereichs	180	170	160	140	120
Untergrenze des Normbereichs	110	100	90	70	60

Tab. 3         Altersspezifische Normwerte: Systolischer und mittlerer arterieller Blutdruck (MAD)						
Altersspezifischer Blutdruck	1 Monat	1 Jahr	5 Jahre	10 Jahre		
p50 für systolischen Blutdruck	75	95	100	110		
p5 für systolischen Blutdruck	50	70	75	80		
p50 für MAD	55	70	75	75		
p5 für MAD	40	50	55	55		
Fünfte (p5) und fünfzigste (p50) alterssp	ezifische Perzentile					

- Wiederholen Sie Ihre Evaluation nach jeder Intervention oder wenn Zweifel bestehen.
- A für Atemweg (Airway) Öffnen der Atemwege und Atemwege offenhalten
- B für (Be-)Atmung (Breathing) überprüfen Sie
  - die Atemfrequenz (siehe Tab. 1; Trends sind wichtiger als einzelne Messwerte).
  - · die Atemarbeit, z. B. Einziehungen, Stöhnen, Nasenflügeln etc.
  - · das Atemzugvolumen (Tidalvolumen VT) und den Lufteintritt klinisch (Thorax hebt sich, Oualität des Schreiens) oder durch Auskultation.
  - · die Oxygenierung (Hautkolorit, Pulsoxymetrie). Beachten Sie, dass eine Hypoxämie ohne andere offensichtliche klinische Symptome auftreten kann.
  - · Erwägen Sie die Verwendung der Kapnographie.
  - Erwägen Sie die sonographische Untersuchung des Thorax.
- C für Kreislauf (Circulation) prüfen
  - die Pulsfrequenz (siehe Tab. 2: Trends sind wichtiger als einzelne Messwerte)
  - die Pulsstärke.
  - · die periphere Durchblutung und Endorganperfusion: Kapillarfül-

- lung ("capillary refill time", CRT), Harnmenge, Bewusstseinszustand. Beachten Sie, dass die Kapillarfüllung nicht sehr empfindlich ist. Eine normale Kapillarfüllungszeit soll Helfer nicht beruhigen.
- die Bewertung der Vorlast: Halsvenen, Lebergröße, Rasselgeräusche.
- den Blutdruck (siehe Tab. 3).
- Erwägen Sie eine Messung des Serumlaktats.
- Erwägen Sie den Einsatz eines Herzultraschalls.
- D für Disability (Neurologie) überprüfen Sie
  - · das Bewusstseinsniveau unter Verwendung des AVPU-Scores (Alert-Verbal-Pain-Unresponsive bzw. WASB - Wach-Ansprechbar-Schmerzreiz-Bewusstlos), der (pädiatrischen) Glasgow Coma Scale (GCS) oder des GCS-Werts für die motorische Reaktion. Ein AVPU-Wert (bzw. WASB-Wert) von P (bzw. S) oder weniger, ein GCS-Wert für die motorische Reaktion von 4 und ein GCS-Gesamtwert von 8 oder weniger definieren einen Grad der Bewusstseinstrübung, bei der vollständig erhaltene Schutzreflexe unwahrscheinlich
  - die Pupillengröße, Symmetrie und Reaktivität gegenüber Licht.

- · das Vorhandensein von Beugeoder Strecksynergismen oder fokal neurologischen Zeichen.
- Erkennen Sie epileptische Anfälle als neurologischen Notfall.
- Überprüfen Sie den Blutzucker bei Bewusstseinsveränderungen und/ oder einer möglichen Hypoglykä-
- Neu aufgetretene, ungeklärte neurologische Symptome, insbesondere solche, die nach einer Reanimation bestehen bleiben. erfordern eine dringende Bildgebung.

# Management des kritisch kranken oder verletzten Kindes

Obwohl das ABCDE-Schema schrittweise beschrieben wird, werden die Interventionen in der Praxis am besten von mehreren Teammitgliedern koordiniert und parallel durchgeführt. Teamarbeit ist essenziell für das erfolgreiche Management von kritisch kranken oder verletzten Kindern.

Wichtige Komponenten der Teamarbeit sind:

- Vorausplanung: was zu erwarten ist, Aufgaben zuweisen, ...
- Vorbereitung: Materialien, Checklisten zur Unterstützung der Entscheidungsfindung, Patientendaten
- Choreografie: wo man steht, wie das Kind beurteilt wird, effektive Teamgröße
- Kommunikation: sowohl verbal als auch non-verbal. Verwenden Sie Closed-Loop-Kommunikation und standardisierte Kommunikationselemente (z.B. um Pausen der Thoraxkompressionen zu zählen und den Patiententransfer zu planen). Halten Sie nichtessenzielle Kommunikation so gering wie möglich. Sorgen Sie für ein stressfreies Arbeitsumfeld. Implementieren Sie eine Teamkultur, die unangemessenes Verhalten, sei es von Kollegen oder Angehörigen, scharf verurteilt,
- Interaktion: Teammitglieder haben vordefinierte Rollen gemäß Protokoll und führen Aufgaben parallel aus. Der Teamleiter (deutlich erkennbar) überwacht die Teamleistung,

### **ERC Leitlinien**

priorisiert Aufgaben, um gemeinsame Ziele zu erreichen, und hält das gesamte Team auf dem Laufenden. Wenn machbar, wird ein Handsoff-Teamleitungsstil bevorzugt. Ein gemeinsames Situationsbewusstsein ist von entscheidender Wichtigkeit.

Im Folgenden wird das Management verschiedener lebensbedrohlicher Notfälle bei Kindern in der ersten Stunde ("first-hour management") beschrieben, die bei unsachgemäßer Behandlung möglicherweise zu einem Kreislaufstillstand führen können. Kinder zeigen sehr oft eine Kombination von Problemen, die einen weitaus individuelleren Ansatz erforderlich machen. Die Behandlungsempfehlungen bei Kindern unterscheiden sich häufig von denen der Erwachsenen, unterscheiden sich iedoch auch zwischen Kindern unterschiedlichen Alters und Gewichts. Um das Gewicht eines Kindes abzuschätzen, verlassen Sie sich entweder auf die Angaben der Eltern oder Betreuer oder verwenden Sie eine längenbasierte Methode, die idealerweise um den Habitus des Körpers korrigiert ist. Verwenden Sie, wo immer möglich, Entscheidungshilfen, die vorberechnete Dosisempfehlungen für Notfallmedikamente und Materialien bereitstellen.

# Management des Atemstillstands: ein allgemeiner Ansatz (AB)

Der Übergang von einem kompensierten zu einem dekompensierten Zustand kann unvorhersehbar rasch erfolgen. Daher soll jedes gefährdete Kind überwacht werden, um eine Verschlechterung frühzeitig erkennen und behandeln zu kön-

Die meisten Behandlungsmethoden der Atemwege gelten als aerosolerzeugend und erfordern daher, beim Verdacht auf übertragbare Erkrankungen eine geeignete (risikoadaptierte) Schutzausrüstung (PSA).

- Öffnen Sie den Atemweg und halten Sie ihn offen mittels
  - adäquater Positionierung von Kopf und Körper;
  - altersabhängiger Kopfpositionierung – durch Anheben des Kinns

- und Verwendung des Esmarch-Handgriffs;
- sorgfältigem Absaugen von Sekret, Blut oder Erbrochenem.
   Wache Kinder werden ihre optimale Position spontan einnehmen.
- Erwägen Sie die Platzierung einer oropharyngealen Atemwegshilfe bei bewusstlosen Kindern ohne Würgereflex.
  - Verwenden Sie die geeignete Größe der Atemwegshilfe (gemessen mittlerer Schneidezahn bis zum Kieferwinkel) und vermeiden Sie, die Zungebeim Einführen nach hinten zu drücken.
- Erwägen Sie die Platzierung einer nasopharyngealen Atemwegshilfe bei einem bewusstseinsgetrübten Kind
  - Vermeiden Sie die Anwendung nasopharyngealer Atemwegshilfen bei Verdacht auf eine Schädelbasisfraktur oder eine Gerinnungsstörung mit Blutungsneigung.
  - Die richtige Einführtiefe wird von der Nasenöffnung bis zum Ohr-Tragus abgemessen.
- Bei Kindern mit einer Tracheostomie.
  - Überprüfen Sie die Durchgängigkeit der Kanüle und saugen Sie bei Bedarf ab.
  - Bei Verdacht auf eine Kanülenobstruktion, die nicht durch Absaugen behoben werden kann, entfernen Sie die Kanüle sofort und setzen Sie eine neue ein. Wenn dies nicht möglich ist, sollen die Helfer über einen (vordefinierten) Notfallplan für die Sicherung der Atemwege verfügen.
- Um die Oxygenierung zu unterstützen, sollen Sie zusätzlichen Sauerstoff und/oder die Verwendung eines positiven endexspiratorischen Drucks (PEEP) in Betracht ziehen.
  - Wenn es möglich ist, die pulsoxymetrische Sättigung SpO<sub>2</sub> (oder den arteriellen Sauerstoffpartialdruck [PaO<sub>2</sub>]) genau zu messen: Starten Sie die Sauerstofftherapie, wenn die SpO<sub>2</sub><94% liegt.</li>

- Ziel ist es, einen SpO2 von 94% oder mehr mit möglichst wenig zusätzlichem FiO2 (Anteil an eingeatmetem Sauerstoff) zu erreichen. Anhaltende SpO2-Werte von 100 % sollen allgemein vermieden werden (außer z. B. bei pulmonaler Hypertonie, CO-Intoxikation). Geben Sie Kindern keine präventive Sauerstofftherapie ohne Anzeichen oder unmittelbares Risiko für eine Hypoxämie oder einen Schock. Für Kinder mit bestimmten chronischen Erkrankungen gibt es gegebenenfalls spezifische Empfehlungen.
- Wo es unmöglich ist, SpO<sub>2</sub> oder PaO<sub>2</sub> genau zu messen: Starten Sie die Sauerstofftherapie mit hohem FiO<sub>2</sub>, basierend auf klinischen Anzeichen von Kreislauf- oder respiratorischem Versagen, und titrieren Sie die Sauerstofftherapie, sobald SpO<sub>2</sub> und/oder PaO<sub>2</sub> verfügbar sind.
- Wenn möglich, sollen kompetente Helfer bei Kindern mit respiratorischem Versagen und Hypoxämie, die nicht auf Sauerstoff mit niedrigem Fluss ansprechen, entweder eine Nasenbrille mit hohem Fluss (High Flow Nasal Cannula, HFNC) oder eine nichtinvasive Beatmung (NIV) in Betracht ziehen.
- Die endotracheale Intubation und anschließende mechanische Beatmung ermöglichen die sichere Anwendung und Titration von FiO2 und PEEP. Die Entscheidung zur Intubation soll gegen die bestehenden Risiken des Verfahrens und die verfügbaren Ressourcen abgewogen werden (siehe unten).
- Bei hypoxämischen Kindern trotz hohem PEEP (>10 cmH<sub>2</sub>O) und Standardoptimierungsmaßnahmen kann eine permissive Hypoxämie (Ziel der Sauerstoffversorgung auf SpO<sub>2</sub> 88–92 % gesenkt) erwogen werden.
- Um die Beatmung zu unterstützen, passen Sie die Atemfrequenz (und die Exspirationszeit) und/oder das Atemzugvolumen (VT) je nach Alter an.

654 Notfall + Rettungsmedizin 4 · 2021

- · Verwenden Sie ein Tidalvolumen von 6 bis 8 ml/kg IBW (bezogen auf ideales Körpergewicht), wobei Sie unter anderem den physiologischen Totraum und den Totraum des Geräts berücksichtigen sollen (insbesondere bei jüngeren Kindern). Der Totraum des Geräts soll minimiert werden. Achten Sie auf normale Thoraxexkursionen, Vermeiden Sie übermäßige Tidalvolumina sowie eine Hypoventilation. Streben Sie eine Normokapnie an. Suchen Sie frühzeitig die Hilfe von Experten.
- Erwägen Sie bei akutem Lungenversagen eine permissive Hyperkapnie (pH > 7,2), um eine übermäßig aggressive Beatmung zu vermeiden. Eine permissive Hyperkapnie ist bei pulmonaler Hypertonie oder schwerem Schädel-Hirn-Trauma (SHT) nicht empfohlen.
- Verwenden Sie die endtidale CO<sub>2</sub> Messung oder den venösen Kohlendioxidpartialdruck (PvCO2) nur als Ersatz für arterielles PaCO2, nachdem eine Korrelation nachgewiesen wurde.
- Die Beutel-Maske-Beatmung (BMV) ist die primär empfohlene Therapie zur Beatmungsunterstüt-
  - Stellen Sie eine korrekte Kopfposition sowie einen dichten Sitz der Maske am Gesicht sicher und benutzen Sie eine korrekte Maskengröße.
  - Verwenden Sie eine f
    ür das Patientenalter geeignete Maske. Um ein angemessenes Tidalvolumen (VT) zu gewährleisten, soll die Inspirationszeit ausreichend lang sein (etwa 1 s), eine Überbeatmung soll vermieden werden.
  - Verwenden Sie die Zwei-Helfer-Methode, insbesondere wenn die Beatmung schwierig ist oder das Risiko einer Krankheitsübertragung besteht. Erwägen Sie den Einsatz weiterer Atemwegshilfen.
  - · Kompetente Anwender sollen eine frühzeitige Platzierung eines supraglottischen Atemwegs (SGA) oder eines Endotrachealtubus

- (ET) in Betracht ziehen, wenn die Beutel-Maske-Beatmung die Oxygenierung und/oder Ventilation nicht verbessert oder eine lange Beatmungsdauer erwartet wird.
- Die endotracheale Intubation (ET) soll nur von einem kompetenten Helfer nach einem genau definierten Verfahren und mit den erforderlichen Materialien und Medikamenten durchgeführt werden. Die Entscheidung zur Intubation soll immer gegen das damit verbundene Risiko des Verfahrens abgewogen werden.
  - · Die orale endotracheale Intubation ist in Notfällen der nasalen Intubation vorzuziehen.
  - · Eine externe Kehlkopfmanipulation soll nur nach Ermessen des Helfers, der die Intubation durchführt, angewendet werden.
  - Verwenden Sie in Notfällen Endotrachealtuben mit Cuff (außer gegebenenfalls bei kleinen Säuglingen). Überwachen Sie den Cuffdruck mit einem geeigneten Messgerät gemäß den Empfehlungen des Herstellers (normalerweise < 20 bis 25 cmH2O).
  - Verwenden Sie geeignete Medikamente, um die Intubationsbedingungen zu erleichtern und verabreichen Sie allen Kindern eine anschließende Analgosedierung, ausgenommen es handelt sich um einen Kreislaufstillstand.
  - Überwachen Sie die Hämodynamik und SpO2 während der Intubation und beachten Sie, dass Bradykardie und Sättigungsabfälle späte Zeichen einer Hypoxie sind.
  - Lange Laryngoskopiedauer und/ oder mehrere Versuche sollen vermieden werden. Antizipieren Sie mögliche kardiorespiratorische Probleme und planen Sie ein alternatives Atemwegsmanagement, falls die endotracheale Intubation nicht gelingt.
  - Kompetente Helfer sollen den (frühzeitigen) Einsatz der Videolaryngoskopie in Betracht ziehen, wenn sich eine direkte Laryngoskopie voraussichtlich schwierig gestalten wird.

- · Nach der Intubation ist die Bestätigung der richtigen Lage obligatorisch. Die richtige Lage soll klinisch und, wenn möglich, durch eine Bildgebung bestätigt werden. Verwenden Sie die Kapnographie bei allen intubierten Kindern, um Obstruktion, Fehllagen oder Dislokationen frühzeitig zu erkennen.
- Supraglottische Atemwege SGA (wie etwa Larynxmasken der 2./3. Generation, I-Gel) können eine alternative Methode zur Atemwegssicherung und Beatmung sein, obwohl sie die Atemwege nicht vollständig vor Aspiration schützen, Ein SGA ist einfacher einzuführen als ein Endotrachealtubus und soll nur von einem kompetenten Helfer platziert
- Die plötzliche rasche Verschlechterung der Beatmungssituation eines Kindes (über Maske oder ET) ist ein zeitkritisches Ereignis, das sofortiges Handeln erfordert. Denken Sie in diesen Situationen an das Akronym DOPES:
  - **D** = Dislokation (ET, Maske)
  - O = Obstruktion (ET, Atemwege -Kopfposition)
  - P = Pneumothorax
  - E = Equipment/Geräte (Sauerstoff, [Beatmungs-]Schläuche, Anschlüsse, Ventile)
  - S = Stomach (Überblähung des Magens)

# Management des Status asthmaticus

- Das Erkennen eines schweren Asthmaanfalls basiert auf der klinischen Beurteilung, einer kurzen Anamnese sowie der Überwachung der SpO2.
  - Die Bestimmung der Lungenfunktion (PEF oder PEV1) ist bei Kindern > 6 Jahren empfehlenswert, wenn diese ohne Verzögerung der Behandlung leicht gemessen werden kann.
  - Die arterielle Blutgasanalyse stellt keine Routinemaßnahme dar, kann iedoch informativ sein, wenn das Kind nicht auf die Behandlung anspricht oder sich verschlechtert. Die Sauerstoffgabe soll während der Probenentnahme fortgesetzt

### **ERC Leitlinien**

- werden. Aufgrund ausreichender Kompensation kann das PaCO<sub>2</sub> anfänglich normal oder verringert sein. Eine Hyperkapnie ist ein Zeichen der Dekompensation.
- Eine Röntgenaufnahme des Brustkorbs stellt keine Routinemaßnahme dar, kann jedoch angezeigt sein, wenn der Verdacht auf eine alternative Diagnose oder eine Komplikation besteht.
- Eine zeitnahe, aggressive, leitlinienkonforme Behandlung des Status asthmaticus ist notwendig:
  - Sorgen Sie für eine angenehme Umgebung und Körperposition.
     Sedativa sollen, auch bei Agitation, vermieden werden.
  - Titrieren Sie, wenn notwendig, zusätzlichen Sauerstoff, um eine SpO₂ von 94–98% zu erreichen. Geben Sie Sauerstoff in hoher Dosis, wenn die SpO₂ nicht gemessen werden kann, allerdings nur bis eine Titration möglich ist.
  - · Verwenden Sie kurzwirksame Beta-2-Agonisten (SABA) über einen Inhalator mit Spacer (z. B. Salbutamol 2-10 Hübe) oder einen Vernebler (z. B. Salbutamol 2,5-5 mg [0,15 mg/kgKG]). Passen Sie die Dosis an den Therapieerfolg an und wiederholen Sie den Vorgang nach Bedarf (bis hin zu einer kontinuierlichen Therapie in der ersten Stunde). Die Wirkung von SABA beginnt innerhalb von Sekunden und erreicht ihr Maximum nach 30 min (Halbwertszeit 2-4h). Fügen Sie kurz wirkende Anticholinergika (z. B. Ipratropiumbromid 0,25-0,5 mg) entweder vernebelt oder als Inhalator mit Spacer hinzu.
  - Geben Sie systemische Kortikosteroide innerhalb der ersten Stunde entweder oral oder intravenös (i.v.).
     Die Anwender sollen das ihnen am meisten vertraute Kortikoid verwenden (z.B. Prednisolon 1-2 mg/ kgKG, max. 60 mg/Tag).
  - Erwägen Sie die Gabe von i.v. Magnesiumsulfat bei schwerem und lebensbedrohlichem Status asthmaticus. Geben Sie eine Einzeldosis von 50 mg/kgKG über 20 min (max.

- 2 g). Bei Kindern kann alternativ isotones Magnesiumsulfat als vernebelte Lösung verwendet werden (2,5 ml 250 mmol/l; 150 mg).
- Zusätzliche Medikamente können von kompetenten Helfern in Betracht gezogen werden, z. B. Ketamin i.v., Aminophyllin i.v. usw. Die Helfer sollen sich bewusst sein, dass die i.v. Gabe von SABA ein erhebliches Risiko für Elektrolytentgleisungen, Hyperlaktatämie und vor allem Herz-Kreislauf-Versagen birgt. Bei Gabe eines solchen Medikaments soll das Kind sorgfältig überwacht werden.
- Antibiotika werden nur empfohlen, wenn Hinweise auf eine bakterielle Infektion vorliegen.
- Es gibt keinen Platz für routinemäßiges, systemisches oder lokales Adrenalin bei Asthma. Eine Anaphylaxie soll als alternative Diagnose bei allen Kindern mit plötzlich auftretenden Symptomen ausgeschlossen werden.
- Wenn verfügbar, sollen Sie eine NIV oder HFNC-Therapie bei Kindern mit Status asthmaticus in Betracht ziehen, wenn eine Sauerstoffgabe benötigt wird, die über die Standard-FiO<sub>2</sub> hinausgeht und/oder das Kind nicht auf die Initialtherapie anspricht.
- Schwere Erschöpfung, Bewusstseinsverschlechterung, schlechter Lufteintritt, sich verschlechternde Hypoxämie und/oder Hyperkapnie und ein Kreislaufstillstand sind Indikationen für eine endotracheale Intubation. Die mechanische Beatmung eines Kindes mit Status asthmaticus ist äußerst schwierig, es soll frühzeitig fachkundige Hilfe eingeholt werden. Begrenzen Sie das Tidalvolumen und die Atemfrequenz und verwenden Sie eine längere Exspirationszeit.

### Management der Anaphylaxie

- Die frühzeitige Diagnose einer Anaphylaxie ist von entscheidender Bedeutung und ist maßgeblich für die erfolgreiche weitere Behandlung:
  - Akuter Ausbruch einer Krankheit (Minuten bis Stunden) mit Be-

- teiligung der Haut und/oder der Schleimhaut und mindestens einer der folgenden Symptome:
- a. Respiratorische Symptome, z. B.
   Dyspnoe, Bronchospasmus, Stridor, reduzierter PEF, Hypoxämie
- b. Niedriger Blutdruck oder damit einhergehende Symptome einer Endorganfunktionsstörung, z.B. Kollaps. Synkope
- c. Schwere gastrointestinale Symptome, insbesondere nach Exposition gegenüber Allergenen, die nicht mit Lebensmitteln in Zusammenhang stehen ("nonfood allergens")

### ODER

- Akuter Beginn (Minuten bis mehrere Stunden) mit Hypotonie oder Bronchospasmus oder laryngealer Beteiligung nach Exposition gegenüber einem bekannten oder wahrscheinlichen Allergen, selbst wenn keine typische Hautbeteiligung vorliegt.
- Bei Verdacht auf Anaphylaxie soll sofort intramuskuläres (i.m.) Adrenalin (anterolaterale Mitte des Oberschenkels, nicht subkutan) verabreicht werden. Richten Sie die weitere Therapie und die notwendigen Interventionen nach dem AB-CDE-Schema: Hilferuf, Atemwegsmanagement, Sauerstofftherapie, Beatmungsunterstützung, venöser Zugang, repetitive Flüssigkeitsboli und Katecholamintherapie.
  - Eine frühzeitige Verabreichung von i.m. Adrenalin kann auch für mildere allergische Symptome bei Kindern mit Anaphylaxie in der Vorgeschichte in Betracht gezogen werden.
  - Die Dosis für i.m. Adrenalin beträgt 0,01 mg/kgKG. Diese kann mit einer Spritze (1 mg/ml Lösung) verabreicht werden. In vielen Fällen ist automatisch injizierbares Adrenalin verfügbar (0,15 mg [<6 Jahre] – 0,3 mg [6–12 Jahre] – 0,5 mg [>12 Jahre]).
  - Wenn sich die Symptome nicht schnell verbessern, kann die i.m. Adrenalingabe nach 5–10 min wiederholt werden.

656 Notfall + Rettungsmedizin 4 · 2021

- Bei refraktären Anaphylaxien können kompetente Anwender die Verwendung von i.v. oder i.o. Adrenalin in Betracht ziehen. Vermeiden Sie dabei Dosierungsfehler.
- Vermeiden Sie eine weitere Exposition gegenüber dem auslösenden Agens. Bei einem Bienenstich soll der Stachel so schnell wie möglich entfernt werden.
- Erkennen Sie einen Kreislaufstillstand und starten Sie die Standard-CPR, wenn dies notwendig ist. Helfer, die nur Zugang zu i.m. Adrenalin haben, können die i.m. Gabe in Betracht ziehen, wenn ein Kreislaufstillstand eingetreten ist.
- Erwägen Sie eine frühzeitige endotracheale Intubation bei Beeinträchtigung der Atmung. Antizipieren Sie Atemwegsschwellungen. Das Atemwegsmanagement bei Anaphylaxie kann sehr kompliziert sein und eine frühzeitige Unterstützung durch hochkompetente Ärzte ist notwendig.
- Berücksichtigen Sie zusätzlich zu i.m. Adrenalin die Verwendung von
  - inhalativem SABA (und/oder inhalatives Adrenalin) gegen Bronchospasmus:
  - i.v. oder orale H1- und H2-Blocker (Antihistaminika) zur Linderung subjektiver Symptome (insbesondere Hautsymptome);
  - Glukokortikosteroide (z. B. Methylprednisolon 1-2 mg/kgKG) nur für Kinder, die eine längere Beobachtung benötigen;
  - spezifische weitere Therapieansätze.
- Beobachten Sie nach der Behandlung weitere mögliche späte oder zweiphasige Symptomverläufe. Kinder, die ohne einen anderen Risikofaktor gut auf eine Dosis i.m. Adrenalin angesprochen haben, können im Allgemeinen nach 4-8h entlassen werden. Eine längere Beobachtung (12-24h) wird für Kinder mit zweiphasiger oder langwieriger Anaphylaxie oder Asthma in der Vorgeschichte empfohlen, die mehr als eine Dosis i.m. Adrenalin benötigten oder eine Verzögerung zwischen den Symptomen und der ersten Adrenalindosis von mehr als 60 min hatten.

 Untersuchungen zur Feststellung des Auslösers der allergischen Reaktion/ Anaphylaxie sollen unternommen werden. Nehmen Sie ohne Verzögerung der Behandlung bei Beginn der Therapie und idealerweise 1-2 h später Blutproben zur Bestimmung der Mastzelltryptase ab. Überweisen Sie die Patienten zur Nachsorge und Weiterbetreuung an einen spezialisierten Arzt. Jedem Kind, das eine anaphylaktische Reaktion hatte, soll automatisch injizierbares Adrenalin verschrieben werden und es soll Anweisungen/Schulungen zur Anwendung bekommen (sowohl das Kind, als auch seine Betreuer/Eltern).

# Management des Kreislaufversagens (C)

- Versorgungssysteme sollen spezifische Protokolle für die Behandlung von Kindern mit Schock implementieren, inklusive Strategien zur Früherkennung und rechtzeitigen Notfallbehandlung.
- Das Management eines Kindes mit Kreislaufversagen muss unter Berücksichtigung von Ätiologie, Pathophysiologie, Alter, Umständen, Komorbiditäten und verfügbaren Ressourcen auf den Einzelfall angepasst werden. Der Übergang von einem kompensierten zu einem dekompensierten Zustand kann schnell und unvorhersehbar sein. Kein einzelner Befund kann die Schwere des Kreislaufversagens zuverlässig identifizieren und/oder als Erfolgskontrolle der Behandlung verwendet werden. Die Reevaluation soll häufig und zumindest nach jeder durchgeführten Maßnahme erfolgen. Berücksichtigen Sie unter anderem klinische Symptome, MAD, Laktatverlauf, Harnmenge und, für kompetente Helfer, Ultraschallbefunde. Kompetente Anwender können auch weitere hämodynamische Variablen wie den Herzindex, den systemischen Gefäßwiderstand ("systemic vascular resistance", SVR) und die zentralvenöse Sauerstoffsättigung (ScvO2) messen; dies hat jedoch in der ersten Stunde der Versorgung keine Priorität

- Die Behandlung eines Kindes mit Kreislaufversagen gemäß dem AB-CDE-Algorithmus soll immer eine sofortige Beurteilung der Atemwege, der Oxygenierung und der Ventilation umfassen.
- Gefäßzugang:
  - Periphervenöse Zugänge stellen den Gefäßzugang der ersten Wahl dar. Kompetente Helfer können die Anlage durch die Verwendung der Sonographie unterstützen. Begrenzen Sie im Notfall die Zeit für die Anlageversuche auf höchstens 5 min (2 Versuche). Alternative Zugangswege können priorisiert werden, wenn die Erfolgschancen des i.v. Zugangs als minimal eingestuft werden.
  - Für Säuglinge und Kinder stellt der intraossäre (i.o.) Zugang den primären alternativen Zugangsweg dar. Alle professionellen Helfer, die in die Situation kommen könnten, lebensrettende Maßnahmen bei Kindern anwenden zu müssen, sollen in der Anlage von i.o. Zugängen trainiert sein und regelmäßig mit den jeweils verwendeten Techniken (und verschiedenen Punktionsstellen) geschult werden. Bei jedem nicht bewusstlosen Kind soll zur Anlage eine adäquate Analgesie erfolgen. Verwenden Sie eine Nadel der richtigen Größe. Die meisten Standardinfusomaten sind nicht zur Infusion über i.o. Zugänge geeignet, weshalb eine manuelle Infusion oder ein Druckbeutel verwendet werden soll. Überprüfen Sie die korrekte Lage (fester Halt) und überwachen Sie ein mögliches Extra-/Paravasat, welches zum Kompartmentsyndrom führen könnte.
- Flüssigkeitstherapie:
  - Geben Sie bei Kindern im Schock frühzeitig einen oder mehrere Flüssigkeitsboli von 10 ml/kgKG. In der ersten Stunde der Behandlung des (septischen) Schocks können wiederholte Flüssigkeitsboli von bis zu 40-60 ml/kgKG erforderlich sein
  - Eine Reevaluation soll nach jedem Flüssigkeitsbolus erfolgen. Ver-

### **ERC Leitlinien**

- werden. Aufgrund ausreichender Kompensation kann das PaCO<sub>2</sub> anfänglich normal oder verringert sein. Eine Hyperkapnie ist ein Zeichen der Dekompensation.
- Eine Röntgenaufnahme des Brustkorbs stellt keine Routinemaßnahme dar, kann jedoch angezeigt sein, wenn der Verdacht auf eine alternative Diagnose oder eine Komplikation besteht.
- Eine zeitnahe, aggressive, leitlinienkonforme Behandlung des Status asthmaticus ist notwendig:
  - Sorgen Sie für eine angenehme Umgebung und Körperposition.
     Sedativa sollen, auch bei Agitation, vermieden werden.
  - Titrieren Sie, wenn notwendig, zusätzlichen Sauerstoff, um eine SpO₂ von 94–98% zu erreichen. Geben Sie Sauerstoff in hoher Dosis, wenn die SpO₂ nicht gemessen werden kann, allerdings nur bis eine Titration möglich ist.
  - · Verwenden Sie kurzwirksame Beta-2-Agonisten (SABA) über einen Inhalator mit Spacer (z. B. Salbutamol 2-10 Hübe) oder einen Vernebler (z. B. Salbutamol 2,5-5 mg [0,15 mg/kgKG]). Passen Sie die Dosis an den Therapieerfolg an und wiederholen Sie den Vorgang nach Bedarf (bis hin zu einer kontinuierlichen Therapie in der ersten Stunde). Die Wirkung von SABA beginnt innerhalb von Sekunden und erreicht ihr Maximum nach 30 min (Halbwertszeit 2-4h). Fügen Sie kurz wirkende Anticholinergika (z. B. Ipratropiumbromid 0,25-0,5 mg) entweder vernebelt oder als Inhalator mit Spacer hinzu.
  - Geben Sie systemische Kortikosteroide innerhalb der ersten Stunde entweder oral oder intravenös (i.v.).
     Die Anwender sollen das ihnen am meisten vertraute Kortikoid verwenden (z.B. Prednisolon 1-2 mg/ kgKG, max. 60 mg/Tag).
  - Erwägen Sie die Gabe von i.v. Magnesiumsulfat bei schwerem und lebensbedrohlichem Status asthmaticus. Geben Sie eine Einzeldosis von 50 mg/kgKG über 20 min (max.

- 2g). Bei Kindern kann alternativ isotones Magnesiumsulfat als vernebelte Lösung verwendet werden (2,5 ml 250 mmol/l; 150 mg).
- Zusätzliche Medikamente können von kompetenten Helfern in Betracht gezogen werden, z. B. Ketamin i.v., Aminophyllin i.v. usw. Die Helfer sollen sich bewusst sein, dass die i.v. Gabe von SABA ein erhebliches Risiko für Elektrolytentgleisungen, Hyperlaktatämie und vor allem Herz-Kreislauf-Versagen birgt. Bei Gabe eines solchen Medikaments soll das Kind sorgfältig überwacht werden.
- Antibiotika werden nur empfohlen, wenn Hinweise auf eine bakterielle Infektion vorliegen.
- Es gibt keinen Platz für routinemäßiges, systemisches oder lokales Adrenalin bei Asthma. Eine Anaphylaxie soll als alternative Diagnose bei allen Kindern mit plötzlich auftretenden Symptomen ausgeschlossen werden.
- Wenn verfügbar, sollen Sie eine NIV oder HFNC-Therapie bei Kindern mit Status asthmaticus in Betracht ziehen, wenn eine Sauerstoffgabe benötigt wird, die über die Standard-FiO<sub>2</sub> hinausgeht und/oder das Kind nicht auf die Initialtherapie anspricht.
- Schwere Erschöpfung, Bewusstseinsverschlechterung, schlechter Lufteintritt, sich verschlechternde Hypoxämie und/oder Hyperkapnie und ein Kreislaufstillstand sind Indikationen für eine endotracheale Intubation. Die mechanische Beatmung eines Kindes mit Status asthmaticus ist äußerst schwierig, es soll frühzeitig fachkundige Hilfe eingeholt werden. Begrenzen Sie das Tidalvolumen und die Atemfrequenz und verwenden Sie eine längere Exspirationszeit.

### Management der Anaphylaxie

- Die frühzeitige Diagnose einer Anaphylaxie ist von entscheidender Bedeutung und ist maßgeblich für die erfolgreiche weitere Behandlung:
  - Akuter Ausbruch einer Krankheit (Minuten bis Stunden) mit Be-

- teiligung der Haut und/oder der Schleimhaut und mindestens einer der folgenden Symptome:
- a. Respiratorische Symptome, z. B.
   Dyspnoe, Bronchospasmus, Stridor, reduzierter PEF, Hypoxämie
- b. Niedriger Blutdruck oder damit einhergehende Symptome einer Endorganfunktionsstörung, z. B. Kollaps, Synkope
- c. Schwere gastrointestinale Symptome, insbesondere nach Exposition gegenüber Allergenen, die nicht mit Lebensmitteln in Zusammenhang stehen ("nonfood allergens")

### ODER

- Akuter Beginn (Minuten bis mehrere Stunden) mit Hypotonie oder Bronchospasmus oder laryngealer Beteiligung nach Exposition gegenüber einem bekannten oder wahrscheinlichen Allergen, selbst wenn keine typische Hautbeteiligung vorliegt.
- Bei Verdacht auf Anaphylaxie soll sofort intramuskuläres (i.m.) Adrenalin (anterolaterale Mitte des Oberschenkels, nicht subkutan) verabreicht werden. Richten Sie die weitere Therapie und die notwendigen Interventionen nach dem AB-CDE-Schema: Hilferuf, Atemwegsmanagement, Sauerstofftherapie, Beatmungsunterstützung, venöser Zugang, repetitive Flüssigkeitsboli und Katecholamintherapie.
  - Eine frühzeitige Verabreichung von i.m. Adrenalin kann auch für mildere allergische Symptome bei Kindern mit Anaphylaxie in der Vorgeschichte in Betracht gezogen werden.
  - Die Dosis für i.m. Adrenalin beträgt 0,01 mg/kgKG. Diese kann mit einer Spritze (1 mg/ml Lösung) verabreicht werden. In vielen Fällen ist automatisch injizierbares Adrenalin verfügbar (0,15 mg [<6 Jahre] – 0,3 mg [6–12 Jahre] – 0,5 mg [> 12 Jahre]).
  - Wenn sich die Symptome nicht schnell verbessern, kann die i.m. Adrenalingabe nach 5–10 min wiederholt werden.

656 Notfall + Rettungsmedizin 4 · 2021

- Bei refraktären Anaphylaxien können kompetente Anwender die Verwendung von i.v. oder i.o. Adrenalin in Betracht ziehen. Vermeiden Sie dabei Dosierungsfehler.
- Vermeiden Sie eine weitere Exposition gegenüber dem auslösenden Agens. Bei einem Bienenstich soll der Stachel so schnell wie möglich entfernt werden.
- Erkennen Sie einen Kreislaufstillstand und starten Sie die Standard-CPR, wenn dies notwendig ist. Helfer, die nur Zugang zu i.m. Adrenalin haben, können die i.m. Gabe in Betracht ziehen, wenn ein Kreislaufstillstand eingetreten ist.
- Erwägen Sie eine frühzeitige endotracheale Intubation bei Beeinträchtigung der Atmung. Antizipieren Sie Atemwegsschwellungen. Das Atemwegsmanagement bei Anaphylaxie kann sehr kompliziert sein und eine frühzeitige Unterstützung durch hochkompetente Ärzte ist notwendig.
- Berücksichtigen Sie zusätzlich zu i.m. Adrenalin die Verwendung von
  - inhalativem SABA (und/oder inhalatives Adrenalin) gegen Bronchospasmus:
  - i.v. oder orale H1- und H2-Blocker (Antihistaminika) zur Linderung subjektiver Symptome (insbesondere Hautsymptome);
  - Glukokortikosteroide (z. B. Methylprednisolon 1-2 mg/kgKG) nur für Kinder, die eine längere Beobachtung benötigen;
  - spezifische weitere Therapieansätze.
- Beobachten Sie nach der Behandlung weitere mögliche späte oder zweiphasige Symptomverläufe. Kinder, die ohne einen anderen Risikofaktor gut auf eine Dosis i.m. Adrenalin angesprochen haben, können im Allgemeinen nach 4-8h entlassen werden. Eine längere Beobachtung (12-24h) wird für Kinder mit zweiphasiger oder langwieriger Anaphylaxie oder Asthma in der Vorgeschichte empfohlen, die mehr als eine Dosis i.m. Adrenalin benötigten oder eine Verzögerung zwischen den Symptomen und der ersten Adrenalindosis von mehr als 60 min hatten.

 Untersuchungen zur Feststellung des Auslösers der allergischen Reaktion/ Anaphylaxie sollen unternommen werden. Nehmen Sie ohne Verzögerung der Behandlung bei Beginn der Therapie und idealerweise 1-2 h später Blutproben zur Bestimmung der Mastzelltryptase ab. Überweisen Sie die Patienten zur Nachsorge und Weiterbetreuung an einen spezialisierten Arzt. Jedem Kind, das eine anaphylaktische Reaktion hatte, soll automatisch injizierbares Adrenalin verschrieben werden und es soll Anweisungen/Schulungen zur Anwendung bekommen (sowohl das Kind, als auch seine Betreuer/Eltern).

# Management des Kreislaufversagens (C)

- Versorgungssysteme sollen spezifische Protokolle für die Behandlung von Kindern mit Schock implementieren, inklusive Strategien zur Früherkennung und rechtzeitigen Notfallbehandlung.
- Das Management eines Kindes mit Kreislaufversagen muss unter Berücksichtigung von Ätiologie, Pathophysiologie, Alter, Umständen, Komorbiditäten und verfügbaren Ressourcen auf den Einzelfall angepasst werden. Der Übergang von einem kompensierten zu einem dekompensierten Zustand kann schnell und unvorhersehbar sein. Kein einzelner Befund kann die Schwere des Kreislaufversagens zuverlässig identifizieren und/oder als Erfolgskontrolle der Behandlung verwendet werden. Die Reevaluation soll häufig und zumindest nach jeder durchgeführten Maßnahme erfolgen. Berücksichtigen Sie unter anderem klinische Symptome, MAD, Laktatverlauf, Harnmenge und, für kompetente Helfer, Ultraschallbefunde. Kompetente Anwender können auch weitere hämodynamische Variablen wie den Herzindex, den systemischen Gefäßwiderstand ("systemic vascular resistance", SVR) und die zentralvenöse Sauerstoffsättigung (ScvO2) messen; dies hat jedoch in der ersten Stunde der Versorgung keine Priorität

- Die Behandlung eines Kindes mit Kreislaufversagen gemäß dem AB-CDE-Algorithmus soll immer eine sofortige Beurteilung der Atemwege, der Oxygenierung und der Ventilation umfassen.
- Gefäßzugang:
  - Periphervenöse Zugänge stellen den Gefäßzugang der ersten Wahl dar. Kompetente Helfer können die Anlage durch die Verwendung der Sonographie unterstützen. Begrenzen Sie im Notfall die Zeit für die Anlageversuche auf höchstens 5 min (2 Versuche). Alternative Zugangswege können priorisiert werden, wenn die Erfolgschancen des i.v. Zugangs als minimal eingestuft werden.
  - Für Säuglinge und Kinder stellt der intraossäre (i.o.) Zugang den primären alternativen Zugangsweg dar. Alle professionellen Helfer, die in die Situation kommen könnten, lebensrettende Maßnahmen bei Kindern anwenden zu müssen, sollen in der Anlage von i.o. Zugängen trainiert sein und regelmäßig mit den jeweils verwendeten Techniken (und verschiedenen Punktionsstellen) geschult werden. Bei jedem nicht bewusstlosen Kind soll zur Anlage eine adäquate Analgesie erfolgen. Verwenden Sie eine Nadel der richtigen Größe. Die meisten Standardinfusomaten sind nicht zur Infusion über i.o. Zugänge geeignet, weshalb eine manuelle Infusion oder ein Druckbeutel verwendet werden soll. Überprüfen Sie die korrekte Lage (fester Halt) und überwachen Sie ein mögliches Extra-/Paravasat, welches zum Kompartmentsyndrom führen könnte.
- Flüssigkeitstherapie:
  - Geben Sie bei Kindern im Schock frühzeitig einen oder mehrere Flüssigkeitsboli von 10 ml/kgKG. In der ersten Stunde der Behandlung des (septischen) Schocks können wiederholte Flüssigkeitsboli von bis zu 40-60 ml/kgKG erforderlich sein
  - Eine Reevaluation soll nach jedem Flüssigkeitsbolus erfolgen. Ver-

### **ERC Leitlinien**

- meiden Sie wiederholte Boli bei Kindern die keine Zeichen einer verminderten Perfusion haben, Hinweise für eine Flüssigkeitsüberladung oder ein kardiales Versagen zeigen. Klinische Symptome sollen mit laborchemischen Werten und wenn möglich mit Bildgebung, wie Herz- und Lungenultraschall, kombiniert werden, um den Bedarf an zusätzlichen Volumenboli zu ermitteln. Bei wiederholten benötigten Flüssigkeitsboli sollen frühzeitig vasoaktive Medikamente (Katecholamine) und eine Atemunterstützung in Betracht gezogen werden. In Situationen, in denen keine intensivmedizinische Versorgung verfügbar ist, scheint ein restriktiveres Volumenmanagement ratsam
- Balancierte Vollelektrolytlösungen stellen, falls verfügbar, die erste Wahl dar. Eine physiologische Kochsalzlösung (NaCl 0,9%) ist bei Nichtvorhandensein eine akzeptable Alternative. Die Gabe von Albumin stellt eine Flüssigkeitstherapie der zweiten Wahl dar, kann allerdings für Kinder mit Sepsis, insbesondere bei Malaria oder Dengue-Fieber, in Erwägung gezogen werden. Ohne Hinweis auf einen hämorrhagischen Schock werden Blutprodukte nur dann eingesetzt, wenn die Laborwerte unter akzeptable Minimalwerte fallen.
- Bei Kindern im hypovolämischen nichthämorrhagischen Schock muss schnell die Gabe von Flüssigkeitsboli erfolgen. Andernfalls kann das Flüssigkeitsmanagement ("fluid resuscitation") von stark dehydrierten Kindern im Allgemeinen schrittweise durchgeführt werden (bis zu beispielsweise 100 ml/kgKG über 8 h).
- Bei hämorrhagischem Schock sollen die kristalloiden Boli auf ein Minimum beschränkt werden (max. 20 ml/kg). Erwägen Sie früh die Gabe von Blutprodukten oder, falls verfügbar, Vollblut. Bei Kindern mit schwerem Trauma und Kreislaufversagen soll die

- Verbesserung der Gerinnung angestrebt werden. Hierzu zählen in der Substitution die Berücksichtigung eines adäquaten Verhältnisses zwischen Plasma und Erythrozytenkonzentrat, Beachtung der Thrombozyten, des Fibrinogens und weiterer Gerinnungsfaktoren. Vermeiden Sie wenn möglich eine Flüssigkeitsüberladung und passen Sie Ihr Flüssigkeitsmanagement dem Ziel an, eine adäquate Gewebeperfusion aufrechtzuerhalten, bis die endgültige Blutungskontrolle erfolgt ist oder es zu einem spontanen Blutungsstopp gekommen ist. Eine permissive Hypotonie (MAD unter der 5 Perzentile für das Alter) kann nur bei Kindern durchgeführt werden, bei denen kein Risiko eines gleichzeitig vorliegenden SHT hecteht
- Geben Sie bei allen Kindern nach einem schweren Trauma oder bei einer relevanten Blutung so schnell wie möglich Tranexamsäure (TxA; jedoch spätestens innerhalb von 3h nach Ereignis). Erwägen Sie die Gabe von TxA bei Kindern mit isoliertem mittelschwerem SHT (GCS 9-13) ohne Pupillenanomalien. Verwenden Sie eine Initialdosis von 15-20 mg/kgKG (max. 1 g), gefolgt von einer Infusion von 2 mg/ kgKG/h für mindestens 8 h (max. 1 g) oder bis die Blutung sistiert.
- Vasoaktive Medikamente Katecholamine/Inotropika:
  - Die Gabe von vasoaktiven Medikamenten soll bei Kindern im Kreislaufversagen frühzeitig als kontinuierliche Infusion (verdünnt gemäß lokalem Protokoll) über einen zentralen oder peripheren Zugang erfolgen, wenn sich der klinische Zustand nach mehreren Flüssigkeitsboli nicht verbessert. Es soll auf standardisierte Verdünnung, Dosierung und Infusionsmanagement geachtet werden. Verwenden Sie vorzugsweise eine eigene Infusionsleitung mit ausreichendem Durchfluss, um versehentliche Boli oder plötzliche Dosisschwankungen zu vermeiden. Titrieren Sie diese Medikamente

- basierend auf einem gewünschten Ziel-MAD, der sich je nach Ursache, Alter und Therapieansprechen des Patienten unterscheiden kann. Auf einer Intensivstation können auch andere hämodynamische Variablen berücksichtigt werden.
- · Verwenden Sie entweder Noradrenalin oder Adrenalin als Inotropika und Vasokonstriktoren der ersten Wahl und Dobutamin oder Milrinon als Inotropika und Vasodilatatoren der ersten Wahl. Dopamin soll nur in Situationen in Betracht gezogen werden, in denen weder Adrenalin noch Noradrenalin verfügbar sind. Alle ALS-Helfer sollen die medizinische Kompetenz besitzen, die Katecholamintherapie in der ersten Stunde der Kreislaufstabilisierung bei einem Kind zu etablieren bzw. einzuleiten.
- Vasoaktive Medikamente sollen auch bei hypovolämischen Schock verwendet werden, wenn dieser nicht adäquat auf die Flüssigkeitsgabe anspricht - insbesondere bei Verlust der sympathomimetischen Komponente, z.B. während einer Narkoseeinleitung - sowie bei Kindern im hypovolämischen Schock und gleichzeitigem SHT. Ein ausreichend hoher MAD ist erforderlich, um einen angemessenen zerebralen Perfusionsdruck zu erreichen (z.B. MAD über der 50. Perzentile). Beurteilen und unterstützen Sie gegebenenfalls die weitere Herzfunktion.

### Zusätzliche Therapien bei septischem Schock:

- · Erwägen Sie eine erste Gabe von Hydrokortison in Stressdosis (1-2 mg/kgKG) bei Kindern im septischen Schock, wenn diese nicht auf Volumengaben und vasoaktive Therapie ansprechen unabhängig von laborchemischen oder anderen Parametern.
- · Geben Sie Hydrokortison in Stressdosis bei Kindern im septischem Schock, die eine akute oder chronische Steroidtherapie, Störungen der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse, eine angeborene Nebennierenhypoplasie oder

- eine andere kortikosteroidbedingte Endokrinopathie aufweisen oder kürzlich mit Ketoconazol oder Etomidat behandelt wurden.
- Beginnen Sie so bald wie möglich nach der initialen Beurteilung und Behandlung mit der Gabe von Breitbandantibiotika. Dies erfolgt vorzugsweise innerhalb der ersten Stunde der Behandlung. Wenn die Entnahme von Blutkulturen (oder Blutproben für die PCR) ohne Verzögerung der Therapie erfolgen kann, soll diese vor Beginn der Antibiotikagabe erfolgen.

# Obstruktiver Schock bei Kindern:

- Der Spannungspneumothorax erfordert eine sofortige Therapie durch eine Notfallthorakotomie oder Nadeldekompression. Verwenden Sie den Ultraschall, um die Diagnose zu bestätigen, wenn dies die Behandlung nicht verzögert. Verwenden Sie für beide Techniken den 4. oder 5. Interkostalraum (ICR) der mittleren Axilliarlinie als primäre Punktionsstelle. Bei Kindern stellt der 2. ICR in der Medioklavikularlinie eine akzeptable Alternative dar. Die Erweiterung auf eine Standardthoraxdrainage soll so bald wie möglich erfolgen.
- · Versorgungssysteme, die keine sofortige Thorakotomie durchführen, sollen die Nadeldekompression zumindest als Notfallmaßnahme bei schweren pädiatrischen Traumata in Betracht ziehen und ihre Helfer dementsprechend schulen.
- · Verwenden Sie, falls verfügbar, den Ultraschall zur Diagnose der Herzbeuteltamponade (Perikardtamponade). Eine Herzbeuteltamponade führt zu einem obstruktiven Schock und erfordert eine sofortige Entlastung durch eine Perikardiozentese, Thorakotomie oder (Re-)Sternotomie, je nach Umständen und verfügbarem Fachwissen. Abhängig von der Ursache sollen alle Versorgungseinrichtungen entsprechende Protokolle über die Durchführung dieser Maßnahme vorhalten.
- Instabile primäre Bradykardie:

- Erwägen Sie die Gabe von Atropin (20 µg/kgKG; max. 0,5 mg pro Dosis) nur bei Bradykardien, die durch eine Vagusaktivierung verursacht werden.
- · Erwägen Sie im Fall einer Bradykardie mit Kreislaufversagen aufgrund eines vollständigen AV-Blocks oder einer Sinusknotendysfunktion eine transthorakale (Notfall-)Schrittmachertherapie. Expertenhilfe soll frühzeitig eingeholt werden.

# Instabile primäre Tachykardie:

- Bei Kindern mit dekompensiertem Kreislaufversagen aufgrund einer supraventrikulären (SVT) oder ventrikulären Tachykardie (VT) stellt die sofortige synchronisierte elektrische Kardioversion mit einer initialen Energiedosis von 1 J/kg Körpergewicht die Therapie der Wahl dar. Verdoppeln Sie die Energiedosis für jeden weiteren Versuch bis auf max. 4 J/kgKG. Wenn möglich, soll dies in Kooperation mit Experten erfolgen. Sorgen Sie bei Kindern, die noch nicht bewusstlos sind, für eine angemessene Analgosedierung gemäß einem lokalen Protokoll. Überprüfen Sie nach jedem Kardioversionsversuch, ob weiterhin Lebenszeichen vorhanden sind
- Bei Kindern mit einer vermuteten SVT, die noch nicht dekompensiert ist, können vagale Manöver versucht werden (z. B. Eisapplikation, modifizierte Valsalva-Techniken o.ä.). Wenn dies keine unmittelbare Wirkung hat, soll die Gabe von Adenosin i.v. erfolgen. Verabreichen Sie möglichst zügig einen schnellen Bolus von 0,1 bis 0,2 mg/ kgKG (max. 6 mg) mit sofortiger NaCl-0,9 %-Spülung über einen großlumigen Venenzugang. Stellen Sie dabei sicher, dass ein EKG-Rhythmusstreifen für eine spätere Expertenbewertung aufgezeichnet wird. Insbesondere bei jüngeren Kindern ist eine höhere Initialdosis vorzuziehen. Bei persistierender SVT soll die Gabe von Adenosin nach mindestens 1 min in einer höheren Dosis (0,3 mg/kgKG, max.

- 12-18 mg) wiederholt werden. Seien Sie vorsichtig mit der Gabe von Adenosin bei Kindern mit bekannter Erkrankung des Sinusknotens, einem Präexzitationssyndrom, nach Herztransplantation oder bei schwerem Asthma. In diesen Fällen oder wenn keine anhaltende Wirkung von Adenosin erreicht wird, können kompetente Helfer (mit Expertenunterstützung) alternative Medikamente verabreichen.
- Breitkomplextachykardien können entweder eine VT oder SVT mit Schenkelblockbild oder antegrader Überleitung über eine zusätzliche Bahn sein. Falls der Mechanismus der Arrhythmie nicht vollständig verstanden wird, soll eine Arrhythmie mit breiten QRS-Komplexen wie eine VT behandelt werden. Bei einem hämodynamisch stabilen Kind kann die Reaktion auf ein Vagusmanöver einen Hinweis auf den für die Arrhythmie verantwortlichen zugrundeliegenden Mechanismus liefern, und kompetente Helfer (mit Expertenhilfe) können anschließend eine pharmakologische Therapie versuchen. Auch bei stabilen Patienten soll immer eine elektrische Kardioversion in Betracht gezogen werden. Bei Torsade-de-pointes-Tachykardien ist Magnesiumsulfat i.v. mit einer Dosierung von 50 mg/kgKG i.v. indiziert.

# Management von neurologischen und anderen medizinischen Notfällen (DE)

Neurologische Notfälle sollen schnell erkannt und behandelt werden, da sich die Prognose durch sekundäre Schädigungen (z.B. aufgrund von Hypoxie, Hypotonie o.ä.) sowie Behandlungsverzögerungen verschlechtert. Nach dem ABCDE-Schema umfasst eine solche Behandlung ein adäquates Atemwegsmanagement, ausreichende Sauerstoffversorgung und gegebenenfalls eine Beatmung sowie eine Flüssigkeitstherapie.

# Status epilepticus

- Erkennen und behandeln Sie zugrundeliegende Diagnosen und auslösende Ursachen, wie Hypoglykämie, Elektrolytstörungen, Intoxikationen, Infektionen und neurologische Erkrankungen, sowie systemische Komplikationen, wie Atemwegsobstruktionen, Hypoxämie oder Schock.
- Wenn die Anfälle länger als 5 min anhalten, soll die Gabe einer ersten Dosis eines Benzodiazepins erfolgen. In bestimmten Situationen kann auch eine sofortige Behandlung in Betracht gezogen werden. Welches Benzodiazepin über welchen Weg verabreicht werden soll, hängt von der Verfügbarkeit, der jeweiligen Situation, den lokalen Präferenzen und dem Fachwissen der Helfer ab. Nichtintravenöse-Benzodiazepine sollen verwendet werden, wenn (noch) kein i.v. Zugang verfügbar ist. Ausreichende Dosierungen - wie hier vorgeschlagen - sind essenziell:
  - Midazolam i.m. 0,2 mg/kgKG (max. 10 mg) oder 5 mg bei 13-40 kgKG, 10 mg > 40 kgKG); intranasal/bukkal 0,3 mg/kgKG; i.v. 0,15 mg/kgKG (max. 7,5 mg)
  - Lorazepam i.v. 0,1 mg/kgKG (max. 4 mg)
  - Diazepam i.v. 0,2-0,25 mg/kgKG (max. 10 mg)/rektal 0,5 mg/kgKG (max. 20 mg)
- Wenn die Anfälle nach weiteren 5 min persistieren, verabreichen Sie eine zweite Dosis eines Benzodiazepins und bereiten Sie ein langwirksames Medikament der zweiten Stufe vor. Holen Sie Expertenhilfe.
- Spätestens 20 min nach Beginn der Anfälle sollen Antiepileptika der zweiten Wahl verabreicht werden. Die Wahl des Arzneimittels hängt wiederum vom Kontext, der Verfügbarkeit und dem Fachwissen des Helfers ab. Eine adäquate Dosierung ist wichtig:
  - Levetiracetam 40-60 mg/kgKG i.v. (neuere Publikationen deuten auf eine höhere Dosis hin; max. 4,5 g über 15 min)

- Phenytoin 20 mg/kg i.v. (max. 1,5 g über 20 min oder alternativ Phosphenytoin)
- Valproinsäure 40 mg/kgKG i.v. (max. 3g; über 15 min; die Gabe soll bei vermutetem Leberversagen oder Stoffwechselerkrankungen - die bei Säuglingen und jüngeren Kindern niemals ausgeschlossen werden können - sowie bei schwangeren Jugendlichen vermieden werden).
- Phenobarbital i.v. (20 mg/kgKG über 20 min) stellt eine sinnvolle Alternative dar, wenn keine der drei empfohlenen Therapien verfügbar
- Wenn die Anfälle persistieren, ziehen Sie ein zusätzliches Medikament der zweiten Wahl in Betracht, nachdem das erste Zweitlinienmedikament verabreicht wurde.
- Spätestens 40 min nach Beginn der Anfälle sollen Narkosemedikamente wie Midazolam, Ketamin, Pentobarbital/Thiopental oder Propofol in Betracht gezogen werden, vorzugsweise unter kontinuierlicher EEG-Überwachung und durch einen entsprechend kompetenten Helfer. Bereiten Sie sich auf eine adäquate Unterstützung der Oxygenierung, Ventilation und Perfusion vor.
- Der nichtkonvulsive Status epilepticus kann nach Beendigung der klinischen Anfälle fortbestehen. Alle Kinder, die das Bewusstsein nicht vollständig wiedererlangen, benötigen eine EEG-Überwachung und eine adäquate Therapie.

# Hypoglykämie

- Eine Hypoglykämie soll anhand der jeweiligen Situation, der klinischen Symptome und der Messung des Blutzuckers (50-70 mg/dl; 2,8-3,9 mmol/l) erkannt und umgehend behandelt werden. Identifizieren und behandeln Sie auch alle zugrundeliegenden Ursachen, Bei bestimmten Stoffwechselerkrankungen kann eine spezielle Dosierung einer i.v. Glukosetherapie angezeigt sein.
- Eine leichte, asymptomatische Hypoglykämie kann mit einer Standardglukosegabe behandelt werden,

- entweder durch Glukosedauerinfusion (6-8 mg/kgKG/min) oder durch die Gabe von oraler, schnell wirksamer Glukose (0,3 g/kgKG Tabletten oder Äquivalent), gefolgt von einer zusätzlichen Kohlenhydrataufnahme, um ein Wiederauftreten zu verhindern.
- Schwere Hypoglykämien bei Kindern (<50 mg/dl (2,8 mmol/l) mit neurologischen Symptomen) erfordern:
  - Glukose i.v. 0,3 g/kgKG im Bolus; vorzugsweise als 10 % (100 mg/ml; 3 ml/kgKG) oder 20 %ige Lösung (200 mg/ml; 1,5 ml/kgKG)
  - · Wenn keine i.v. Glukose verfügbar ist, kann Glukagon als vorübergehende Alternative verabreicht werden, entweder i.m. oder subkutan (0,03 mg/kgKG oder 1 mg > 25 kg; 0,5 mg < 25 kg) oder intranasal (3 mg; 4-16 Jahre).
  - Überprüfen Sie den Blutzucker alle 10 min nach der Behandlung erneut und wiederholen Sie die Behandlung, wenn das Ansprechen unzureichend ist. Ziel ist ein Anstieg von mindestens 50 mg/dl (2,8 mmol/l) und/oder ein Zielblutzuckerspiegel von 100 mg/dl (5.6 mmol/l).
  - Starten Sie eine Glukosedauerinfusion (6-8 mg/kgKG/min), um den Katabolismus umzukehren und einen ausreichenden Blutzucker aufrechtzuerhalten

# Hypokaliämie

- Bei schwerer Hypokaliämie (<2,5 mmol/l) in einer Peri-arrest-Situation ist die i.v. Gabe von 1 mmol/kgKG als Bolus (max. 30 mmol) über einen Zeitraum von mindestens 20 min bei einem überwachten Kind indiziert und kann gegebenenfalls wiederholt werden, bis das Serumkalium über 2,5 mmol/l liegt. Eine versehentliche Hyperkaliämie soll vermieden werden. Zusätzlich soll auch Magnesiumsulfat i.v. 30-50 mg/kgKG gegeben werden.
- In allen anderen Fällen wird wenn möglich - die enterale Gabe von Kalium bevorzugt. Die mögliche Dosis ist abhängig vom klinischen Erscheinungsbild, dem gemessenen

Laborwert und dem zu erwartenden Anstieg durch die Substitution.

# Hyperkaliämie

- Um den Schweregrad der Hyperkaliämie zu bewerten, berücksichtigen Sie den Kaliumwert in Zusammenschau mit den zugrundeliegenden Ursachen und den dazu beitragenden Faktoren sowie dem Vorhandensein kaliumbedingter EKG-Veränderungen. Beseitigen oder behandeln Sie die zugrundeliegenden Ursachen und Faktoren so schnell wie möglich.
- Passen Sie die Notfallbehandlung an die spezifischen Bedürfnisse des Kindes an. Erwägen Sie die frühzeitige Zuhilfenahme von Experten. Bei Kindern mit akuter symptomatischer lebensbedrohlicher Hyperkaliämie geben Sie:
  - · Kalzium (z. B. Kalziumglukonat 10 % 0,5 ml/kgKG, max. 20 ml) zur Membranstabilisierung. Dies funktioniert innerhalb von Minuten und der Effekt hält 30-60 min an.
  - · Schnell wirkendes Insulin mit Glukose zur Umverteilung von Kalium. Dies ist nach etwa 15 min wirksam und erreicht nach 30 bis 60 min seinen Spitzenwert. Die Wirkung hält für 4-6 h an (z. B. 0,1 U/kgKG Insulin, Mischungsverhältnis 1 IE Insulin in 25 ml Glukose 20%iger Lösung). Bei einem Blutzuckerspiegel von > 250 mg/dl (13,9 mmol/l) bei Therapiebeginn ist keine Glukosegabe erforderlich. Eine wiederholte Gabe kann erforderlich werden. Um eine Hypoglykämie zu vermeiden, beginnen Sie nach der Behandlung der Hyperkaliämie eine Glukoseinfusion ohne Insulingabe. Überwachen Sie den Blutzuckerspiegel regelmäßig.
  - · Eine Vernebelung von Beta-Agonisten in hoher Dosis (z. B. die 5-fache Bronchodilatationsdosis). Beachten Sie, dass die maximale Wirkung erst nach 90 min erreicht
  - Natriumbikarbonat 1 mmol/kgKG i.v. (gegebenenfalls wiederholen) bei metabolischer Azidose (pH < 7,2) und/oder Atem-Kreislauf-Stillstand; der Wirkeintritt

- von Natriumbikarbonat ist langsam (Stunden).
- Setzen Sie die Maßnahmen zur Kaliumumverteilung fort, bis die weitere Behandlung Wirkung zeigt. Die Kaliumentfernung kann durch kaliumbindende Substanzen, z. B. Furosemid (bei gut hydrierten Kindern mit erhaltener Nierenfunktion) und/ oder Dialyse erfolgen.

### Hyperthermie

- In Fällen eines Hitzschlags (d. h. einer zentralen Körpertemperatur ≥40-40.5 °C mit Funktionsstörung des Zentralnervensystems [ZNS]):
  - Die Überwachung der zentralen Körpertemperatur soll so schnell wie möglich erfolgen (rektal, ösophageal, über die Blase oder intravaskulär).
  - Die präklinische Behandlung besteht aus einer vollständigen Behandlung nach ABCDE-Schema und einer schnellen aggressiven Abkühlung. Entfernen Sie das Kind von der Wärmequelle. Entkleiden Sie das Kind und sorgen Sie für eine Kühlung mittels kalter Luft und Oberflächenkühlung durch Verdunstungskälte (z. B. mit kaltem Wasser). Verwenden Sie Eisbeutel und Cool-Packs. Sorgen Sie für eine frühzeitige externe Kühlung durch Verdunstung. Erwägen Sie die Immersion in kaltes Wasser für Jugendliche und junge Erwachsene.
  - · Zur weiteren Kühlung im Krankenhaus kann das Kind auf einer Kühlmatte gelagert werden. Es werden Kühlbeutel auf Hals, Achsel und Leiste oder alternativ auf die glatten Hautoberflächen im Bereich der Wangen, Handflächen und Fußsohlen gelegt oder kristalloide Infusionslösungen mit Raumtemperatur infundiert. Stoppen Sie die Kühlmaßnahmen, sobald die Körperkerntemperatur 38°C erreicht hat. Benzodiazepine werden empfohlen, um "shivering", Tremor oder epileptische Anfälle während der Abkühlungsmaßnahmen zu vermeiden. Klassische

- fiebersenkende Medikamente sind unwirksam.
- Alle Kinder mit Hitzschlag sollen auf eine (pädiatrische) Intensivstation eingewiesen werden, um eine entsprechende Überwachung zu ermöglichen und die damit verbundenen Organfunktionsstörungen zu behandeln.

# **Paediatric Basic Life Support**

Die Reihenfolge der Maßnahmen des pädiatrischen BLS (PBLS) hängt vom Ausbildungsstand des anwesenden Helfers ab: Diejenigen, die in PBLS (bevorzugter Algorithmus) geschult sind, die, die nur in Erwachsenen-BLS geschult sind, und die, die nicht geschult sind (vom Leitstellendisponenten unterstützte Ersthelfer).

# Reihenfolge der Maßnahmen im

- Sorgen Sie für die Sicherheit von Helfer und Kind. Überprüfen Sie die Reaktion auf verbale und taktile Stimulation ( Abb. 2). Bitten Sie umstehende Personen um Hilfe.
- Wenn das Kind nicht reagiert, öffnen Sie die Atemwege und beurteilen Sie die Atmung für nicht mehr als
  - Bei Schwierigkeiten mit der Atemwegsöffnung, versuchen sie entweder die Atemwege durch Überstrecken des Kopfes und Anheben des Kinns zu öffnen oder im Fall eines Traumas durch Anwenden des Esmarch-Handgriffs. Wenn unbedingt nötig, kann der Kopf vorsichtig überstreckt werden, bis die Atemwege geöffnet sind.
  - In den ersten Minuten nach einem Kreislaufstillstand kann das Kind weiterhin langsame, einzelne Atemzüge zeigen (Schnappatmung). Wenn Sie Zweifel haben, ob die Atmung normal ist, handeln Sie so, als wäre sie nicht normal.
  - Achten Sie auf Atemanstrengungen, hören und fühlen Sie die Luftbewegungen aus Nase und/oder Mund. Wenn es Atemanstrengungen gibt, aber keine Luftbewegung vorhanden ist, ist der Atemweg nicht offen
  - In Fällen, in denen mehr als ein Helfer zur Verfügung steht, soll

Notfall + Rettungsmedizin 4 · 2021 661

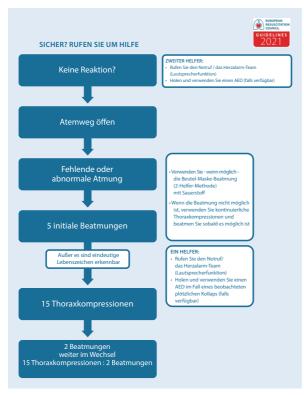


Abb. 2 ▲ Basismaßnahmen des Paediatric Life Supports (PBLS)

- ein zweiter Helfer sofort nach Erkennen einer Bewusstlosigkeit den Rettungsdienst verständigen, vorzugsweise über die Freisprechfunktion/Lautsprecher eines Mobiltelefons.
- Bei nicht reagierendem Kind mit fehlender oder abnormer Atmung: Verabreichen Sie 5 initiale Beatmungen.
  - Achten Sie bei Säuglingen auf eine neutrale Position des Kopfes. Bei älteren Kindern ist eine stärkere Überstreckung des Kopfes erforderlich.
  - Beatmen sie über etwa 1 s lang gleichmäßig, mit einer ausreichenden Luftmenge, über den Mund des

- Kindes (oder bei Säuglingen in den Mund und die Nase), mit dem Ziel einer sichtbaren Thoraxhebung.
- Wenn Sie Schwierigkeiten haben, eine effektive Beatmung durchzuführen, kann der Atemweg obstruiert sein (siehe unten): Entfernen Sie alle sichtbaren Obstruktionen. Ein "blinder" (ohne Anhalt und ohne sichtbare Verlegung) Ausräumversuch des Munds mit den Fingern soll nicht erfolgen. Positionieren Sie gegebenenfalls den Kopf neu oder passen Sie die Methode zum Öffnen der Atemwege an. Führen Sie 5 Versuche durch, eine effektive Beatmung zu erreichen.

- Gehen Sie bei Erfolglosigkeit dann zu Thoraxkompressionen über.
- Kompetente Helfer sollen die Beutel-Maske-Beatmung mit Sauerstoff anstelle einer Mund-zu-Mund-Beatmung (oder Mund-zu-Nase-Beatmung) anwenden, sofern diese verfügbar ist. Bei größeren Kindern können kompetente Helfer auch eine Notfallbeatmungsmaske (z. B. Pocket Mask) zur Beatmung verwenden, wenn kein Beatmungsbeutel verfügbar ist.
- Wenn nur ein Retter mit Mobiltelefon vor Ort ist, soll unmittelbar nach den Initialbeatmungen der Notruf abgesetzt werden (via Lautsprecherfunktion). Danach soll direkt mit dem nächsten Schritt fortgesetzt werden, während auf eine Antwort gewartet wird. Ist kein Mobiltelefon verfügbar, sollen erst eine Minute lang Basismaßnahmen durchgeführt werden, bevor das Kind gegebenenfalls für das Absetzen des Hilferufs verlassen wird.
- Thoraxkompressionen sollen sofort begonnen werden, wenn PBLS-Helfer nicht direkt mit den Beatmungen beginnen können oder wollen, und die Beatmung unmittelbar starten, sobald diese durchgeführt werden kann.
- Fahren Sie sofort mit 15 Thoraxkompressionen fort, es sei denn, es gibt deutliche Lebenszeichen (Anzeichen einer vorhandenen Kreislauffunktion, wie Bewegungen, Husten o.ä.). Konzentrieren Sie sich auf durchgehend gute Kompressionen, definiert durch:
  - Frequenz: 100–120/min f
    ür S
    äuglinge und Kinder
  - Tiefe: Komprimieren Sie die untere Hälfte des Sternums um mindestens ein Drittel des anteriorposterioren Durchmessers des Thorax. Die Kompressionen sollen niemals tiefer sein als die 6-cm-Grenze für Erwachsene (etwa Daumenlänge für Erwachsene).
  - Entlastung: Achten Sie auf eine vollständige Entlastung des Thorax zwischen den Kompressionen und vermeiden Sie es, sich zu sehr auf

den Patienten zu lehnen.

Führen Sie die Thoraxkompressionen nach Möglichkeit auf einer harten Oberfläche durch. Bewegen Sie das Kind nur, wenn dies zu einer deutlichen Verbesserung der CPR-Bedingungen (Oberfläche, Zugänglichkeit o. ä.) führt. Ziehen Sie die Kleidung nur aus, wenn sie ihre Thoraxkompressionen stark behindert.

Verwenden Sie vorzugsweise eine thoraxumgreifende Zwei-Daumen-Technik für die Thoraxkompressionen bei Säuglingen - achten Sie dabei auf eine vollständige Entlastung. Einzelhelfer können alternativ eine Zwei-Finger-Technik verwenden.

Verwenden Sie bei Kindern über einem Jahr je nach Größe und Handfläche des Helfers entweder eine Einhand- oder eine Zweihandtechnik. Wenn nur eine Hand für die Kompressionen verwendet wird, kann die andere Hand so positioniert werden, dass ein durchgehend offener Atemweg gewährleistet wird (oder aber, um den Kompressionsarm am Ellbogen zu stabilisieren).

- Nach 15 Kompressionen sollen 2 Beatmungen folgen und sich dann abwechseln (15:2 Reanimationszyklus). Unterbrechen Sie die CPR zu keinem Zeitpunkt, es sei denn, es gibt deutliche Lebenszeichen (Anzeichen auf ein Wiedererlangen des Kreislaufs, Bewegung, Husten o. ä.) oder wenn Sie erschöpft sind. Bei zwei oder mehr Helfern soll der Helfer, der Thoraxkompressionen durchführt, regelmäßig gewechselt werden. Der Einzelhelfer soll die Hände (die komprimierende und die aufliegende Hand) oder die Technik (Ein- oder Zweihandmethode) abwechseln, um Erschöpfung zu vermeiden.
- Unterstützen Sie die Beatmung mit einer altersentsprechenden Atemfrequenz, wenn es eindeutige Lebenszeichen gibt, das Kind jedoch bewusstlos bleibt und nicht normal atmet

# Helfer, die nur in Erwachsenen-BLS ausgebildet wurden

BLS-Helfer, die nicht in PBLS geschult sind, sollen den CPR-Algorithmus für Erwachsene mit initialen Thoraxkompressionen und anschließenden Beatmungen befolgen und die Techniken an die Größe des Kindes anpassen. Wenn sie geschult sind, erwägen sie die Durchführung der 5 Initialbeatmungen, bevor sie mit den Thoraxkompressionen fortfahren.

# **Ungeschulte Ersthelfer**

- Der Atem-Kreislauf-Stillstand wird basierend auf der Kombination von fehlenden Reaktionen und fehlender oder abnormer Atmung festgestellt. Da letzteres oft schwer zu identifizieren ist oder bei Bedenken hinsichtlich der Eigensicherheit (z. B. des Risikos einer Virusübertragung), können Ersthelfer sich statt des Sehen-Hören-Fühlens auch von spezifischen Beschreibungen (telefonisch angeleitete CPR) oder dem Fühlen nach Atembewegungen leiten lassen.
- CPR durch ungeschulte Ersthelfer soll in jedem Fall begonnen werden, sobald dies möglich ist. Der Leitstellendisponent spielt für die Erkennung eines Atem-Kreislauf-Stillstands durch nicht geschulte Ersthelfer und der Anleitung zur CPR eine entscheidende Rolle. Wenn zum Zeitpunkt des Anrufs bereits eine CPR durch umstehende Personen durchgeführt wird, sollen Leitstellendisponenten Anweisungen nur dann erteilen, wenn sie dazu aufgefordert werden oder wenn Probleme mit Kenntnissen oder Fähigkeiten festgestellt werden.
- Die Schritte des Algorithmus für die pädiatrische, telefonunterstützte CPR sind dem PBLS-Algorithmus sehr ähnlich. Um die Anzahl der Wechsel zu verringern, kann ein Reanimationszyklus von 30:2 bevorzugt werden. Wenn Ersthelfer keine Beatmungen durchführen können, sollen sie nur mit Thoraxkompressionen fortfahren.

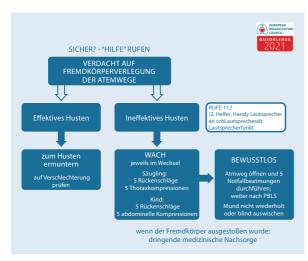
# Verwendung eines automatisierten externen Defibrillators (AFD)

- Bei Kindern mit Atem-Kreislauf-Stillstand soll ein einzelner Helfer. wie oben beschrieben, sofort mit der CPR beginnen. Bei Verdacht auf das Vorliegen eines primär

- schockbaren Rhythmus, wie z.B. bei einem plötzlichen Kollaps, soll ein AED geholt und angewendet, wenn dieser leicht und schnell erreichbar ist (am besten zum Zeitpunkt des Absetzens des Notrufs). Wenn es mehr als einen Helfer gibt, soll ein zweiter Helfer sofort den Notruf wählen und danach oder parallel einen AED holen und anwenden (falls möglich).
- Geschulte Helfer sollen die No-flow-Zeit bei Verwendung eines AED begrenzen, indem sie die CPR unmittelbar nach der Schockabgabe oder Entscheidung, dass keine Schockabgabe notwendig ist, fortführen. Die Pads sollen mit minimaler oder ohne Unterbrechung der CPR aufgeklebt
- Verwenden Sie nach Möglichkeit einen AED mit der Möglichkeit zur Dosisanpassung bei Säuglingen und Kindern unter 8 Jahren. Wenn dieser nicht verfügbar ist, verwenden Sie einen Standard-AED für alle Altersgruppen.

#### PBLS bei traumatischem Atem-Kreislauf-Stillstand

- Beginnen sie nach Gewährleistung der Eigensicherheit eine Ersthelfer-CPR, wenn Sie nach einem Trauma ein Kind im Atem-Kreislauf-Stillstand auffinden. Versuchen Sie, die Bewegungen der Wirbelsäule während der CPR so gering wie möglich zu halten, ohne die Reanimationsmaßnahmen zu behindern, welche eindeutig Priorität haben.
- Wenden Sie einen AED nicht routinemäßig beim traumatischen Atem-Kreislauf-Stillstand an, es sei denn, es besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit für einen zugrundeliegenden schockbaren Rhythmus, z.B. nach einem Stromschlag.
- Üben Sie bei massiven äußeren Blutungen direkten Druck auf die Wunde aus und verwenden Sie nach Möglichkeit hämostyptische Verbände. Verwenden Sie bei unkontrollierbaren, lebensbedrohlichen äußeren Blutungen ein Tourniquet (vorzugsweise ein zugelassenes Me-



**Abb. 3** ▲ Fremdkörperaspiration (FBAO)

dizinprodukt, ansonsten anderweitig improvisiert).

# Seitenlage

- Bei bewusstlosen Kindern, die sich nicht im Atem-Kreislauf-Stillstand befinden und eindeutig normal atmen, können die Atemwege entweder durch fortgesetzte Überstreckung des Kopfes mit Anheben des Kinns oder durch einen Esmarch-Handgriff offengehalten oder – insbesondere wenn das Risiko des Erbrechens besteht – durch Lagerung des bewusstlosen Kindes in der stabilen Seitenlage geschützt werden.
- Sobald sich das Kind in der stabilen Seitenlage befindet, überprüfen Sie die Atmung jede Minute neu, um einen Atem-Kreislauf-Stillstand frühzeitig zu erkennen (Laienersthelfer benötigen möglicherweise eine telefonische Anleitung).
- Vermeiden Sie jeglichen Druck auf den Thorax des Kindes, der die Atmung beeinträchtigen könnte, und wechseln Sie regelmäßig die Seite, um Druckstellen zu vermeiden (d. h. alle 30 min).
- Öffnen Sie bei bewusstlosen Patienten nach Trauma die Atemwege mit dem

Esmarch-Handgriff und achten Sie dabei darauf, eine Rotation der Wirbelsäule zu vermeiden.

# Fremdkörperaspiration/ Atemwegsobstruktion beim Kind (FBAO)

- Es besteht der Verdacht auf ein Bolusgeschehen bzw. eine Fremdkörperaspiration, wenn bei unbeobachtetem Ereignis das Auftreten von Atemwegsbeschwerden (Husten, Würgen, Stridor, Stress o.ä.) sehr plötzlich und aus voller Gesundheit heraus auftritt. Eine Vorgeschichte mit Essen oder Spielen mit kleinen Gegenständen unmittelbar vor Einsetzen der Symptome soll den Helfer an eine Fremdkörperaspiration denken lassen.
- Solange das Kind effektiv hustet (voll ansprechbar ist, laut husten kann, vor dem Husten Luft holen kann, immer noch weint oder spricht) ist kein Eingreifen erforderlich. Ermuntern Sie das Kind, weiter zu husten und überwachen Sie es kontinuierlich (ID Abb. 3).
- Wenn der Husten des Kindes ineffektiv ist bzw. wird (abnehmendes Bewusstsein, leiserer Husten, Unfä-

- higkeit zu atmen oder zu sprechen/ schreien, Zyanosezeichen) erbitten Sie weitere Hilfe bei gegebenenfalls anwesenden Personen und bestimmen Sie den Bewusstseinsgrad des Kindes. Ein zweiter Helfer soll den Notruf absetzen, vorzugsweise per Mobiltelefon (Lautsprecherfunktion). Wenn sie allein vor Ort sind, soll vor dem Absetzen des Notrufs mit den entsprechenden Maßnahmen fortgefahren werden (es sei denn, sie könnten gleichzeitig mit aktivierter Lautsprecherfunktion anrufen).
- Wenn das Kind noch bei Bewusstsein ist, aber ineffektives Husten zeigt, applizieren Sie 5 Schläge mit der flachen Hand auf den Rücken des Kindes, Falls diese Schläge auf den Rücken die Fremdkörperverlegung nicht beseitigen, verabreichen Sie bei Säuglingen 5 Thoraxkompressionen bzw. bei Kindern (>1 Jahr) 5 abdominelle Kompressionen (Heimlich-Manöver). Wenn der Fremdkörper nicht ausgehustet wurde und sich der Zustand nicht verbessert und der Patient noch bei Bewusstsein ist, setzen Sie die Abfolge von Rückenschlägen und Thoraxkompressionen (für Säuglinge) oder abdominelle Kompressionen (für Kinder) fort. Verlassen Sie das Kind nicht.
- Ziel ist es, mit jedem einzelnen Stoß das Atemwegshindernis zu beseitigen, ohne alle applizieren zu müssen.
- Falls der Fremdkörper erfolgreich ausgehustet wurde oder der Zustand sich gebessert hat, beurteilen Sie den klinischen Zustand des Kindes neu. Es ist möglich, dass ein Teil des Fremdkörpers in den Atemwegen verblieben ist und dadurch Komplikationen verursacht werden. Im Zweifelsfall oder wenn das Kind mit abdominellen/thorakalen Kompressionen behandelt wurde, ist eine dringende medizinische Untersuchung indiziert.
- Wenn das Kind mit Bolusgeschehen bzw. Fremdkörperaspiration bewusstlos ist oder wird, fahren Sie gemäß dem pädiatrischen BLS-Algorithmus fort. Kompetente Helfer sollen die Verwendung einer Magill-

664 Notfall + Rettungsmedizin 4 · 2021

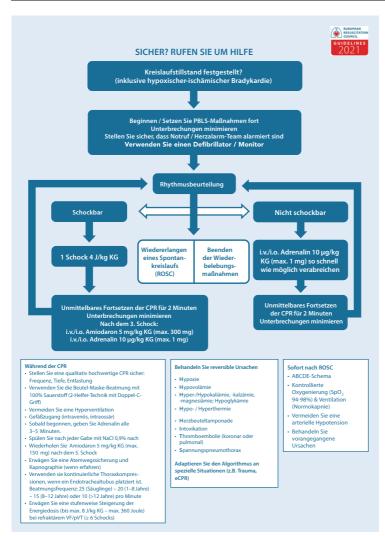


Abb. 4 ◀ EPALS

Zange in Betracht ziehen, um den Fremdkörper zu entfernen.

# Paediatric Advanced Life Support

# Reihenfolge der Aktionen im **EPALS**

Obwohl die Abfolge der Aktionen schrittweise dargestellt wird, handelt es sich bei EPALS um Teamarbeit, bei der mehrere Interventionen parallel durchgeführt werden. EPALS-Teams sollen nicht nur Kenntnisse und Fähigkeiten, sondern auch Teamwork und den Ablauf (Choreografie) von EPALS-Interventionen trainieren ( Abb. 4).

#### **ERC Leitlinien**

- Beginnen und/oder fahren Sie mit der pädiatrischen BLS fort. Das Erkennen eines Atem-Kreislauf-Stillstands kann aus klinischen Gründen oder basierend auf dem Monitoring der Vitalfunktionen (EKG, Verlust von SpO2 und/oder etCO2, Blutdruckverlust usw.) erfolgen. Beginnen Sie die CPR auch bei Kindern, die trotz ausreichender Atemunterstützung bradykard werden und Anzeichen einer unzureichenden Perfusion aufweisen
- Falls nicht bereits vorhanden, monitoren Sie die Herzaktivität so bald wie möglich mit EKG-Elektroden oder selbstklebenden Defibrillator-Pads (oder Defibrillationspaddels). Unterscheiden Sie zwischen schockbaren und nicht schockbaren Herzrhythmen.
  - Nicht schockbare Rhythmen sind die pulslose elektrische Aktivität (PEA), Bradykardien und die Asystolie. Wenn die Bradykardie (<60 pro Minute) das Ergebnis von Hypoxie oder Ischämie ist, ist eine CPR erforderlich, auch wenn ein Puls noch tastbar ist. Daher sollen sich Helfer eher auf Lebenszeichen verlassen und keine Zeit mit der Pulssuche verlieren. Wenn keine Lebenszeichen vorhanden sind, setzen Sie eine qualitativ hochwertige CPR fort. Etablieren Sie schnellstmöglich einen Gefäßzugang und verabreichen Sie Adrenalin i.v. (10 µg/kgKG, max. 1 mg). Spülen Sie anschließend mit NaCl 0,9%, um die Arzneimittelwirkung zu beschleunigen. Wiederholen Sie die Adrenalingabe alle 3-5 min. Wählen Sie den i.o. Zugang als primären Gefäßzugang, wenn die Anlage als schwierig eingeschätzt wird.
  - Schockbare Rhythmen sind die pulslose ventrikuläre Tachykardie (pVT) und das Kammerflimmern (VF). Sobald dies festgestellt wurde, soll sofort eine Defibrillation erfolgen (unabhängig von der EKG-Amplitude). Im Zweifel betrachten Sie den Rhythmus als schockbar.
    - Wenn Sie selbstklebende Pads verwenden, setzen Sie die Thorax-

- kompressionen fort, während der Defibrillator geladen wird. Unterbrechen Sie nach dem Laden die Thoraxkompressionen und stellen Sie sicher, dass kein Helfer Kontakt zum Patienten hat, Minimieren Sie die Pause zwischen der Unterbrechung der Thoraxkompressionen und der Abgabe des Schocks (< 5 s). Geben Sie einen Schock (4 J/kgKG) ab und setzen Sie unmittelbar die CPR fort. Überprüfen Sie den Herzrhythmus alle 2 min (nach dem letzten Schock) und geben Sie einen weiteren Schock (4 J/ kgKG) ab, wenn der schockbare Rhythmus persistiert. Geben Sie unmittelbar nach dem dritten Schock Adrenalin (10 ug/kgKG, max. 1 mg) und Amiodaron (5 mg/ kgKG, max. 300 mg) i.v. oder i.o. Spülen Sie nach jeder Medikamentengabe mit NaCl 0,9 % nach. Lidocain i.v. (1 mg/kgKG) kann von Helfern, die Erfahrung in der Anwendung haben, als Alternative zu Amiodaron angewendet werden. Geben Sie nach dem 5. Schock eine zweite Dosis Adrenalin (10 µg/ kgKG, max, 1 mg) und Amiodaron (5 mg/kgKG, max. 150 mg), wenn das Kind noch einen schockbaren Rhythmus hat. Danach soll die Adrenalingabe alle 3-5 min wiederholt werden.
- Wechseln Sie die Person, die die Thoraxkompressionen durchführt, mindestens alle 2 min. Achten Sie auf Erschöpfungszeichen und/oder suboptimale Kompressionen und wechseln Sie die Helfer bei Bedarf auch früher aus
- Die Wiederbelebungsmaßnahmen sollen fortgesetzt werden, es sei denn:
  - · Ein koordinierter Rhythmus mit potenzieller Perfusion wird bei der Rhythmusüberprüfung erkannt und von Anzeichen einer Rückkehr des Spontankreislaufs ("return of spontaneous circulation", ROSC) begleitet. Die Beurteilung soll klinisch (Augenöffnen, Bewegungen, normale Atmung) und/oder ap-

- parativ (etCO2, SpO2, Blutdruck, Ultraschall) erfolgen.
- Es existieren klare Kriterien für das Beenden der Wiederbelebungsmaßnahmen (siehe Kapitel ERC-Leitlinien zur Ethik).

# Defibrillation während pädiatrischem ALS (PALS)

Manuelle Defibrillation ist die empfohlene Methode im PALS. Wenn diese jedoch nicht sofort verfügbar ist, kann alternativ ein AED verwendet werden.

- Verwenden Sie 4 J/kgKG als Standardenergiedosis für die Schockabgabe. Es erscheint sinnvoll, keine Energiedosen zu verwenden, die über den für Erwachsene empfohlenen Dosen liegen (120-200 J, abhängig vom Defibrillatortyp). Erwägen Sie für refraktäres VF/pVT ab der 6. Defibrillation die Energiedosis schrittweise bis zu 8 J/kgKG und max. 360 I zu erhöhen.
- Die Defibrillation über selbstklebende Pads ist zum Standard geworden. Wenn diese nicht verfügbar sind, wird die Verwendung von Paddels (mit vorgeformten Gelkissen) immer noch als akzeptable Alternative angesehen. Dies erfordert jedoch spezifische Änderungen im Ablauf (Choreografie) der Defibrillation. Der Ladevorgang soll dann direkt auf dem Thorax, mit kurzer Unterbrechung der Kompressionen, erfolgen. Eine gute Planung und Kommunikation vor jeder Maßnahme minimiert die Hands-off-Zeit.

Die Pads sollen entweder anterolateral (AL) oder anteroposterior (AP) positioniert werden. Vermeiden Sie den Kontakt zwischen den Pads, da dies zu einem Kurzschluss führen kann. In der AL-Position werden ein Pad unter dem rechten Schlüsselbein und das andere unterhalb der linken Achsel platziert. In der AP-Position wird das vordere Pad in der Mitte des Thorax unmittelbar links vom Brustbein und das hintere Pad in der Mitte zwischen den Schulterblättern platziert.

### Sauerstoffversorgung und Beatmung während pädiatrischem ALS

- Oxygenieren und beatmen Sie mit Beutel-Maske-Beatmung mit hoher Sauerstoffkonzentration (FiO2 1,0). Titrieren Sie nicht das FiO2 während der CPR.
  - Erwägen Sie bei CPR während des Transports oder zu erwartender längerer Reanimation die Platzierung eines Atemweghilfsmittels (ET, SGA), wenn ein kompetenter Helfer anwesend ist. Wenn eine Beatmung mit Beutel-Maske-Beatmung nicht funktioniert oder nicht effektiv ist, sollen Sie die frühzeitige Platzierung eines Atemwegshilfsmittels in Betracht ziehen. Verwenden Sie das etCO2-Monitoring, wenn ein Atemwegshilfsmittel platziert wurde.
  - Vermeiden Sie immer eine Hyperventilation (aufgrund übermäßiger Frequenz und/oder hohem VT). Achten Sie jedoch auch darauf, dass die Belüftung der Lunge auch bei Thoraxkompressionen ausreichend ist. Das Tidalvolumen (VT) kann anhand der Thoraxhebung abgeschätzt werden.
- Bei CPR mit Überdruckbeatmung über einen Endotrachealtubus können die Beatmungen asynchron und die Thoraxkompressionen kontinuierlich erfolgen (nur alle 2 min zur Rhythmusüberprüfung pausieren). In diesem Fall sollen sich die Beatmungsfrequenzen an der unteren Grenze der normalen altersspezifischen Atemfrequenz orientieren, z. B Atemzüge/min: 25 (Säuglinge), 20 (>1 Jahr), 15 (>8 Jahre), 10 (>12 Jahre).
- Bei Kindern, die bereits maschinell beatmet werden, kann man entweder auf eine manuelle Beutelbeatmung wechseln oder das Kind weiter maschinell beatmen. Stellen Sie im letzteren Fall sicher, dass sich das Beatmungsgerät in einem volumenkontrollierten Modus befindet, dass Trigger und Grenzwerte deaktiviert sind und die Beatmungsfrequenz, VT und FiO2 für die CPR geeignet sind. Es gibt keine Evidenz für ein be-

stimmtes PEEP-Niveau während der CPR. Cave: Eine Funktionsstörung des Beatmungsgeräts kann selbst eine Ursache für einen Atem-Kreislauf-Stillstand sein.

Sobald ein anhaltender ROSC vorliegt, titrieren Sie die FiO2 auf ein SpO2 von 94 bis 98 %. Kompetente Helfer sollen bei Kindern, die das Bewusstsein nicht wiedererlangen, oder im Fall anderer klinischer Indikationen eine Atemwegssicherung durchführen, falls diese noch nicht geschehen ist.

# Monitoring während ALS

- Die Kapnographie ist für die Kontrolle/Überwachung der Tubuslage verpflichtend. Sie erlaubt jedoch keine Identifizierung einer selektiven (einseitigen) Intubation eines Hauptbronchus. Wenn es während der CPR eingesetzt wird, kann die Kapnometrie helfen, einen ROSC schneller zu erkennen. Bei ALS im Kindesalter sollen etCO2-Werte weder als Qualitätsindikator noch als Zielgröße eingesetzt werden. Außerdem sollen sie nicht als Hinweis für oder gegen eine Fortsetzung der Wiederbelebungsmaßnahmen verwendet werden
- Die invasive Blutdruckmessung während dem pädiatrischen ALS soll nur von kompetenten Helfern für Kinder mit Atem-Kreislauf-Stillstand im Krankenhaus ("in-hospital cardiac arrest") als Ziel betrachtet werden, wenn bereits ein arterieller Zugang vorhanden ist. Blutdruckwerte sollen nicht zur Vorhersage des Outcome verwendet werden.
- Point-of-Care-Ultraschall kann von kompetenten Helfern verwendet werden, um reversible Ursachen für den Atem-Kreislauf-Stillstand zu identifizieren. Die Anwendung soll die Hands-off-Zeit nicht verlängern oder die Qualität der CPR beeinträchtigen. Die Sonographie erfolgt am besten während der Pausen zur Rhythmusüberprüfung und/oder der Beatmung. Das Team soll vorausplanen und antizipieren (Choreografie), um die verfügbaren Sekunden für die Sonographie optimal zu nutzen.

- Point-of-Care-Serumwerte (z. B. Kalium, Laktat, Glukose usw.) können verwendet werden, um reversible Ursachen für einen Kreislaufstillstand zu identifizieren, sollen jedoch nicht für die Prognoseabschätzung verwendet werden. Helfer sollen sich bewusst sein, dass die gemessenen Werte je nach Messtechnik und Probeentnahmestelle erheblich abweichen können.

### Besondere Umstände – Reversible Ursachen

- Die frühzeitige Erkennung und ordnungsgemäße Behandlung einer reversiblen Ursache während der CPR hat für alle EPALS-Helfer oberste Priorität. Verwenden Sie die Merkhilfe "4H's und HITS": Hypoxie; Hypovolämie; Hypo- oder Hyperkaliämie/-kalzämie/-magnesiämie & Hypoglykämie; Hypo- oder Hyperthermie; Herzbeuteltamponade; Intoxikation, Thromboembolien und Spannungspneumothorax.
- Sofern nicht anders angegeben, ist die spezifische Behandlung für jede dieser Ursachen beim Kreislaufstillstand dieselbe wie bei akuten lebensbedrohlichen Erkrankungen (siehe oben und das entsprechende Kapitel zu besonderen Umständen in dieser ERC-Leitlinie).
- Helfer sollen (gemäß Protokoll und wenn möglich mit fachkundiger Hilfe) spezifische Behandlungen für Vergiftungen mit Hochrisikomedikamenten (z.B. Betablocker, trizyklische Antidepressiva, Kalziumkanalblocker, Digitalis oder Insulin) in Betracht ziehen. Bei bestimmten lebensbedrohlichen Vergiftungen sollen frühzeitig extrakorporale Therapieverfahren in Betracht gezogen werden. Diese Patienten sollen in ein Zentrum gebracht werden, welches diese Therapie bei Kindern durchführen kann. Idealerweise soll dies geschehen, bevor kardiovaskuläre oder neurologische Auffälligkeiten auftreten.
- Spezielle Krankheitsbilder der Herzchirurgie, Neurochirurgie, sowie Trauma, Ertrinken, Sepsis und pulmonale Hypertonie erfordern

ebenfalls einen spezifischen Therapieansatz. Die weit verbreitete Verwendung von extrakorporaler Reanimation/CPR (ECLS/eCPR) hat das gesamte Konzept der Reversibilität neu definiert.

- Einrichtungen, die herzchirurgische Operationen bei Kindern durchführen, sollen institutsspezifische Algorithmen für den Kreislaufstillstand nach herzchirurgischen Operationen festlegen.
- Standard-ALS-Maßnahmen können bei Kindern mit Kreislaufstillstand und pulmonaler Hypertonie (PHT) unwirksam sein. Suchen Sie aktiv nach reversiblen Ursachen für einen erhöhten pulmonalen Gefäßwiderstand, wie etwa die Nichteinnahme der Medikamente, Hyperkapnie, Hypoxie, Arrhythmie, Herzbeuteltamponade oder Arzneimitteltoxizität. Denken Sie an spezielle Therapiemodalitäten wie z. B. die Applikation von pulmonalen Vasodilatatoren.

# Traumatisch bedingter Kreislaufstillstand

Beginnen sie im Fall eines traumatisch bedingten Kreislaufstillstands die Standard-CPR, während Sie parallel nach einer der reversiblen Ursachen eines traumatischen Kreislaufstillstands beim Kind suchen und diese dann entsprechend behandeln:

- Atemwege öffnen und die Beatmung mit Sauerstoff durchführen
- Externe Blutungskontrolle, einschließlich der Verwendung eines Tourniquets bei starken Blutungen der Extremitäten
- Bilaterale Thorakostomie mit Anlage einer Thoraxdrainage (alternativ: Nadeldekompression in Seldinger-Technik)
- Flüssigkeitsmanagement und Volumengabe über i.v. oder i.o. Zugänge, (wenn möglich mit Vollblut oder Blutprodukten) sowie die Verwendung der Beckenschlinge bei stumpfen Traumata.
- Thoraxkompressionen werden, je nach verfügbarem Personal und notwendigen Maßnahmen, paral-

- lel durchgeführt. Aufgrund des Verletzungsmechanismus kann die Behebung reversibler Ursachen der Verabreichung von Adrenalin vorausgehen.
- Erwägen Sie eine Thorakotomie in der Notaufnahme bei pädiatrischen Patienten mit penetrierenden Traumata mit oder ohne Lebenszeichen. In einigen prähospitalen Settings können hochspezialisierte Fachkräfte auch eine Thorakotomie vor Ort in Erwägung ziehen.

### Unterkühlung

- Passen Sie die Standard-ALS-Maßnahmen des Kindesalters dem Grad der Unterkühlung an (siehe auch Kapitel über besondere Umstände). Starten Sie die Standardwiederbelebung für alle Kinder im Kreislaufstillstand. Wenn eine kontinuierliche CPR nicht möglich ist und das Kind stark unterkühlt ist (<28 °C), kann eine verzögerte oder intermittierende CPR in Betracht gezogen werden.
- Jedes Kind, von dem angenommen wird, dass es eine Chance auf ein gutes Outcome hat, soll idealerweise so schnell wie möglich in ein (pädiatrisches) Referenzzentrum mit der Möglichkeit einer ECLS- oder eines kardiopulmonalen Bypasses transportiert werden.

#### Extrakorporale Lebenserhaltung

- E-CPR soll für Kinder mit Kreislaufstillstand in der Notaufnahme oder im Krankenhaus und einer (vermuteten) reversiblen Ursache frühzeitig in Betracht gezogen werden, wenn konventionelle EPALS-Maßnahmen nicht zeitnah zum ROSC führen. Dies ist nur in einem Umfeld möglich, in dem Fachwissen, Ressourcen und die notwendigen Systeme verfügbar sind, um den ECLS schnell einzuleiten.
- Für bestimmte Untergruppen von Kindern mit dekompensiertem kardiorespiratorischen Versagen (z. B. schwerer refraktärer septischer Schock, Kardiomyopathie, Myokarditis mit refraktärem niedrigem Herzzeitvolumen) ist die Anwendung von ECLS bereits vor einem eventuellen Stillstand vorteilhaft, um die

- Endorgane weiter zu durchbluten und einen Kreislaufstillstand zu verhindern. Ein Kreislaufstillstand während oder kurz vor der Kanülierung für ECLS-Maßnahmen soll die ECLS-Maßnahmen nicht ausschließen.
- Kompetente Helfer könnten sich auch dazu entschließen, eine E-CPR für Kinder mit einem Kreislaufstillstand bei tiefer Hypothermie außerhalb des Krankenhauses (OHCA) durchzuführen, wenn die Kanülierung von einem hochqualifizierten Team innerhalb eines Rettungsdienstsystems prähospital durchgeführt werden

# Postreanimationsbehandlung

Das mögliche Outcome von Kindern nach ROSC hängt von vielen Faktoren ab, von denen einige möglicherweise einer Behandlung zugänglich sind. Eine sekundäre Schädigung lebenswichtiger Organe kann durch ein anhaltendes Herz-Kreislauf-Versagen, aufgrund der auslösenden Ursache, einer Myokardfunktionsstörung nach ROSC, einer Reperfusionsproblematik oder einer anhaltenden Hypoxämie verursacht werden.

- Hämodynamik: Vermeiden Sie eine arterielle Hypotonie nach ROSC (d. h. MAD < 5 · Perzentile für das entsprechende Alter). Streben Sie einen Blutdruck über der 50 · Perzentile an, wobei Sie die klinischen Symptome, das Serumlaktat und/oder die Messungen des Herzzeitvolumens berücksichtigen. Verwendem Sie dazu die minimal erforderlichen Dosen von parenteralen Flüssigkeiten und vasoaktiven Medikamenten. Überwachen Sie alle Prozeduren und passen Sie sie kontinuierlich den physiologischen Reaktionen des Kindes an.
- Beatmung: Passen Sie die Atemfrequenz und das Atemminutenvolumen an das Alter des Kindes an, um einen normalen PaCO<sub>2</sub> zu erzielen. Vermeiden Sie sowohl Hypokapnie als auch Hyperkapnie. Bei einigen Kindern können die üblichen Werte für PaCO<sub>2</sub> und PaO<sub>2</sub> von den altersspezifischen Populationsnormwerten

668 Notfall + Rettungsmedizin 4 · 2021

abweichen (z.B. bei Kindern mit chronischer Lungenerkrankung oder angeborenen Herzerkrankungen). Ziel ist es, die normalen Ausgangswerte (Baseline-Werte) des Kindes wiederherzustellen. Verwenden Sie das etCO2 nicht als Ersatz für das PaCO2, wenn Sie eine Normokapnie als Teil der neuroprotektiven Versorgung anstreben, es sei denn, es liegt eine sichere nachgewiesene Korrelation vor.

- Oxygenierung: Titrieren Sie den FiO2, um eine Normoxämie zu erreichen, oder halten Sie die SpO2 im Bereich von 94-98 %, wenn keine arterielle Blutgasanalyse verfügbar ist. Halten Sie bei vermuteter Kohlenmonoxidvergiftung oder schwerer Anämie einen hohen FiO2 aufrecht.
- Verwenden Sie ein kontrolliertes Temperaturmanagement (TTM): Vermeiden Sie Fieber (≤ 37.5°C) und halten Sie eine bestimmte vordefinierte Temperatur ein, z.B. durch externe Kühlung. Niedrigere Zieltemperaturen (z. B. 34°C) erfordern geeignete Systeme der pädiatrischen Intensivpflege und sollen nur in Behandlungseinheiten mit entsprechender Expertise angewendet werden. Alternativ kann das Behandlungsteam eine höhere Zieltemperatur anstreben, z.B. 36°C.
- Blutzuckerkontrolle: Überwachen Sie den Blutzucker und vermeiden Sie sowohl Hypo- als auch Hyperglykämie. Beachten Sie, dass eine strenge Glukosekontrolle aufgrund des Risikos einer versehentlichen Hypoglykämie schädlich sein kann.

Obwohl mehrere Faktoren Einfluss auf das Outcome nach einem Kreislaufstillstand haben, kann kein einzelner Faktor isoliert für die Prognose verwendet werden. Helfer sollen mehrere Variablen in der Phase vor. innerhalb und nach dem Kreislaufstillstand monitoren, dies beinhaltet auch Labormarker und die neuroradiologische Bildgebung.

#### Evidenzen für die Leitlinien

Der Kontext des regionalen Gesundheitssystems und insbesondere die Verfügbarkeit der jeweiligen Ressourcen haben großen Einfluss auf die Praxis und sollen bei der Auslegung und Umsetzung dieser Leitlinien stets berücksichtigt werden

### COVID-19: Auswirkungen auf die Empfehlungen innerhalb dieser Leitlinien

Die COVID-19-Pandemie begann gerade, als diese Leitlinien ausgearbeitet wurden. Dies erforderte spezifische Änderungen der Reanimationsalgorithmen sowie der Behandlungsempfehlungen des kritisch kranken Kindes. Diese Änderungen waren Gegenstand spezifischer ERC-Leitlinien zum Thema "Wiederbelebung während der COVID-Pandemie' und werden hier nicht wiederholt [7].

Zukünftige Leitlinien müssen das Ziel einer optimalen Behandlung des Kindes mit der Epidemiologie von Viruspandemien und den verfügbaren Ressourcen in Einklang bringen. Die Gewährleistung der Sicherheit des Helfers hatte in allen ERC-Leitlinien immer Priorität, aber mangelnde Evidenzen haben es erschwert, die damit verbundenen Risiken genau zu definieren. Helfer schätzen den Nutzen für das Kind möglicherweise höher ein als ihr persönliches Risiko, sollen sich jedoch gleichermaßen ihrer Verantwortung gegenüber ihren Verwandten. Kollegen und der Gesellschaft bewusst sein. Wenn das Risiko einer Übertragung einer schweren Krankheit besteht, sollen Rettungskräfte im Allgemeinen geeignete PSA verwenden, bevor sie lebenserhaltende Maßnahmen durchführen. Entsprechende Vorbereitungen sollen darauf ausgerichtet sein, dies zu garantieren. Wenn zusätzliche Zeit erforderlich ist, um eine sichere Versorgung zu gewährleisten, soll dies als akzeptabler Teil des Wiederbelebungsprozesses angesehen werden. Verfahren und Techniken, die das Risiko einer Krankheitsübertragung begrenzen (beispielsweise durch Aerosolausbreitung), sind durchzufüh-

Eine ausführliche Diskussion über COVID-19 bei Kindern würde den Rahmen der aktuellen Leitlinien sprengen. Im Allgemeinen weisen Kinder eine mildere Erkrankung auf und sind für andere möglicherweise weniger ansteckend als Erwachsene [8-10]. Dies kann jedoch in Einzelfällen oder bei anderen Viren in Zukunft anders sein [11-13].

#### Epidemiologie des Kreislaufstillstands bei Kindern

Weitere Informationen finden Sie im Abschnitt zur Epidemiologie der ERC-Leitlinien. Wichtige Punkte sind:

- Kreislaufstillstände bei Kindern außerhalb eines Krankenhauses (OHCA) sind ein relativ seltenes Ereignis mit einer schlechten Prognose. Die 30-Tage-Überlebensraten haben sich in letzter Zeit verbessert, variieren jedoch insgesamt noch immer nur zwischen 5 und 10 %. Weniger als die Hälfte dieser Überlebenden hat ein günstiges neurologisches Outcome. Anfänglich schockbare Rhythmen treten in 4-8,5 % der gemeldeten Fälle mit weitaus besserem Outcome auf (bis zu 50 % Überleben). Säuglinge machen 40-50 % aller Kreislaufstillstände im Kindesalter außerhalb eines Krankenhauses (OHCA) aus und ihre Prognose ist viel schlechter als bei älteren Kindern. Es wird vermutet, dass etwa 40-50 % aller Kreislaufstillstände bei Kindern außerhalb eines Krankenhauses (OHCA) respiratorischer Natur sind. Plötzlicher Kindstod wird in 20-30 % angegeben. Traumabedingte Kreislaufstillstände machen 10-40 % der untersuchten Kohorten aus [14-20].
- Die Inzidenz von Kreislaufstillständen bei Kindern im Krankenhaus (IHCA) ist in den letzten Jahren relativ unverändert geblieben. Mindestens 50 % aller Fälle scheinen auf nichtpulslose Rhythmen zurückzuführen zu sein [21]. Das Überleben bis zur Entlassung ist signifikant besser als bei Kreislaufstillständen außerhalb eines Krankenhauses (OHCA) und beträgt bei einer systematischen Überprüfung von 16 Datenregistern durchschnittlich

37,2% (95% CI 23,7; 53; [15]). Das neurologische Outcome ist bisher nicht klar. Eine große Kohorte von Studien zu Kreislaufstillständen im Krankenhaus (IHCA) aus dem Vereinigten Königreich (n = 1580, 2011-2018, 4,3 % mit anfänglich schockbaren Rhythmen) dokumentierte 69,1 % mit ROSC und 54,2 % nichtadjustierte Überlebensrate bis hin zur Entlassung [22]. Bei mehr als 70 % der Überlebenden wurde hier ein gutes neurologisches Outcome beobachtet.

 Insgesamt fehlen adäquate globale Daten zu Inzidenz, Umständen und Outcome von Kreislaufstillständen im Kindesalter. Ein weniger aufgeschlüsselter Ansatz würde den Nutzen von Registerdaten verbessern und letztendlich den Kindern zugutekommen [23].

# Anzeichen eines respiratorischen Versagens – Anzeichen eines hämodynamischen Versagens (Kreislaufversagen)

Im Ermangelung eines aktuellen COSTR-Reviews stützten wir unsere Empfehlungen auf bestehende Leitlinien, Reviews und klinische Daten zu diesem Thema (ANHANG RR 1A.1 und 1A.2). Die kürzlich veröffentlichten Leitlinien der Surviving Sepsis Campaign zur Behandlung des septischen Schocks bei Kindern sind von hoher Qualität und haben unsere Erkenntnisse in allen RR zum septischen Schock weitgehend beeinflusst [24].

Atemwegsnotfälle und kardiopulmonale Notfälle machen zusammen den größten Teil der weltweiten Morbidität und Mortalität bei Kindern aus, insbesondere bei Säuglingen und Kleinkindern. Ein schnelles Erkennen und die adäquate Behandlung verbessern das Outcome [25-29]. Die Symptome sind normalerweise nicht spezifisch für eine bestimmte Krankheit und kein Befund kann allein den Schweregrad der Erkrankung zuverlässig darstellen oder die zugrundeliegende Ätiologie abgrenzen [30-36]. Offensichtliche Anzeichen einer Dekompensation (vermindertes Bewusstsein, Hypotonie) sind im Allgemeinen erst spät erkennbar und liegen

meist kurz vor dem kardiorespiratorischen Kollaps. Erste klinische Anzeichen eines (kompensierten) Versagens sind unzuverlässig und es besteht eine signifikante Variabilität zwischen Beobachtern, insbesondere bei kleinen Kindern [28, 31, 37-45].

Eine umfassende Bewertung erfordert daher einen integrativen Ansatz, der die klinischen Symptome berücksichtigt, aber auch zusätzliche Informationen aus der Anamnese, Biomarker und/oder der Bildgebung berücksichtigt. Komplexe Modelle mit künstlicher Intelligenz sind nicht unbedingt besser als die klinischen Entscheidungen eines kompetenten Arztes am Krankenbett [46-48]. Wir unterscheiden bewusst nicht zwischen kaltem und warmen Schock, da dies klinisch oft schwer einzuschätzen ist und Kliniker in die Irre führen kann [24].

Das schnelle Erkennen eines gefährdeten Kindes (initiale Hands-off-Beurteilung in den ersten 5 s) wird unter Verwendung des pädiatrischen Beurteilungsdreiecks/Blickdiagnosedreiecks oder ähnlicher Modelle (Quick-Look-Tools) empfohlen [49-52]. Jede Auffälligkeit soll eine nachfolgende vollständige schrittweise pathophysiologische Beurteilung nach dem ABCDE-Schema auslösen.

# Atemfrequenz, Herzfrequenz, Blutdruck

Werte, die in pädiatrischen Lehrbüchern und PLS-Handbüchern für verschiedene Altersgruppen als normal oder nicht normal angesehen wurden, wurden kürzlich in mehreren Studien mit großen Datensätzen von gesunden Kindern sowie von Kindern, die in der Notaufnahme gesehen wurden, und SR infrage gestellt. Es scheint, dass die einfache Einstufung in normal/nicht normal nicht genau genug die häufig beobachteten Unterschiede bei Kindern widerspiegelt [53-61]. Aktuell erstellte Perzentilenkurven stellen die Unterschiede zwischen verschiedenen Altersgruppen besser dar. Ihre Verwendung in der klinischen Praxis und ihre Auswirkungen auf das Outcome müssen allerdings erst überprüft werden. Früher in Lehrbüchern als Normalwerte beschriebene Werte stimmen zumeist nicht mit den in jüngsten Studien angegebenen Bereichen überein. Wir schlagen daher einige Korrekturen vor, um eine Unter- oder Überbewertung zu vermeiden. Wichtig ist, dass keiner dieser isolierten Werte eine ausreichende Robustheit aufweist und immer in Bezug auf andere Anzeichen und Symptome berücksichtigt werden soll. Jeder dieser Werte kann durch Erkrankungen wie Fieber, Angstzustände oder Schmerzen beeinflusst werden. Insgesamt sind Trends informativer und aussagekräftiger als einzelne Messwerte.

#### Pulsoxymetrie

Hypoxämie tritt häufig bei kranken Kindern auf [62], sowohl bei Atemwegserkrankungen als auch bei nicht-respiratorischen Erkrankungen (z. B. Sepsis) und ist unabhängig von der Diagnose ein Hauptrisikofaktor für den Tod. Das frühzeitige Erkennen einer Hypoxämie hilft bei der Beurteilung des Schweregrads der Erkrankung und ermöglicht eine ordnungsgemäße Behandlung [63]. Klinische Anzeichen können den Grad der Hypoxämie unterschätzen. "Stille Hypoxämien" wurden, z.B. bei erwachsenen COVID-19-Patienten, beschrieben [64]. Während die Messung des PaO2 als Goldstandard angesehen wird, bietet die Pulsoxymetrie eine schnelle nichtinvasive Methode zur Beurteilung der Oxygenierung und stellt den Standard für das kontinuierliche Monitoring der Sauerstoffversorgung dar [25, 27, 65]. Es mangelt überraschend an zuverlässigen Daten zur "Normalwert-Verteilung" bei Kindern (siehe auch RR 5.1). Eine SpO2 von 95 % wird als unterer Grenzwert angegeben [66]. Verschiedene Studien und Bewertungen scheinen ähnliche Ergebnisse zu liefern [67-70]. Angesichts des Mangels an Evidenz und angesichts der Konsistenz zwischen verschiedenen RRs und den generellen Standards von Schulungen empfiehlt die Leitliniengruppe PLS weiterhin 94-98% als "normalen Bereich". Bei der Interpretation der Pulsoxymetriewerte müssen viele Faktoren (einschließlich Höhe über dem Meeresspiegel, technische Einschränkungen, Qualität der Perfusion, Kohlenmonoxid sowie Schlaf) berücksichtigt werden. Dieses Wissen soll Teil jedes PLS-Trainings sein [71].

# Nichtinvasive endtidale CO<sub>2</sub>-Messung/Kapnographie

Arterielles PaCO2 und andere BGA-Parameter gelten als Goldstandard für die Beurteilung der Oxygenierung und Ventilation. Eine kapillare oder venöse BGA kann auch ohne arteriellen Zugang gewonnen werden. Venöses PvCO2 ist höher als arterielles PaCO2, korreliert jedoch im Allgemeinen mit dem PaCO2. Im Gegensatz zum PaO2 sind die Normalwerte von PaCO2 (etwa 35-45 mm Hg; etwa 1 kPa = 7,5 mm Hg) gut definiert und ändern sich nicht mit dem Alter. Nichtinvasive CO2-Messgeräte werden vermehrt sowohl in der prähospitalen als auch in der stationären Versorgung eingesetzt. Mehrere Studien zeigen eine gute Korrelation zwischen etCO2 und PaCO2. Die Kapnographie ist die bevorzugte Methode zur etCO2-Messung beim intubierten Kind, soll jedoch auch bei spontan atmenden Kindern in Betracht gezogen werden, die beispielsweise einer tiefen Sedierung unterzogen werden oder sich im akuten respiratorischen Versagen befinden [72-76]. Sauerstoff mit hohem Fluss kann zu artifiziell niedrigen etCO2-Werten führen [77]. Die Etablierung der etCO2-Messung sowie der Pulsoxymetrie im Monitoring war mit einer signifikanten Verringerung der Entsättigungs- und/oder der Hypoventilationszwischenfälle während der prozeduralen Sedierung verbunden [73, 78]. Veränderungen in der etCO2-Messung treten Minuten vor Identifikation einer Entsättigung durch die Pulsoxymetrie auf [79]. Die EtCO2-Messung soll nicht als Ersatz für das PaCO2 verwendet werden, wenn eine Normokapnie als Teil einer neuroprotektiven Versorgung angestrebt wird [80].

#### Serumlaktat

Die Evidenz für die Überwachung des Serumlaktats bei Kindern mit Kreislaufversagen ist begrenzt. Eine frühe Hyperlaktatämie ist mit einer kritischen Erkrankung assoziiert, aber eine Organfunktionsstörung kann auch bei Personen mit normalen Laktatwerten auftreten [81–84]. Darüber hinaus kann Laktat aus anderen Gründen als Zeichen der zellulären Dysoxie ansteigen und ist daher auch kein spezifisches Maß für Dysos

xie oder Organfunktionsstörungen. Verwenden Sie, zusätzlich zur klinischen Beurteilung, die Trends der Blutlaktatwerte, um die Versorgung von Kindern mit septischem Schock zu steuern [24, 85]. Eine anhaltende Erhöhung des Blutlaktak kann auf eine insuffiziente hämodynamische Kreislauffunktion hinweisen.

# Zentralvenöse Sauerstoffsättigung (ScvO<sub>2</sub>)

Die kontinuierliche oder intermittierende Messung von ScvO2 wurde als wesentlicher Bestandteil einer frühen zielgerichteten Therapie angesehen und in früheren Leitlinien als potenziell vorteilhaft identifiziert. Die Leitliniengruppe PLS konnte jedoch keine ausreichenden Beweise für oder gegen ihre Anwendung bei Kindern im septischen Schock finden. Die Verwendung von ScvO2 erfordert einen zentralen Zugang: Die komplexe Anlage des Zugangs kann allerdings andere wichtige lebenserhaltende Maßnahmen in der Versorgung während der ersten Stunde behindern (siehe RR 8.1). Fortgeschrittene hämodynamische Variablen könnten wertvoll sein, um die laufende Versorgung von Kindern im septischen Schock über die erste Stunde hinaus zu steuern [24, 29].

# Anzeichen einer neurologischen Beeinträchtigung

Die Früherkennung und Behandlung neurologischer Notfälle ist von besonderer Bedeutung (Anhang RR 1A.3). Die Prognose hängt häufig mit den sekundären Folgen der erlittenen Hypoxämie oder Ischämie zusammen. Behandlungsverzögerungen verschlechtern das Outcome [86–88]. Für die Bewältigung einiger dieser Notfälle verweisen wir auch auf spezielle Leitlinien [87, 89, 90].

Sowohl die Bewusstseinsebene als auch das Vorhandensein von Streckoder Beugesynergismen und die Pupillengröße sowie Symmetrie und Lichtreaktivität der Pupillen beeinflussen die Prognose, reichen jedoch nicht aus, um eine eindeutige Prognose abzugeben.

#### Bewusstsein

Die Glasgow Coma Scale (GCS) wird häufig verwendet, um das Bewusstsein

und die neurologischen Veränderungen eines Patienten im Lauf der Zeit zu beschreiben. Die Anwendung bei Kindern ist kompliziert. Mehrere Studien bestätigten die nahezu gleiche Leistung vereinfachter Scores [91-96]. AVPU (bzw. WASB) ist einfach und korreliert gut mit dem gesamten GCS bei Kindern über 5 Jahren. Die begrenzten Stufen zwischen wach ("alert") und bewusstlos ("unresponsive") beeinträchtigen die Diskriminierungsfähigkeit. Die Beurteilung der motorischen Reaktion des GCS-Scores verfügt über mehr Stufen als AVPU (bzw. WASB) und scheint fast den gleichen Informationsgehalt zu haben wie der gesamte GCS. Der GCS-Motorik-Score kann in jedem Alter verwendet werden und ermöglicht eine detailliertere Unterscheidung als das AVPU-Schema (bzw. WASB).

#### Schlaganfall

Der Schlaganfall gehört zu den 10 häufigsten Todesursachen bei Kindern. Mehr als die Hälfte der Überlebenden leidet unter Langzeitbeeinträchtigungen. Schlaganfälle bei Kindern sind selten und werden daher leicht mit häufigeren Erkrankungen wie Migräne oder Vergiftungen verwechselt. Das frühzeitige Erkennen eines Schlaganfalls ist von entscheidender Bedeutung, da jede Verzögerung der Behandlung das Outcome beeinflusst. Warnzeichen ("red flags") sind das plötzliche Auftreten schwerer Kopfschmerzen oder fokaler neurologischer Defizite. Ein Schlaganfall bei Kindern kann jedoch auch häufig als veränderter Bewusstseinszustand oder epileptischer Anfall auftreten. Tools zur Erkennung von Schlaganfällen bei Erwachsenen weisen bei Kindern eine eingeschränkte Eignung auf und werden nicht empfohlen. Kinder, bei denen eines der oben genannten Symptome plötzlich auftritt, haben ein hohes Schlaganfallrisiko und sollen sofort einer neurologischen Untersuchung unterzogen werden. Erwägen Sie eine dringende neuroradiologische Bildgebung [90, 97-101].

#### Meningitis/Enzephalitis

Die Verdachtsdiagnose einer Enzephalitis erfordert ein hohes Maß an Wachsamkeit, insbesondere bei Säuglingen [86, 87,

Notfall + Rettungsmedizin 4 · 2021 671

102]. Verzögerungen bei Diagnose und Behandlung sind mit schlechterem Outcome verbunden. Eine sofortige Lumbalpunktion wird nur nach anfänglicher Stabilisierung und ohne Kontraindikationen empfohlen (z. B. Bewusstseinsstörungen, Anzeichen gesteigerten Hirndrucks, Gerinnungsstörungen). Bei Kindern mit einem ersten fieberassoziierten epileptischen Anfall ist die Prävalenz der bakteriellen Meningitis gering. Die Diagnose beruht für Kinder über 6 Monaten meist auf der klinischen Einschätzung. Der Nutzen einer routinemäßigen Lumbalpunktion bei Kindern mit einem ersten fieberhaften epileptischen Anfall ist gering [103].

# Pädiatrische Frühwarnwerte (PEWS) - Medizinische Notfallteams (MET) -Schnellreaktionsteams (RRT)

Die Themen PEWS, MET und RRT wurden von ILCOR als Scoping Review (PLS 818) bzw. als Evidence Update (EvUp) (PLS 397) untersucht. Die PLS-Taskforce kam zu dem Schluss, dass die Implementierung von PEWS und die Verwendung pädiatrischer MET/RRT-Systeme Teil eines klinischen Gesamtsystems sein sollen. Sie korrelierten die potenziellen Kosten und Auswirkungen der Implementierung solcher Systeme auf die vorhandenen Ressourcen. Sie identifizierten auch mehrere Kernpunkte bei der Erforschung von PEWS [104]. Die Ergebnisse eines großen RCT-Clusters, in dem die Auswirkungen der Implementierung von PEWS und pädiatrischen Track- und Trigger-Tools untersucht werden, werden noch erwartet [105].

### Point-of-Care-Sonographie (POCUS) bei kritisch kranken Kindern

Die verfügbaren Daten legen nahe, dass POCUS eine wirksame Methode sowohl für die schnelle Diagnose als auch für die Indikationsstellung erforderlicher Maßnahmen in einer Vielzahl von pädiatrischen Notfällen ist (Anhang RR 1C; [106, 107]). Die Technologie entwickelt sich weiter und die laufende Forschung erweitert den Einsatz von POCUS auf neue klinische Szenarien. Eine Schulung ist erforderlich, um die Anwendung zu standardisieren und zu erweitern. Leitlinien für die Praxis von POCUS in pädiatrischen Notfällen wurden veröffentlicht

#### **POCUS und die Lunge**

Jüngste Veröffentlichungen heben den Mehrwert von Lungen-POCUS beim pädiatrischen respiratorischen Versagen hervor [109-118]. POCUS hat mindestens eine ähnliche Sensitivität und Spezifität wie Röntgenaufnahmen des Thorax zur Diagnose einer Lungenentzündung im Kindesalter und kann je nach Anwendungskontext eine bessere Kosten- und Zeiteffizienz vorweisen. POCUS ist genauer bei Pleuraergüssen oder Pneumothorax und hilft beim Durchführen der Nadeldekompression und Thorakostomie. Es wurde auch als Hilfsmittel zur Bestätigung der korrekten Platzierung des Trachealtubus beschrieben, allerdings ist die Evidenz bei Kindern begrenzt [119, 120].

#### POCUS bei Kreislaufversagen

Bei adäquater Ausbildung scheint die Genauigkeit der Echokardiographie, die von Nichtkardiologen durchgeführt wird, sehr gut zu sein [121]. Kinderärzte und pädiatrische Notfallmediziner mit gezielter Ausbildung konnten Perikardergüsse, Anomalien der Herzkontraktilität und linksventrikuläre Dilatation genau diagnostizieren. Weitere mögliche Anwendungen sind der Nachweis der Herzbeuteltamponade, dilatativer Kardiomyopathien, angeborener Herzerkrankungen und infektiöser Endokar-

Bei Erwachsenen wurde POCUS auch als Steuerung der Behandlung von Schock empfohlen, die Evidenz bei Kindern ist allerdings begrenzt. In einer systematischen Übersichtsarbeit wirkte sich die Atemvariabilität des Durchmessers der unteren Hohlvene (Vena cava inferior) nur mäßig (gepoolte Spezifität 0,73) auf die Vorhersage bezüglich Ansprechen der Flüssigkeitstherapie aus [122]. Wichtig ist, dass ein negativer Ultraschallbefund nicht verwendet werden kann, um den Nutzen der Flüssigkeitstherapie auszuschließen (gepoolte Sensitivität 0,63). Standardmesswerte der Vena cava inferior/Aorta bei Kindern sind nicht für alle Altersgruppen gut etabliert, mehrere Untersuchungen hintereinander können daher nützlicher sein, um die Therapiemaßnahmen zu steuern [110, 123]. Die Lungensonographie könnte eine Rolle bei der Steuerung der Flüssigkeitstherapie bei Sepsis im Kindesalter spielen. Die Anzahl der B-Linien in der Lungensonographie scheinen mit der extravaskulären Lungenflüssigkeit bei Kindern zu korrelieren [124, 125].

### Erweiterte FAST-Untersuchung (E-FAST) bei pädiatrischem Trauma

Die Evidenz für E-FAST-Sonographie bei Kindern ist weitaus begrenzter als bei Erwachsenen und zudem widersprüchlich. Die Abdomensonographie scheint nur eine eingeschränkte Sensitivität für den Nachweis eines Hämatoperitoneums zu haben [126-128]. Basierend auf den verfügbaren Daten empfiehlt die Leitliniengruppe PLS den FAST nicht als einzigen diagnostischen Test, um intraabdominale Blutungen auszuschließen. Die FAST-Untersuchung kann in andere Aspekte der Traumabewertung einbezogen werden, um die Genauigkeit des Tests zu verbessern. Beobachtungsdaten zeigen, dass eine FAST-Untersuchung bei verletzten Kindern bei sehr geringem (<1%) und sehr hohem Risiko (>10%) für intraabdominale Verletzungen nur begrenzte Auswirkungen auf die Durchführung von CT-Untersuchungen des Abdomens hat. Die Anwendung von FAST bei Kindern mit einem 1-10 %igen Risiko für intraabdominale Verletzungen verringerte jedoch die Häufigkeit der durchgeführten Abdomen-CT-Untersuchungen. Eine kleine Studie zeigte, dass in Kombination mit Transaminasewerten >100 IE/l die Spezifität der FAST-Untersuchung 98% betrug, was darauf hindeutet, dass ein negatives FAST und Transaminasen < 100 IE/l zu einer Patientenbeobachtung anstelle einer CT-Untersuchung des Abdomens führen könnten. Die erweiterte FAST-Untersuchung ("extended FAST") umfasst die Sonographie von Herz und Lunge, die eine viel höhere Genauigkeit und

einen viel höheren Informationsgehalt aufweist.

#### **Teamarbeit**

Das ILCOR COSTR 2020 schlug ein spezifisches Teamtraining als Teil der EPALS-Schulung für professionelle Helfer vor (schwache Empfehlung, sehr schwache Evidenz; [129]). Es wurde speziell der Einfluss eines teambasierten Ansatzes auf das Outcome und Faktoren, die gute Teamarbeit ausmachen, untersucht (Teameffektivität; Anhang

Trotz der großen Menge an Literatur ist die Evidenzbasis für Teamarbeit begrenzt. Frühere Veröffentlichungen wiesen darauf hin, dass mangelnde Teamarbeit und Kommunikationsfehler wichtige Gründe für medizinische Fehler und ein schlechteres Outcome ("adverse outcomes") darstellen [130]. Darauf und auf der identifizierten Literatur in der RR basierend empfiehlt die Leitliniengruppe PLS einen teambasierten Ansatz zur Akutbehandlung kritisch kranker Kinder. Die strukturierte Implementierungsstrategie für diejenigen, die dies noch nicht umgesetzt haben, sowie eine fortlaufende Bewertung der Effektivität für diejenigen, die bereits einen teambasierten Ansatz verwenden, kann nicht genügend betont werden. Ein teambasierter Ansatz hat viele entscheidende Faktoren und ist mehr als nur das Zusammenführen verschiedener Fachkräfte im selben Raum [131-139]. Idealerweise sollen verschriftlichte Notfallprotokolle in allen Abteilungen vorhanden sein, in denen möglicherweise Kinder versorgt werden. Neue Teammitglieder sollen idealerweise in Teamarbeit und den spezifischen vorhandenen Protokollen geschult werden, um gemeinsame mentale Modelle zu etablieren. Dieser kontinuierliche Ausbildungsprozess soll ein wesentlicher Bestandteil der Implementierungsprotokolle eines teambasierten Ansatzes sein.

Darüber hinaus möchte die Leitliniengruppe PLS die möglichen negativen Auswirkungen von unhöflichem Verhalten und anderen externen Stressfaktoren auf die Leistung hervorheben [140-142]. Alle Teammitglieder, insbesondere der Teamleiter, sollen daran arbeiten, eine Kultur zu etablieren, die unhöfliches Verhalten verhindert.

Schließlich stimmt die Leitliniengruppe PLS mit dem ILCOR EIT437 COSTR überein, der eine Verbindung zwischen Häufigkeit durchgeführter Reanimationen und Outcome vorschlägt [129]. Sie schlugen vor, dass Rettungsdienstbereiche und Versorgungssysteme: 1) die Häufigkeit durchgeführter Reanimationen ihres klinischen Personals überwachen und 2) nach Möglichkeit Strategien implementieren sollen, um einer geringen Erfahrung entgegenzuwirken oder sicherzustellen, dass Behandlungsteams Mitglieder mit häufiger Durchführung beinhalten (schwache Empfehlung, sehr schwache Evidenz).

# Werkzeuge und Regeln zur Berechnung von Medikamentendosierungen

Die Leitliniengruppe PLS stützte ihre Erkenntnisse weitgehend auf die 2020 ILCOR EvUp PLS 420 [143], 3 zusätzliche SR [144-146] sowie eine Leitlinie [147] und identifizierte die Notwendigkeit einer Änderung der aktuellen Empfehlungen in Bezug auf die Methoden zur Gewichtsschätzung (Anhang RR 3). Die Dosierung von Notfallmedikamenten erfordert eine funktionierende Schätzung des Gewichts des Kindes. Die Schätzungen der Eltern sind in der Regel genauer als die Schätzungen der professionellen Helfer. Längenbasierte Methoden wie das Broselow-Band sind ebenfalls genau, unterschätzen jedoch tendenziell das Gewicht in Populationen mit einer hohen Inzidenz von Adipositas. Systeme, die eine Korrektur für den Habitus des Körpers (z.B. Pawper) enthalten, sind genauer. Solche Systeme enthalten häufig eine vorberechnete Dosierungsempfehlung für Notfallmedikamente, von der gezeigt wurde, dass sie Verabreichungsfehler reduziert. Schätzungen der professionellen Helfer und altersbezogene Formeln sind ungenau und werden daher nicht empfohlen. Obwohl die Pharmakokinetik einiger Medikamente (z.B. Fentanyl, Propofol, Midazolam) zwischen adipösen und nichtadipösen Kindern variiert, gibt es zwischen Medikamenten und Einzelpersonen zu viele Unterschiede, um eine spezifische Strategie zur Korrektur dieser Variationen befürworten zu können.

### Atemwegsmanagement bei kritisch kranken Kindern

Wir haben in unsere Analyse eine Leitlinie aufgenommen [24], 3 SR [148-150], 9 narrative Reviews [151-159], 2 RCT [160, 161] und 27 Beobachtungsstudien (Anhang RR 4.1; [162-188]).

Insgesamt sind die bei Kindern verfügbaren Daten schwach und basieren hauptsächlich auf Beobachtungsstudien (Registerdaten). Hinweise aus Erwachsenenstudien oder aus dem Operationssaal sollen als indirekt angesehen werden. Da Praxis und Teamzusammensetzung zwischen Regionen und von Situation zu Situation sehr unterschiedlich sind, kann man keine universellen Schlussfolgerungen ziehen.

Es gibt Hinweise darauf, dass die endotracheale Intubation durch Helfer mit begrenzter Erfahrung das Outcome beeinflusst. Dies gilt umso mehr in komplexen Situationen (z.B. kleines Kind, hämodynamische Instabilität). Obwohl etwa 5% der Kinder, welche vom Rettungsdienst versorgt werden, ein Verfahren der Atemwegssicherung benötigen, ist die Exposition einzelner Helfer häufig viel geringer als erforderlich. Jede der vorhandenen Techniken für ein erweitertes Atemwegsmanagement (endotracheale Intubation mit oder ohne Videolaryngoskopie, SGA, Beutel-Maske-Beatmung mit zusätzlichen Atemweghilfen) hat ihre eigenen Vor- und Nachteile. Kompetente Helfer sollen diese kennen. Wichtig ist, dass sich die Teams so weit wie möglich strukturiert und zeitnah vorbereiten, bevor sie Verfahren zum Atemwegsmanagement durchführen. Diese Vorbereitung beinhaltet die Berücksichtigung von Alternativen und Rückfallebenen.

Trotz des Hinweises auf ein schlechteres Outcome in bestimmten Situationen bleibt die endotracheale Intubation für viele professionelle Helfer die bevorzugte Methode zur Sicherung des Atemwegs eines kritisch kranken oder verletzten Kindes. Das Risiko eines fehlgeschlagenen oder falsch positionierten endotrachealen Tubus bei Kindern ist signifikant höher als bei Erwachsenen. Mehrere endotracheale Intubationsversuche sind mit einem erhöhten Risiko für Hypoxämie, Entsättigung, unerwünschter hämodynamischer Ereignisse und nachfolgend erhöhter Morbidität und Mortalität verbunden. Die Anzahl der Versuche soll daher reduziert und ein alternatives Atemwegsmanagement frühzeitig in Betracht gezogen werden. Helfer sollen immer das Gleichgewicht zwischen dem vermuteten Nutzen und dem Risiko eines Schadens bewerten. wenn sie eine endotracheale Intubation in Betracht ziehen und nicht nur auf der Grundlage vordefinierter dogmatischer Regeln (z.B. GCS≤8, Prozentsatz der verbrannten Körperoberfläche) oder ohne vorherige Berücksichtigung von Alternativen entscheiden. Bei Kindern sind schwierige Atemwege aufgrund der Anatomie selten anzutreffen, sondern entstehen gewöhnlich durch physiologische und situative Schwierigkeiten (z.B. mangelnde Vorbereitung; [158]). Die Bedingungen können durch Standardisierung der Ausrüstung und ihrer Anwendung, Verwendung von Checklisten, multidisziplinäre Teamschulungen in technischen und nichttechnischen Aspekten der Notfallintubation und regelmäßige Leistungsüberprüfungen optimiert werden.

In vielen Untersuchungen scheint die Beutel-Maske-Beatmung der endotrachealen Intubation zumindest nicht unterlegen zu sein. Das Erlernen der Beutel-Maske-Beatmung ist eine weitaus einfachere Fähigkeit und soll von allen Helfern beherrscht werden, die an der Betreuung kritisch kranker Kinder beteiligt sind. Um die Effizienz zu optimieren, können Helfer entweder eine 2-Personen-Technik und/oder eine zusätzliche Atemwegshilfe verwenden. Die meisten Schwierigkeiten bei der Maskenbeatmung können überwunden werden, indem anatomische (z.B. unter Verwendung von Atemwegshilfen oder einer SGA) oder funktionelle (z. B. Muskelrelaxation) Atemwegsobstruktionen erkannt und behandelt werden. Vermeiden Sie die Relaxierung bei Kindern mit Mukopolysaccharidose, Atemwegsverlegungen durch Fremdkörper oder externe Kompression der Atemwege. In vielen anderen Situationen ermöglichen Muskelrelaxanzien vor der endotrachealen Intubation jedoch eine kontrollierte Beatmung und führen zu weniger Komplikationen ("adverse events"). Schwierigkeiten bei der Beutel-Maske-Beatmung sollen nicht zu einem überstürzten endotrachealen Intubationsversuch führen, sondern als Warnzeichen ("red flag") für eine gründlichere Vorbereitung dienen.

Eine Notfallkoniotomie (Front-of-Neck-Atemweg, FONA) bei Kindern soll nur als letzter Ausweg in einer Cannot-ventilate-cannot-intubate-Situation versucht werden. Es ist schwierig, ausreichend Fachwissen für diese Situation zu erlangen, insbesondere angesichts der Variabilität der Anatomie der verschiedenen Altersstufen. In den meisten Fällen wird eine Nadelkoniotomie mit Jet-Beatmung angewendet. Chirurgische Koniotomieverfahren sind äußerst selten. Es gibt keine Hinweise darauf, dass eine schnellere Entscheidung für die Koniotomie (FONA) das Gesamtüberleben ohne neurologische Beeinträchtigung erhöhen würde. Wichtig ist, dass Cannot-ventilate-cannot-intubate-Situationen, in denen Patienten nicht mit Sauerstoff versorgt werden können, möglicherweise aus einem früheren suboptimalen Atemwegsmanagement und wiederholten endotrachealen Intubationsversuchen resultieren. Daher betonen die meisten Autoren zunächst die Bedeutung anderer Atemwegstechniken.

# Die Verwendung von etCO<sub>2</sub> während der Intubation

Das 2020 ILCOR EvUp (PLS 385) bestätigte die frühere Empfehlung, etCO2 für intubierte Kinder mit einem Herzrhythmus mit Perfusion in allen Situationen zu verwenden [143]. In Anbetracht dessen und unter Berücksichtigung des potenziellen Schadens von endotrachealen Fehllagen oder unentdeckter Tubusdislokationen wird die Kapnographie als ein wesentliches Instrument für die Lagekontrolle bei Kindern angesehen. Eine ordnungsgemäße Beurteilung der Tubuslage soll auch eine klinische Beurteilung und entweder eine Ultraschall- oder eine Röntgendarstellung einschließen (Anhang RR 4.2).

### Die Verwendung des Krikoiddrucks (Sellick-Manöver) zur Intubation

Der 2020 ILCOR EvUp (PLS 376) bestätigte die frühere Empfehlung, den Krikoiddruck (Sellick-Manöver) abzubrechen, wenn er die Beatmung behindert oder die Geschwindigkeit oder Handhabung der Intubation beeinträchtigt [143], Es konnten ferner ein SR [189] und 2 überlappende klinische Studien gefunden werden (Anhang RR 4.3; [190, 191]). Es ließen sich keine ausreichenden Evidenzen finden, die Verwendung des Krikoiddrucks zu empfehlen, um eine Regurgitation oder eine Aspiration während einer "rapid sequence induction" (RSI) oder einer endotrachealen Intubation bei Kindern zu verhindern. In der Notsituation kann dies die Vorgehensweise des Atemwegsmanagements bei Kindern und Kleinkindern beeinträchtigen.

# Videolaryngoskopie

Die verfügbare Evidenz für die Anwendung der Videolaryngoskopie bei schwerkranken Kindern ist überschaubar (Anhang RR 4.4). Primäre Endpunkte in den meisten Studien waren die Zeit bis zur Intubation oder die Erfolgsrate des ersten endotrachealen Intubationsversuchs. Einige SR deuten auf ein erhöhtes Risiko einer verlängerten Intubationszeit und einer erfolglosen Intubation mit Videolaryngoskopie hin [192-194]. Neuere RCT- und Beobachtungsstudien deuten auf einen Vorteil hin, aber die Evidenzen bleiben widersprüchlich [195-202]. Wichtig ist, dass ein solcher Vorteil stark davon abhängt, wer die Intubation durchführt, welche Technik und welches Gerät für welche Indikation verwendet werden. Diejenigen, die die Videolarynoskopie verwenden möchten, sollen entsprechend geschult sein. Es gibt viele Geräte, die sich in der Technik unterscheiden, aber es gibt keine Evidenz dafür, dass eines dem anderen überlegen ist. In Anbetracht dessen kann sich die Leitliniengruppe PLS nicht für oder gegen die Verwendung der Videolaryngoskopie gegenüber der direkten Laryngoskopie in der Notfallsituation aussprechen. Die Entscheidung für die Videolaryngoskopie und für welche Indikation sie verwendet wird, liegt im Ermessen des zuständigen Arztes, der

den Eingriff durchführt. Das Videolaryngoskop soll früher in Betracht gezogen werden, wenn eine direkte Laryngoskopie voraussichtlich schwierig ist, z.B. bei manueller Inline-Stabilisierung der Halswirbelsäule.

### Die Verwendung von Atropin zur Intubation

Ein 2020 ILCOR EvUp (PLS 821) fand keine neuen Evidenzen, um eine Empfehlung zu ermöglichen [143]. Bradykardien treten während der Intubation, vermutlich aufgrund von Hypoxie oder Vagusstimulation durch die Laryngoskopie, auf. Diese vorübergehende Bradykardie geht mit einer Vasokonstriktion einher und reagiert normalerweise auf eine erneute Oxygenierung und die Beendigung der Vagusstimulation. Einige Medikamente zur Narkoseeinleitung induzieren jedoch auch eine Bradykardie, die mit einer Vasodilatation einhergehen kann und zu einer instabilen Bradykardie führen könnte. Im Zusammenhang mit einem Kind, mit beispielsweise Sepsis, führt diese Bradykardie zu einem niedrigen Herzzeitvolumen und einer Hypoperfusion, die möglicherweise tödlich sein kann [203]. Bei kleinen Kindern kann die Inzidenz von Rhythmusstörungen verringert werden, wenn Atropin zusätzlich zu den für die Notfallintubation verwendeten Medikamenten gegeben wird [204]. Die Verwendung von Atropin verringert die Inzidenz von Bradykardien während der Intubation sowohl bei Neugeborenen als auch bei älteren Kindern. Die Folgen einer solchen Bradykardie sind unklar [205-207].

Atropin kann zur Intubation kritisch kranker Kinder (1 Monat-8 Jahre) verwendet werden, um die Inzidenz von Bradykardien und Rhythmusstörungen zu verringern, insbesondere bei jüngeren Kindern, wenn Suxamethonium verwendet wird und/oder wenn eine Vasodilatation vorliegt (Anhang RR 4.5).

# Die Verwendung von Tracheal tuben mit Cuff

Ein 2020 ILCOR EvUp (PLS 412) fand keine neue Evidenz, um die nicht eindeutige Empfehlung von 2010 zu ändern [143]. Die Leitliniengruppe PLS stimmt den spezifischen Erkenntnissen der Autoren dieses EvUp zu, die sich für die ausschließliche Verwendung von Endotrachealtuben mit Cuff für den ALS im "Kindesalter aussprechen, um die Tubenauswahl zu reduzieren und Auswahlfehler zu vermeiden. Desweiteren führt der gecuffte Tubus zur Verbesserung der Genauigkeit der Kapnographie, weniger Umintubationen, zuverlässigerer VT-Applikation und/oder der Beatmungsdrücke, Verringerung von Halsschmerzen, Verringerung des Aspirationsrisikos und Standardisierung der Praxis. Wenn weiterhin sowohl gecuffte als auch nicht gecuffte Tuben unterstützt werden, müssten 4 Tuben (2 Tuben pro Größe und Typ) vorgehalten werden (Anhang RR 4.7). MRT-Bilder haben," entgegen der gängigen Lehrmeinung, gezeigt, dass der Krikoidring bei Kindern eher elliptisch als kreisförmig ist [208]. Daher kann es immer noch zu einer Leckage um einen perfekt dimensionierten kreisförmigen Trachealtubus ohne Cuff kommen, während der Tubuscuff einen erhöhten Druck auf andere Bereiche der Trachealschleimhaut verursacht. Wenn Trachealtuben mit Cuff verwendet werden, soll der Cuffdruck gemäß den Empfehlungen des Herstellers gemessen und begrenzt werden. Die traditionellen Regeln für die Tubenauswahl je Alter wurden für Tuben ohne Cuff festgelegt und überschätzen daher wahrscheinlich die optimale Größe von Endotrachealtuben mit Cuff.

# Die Verwendung von zusätzlichem Sauerstoff bei der Behandlung kritisch kranker oder verletzter Kinder

Der RR identifizierte 3 Leitlinien [29, 66, 209], 2 SR [210, 211], 3 RCT [212-214] und eine Beobachtungsstudie [215] zum Thema (Anhang RR 5.1). Die Ergebnisse sowohl der Oxy-PICU-Studie als auch der COAST-Studie werden wahrscheinlich unsere Leitlinien weiter beeinflussen, sind jedoch noch nicht verfügbar [216, 217]. Die Verwendung von zusätzlichem Sauerstoff vor der endotrachealen Intubation (RR 4.1), bei Kreislaufstillstand (RR 28) und nach ROSC (RR 36.2) werden separat angegeben. Zusätzlicher Sauerstoff war bis vor Kurzem eine Säule der Behandlung von praktisch jedem kritisch kranken oder verletzten Kind. Wachsende Bedenken hinsichtlich der möglichen negativen Auswirkungen der Hyperoxygenierung haben zu einer Änderung der Leitlinien bei Erwachsenen und Neugeborenen geführt. Die Leitliniengruppe PLS fürchtet jedoch bei zurückhaltender Verwendung von Sauerstoff das Risiko einer versehentlichen Hypoxämie, insbesondere in Situationen, in denen eine kontinuierliche Überwachung schwierig ist, wie z. B. im präklinischen Setting oder bei Schockzuständen. Zu viel zusätzlicher Sauerstoff birgt allerdings ein unklares Risiko und ist zudem kostspielig, insbesondere bei begrenzten Ressourcen. So lange die Evidenz limitiert ist, muss jede Leitlinie über die Verwendung von zusätzlichem Sauerstoff die lokale Situation berücksichtigen. Sauerstoff kann auf viele Arten appliziert werden. Der Helfer muss die möglichen Sauerstoffkonzentrationen des Geräts, die FiO2-Anforderungen und die Eignung des Geräts für den Einsatz bei Kindern kennen. Bei Kindern mit bestimmten chronischen Erkrankungen oder bestehenden Herzerkrankungen soll die Sauerstofftherapie auf die zugrundeliegende Erkrankung, den SpO2-Ausgangswert (Baseline; falls bekannt) und den Prozess der Erkrankung zugeschnitten sein. Ein frühzeitiges Heranziehen fachkundiger Expertise ist ratsam. Deutlich seltener als bei Erwachsenen führt hochkonzentrierter Sauerstoff bei einigen Kindern mit chronischen Erkrankungen (RR 9) auch zu einer Hypoventilation [213].

# Nichtinvasive Beatmung und High-Flow-Therapie (HFNC)

In Ermangelung eines spezifischen COSTR zu diesem Thema wurde ein RR durchgeführt (Anhang RR 5.2). Die Ergebnisse des großen multizentrischen RCT "FIRST ABC" zum Vergleich von HFNC mit nasalem CPAP in der pädiatrischen Intensivmedizin liegen noch nicht vor [218].

Invasive Beatmung kann die Lunge schädigen, birgt ein erhöhtes Risiko für Sekundärinfektionen, ist teurer und erfordert mehr Analgosedierung. Nichtinvasive Beatmung hingegen wird von Kindern manchmal schlecht vertragen, setzt voraus, dass Kinder noch über einen ausreichenden Atemantrieb

verfügen und kann zu einer Verzögerung einer notwendigen Therapieintensivierung führen. Nasales CPAP und HFNC verbessern die Atmungs- und Sauerstoffversorgung durch Bereitstellung eines PEEP und ermöglichen eine zuverlässige Abgabe hoher Konzentrationen an warmem, befeuchtetem Sauerstoff, HFNC scheint die alveoläre Ventilation zu verbessern, erhöht jedoch nicht aktiv das inspiratorische Tidalvolumen (VT). Sowohl HFNC als auch NIV scheinen einfach und sicher in der Implementierung zu sein [219-230]. Derzeit gibt es keine ausreichende Evidenz, insbesondere wenn auch die möglichen Auswirkungen auf die Ressourcen berücksichtigt werden, um für oder gegen ihre Verwendung bei Hypoxämie aufgrund nichtpulmonaler Ursachen oder bei einem kompensierten respiratorischen Versagen ohne Hypoxämie zu stimmen [231]. Die Entscheidung, HFNC oder NIV in diesen Gruppen von Kindern zu verwenden, wird in der Regel von einem Intensivmediziner auf einer Intensivstation getroffen. Bei Kindern mit respiratorischem Versagen und Hypoxämie (z.B. aufgrund einer Bronchiolitis oder Lungenentzündung) kann NIV oder HFNC das Outcome verbessern und eine weitere Verschlechterung verhindern. Dies ist besonders wichtig in ressourcenbegrenzten Gebieten, in denen häufig kein Zugang zu qualitativ hochwertiger Intensivmedizin besteht [232-236]. HFNC oder CPAP soll bei Säuglingen mit Bronchiolitis und Hypoxämie begonnen werden, die nicht auf Sauerstoff mit geringem Fluss ansprechen [228]. Hinweise mit sehr geringer Evidenzklasse legen nahe, dass ein Flow von 1 l/kgKG/min genauso effektiv sein könnte wie 21/kgKG/min [237]. Obwohl HFNC das Risiko einer Tröpfchenund Kontaktinfektion möglicherweise nicht erhöht, führt es wahrscheinlich zu vermehrter Aerosolverteilung [238]. In Situationen, in denen dies ein Problem darstellen könnte, empfehlen wir die Verwendung von HFNC nur unter der Voraussetzung eines garantierten Aerosolschutzes.

#### Ventilation

Es existieren 3 aktuelle Leitlinien [24, 209, 239] und 6 Beobachtungsstudien [240-245] sowie mehrere zusätzliche ältere Studien oder Beiträge mit indirekten Nachweisen zu diesem Thema (Anhang RR 6). Details zur mechanischen Beatmung und zum PICU-Management gehen über den Rahmen dieser Leitlinien hinaus. Details hierzu können aktuellen Reviews und Leitlinien entnommen werden [246-249].

Das Beatmungsvolumen wird sowohl vom Tidalvolumen als auch von der Atemfrequenz beeinflusst. Ein Tidalvolumen von 6 bis 8 ml/kg IBW unter Berücksichtigung des Totraums (Equipment) ist ein geeignetes Ziel [209, 249, 250]. Der Totraum des Geräts kann durch Verwendung kindgerechter Schlauchsysteme und Reduzierung zusätzlicher Gänsegurgeln verringert werden. Die Beurteilung eines angemessen Tidalvolumens ist möglich, indem die Thoraxexkursionen beobachtet und der pCO2-Trend gemessen wird.

Passen Sie die Beatmung an, um bei Kindern mit normaler Lungenfunktion einen normalen arteriellen pCO2 zu erzielen. Bei akut kranken Kindern ist zur Herstellung der Normalwerte möglicherweise eine übermäßig aggressive Beatmung erforderlich. In diesem Fall kann eine permissive Hyperkapnie als Standardpraxis angesehen werden, es sei denn, es liegt eine pulmonale Hypertonie oder ein schweres SHT vor.

Selbstfüllende Beatmungsbeutel werden offenen Systemen gegenüber zur Beatmung für alle Helfer bevorzugt, die nicht speziell in der Verwendung eines Anästhesiebeutels geschult sind. Selbstfüllende Beatmungsbeutel sollen die richtige Größe haben, um ein ausreichendes Tidalvolumen zu ermöglichen und gleichzeitig eine übermäßige Inflation und versehentliche Mageninsufflation zu vermeiden. Bestehende Beatmungsbeutel variieren zwischen 180 und 240 ml (Neugeborene), 450 und 650 ml (Kinder) und 1300 und 1600 ml (Erwachsene). Anwender sollen sich darüber im Klaren sein, dass durch die Einhandkompression eines Beutels für Erwachsene leicht Volumina über 500 ml erzeugt werden können [244, 251]. Die Beutel-Maske-Beatmung ist einfach und stellt die Hauptstütze der anfänglichen Beatmungsunterstützung dar. Sie ist jedoch nicht ohne Risiken und erfordert eine sachgemäße Schulung der Helfer [252,

Eine einhändige Beutel-Maske-Beatmungstechnik gibt dem Helfer mehr Handlungsfreiheit, erhöht jedoch das Leckagerisiko. Wir befürworten daher einen Zwei-Helfer-Ansatz in allen Fällen, in denen entweder Schwierigkeiten mit Dichtigkeit der Maske am Gesicht bestehen oder das Risiko einer Übertragung von Infektionskrankheiten über Aerosole besteht. Im letzteren Fall soll zwischen Beutel und Maske zusätzlich ein Virusfilter angewendet werden [7].

Während der Wiederbelebung kann die Beatmung auch von Mund zu Mund oder von Mund zu Mund und Nase erfolgen. Dies ist weniger effizient als die Beutel-Maske-Beatmung und ermöglicht keine zusätzliche Sauerstoffversorgung. Darüber hinaus schützt es den Helfer nicht vor der Übertragung von Infektionskrankheiten. Die Angst davor könnte ein Hindernis für die Helfer darstellen, überhaupt Beatmungen zu verabreichen.

# Flüssigkeitstherapie bei Kreislaufversagen

Dieser RR betrifft die Flüssigkeitstherapie während der ersten Stunde nach Erkennen eines Schocks und ist Teil einer allgemeinen Empfehlung zur Behandlung von Kindern im Schock (Anhang RR 7.1). Die Flüssigkeitstherapie zu einem späteren Zeitpunkt kann ebenfalls Einfluss auf das Outcome haben, geht jedoch über den Rahmen dieses Reviews hinaus. Wir haben den ILCOR EvUp 2020 zum Flüssigkeitsbolus bei septischem Schock (PLS1534) und den Scoping-Review zur abgestuften Volumentherapie bei traumatischem Schock (PLS 400) sowie verschiedene Leitlinien, SR und klinische Studien zu diesem Thema aufgenommen [143]. Die Ergebnisse sowohl der SQUEEZE- als auch der ProMPT-Bolus-Studie werden derzeit noch erwartet [254, 255].

Es ist schwierig, einzelne Interventionen im facettenreichen Management der Sepsis zu untersuchen. Aufgrund nicht eindeutiger Leitlinien, die auf schwacher Evidenzlage beruhen und sehr kontextbezogenen sind, gibt es derzeit große Unterschiede in der Behandlung, die für das einzelne Kind nicht förderlich sind. Die frühe zielgerichtete Therapie ("early goal-directed therapy", EGDT) war die Hauptstütze der weltweiten Surviving-Sepsis-Kampagnen, neuere RCT haben allerdings gezeigt, dass diese Strategie das Outcome nicht verbessert.

Schock ist keine eigene Erkrankung, sondern das Endstadium vieler verschiedener Pathologien. Es existieren viele Subtypen des Schocks: hypovolämisch, kardiogen, obstruktiv, distributiv und dissoziativ. Darüber hinaus zeigt das Kreislaufversagen eine klinische Bandbreite als Ergebnis mehrerer begleitender Prozesse, die sowohl mit dem Erreger als auch mit der Reaktion des Wirts zusammenhängen. Die Behandlung soll individuell unter Berücksichtigung der zugrundeliegenden Ätiologie und Pathophysiologie, des Alters, des Kontexts, der Komorbiditäten und der verfügbaren Ressourcen gewählt werden [256]. Eine Strategie wiederholter Reevaluation und mit umsichtigen, aber präzisen Behandlungsschritten erscheint sinnvoll.

#### Vermuteter septischer Schock

Obwohl der septische Schock bei Säuglingen und Kindern weltweit immer noch zu einer signifikanten Mortalität und Morbidität führt, ändert sich die Prävalenz und das Erscheinungsbild aufgrund von Impfungen, Komorbiditäten und Immunsuppression [257-259]. Die Behandlungsstrategien und die Prognose bestimmter Arten von septischem Schock (z. B. toxischer oder neutropenischer Schock) variieren erheblich. Bis vor Kurzem wurde die frühzeitige aggressive Flüssigkeitstherapie als wichtigste Maßnahme im Rahmen des septischen Schocks bei Kindern angesehen, obwohl dies auf sehr schwacher Evidenz beruhte. Die Veröffentlichung der FEAST-Studie stellte diese Strategie infrage [260]. Es wird derzeit diskutiert, wie die FEAST-Ergebnisse allgemein anwendbar sind und wie diese unsere Praxis beeinflussen sollen [261, 262]. Die meisten bestehenden Protokolle empfehlen weiterhin

wiederholte Flüssigkeitsboli mit 20 ml/ kgKG während der ersten Stunde des septischen Schocks im Kindesalter, um einer vermuteten Hypovolämie aufgrund eines Kapillarlecks entgegenzuwirken [29, 256]. Die kürzlich aktualisierten Leitlinien der Surviving Sepsis Campaign empfehlen in Situationen, in denen Intensivmedizin zur Verfügung steht, Bolusgaben von 10 bis 20 ml/kgKG mit einem Maximum von 40 bis 60 ml/kgKG in der ersten Stunde. Wenn kein Zugang zur Intensivstation besteht, werden weiterhin Flüssigkeitsboli empfohlen, jedoch nur bei nachgewiesener Hypotonie (10-20 ml/kgKG bis zu 40 ml/kgKG in der ersten Stunde).

Aktuelle Erkenntnisse deuten darauf hin, dass ein restriktiverer Einsatz der Flüssigkeitstherapie mindestens genauso effektiv ist und Nebenwirkungen verringern könnte. Schon ein einziger Flüssigkeitsbolus kann die Atemfunktion beeinträchtigen. Die Perfusion verbessert sich in der ersten Stunde nach einem Flüssigkeitsbolus, dieser Effekt bleibt allerdings nicht bestehen [124, 262, 263]. Die Identifizierung von Kindern mit distributivem Schock, welche Flüssigkeit benötigen, ist eine Herausforderung, da andere Gründe für Sauerstoffunterversorgung des Gewebes ähnliche klinische Befunde ergeben. Noch schwieriger ist es, herauszufinden, welche Kinder auf die Flüssigkeitsgabe reagieren werden. Klinische Symptome, zusammen mit biochemischen Laborwerten (pH, Laktat), ergeben eine akzeptable Aussagekraft, wenn sie kombiniert werden, jedoch nicht, wenn sie einzeln betrachtet werden. Die Ultraschalluntersuchung zur Abschätzung der Reaktion auf die Flüssigkeitsgabe gewinnt zunehmend an Bedeutung, aber es fehlen noch die Studien, die ihre Rolle bei Kindern belegt. Auf der anderen Seite kann die Echokardiographie helfen, Myokardfunktionsstörungen und Hypovolämien frühzeitig zu erkennen.

In Anbetracht des Wissensstands empfiehlt die Leitliniengruppe PLS mit 10 ml/kgKG geringere Flüssigkeitsbolusgaben. Diese kleineren Volumina ermöglichen eine schnellere Reevaluation, begrenzen jedoch nicht notwendigerweise die Gesamtmenge an Flüssigkeit, die in der ersten Stunde der Behand-

lung verabreicht werden soll. Ein Kind benötigt im Einzelfall tatsächlich Volumina von bis zu 40 bis 60 ml/kgKG, um den Schock adäquat zu behandeln. Bei wiederholten Flüssigkeitsboli sind die frühzeitige Berücksichtigung von vasoaktiven oder inotropen Medikamenten und die Unterstützung der Atmung von entscheidender Bedeutung. In Situationen, in denen diese Optionen nicht ohne Weiteres verfügbar sind, erscheint es ratsam, noch restriktiver zu sein. Ebenso wichtig ist die Art der verwendeten Flüssigkeit [29, 262, 264]. Es scheint Konsens darüber zu bestehen, synthetische Kolloide zu vermeiden. Die aktuellen Daten zu hypertonen Lösungen sind zu begrenzt, um eine Praxisempfehlung zuzulassen. Die allgemeine Empfehlung zur Verwendung von kristalloiden Vollelektrolytlösungen als primäre Flüssigkeitstherapie bleibt bestehen. Diese Vollelektrolytlösungen sind effektiv, kostengünstig und weit verbreitet [265, 266]. Die Evidenzbasis für balancierte kristalloide Vollelektrolytlösungen (z. B. Ringerlaktat) hingegen ist begrenzt. Systematische Überprüfungen zu diesem Thema zeigen lediglich einen Trend zu einem besseren Outcome [267-269]. Normale Kochsalzlösung (NaCl 0,9%) induziert eine hyperchlorämische Azidose und ist mit einem schlechteren Outcome verbunden [262]. Angesichts der minimal höheren Kosten würde die Leitliniengruppe PLS daher balancierte Vollelektrolytlösungen als erste Wahl betrachten (und NaCl 0,9% als akzeptable Alternative). Albumin scheint in Bezug auf das Outcome mindestens den balancierten Vollelektrolytlösungen gleichwertig zu sein, soll jedoch aufgrund der höheren Kosten die zweite Wahl sein [24]. Spezifische Krankheiten (z. B. Dengue-Fieber, zerebrale Malaria) können von einer früheren Verwendung von Albumin 4,5 % zur Volumentherapie profitieren [29, 270].

Der Schock wird durch den Grad der zellulären Sauerstoffunterversorgung definiert. Hämoglobin spielt eine wichtige Rolle und höhere Transfusionsziele können angemessen sein, wenn eine kardiovaskuläre Beeinträchtigung besteht. Es gibt nicht ausreichend Evidenz, um einen spezifischen Grenzwert für

eine Transfusion zu befürworten. Der Trend kann ebenfalls von Bedeutung sein. Die Wiederholung kristalloider Bolusgaben führt unweigerlich zu einer Hämodilution, ebenso kann diese durch die zugrundeliegenden pathophysiologischen Mechanismen entstehen.

Der septische Schock beeinflusst die Integrität der endothelialen Glykokalyx und der Kapillaren. Gerinnungsfaktoren werden aktiviert und verbraucht und eine disseminierte intravasale Gerinnungsstörung bei Kindern induziert, die durch die bereits bestehende Azidose und Verdünnung aggraviert wird. Es gibt nicht ausreichend Evidenz, um die prophylaktische Anwendung von Plasma bei allen Kindern mit septischem Schock zu befürworten. Wir empfehlen jedoch die frühzeitige Anwendung bei vermuteter diffuser intravasaler Gerinnung und sich verschlechternder Koagulopathie.

#### Kardiogener Schock

Der kardiogene Schock kann entweder primär oder sekundär zu anderen Schockarten auftreten. Die Diagnose basiert sowohl auf den klinischen Symptomen als auch auf der Echokardiographie. Nach der Bestätigung der Diagnose besteht das allgemeine Vorgehen darin, eine Volumenüberladung zu vermeiden. Allerdings können Patienten mit nachgewiesener verminderter Vorlast, die aufgrund klinischer oder biochemischer Gründe oder echokardiographisch angenommen wird, beispielsweise im Rahmen einer geringen Flüssigkeitsaufnahme oder einer damit verbundenen Sepsis von einer vorsichtigen Flüssigkeitstherapie profitieren [39].

# Hypovolämischer nichthämorrhagischer Schock

Da der primäre Mechanismus des Kreislaufversagens bei hypovolämischem Schock der Flüssigkeitsverlust ist, ist die Hauptstütze der Behandlung die Flüssigkeitstherapie. Abhängig von der zugrundeliegenden Ätiologie kann jedoch auch ein distributiver oder kardiogener Schock vorliegen. Die Behandlung konzentriert sich außerdem im Verlauf auf die Behebung von Elektrolytstörungen und eine mögliche schwere Hypoalbuminämie oder Hypoglykämie, die die klinische Beurteilung beeinträchtigen können [271, 272].

Eine massive akute Gastroenteritis kann zu schwerer Dehydratation (> 10 % Körpergewichtsverlust) und hypovolämischen Schock führen. Während die Inzidenz in vielen Ländern abnimmt, bleibt die schwere akute Gastroenteritis weltweit eine wichtige Ursache der Kindersterblichkeit. Die Mortalität ist bei Kindern mit schweren Komorbiditäten am höchsten, einschließlich solcher mit schwerer Unterernährung. Die Identifizierung von Kindern mit schwerer Dehydration/hypovolämischem Schock aufgrund einer akuten Gastroenteritis ist nicht immer einfach und der Grad der Dehydratation wird oft überschätzt. In Anbetracht der Situation, in der häufig eine akute Gastroenteritis mit schwerer Dehydration auftritt (begrenzte Ressourcen, Komorbiditäten), und der sehr begrenzt vorhandenen Evidenz ist ein bolusvermeidender Ansatz zur Flüssigkeitstherapie, außer wenn ein septischer Schock vorliegt, ratsam. Ein solcher Ansatz ist wahrscheinlich auch für Kinder mit schwerer Unterernährung sinnvoll [273-276].

#### Hämorrhagischer Schock

Blutverlust führt nicht nur zu einer Abnahme des Kreislaufvolumens, sondern auch der Blutbestandteile. Ziel der Therapie ist - abgesehen von der Wiederherstellung des Blutvolumens - die Blutung durch direkten oder indirekten Druck oder durch chirurgische Eingriffe oder Maßnahmen der interventionellen Radiologie zu stoppen. Koagulopathien aufgrund von Verbrauch, Blutverlust, Hämodilution durch Flüssigkeitstherapie, Azidose durch Hypoperfusion und/ oder Hyperchlorämie und Hypothermie sind ausschlaggebend für die Pathophysiologie der traumabedingten Mortalität.

Erwägen Sie, während der Wiederbelebungsmaßnahmen von Kindern mit schwerem Trauma, Blutprodukte frühzeitig im Rahmen einer Strategie, die sich auf die Verbesserung der Gerinnung konzentriert, zu verabreichen [277-284]. Die Flüssigkeitstherapie wird von bestimmten Endpunkten (MAD, Laktat, Hb, klinische Beurteilung, pH-Wert, Gerinnung) geleitet, um eine Volumenüberladung zu

vermeiden und dennoch eine ausreichende Gewebedurchblutung zu gewährleisten [285-287]. Daten von Erwachsenen legen nahe, dass eine übermäßig aggressive Flüssigkeitstherapie das Outcome verschlechtert, und unterstützen einen restriktiveren Ansatz, einschließlich einer permissiven Hypotonie [288-291]. Ein schweres Trauma im Kindesalter ist jedoch häufig mit einem SHT verbunden, bei dem eine restriktive Flüssigkeitsgabe schädlich sein kann. Selbst bei Kindern ohne Risiko einer damit verbundenen ZNS-Verletzung ist ein minimaler MAD über der 5. Perzentile erforderlich, um eine Hypoperfusion des Gehirns zu vermeiden.

# Flüssigkeitstherapie bei Verbrennungen

Verbrennungsverletzungen sind eine spezielle Art von Trauma, bei dem der Flüssigkeitsverlust mit den Schäden der Haut zusammenhängt. Standardflüssigkeitsregime sind vorbeugender Natur und gehen daher über den Rahmen dieser Leitlinie hinaus [292]. Wichtig ist, dass ein frühes Kreislaufversagen bei diesen Patienten unabhängig vom Verlust von Verbrennungsflüssigkeit und hinweisend auf eine andere Ursache des Schocks sein könnte.

#### Gefäßzugang

Keinen zuverlässigen Gefäßzugang bei pädiatrischen Notfällen zu haben, wirkt sich negativ auf das Outcome aus, auch wenn die Evidenz dafür unzureichend ist. Die Etablierung eines Gefäßzugangs bei Kindern ist oft schwierig und mit dem Risiko wiederholter Versuche oder Misserfolge und den damit einhergehenden Komplikationen verbunden (z.B. Paravasat). Die Entscheidung für die richtige Technik hängt von der Erlernbarkeit und ihrer Effektivität ab, insbesondere aber in Bereichen mit weniger Ressourcen auch von Verfügbarkeit und Kosten. Unabhängig von der verwendeten Technik sollen diejenigen, die sie ausführen, in ihrer Anwendung geschult sein. Für diesen RR wurden 2 aktuelle SR berücksichtigt [293, 294], eine Leitlinie [29], 2 RCT [295, 296] und 19 klinische Studien (Anhang RR 7.2; [297-312]).

Periphere i.v. Zugänge gelten immer noch als primärer Gefäßzugang, da sie billig, einfach zu verwenden und effektiv sind und ein geringes Risiko für Komplikationen aufweisen. Einige Autoren schlagen die Verwendung von elektrooptischen Visualisierungshilfen (Venensuchgeräte) oder Ultraschall zur Erleichterung des Verfahrens vor; die Evidenz ist allerdings begrenzt und beide sind vom Anwender abhängig. Helfer sollen keine Zeit verlieren, um einen periphervenösen Zugang zu etablieren, wenn eine dringliche Indikation besteht, und sollen sich darüber im Klaren sein, dass mehrere Versuche Stress beim Patienten und Arzt verursachen können. Es gibt keine eindeutige Evidenz für alternative Gefäßzugänge, wenn die peripher-venöse Anlage fehlschlägt. Wenn ein Helfer jedoch die Erfolgschancen des periphervenösen Zugangs für minimal hält, soll er früher zu Alternativen greifen.

Für Säuglinge und Kinder ist der i.o. Zugang die primäre Alternative. Dieser hat fast die gleiche Funktionalität wie der (zentrale) i.v. Zugang, obwohl einige Zweifel an der Geschwindigkeit der Anflutung bestimmter Medikamente (z. B. Adenosin) und an der Zuverlässigkeit der Blutentnahme bestehen. Im Allgemeinen gelten Blutgruppe, pH-Wert und Natrium als zuverlässig, in geringerem Maß auch Glukose und Bikarbonat. Der i.o. Gefäßzugang kann eine Überbrückung zur i.v. Therapie sein, bis ein periphervenöser Zugang etabliert werden kann. Der i.o. Zugang ist, vor allem bei der Volumengabe, schmerzhaft, weshalb jedem Kind eine adäquate Analgesie (z. B. Lidocain i.o., intranasales Fentanyl oder Ketamin) verabreicht werden soll, es sei denn, es ist bereits bewusstlos. Verschiedene Systeme sind verfügbar und weisen Unterschiede hinsichtlich der Benutzerfreundlichkeit, Erfolgsrate, Kosten und ihres Risikoprofils auf. Manuelle i.o. Systeme haben vor allem bei sehr kleinen Kindern oder in ressourcenarmen Gebieten ihren Stellenwert. Berichten zufolge kann bei Säuglingen sogar eine 18G-Nadel (und optional ein wiederverwendbarer Nadelhalter) verwendet werden. Semiautomatische, batteriebetriebene i.o. Systeme sind im Allgemeinen schnell und einfach zu bedienen. Sie sind deutlich

teurer als manuelle Systeme und können ebenfalls fehlplatziert werden (zu flach oder zu tief). Die Auswahl der richtigen Nadellänge ist entscheidend. Insgesamt ist die Komplikationsrate für den i.o. Zugang niedrig, aber Helfer sollen auf Paravasate achten, da diese zu einem Kompartmentsyndrom oder einer Infektion führen können. Die korrekte Nadelposition kann klinisch oder möglicherweise durch Farbdopplerultraschall beurteilt werden [313, 314].

Es gibt viele verschiedene Punktionsstellen, von denen jede spezifische Indikationen und/oder Kontraindikationen aufweist und eine bestimmte Technik (und Schulung) erfordert. Wichtig ist, dass die Flussrate in Abhängigkeit der Punktionsstelle unterschiedlich ist, z.B. die Platzierung im Humeruskopf ermöglicht höhere Durchflussraten. Obwohl ein zentralvenöser Zugang einen sicheren und multifunktionalen Zugang bietet, dauert die Platzierung im Allgemeinen länger, birgt das Risiko von Komplikationen, ist stärker vom Anwender abhängig und weniger kosteneffektiv. In Situationen, in denen dies möglich ist, soll der Ultraschall verwendet werden, um die Platzierung eines zentralvenösen Zugangs zu unterstützen, insbesondere für die Vena jugularis interna oder axilläre Zugangswege [315, 316]. Das Freilegen der Vene (Venae sectio) wurde weitgehend aufgegeben.

# Therapiebündel bei der Behandlung des pädiatrischen **Schocks**

Die Anwendung von Therapiebündeln bei der Behandlung des septischen Schocks bei Kindern ist zentraler Bestandteil der ACCCM-Leitlinien von 2014 und wird in den neueren Leitlinien der Surviving Sepsis Campaign (Anhang RR 8.1) erneut empfohlen [24, 29]. Das systematische Screening von akut erkrankten Kindern mithilfe eines Bündels zur Erkennung kann auf die Art der Patienten, Ressourcen und Abläufe in jeder Einrichtung zugeschnitten werden. Klinische Systeme zur Unterstützung einer Entscheidung ("decision-support system") und ein auf elektronischen Patientenakten basierendes Sepsiserkennungsinstrument könnten eine besondere Hilfe sein, die unterstützende Evidenz ist allerdings sehr schwach [317, 318]. Der Erfolg mehrerer gleichzeitig angewendeter Interventionen (ein Bündel) ist nicht unbedingt eine Evidenz dafür, dass jede einzelne Intervention für die Wirksamkeit des Bündels erforderlich ist [319]. Einige dieser Interventionen können sogar Schaden anrichten und/ oder die Kosten erhöhen.

Während viele verschiedene Beobachtungsstudien einen positiven Einfluss auf das Outcome der Implementierung dieses Therapiebündels zeigten, war dieser Effekt in anderen Studien weitaus geringer [317, 320-328]. Gründe für solche Unterschiede sind nicht immer leicht zu identifizieren, können jedoch mit Selektionsbias, Unterschieden in den Implementierungsstrategien oder Unterschieden in der Handhabung der Kontrollpopulationen zusammenhängen. Wichtig ist, dass die Protokolle auf die lokale Realität zugeschnitten werden.

# Zeitpunkt der Antibiotikagabe bei Sepsis

Es wurden 2 Leitlinien [24, 29] und 10 Beobachtungsstudien zu diesem Thema identifiziert (Anhang RR 8.2; [320, 329-337]). Antibiotika sind ein notwendiger Bestandteil der Sepsistherapie und in internationalen Leitlinien wird die frühe Gabe (in der ersten Stunde) von Breitbandantibiotika empirisch empfohlen. Berücksichtigen Sie bei der Auswahl der Antibiotika lokale Resistenzmuster. Vorgeschichte, Komorbidität und den vermuteten Erreger. Sofern eine Meningitis nicht ausgeschlossen wurde, sollen die ausgewählten Antibiotika in der Lage sein, die Blut-Hirn-Schranke zu überwinden. Die Indikationen für eine Lumbalpunktion liegen außerhalb des Rahmens dieses RR, aber im Fall eines septischen Schocks ist es im Allgemeinen ausreichend, Blutkulturen abzunehmen, bevor mit der Antibiotikagabe begonnen wird. Das Outcome könnte schlechter sein, wenn die Antibiotikagabe nach Erkennen der Sepsis um mehr als 3h verzögert wird.

# Vasoaktive/inotrope Medikamente bei kritisch kranken oder verletzten

#### Vasoaktive/inotrope Medikamente bei distributivem Schock

Eine Überprüfung des ILCOR-Geltungsbereichs 2020 (PLS 1604) umfasste 2 RCT, fand jedoch keine ausreichende Evidenz, um eine Änderung der Empfehlung herbeizuführen [143, 338, 339]. Beide RCT verglichen Adrenalin und Dopamin bei pädiatrischen septischen Patienten mit Schockgeschehen, welches nicht auf die Flüssigkeitsgabe reagierte. Beide haben verschiedene Einschränkungen, die ihre Verwendung für die Entwicklung klinischer Leitlinien erschweren. Darüber hinaus wurden sie in Ländern mit niedrigem bis mittlerem Einkommen durchgeführt und ihre Anwendbarkeit in Umgebungen mit höheren Ressourcen infrage gestellt. Um eine informierte Entscheidung zu treffen, wurden 2 Leitlinien [24, 29], 2 SR [340, 341] und 5 Beobachtungsstudien berücksichtigt (Anhang RR 8.3A; [342-346]).

Die neuen Leitlinien der Surviving Sepsis Campaign 2020 empfehlen Noradrenalin oder Adrenalin als vasoaktive Medikamente der ersten Wahl gegenüber Dopamin (schwache Empfehlung aufgrund von schwacher Evidenz), konnten jedoch keine ausreichenden Evidenzen finden, um eine Kombination zu empfehlen, was darauf hindeutet, die Wahl auf individuelle Physiologie, Präferenzen der Kliniken und der lokalen Systemfaktoren zu stützen. Sobald eine Echokardiographie oder ein anderes erweitertes Monitoring verfügbar ist, kann die Auswahl der vasoaktiven Therapie von der Pathophysiologie des einzelnen Patienten abhängig gemacht werden.

Es gibt nicht ausreichend Evidenz, um die Kriterien für den Beginn der vasoaktiven Therapie bei Kindern mit septischem Schock zu identifizieren. Mit dem Wissen, dass eine exzessive Flüssigkeitstherapie bei kritisch kranken Kindern zu einer erhöhten Mortalität führen kann, empfehlen wir die frühzeitige Anwendung von vasoaktiven Medikamenten bei Kindern mit Schock, insbesondere wenn nach mehreren Flüssigkeitsboli (z. B. 40 ml/kg) keine deutliche Verbesserung des klinischen Zustands erreicht werden kann. In Anbetracht des allgemeinen Sicherheitsprofils empfehlen wir, je nach lokaler Praxis entweder mit Noradrenalin oder Adrenalin zu beginnen und entweder über einen zentralen oder einen peripheren Zugang zu infundieren. Dopamin soll nur in Situationen in Betracht gezogen werden, in denen weder Adrenalin noch Noradrenalin verfügbar sind. Wenn es Anzeichen für eine kardiale Funktionsstörung gibt, kann ein Inodilatator hinzugefügt werden.

Wie bei der Flüssigkeitstherapie sollen vasoaktive Medikamente unter Berücksichtigung mehrerer Faktoren (einschließlich MAD, Laktat, klinischer Symptome) initiiert und titriert werden. Wiederholt und mindestens nach jeder Behandlungsänderung soll eine Reevaluation erfolgen. Vasoaktive Medikamente werden typischerweise als kontinuierliche Infusion verabreicht. Boli von vasoaktiven Medikamenten sollen nur in (Peri-)Arrest-Situationen gegeben werden. Kompetente Ärzte können kleine Boli eines Vasokonstriktors in Betracht ziehen, um akute Hypotonien in bestimmten Situationen zu behandeln (z. B. bei medikamenteninduzierter Hypotonie). Es fehlt weitere Evidenz für diese Praxis (Wahl oder Dosis des Vasokonstriktors).

# Vasoaktive/inotrope Medikamente bei kardiogenem Schock

Ein 2020 ILCOR EvUp (PLS 418) fand keine ausreichenden Evidenzen, um eine Änderung der Empfehlung vorzuschlagen [143]. Es wurden zusätzlich 2 Leitlinien berücksichtigt (Anhang RR 8.3B; [29, 39]). Vasoaktive Medikamente sind nur ein Teil der Behandlungsoptionen für den kardiogenen Schock. Die Wahl der Behandlung hängt von der Ätiologie ab und eine frühzeitige Berücksichtigung der mechanischen Kreislaufunterstützung wird empfohlen.

Da derzeit keine direkte Evidenz vorliegt, können wir nicht zur Verwendung eines bestimmten vasoaktiven Medikaments raten. Die Entscheidung, welche vasoaktiven Medikamente als primäre oder sekundäre Therapie verwendet werden sollen, ist komplex und es existieren wahrscheinlich Unterschiede zwischen den Patientengruppen, sowohl hinsichtlich der Ätiologie als auch der hämodynamischen Reaktionen. Die Behandlungsstrategie soll daher auf das einzelne Kind zugeschnitten und auf bestimmte Ziele abgestimmt sein. Gute Kenntnisse über die Aktivität und Wirkung jedes der vasoaktiven Medikamente in unterschiedlichen Dosierungsstufen sind unerlässlich und sollen die Wahl der Behandlung leiten. Hierzu verweisen wir auch auf die beiden bestehenden pädiatrischen Leitlinien, die Noradrenalin als Inokonstriktor der ersten Wahl und Dobutamin oder Milrinon als Inodilatatoren der ersten Wahl befürworten.

Eine kürzlich durchgeführte Vorher-Nachher-Kohortenstudie deutet auf einen stark positiven Einfluss auf das Outcome von Adrenalinboli (1 µg/kgKG) bei pädiatrischen Patienten, die eine Hypotonie entwickeln, auf der Intensivstation hin, obwohl dies Teil einer allgemeinen Initiative zur Qualitätsverbesserung war und die Ergebnisse möglicherweise von anderen Faktoren beeinflusst wurden [347].

# Vasoaktive/inotrope Medikamente bei hypovolämischem Schock (8.3C)

Es wurden ein SR [348] und ein narrativer Bericht [349] zu diesem Thema identifiziert (Anhang RR 8.3C). Angesichts des derzeitigen Fehlens direkter pädiatrischer Evidenz basieren die Empfehlungen nur auf indirekter Evidenz aus Erwachsenenpublikation und pathophysiologischen Überlegungen. Während die Anfangsphase des hypovolämischen Schocks am häufigsten durch einen deutlichen Anstieg des systemischen Gefäßwiderstands (SVR) gekennzeichnet ist, kann diese Reaktion verloren gehen, sobald eine Dekompensation auftritt oder Sedativa verabreicht werden. Vasopressoren können dann verwendet werden, um einen angemessenen Perfusionsdruck sicherzustellen. Da sie die Nachlast erhöhen können, ist es ratsam, auch die Herzfunktion bei Therapiebeginn mit diesen Medikamenten zu bewerten. Vasopressoren ermöglichen auch eine verminderte Flüssigkeitsgabe und können möglicherweise Entzündungsreaktionen verringern. Obwohl

bei Kindern mit einem isolierten penetrierenden Trauma ohne SHT eine permissive Hypotonie in Betracht gezogen werden kann, gibt es nicht genügend Evidenz, um dies auch in einer anderen Situation zu empfehlen. Wichtig für das SHT ist ein ausreichend hoher mittlerer arterieller Druck (MAD), um die Minimalwerte des zerebralen Perfusionsdrucks zu erreichen (z. B. MAD > 50 Perzentile).

#### Tranexamsäure (TxA)

Schwere Blutungen bei Kindern werden am häufigsten durch Trauma und/oder Notoperationen verursacht. Es liegt außerhalb des Rahmens der aktuellen Überprüfung, die Verwendung von Tranexamsäure bei elektiven Operationen oder nicht lebensbedrohlichen Problemen in Betracht zu ziehen. Für das Thema kritische Blutungen wurden eine Leitlinie identifiziert [350], eine RCT [351] und 6 Beobachtungsstudien (Anhang RR 8.3D; [352–356]).

#### TxA bei traumatischen Blutungen

Evidenz der Erwachsenenmedizin deutet stark darauf hin, dass TxA die Mortalität bei Traumapatienten mit Blutungen senkt, ohne das Risiko von Komplikationen zu erhöhen [357]. TxA soll so früh wie möglich und innerhalb von 3 h nach der Verletzung verabreicht werden, da eine spätere Therapie unwirksam war und schädlich sein kann. Begrenzte Evidenz aus pädiatrischen Studien scheint auf ähnliche Ergebnisse hinzudeuten. Insgesamt scheint TxA kostengünstig und sicher zu sein. Es wird seit Langem bei Kindern angewendet, ohne dass auch bei viel höheren Dosen relevante Nebenwirkungen festgestellt wurden. Es gibt einige Bedenken hinsichtlich beobachteter epileptischer Anfälle nach der Verabreichung, aber dies scheint selten zu sein, wenn eine adäquate Dosierung für das Trauma verwendet wird. Es sind keine spezifischen Studien zur Dosisfindung verfügbar, aber das in der Literatur vorgeschlagene (abgeleitete) Dosierungsschema erscheint sinnvoll.

Für die spezifische Subpopulation von isoliertem SHT sind Daten bei Kindern noch begrenzter. In Anbetracht der Ergebnisse der CRASH-3-Studie und der obigen Überlegungen sollen Sie jedoch erwägen, Kindern mit isoliertem mittelschwerem SHT (GCS 9-13) ohne Pupillenanomalien TxA zu verabreichen [358]. Die Ergebnisse von CRASH-3 waren für bewusstlose Patienten nicht eindeutig, dies könnte allerdings daran liegen, dass die meisten Patienten nicht mehr zu retten waren. CRASH-3 umfasste nur Erwachsene ohne größere extrakranielle Blutungen. Wenn eine signifikante extrakranielle Blutung nicht ausgeschlossen werden kann, schlägt die Leitliniengruppe PLS vor, wie oben zu handeln und unabhängig davon TxA zu verabreichen.

# TxA bei nicht traumatischen Blutungen

Es wurde berichtet, dass i.v. und inhalatives TxA das Outcome bei Kindern mit Lungenblutungen verbessert. Angesichts der Tatsache, dass Schleimhautoberflächen reich an fibrinolytischen Enzymen sind, könnte die Verwendung von TxA zur Blutung in solchen Bereichen genauso wirksam sein wie bei Traumata. Derzeit sind keine pädiatrischen Studien verfügbar, um dies zu belegen. In Anbetracht des Sicherheitsprofils und der potenziellen Wirksamkeit empfehlen wir die Verwendung von TxA bei nichttraumatischen lebensbedrohlichen Blutungen bei Kindern

# Kortikosteroide gegen Schock

Die RR, die die 2020 ILCOR EvUp (PLS 413) beinhalteten, beziehen sich auf 2 Leitlinien [24, 29], einen SR [359], einen RCT [360] und 5 Beobachtungsstudien (Anhang RR 8.4; [361-365]). Alle diese Studien hatten kleine Stichprobengrößen und ein großes Risiko für einen Selektionsbias. Die Studienpopulationen, der Zeitpunkt sowie die Art und Dosierung der Steroide unterschieden sich zwischen den verschiedenen Populationen. Es konnte keine ausreichende Evidenz für eine Änderung der ILCOR-Behandlungsempfehlung 2010 gefunden werden: "Kortikosteroide in Stressdosis können bei Kindern mit septischem Schock in Betracht gezogen werden, wenn diese nicht auf Flüssigkeiten ansprechen und eine (mäßige bis hohe Dosis) vasoaktive Unterstützung benötigen, unabhängig von laborchemischen oder anderen Parametern." Hydrokortison in Stressdosis ist immer für bestimmte Risikopopulationen indiziert, wie z. B. Erkrankungen der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse. Vorläufige Untersuchungen legen nahe, dass es andere spezifische Subpopulationen geben könnte, die von der Steroidverabreichung profitieren oder Schaden erfahren würden. Diese Subpopulationen können jedoch noch nicht mich und Krankenbett identifiziert werden.

#### Status asthmaticus beim Kind

Asthma verursacht weltweit immer noch eine signifikante Morbidität und auch Mortalität bei Kindern. Eine rechtzeitige aggressive und leitlinienkonforme Behandlung des Status asthmaticus ist erforderlich. Im Folgenden wird nur das Notfallmanagement innerhalb der ersten Stunde behandelt (Anhang RR 9).

Es wurden eine Leitlinie (ginasthma.org), 8 SR [224, 366-372], 3 narrative Reviews [373-375], 9 RCT [213, 226, 376-382] und 5 Beobachtungsstudien identifiziert [383-387], die in den letzten 5 Jahren veröffentlicht wurden. Ältere Publikationen wurden berücksichtigt, wenn die Erkenntnisse als informativ angesehen werden konnten [388-393]. Das Suchupdate von Juni 2020 enthüllte zusätzlich eine Leitlinie [394], 3 SR [395-397], eine narrative Übersicht [398], ein RCT [399] und 4 Beobachtungsstudien [400-403]. Es wurden die von der Globalen Initiative für Asthma (ginasthma.org) und den französischen pädiatrischen Notfallgesellschaften veröffentlichten Leitlinien als qualitativ hochwertig eingestuft (AGREE II) und deshalb die Empfehlungen weitgehend darauf basiert [394].

Das Erkennen eines schweren Asthmaanfalls basiert hauptsächlich auf den klinischen Symptomen, einer kurzen Anamnese und der Sauerstoffsättigung. Hypoxämie ist ein Zeichen für ein dekompensiertes, respiratorisches Versagen. Es kann zu Unruhe/Agitation oder verminderter Wahrnehmung von Atemnot führen. Die Differenzialdiagnosen

Notfall + Rettungsmedizin 4 · 2021 681

umfassen Pneumonie, Pneumothorax, kardiales Versagen, laryngeale Obstruktion, Lungenembolie, Fremdkörperaspiration und Anaphylaxie.

Obwohl es sich um eine Erstbehandlung handelt, ist der tatsächliche Nachweis für kurzwirksame Beta-2-Agonisten (SABA) bei schweren Anfällen begrenzt. Hochdosierte inhalative SABA sind relativ sicher, obwohl sie Nebenwirkungen verursachen können (Herz-Kreislauf, Elektrolytstörungen, Hyperlaktatämie, Hypotonie). Sie können auch eine vorübergehende Hypoxämie aufgrund eines erhöhten Mismatch zwischen Ventilation und Perfusion auslösen. Kurzwirksame Anticholinergika, insbesondere Ipratropiumbromid, scheinen einen Mehrwert zu haben, obwohl die Evidenz widersprüchlich ist. Systemische Steroide sind innerhalb der ersten Stunde indiziert. Orale Steroide sind genauso wirksam wie i.v. Sie benötigen mindestens 4 h, um eine klinische Verbesserung zu erzielen. Die Evidenz ist zu begrenzt, um ein spezielles Steroid gegenüber einem anderen zu befürworten. Die Datenlage zu hochdosierten inhalativen Steroiden in einem schweren Asthmaanfall sind weniger eindeutig, scheinen aber auch auf einen Nutzen hinzudeuten. Intravenöses Magnesiumsulfat kann, da es über geringe Nebenwirkungen verfügt, für einen schweren Anfall von Mehrwert sein. Bei Kindern kann auch isotonisches Magnesiumsulfat als vernebelte Lösung verwendet werden. Es gibt keine Hinweise auf einen zusätzlichen Nutzen von i.v. SABA oder auf ein bestimmtes Dosierungsschema. Intravenöse SABA bergen ein Risiko für Elektrolytstörungen, Hyperlaktatämie und vor allem für ein Herz-Kreislauf-Versagen. Für viele andere Therapien (Ketamin i.v., Aminophyllin, Helium, Isofluran, Leukotrienrezeptorantagonisten, ICS-LABA, Makrolide, monoklonale Antikörper) liegen nur begrenzte und widersprüchliche Evidenzen vor. Jede dieser Therapien soll nur von Ärzten angewendet werden, die in der Anwendung erfahren und kompetent sind. Antibiotika werden nicht empfohlen, es sei denn, es liegt eine nachgewiesene bakterielle Infektion vor. NIV oder HFNC können bei Kindern im Status

asthmaticus in Betracht gezogen werden, wenn sie trotz Standardsauerstofftherapie hypoxisch bleiben und/oder nicht auf die initiale Therapie ansprechen. Die verfügbaren Daten zu NIV oder HFNC sind widersprüchlich. Insbesondere bei Kindern mit Asthmaexazerbationen, welche die Kriterien für ein respiratorisches Versagen nicht erfüllen, können diese Therapien mit einer höheren Ressourcennutzung verbunden sein, ohne dass Hinweise auf ein verbessertes Outcome vorliegen. NIV oder HFNC sollen niemals die Entscheidung zur Intubation verzögern, wenn diese indiziert ist. Schwere Erschöpfung, Bewusstseinsverschlechterung, schlechter Lufteintritt, sich verschlechternde Hypoxämie und/ oder Hyperkapnie sowie Atem-Kreislauf-Stillstand sind Indikationen für eine Intubation. Die mechanische Beatmung eines Kindes mit Status asthmaticus ist äußerst schwierig. Aufgrund des hohen Atemwegswiderstands besteht das Risiko einer Magenüberblähung, eines Pneumothorax und einer zunehmenden Überblähung mit vermindertem venösem Rückfluss. Dies könnte wiederum zu einer kardiovaskulären Beeinträchtigung

#### **Anaphylaxie**

Es wird auf das ERC-Leitlinienkapitel 2020 zu den besonderen Umständen verwiesen [404]. Es wurden 11 Leitlinien [405-415], 4 SR [416-419], 5 narrative Übersichten [420-424] sowie 21 Beobachtungsstudien identifiziert (Anhang RR 10; [425-445]).

Die Anaphylaxie ist lebensbedrohlich und erfordert eine sofortige Behandlung. Die Inzidenz der Anaphylaxie bei Kindern variiert weltweit und liegt zwischen 1 bis 761/100.000 Personen pro Jahr. Ein Drittel hatte schon eine vorangehende Episode. Lebensmittel, gefolgt von Insektengiften und Medikamenten (Antibiotika, NSAID), sind die häufigsten Auslöser bei Kindern (zwei Drittel). Eine Lebensmittelanaphylaxie kann 30-35 min nach dem Kontakt einen Atemstillstand verursachen, Insektenstiche können sehr früh (10-15 min) einen Schock hervorrufen. Eine Anaphylaxie durch Medikamente tritt normalerweise innerhalb weniger Minuten auf. Es wurde kein "akuter" Todesfall mehr als 6h nach Kontakt mit dem Auslöser berichtet. Biphasische Reaktionen treten in bis zu 15% der Fälle besonders dann auf, wenn mehrere Dosen Adrenalin erforderlich waren und eine Verzögerung von > 60 min zwischen Auftreten der Symptome und Verabreichung von Adrenalin bestand. Eine rechtzeitige Diagnose der Anaphylaxie ist von entscheidender Bedeutung und ist maßgeblich für die weitere Behandlung. Hierzu verweisen wir auf die WAO-Diagnosekriterien für 2019 [414]. Für die vorgeschlagene Notfallbehandlung verweisen wir im Wesentlichen auf die bestehenden Leitlinien der relevanten Gesellschaften. Es wurden keine weiteren Evidenzen gefunden, zusätzlich wurden auch Fragen zu Schulung und Implementierung berücksichtigt.

Zusätzlich zur i.m. Adrenalingabe werden verschiedene (unterstützende) Behandlungsoptionen vorgeschlagen (basierend auf begrenzten Daten): inhalative Beta-Agonisten und/oder Adrenalin gegen Bronchospasmus; Glucagon i.v. für Kinder, die Betablocker erhalten; i.v. oder orale H1- und/oder H2-Antihistaminika zur Linderung subiektiver Symptome (insbesondere der Haut). Kortikosteroide können sich positiv auf die späten Atembeschwerden auswirken, ansonsten gibt es keine Hinweise auf Auswirkungen bei biphasischen Reaktionen oder ein besseres Outcome. Kortikosteroide sind nicht nebenwirkungsfrei und sollen daher nur bei Kindern in Betracht gezogen werden, die eine längere Beobachtung benötigen. Spezifische Behandlungen könnten in Bezug auf den identifizierten Auslöser und Kontext in Betracht gezogen werden (z. B. Sugammadex, Methylenblau).

### Schwere Vergiftungen

Vergiftungen sind häufige Gründe zum Aufsuchen pädiatrischer Ambulanzen, obwohl die Inzidenz zwischen den Regionen erheblich variiert [446]. Ein Cochrane-Review konnte keine ausreichenden Evidenz für oder gegen bestimmte Erste-Hilfe-Behandlungen bei oralen Vergiftungen ermitteln [447]. Bei der Verwendung verschiedener Dekontaminationstechniken gibt es große geografische Unterschiede [448].

Es ist wichtig, frühzeitig einen Experten zu konsultieren. Weitere Informationen finden Sie im Kapitel über besondere Umstände in den Leitlinien 2020 [404]. Im Anhang wird über einige der wichtigsten pädiatrischen Artikel zu diesem Thema berichtet (Anhang RR 11-RR 33.1).

#### Obstruktiver Schock (12.1)

Obstruktiver Schock ist ein Thema im Kapitel über besondere Umstände der Leitlinien 2020 [404]. Es wird auch auf RR 34 zum traumatischen Kreislaufstillstand und den RR 33.1 zu "4 H's und HITS" verwiesen (Anhang RR 12.1). Es gibt keine eindeutige Evidenz für eine Empfehlung zur Dekompression eines Spannungspneumothorax bei kleinen Kindern, Die meisten Daten stammen aus der Erwachsenenliteratur. Insbesondere bei kleinen Kindern ist das Risiko einer iatrogenen Verletzung lebenswichtiger Strukturen durch die Nadeldekompression hoch. Der 4. Intercostalraum (ICR) an der anterioren Axillarlinie (AAL) bietet eine geringere Thoraxwandstärke. Abweichungen vom korrekten Eintrittswinkel bei der Verwendung des 2. ICR gehen mit einem höheren Verletzungsrisiko für intrathorakale Strukturen einher [449-451]. In Übereinstimmung mit den Leitlinien für Erwachsene bevorzugen wir den 4. (oder 5.) ICR, etwas anterior der mittleren Axiliarlinie, als primäre Insertionsstelle, Der 2, ICR in der Medioklavikularlinie bleibt immer noch eine akzeptable Alternative (ATLS-Handbuch 2018). Es gibt keine ausreichende Evidenz für die Bevorzugung der notfallmäßig durchgeführten Anlage einer Thoraxdrainage mittels Thorakostomie gegenüber der Anlage einer Punktionsdrainage mittels Seldinger-Technik (Nadelthorakozentese) als Initialtherapie bei Kindern mit traumatischem Kreislaufstillstand, Spannungspneumothorax und massivem Hämothorax. Die Nadelthorakozentese scheint leichter erlernbar und schneller durchführbar zu sein, ist jedoch möglicherweise weniger effizient [449]. Systeme, die keine sofortige Thorakostomie durchführen, sollen dies jedoch zumindest als Alternative in Betracht ziehen. Wenn sofort verfügbar, soll der Ultraschall zur Bestätigung eines Pneumothorax verwendet werden, um die Brustwanddicke zu messen und den nötigen Abstand zu darunterliegenden lebenswichtigen Strukturen (z.B. dem Herzen) vor der Punktion zu bestätigen und somit die Einführtiefe der Nadel und das Risiko einer Verletzung lebenswichtiger Strukturen zu minimieren.

Lungenembolien sind möglicherweise häufiger als zuvor berichtet Ursachen für einen plötzlichen Atem-Kreislauf-Stillstand bei Jugendlichen [452]. Früherkennung, hochwertige CPR und Behandlung mit thrombolytischer Therapie führten bei Patienten mit Lungenembolie zu einem guten Überleben [453]. Es gibt keine Evidenz für Dosis und Zeitpunkt der thrombolytischen Therapie bei Kindern. Eine kathetergesteuerte Therapie scheint bei ausgedehnter und fulminanter Lungenembolie bei Kindern wirksam und sicher zu sein, wenn sie rechtzeitig eingeleitet wird [454, 455].

Es gibt keine vergleichenden Studien zur Behandlung von Herzbeuteltamponaden. Es gibt eine schwache Evidenz dafür, dass sich das Überleben verbesserte, wenn die Herzbeuteltamponade früh erkannt und sofort behandelt wurde, was die Bedeutung der Echokardiographie unterstreicht [456]. Perikardiozentese (vorzugsweise ultraschallgesteuert) soll nur in Betracht gezogen werden, wenn eine sofortige Thorakotomie oder (Re-)Sternotomie nicht möglich ist (Expertenkonsens).

# Atropin oder Schrittmachertherapie bei instabiler Bradykardie

Es wurden 2 Übersichtsarbeiten [457, 458] und eine Beobachtungsstudie [459] aufgenommen, aber keine neue Evidenz gefunden, die Änderungen der ILCOR-Empfehlungen von 2010 unterstützen (Anhang RR 13.1-13.2). Bei einer Bradykardie infolge eines dekompensierten Atem- oder Kreislaufversagens soll die zugrundeliegende Ursache behandelt werden und nicht die Bradykardie selbst. Atropin bei hypoxischer Bradykardie kann schädlich sein, da der vorübergehende Anstieg der Herzfrequenz den Sauerstoffbedarf erhöhen kann. Darüber hinaus könnte eine Verminderung des Parasympathikustonus die Krankheitsbilder verschlechtern, die primär katecholaminvermittelt sind (z. B. Tako-Tsubo-Syndrom). Bei Bradykardien, die durch einen erhöhten Vagotonus verursacht werden, könnte hingegen weiterhin eine Indikation für Atropin bestehen.

In der Vergangenheit wurde eine Mindestdosis von Atropin von 100 µg empfohlen, um eine paradoxe Abnahme der Herzfrequenz zu vermeiden, die bei niedrigeren Dosierungen auftreten soll. Eine kürzlich durchgeführte Beobachtungsstudie bei Säuglingen konnte dies für geringe Dosen von 5 µg/kgKG nicht bestätigen. Innerhalb von 5 min nach dieser niedrigen Dosis wurde ein signifikanter Anstieg der Herzfrequenz beobachtet. Bei der Hälfte aller Kinder entwickelte sich eine Tachykardie, die einige Minuten anhielt. Darüber hinaus wurde in mehreren Publikationen auf die Möglichkeit einer Überdosierung bei Kindern mit einem Gewicht von weniger als 5kg hingewiesen, wenn eine Mindestdosis von 100 µg verabreicht wurde.

Für die notfallmäßige Schrittmachertherapie konnte die ILCOR-PLS-Taskforce keine Evidenz identifizieren und empfahl daher weiterhin wie im Jahr 2010: "In ausgewählten Fällen von Bradykardien, die durch einen vollständigen AV-Block oder eine abnormale Funktion des Sinusknotens verursacht werden, kann eine transthorakale Schrittmachertherapie lebensrettend sein. Eine Schrittmachertherapie ist hingegen bei Kindern mit Bradykardien infolge eines hypoxischischämischen Myokardschadens oder einer Ateminsuffizienz nicht hilfreich. Es konnte auch nicht gezeigt werden, dass eine Schrittmachertherapie bei der Behandlung von Asystolien bei Kindern wirksam ist" [143].

#### Instabile Tachykardie

Das 2020 ILCOR EvUp (PLS 379 & 409) fand keine ausreichende Evidenz für eine Änderung der Empfehlungen [143]. Die ILCOR-PLS-Taskforce wies ausdrücklich auf die Bedeutung einer Expertenkonsultation vor der Verwendung von Procainamid oder Amiodaron

bei der supraventrikulären Tachykardie (SVT) hin. Ausführliche Informationen zu Subtypen, Diagnose- und Behandlungsoptionen findet man in den ESC-Leitlinien der Europäischen Gesellschaft für Kardiologie [460, 461]. Die Literaturrecherche ergab 3 zusätzliche Übersichtsarbeiten [462-465], 2 RCT [466, 467] und 9 Beobachtungsstudien (Anhang RR 13.3; [468-476]). Es werden unterschiedliche Behandlungsansätze für Tachykardien bei Kindern, je nach hämodynamischer Stabilität (instabil vs. stabil) bzw. Breite der QRS-Komplexe (schmal vs. breit), vorgeschlagen.

Intravenöses Adenosin ist die Behandlung der ersten Wahl bei einer Schmalkomplextachykardie bei Kindern ohne Kreislaufdekompensation. Empfohlen werden Anfangsdosen von 0,1 mg/kgKG für Kinder und 0,15 mg/ kgKG für Säuglinge. Insbesondere bei jüngeren Kindern soll jedoch eine höhere Anfangsdosis (0,2 mg/kgKG) in Betracht gezogen werden [463, 471]. Jüngeres Alter ist mit einer verminderten Reaktion auf die erste Adenosindosis und einer erhöhten Wahrscheinlichkeit einer adenosinrefraktären SVT verbunden [475] Die Verwendung eines Dreiwegehahns bei kleinen Kindern kann zu einer subtherapeutischen Dosierung führen [477]. Es gibt keine ausreichende Evidenz für oder gegen die Verwendung eines i.o. Zugangs für die Adenosingabe; der i.v. Applikationsweg ist jedoch zu bevorzugen. Bei Kreislaufdekompensation stellt die notfallmäßige elektrische Kardioversion die bevorzugte Option dar. Die Versorgungssysteme sollen über ein Protokoll für dieses Verfahren verfügen, einschließlich der Analgosedierung (z. B. i.v./i.o. oder intranasales [Es-]Ketamin, Midazolam oder Fentanyl) für Kinder, die noch bei Bewusstsein sind.

Alternative Medikamente umfassen Kalziumkanalblocker, Betablocker, Flecainid, Digoxin oder Amiodaron, Dexmedetomidin und Ibutilid. Jedes dieser Medikamente hat spezifische Nebenwirkungen und Kontraindikationen und soll nur von kompetenten Helfern nach fachkundiger Beratung angewendet werden. Verapamil kann bei jüngeren Kindern eine schwere Hypotonie hervorrufen.

# Hypokaliämie

Die Hypokaliämie ist Thema im Kapitel "Besondere Umstände" der Leitlinien von 2021. Es wurden zudem eine Übersichtsarbeit [478], ein RCT [479] und 2 Beobachtungsstudien in den RR aufgenommen (Anhang RR 14.1; [480, 481]). Neue Studien zur Behandlung von Hypokaliämie beim kindlichem Atem-Kreislauf-Stillstand wurden nicht gefunden. Studien zur Behandlung einer Hypokaliämie auf der Intensivstation sind auf Herzpatienten beschränkt und unterscheiden sich signifikant hinsichtlich Interventionsschwelle und Dosierung. Insgesamt scheint enteral appliziertes Kalium gleichermaßen wirksam zu sein. Eine Hyperkaliämie nach enteraler Behandlung wird selten berichtet. Die gleichzeitige Wiederauffüllung der Magnesiumspeicher unterstützt die schnellere Korrektur einer Hypokaliämie und wird bei schwerer Hypokaliämie dringend empfohlen.

### Hyperkaliämie

Bezüglich der Hyperkaliämie wird ebenfalls auf das Kapitel "Besondere Umstände" verwiesen. Es wurden ein systematischer Review [482], eine Übersichtsarbeit [483] und 4 Beobachtungsstudien identifiziert (Anhang RR 14.2; [484-487]). Trotz begrenzter zugrundeliegender Evidenz, insbesondere bei Kindern mit Atem-Kreislauf-Stillstand, ist ein klarer Behandlungsalgorithmus wichtig, um konsistente und wirksame Interventionen sicherzustellen und Dosierungsfehler oder versehentliche Nebenwirkungen zu vermeiden.

Bei Kindern gibt es spezifische Ursachen für Hyperkaliämien. An diese soll frühzeitig gedacht werden, da sie die Behandelnden auf das rasche Erkennen einer Hyperkaliämie aufmerksam machen und den therapeutischen Ansatz weisen können. Die Identifizierung und Behandlung aller Faktoren, die zu einer Hyperkaliämie beitragen, sollen möglichst zeitgleich mit der akuten medikamentösen Behandlung erfolgen. Letztere besteht aus:

1. Membranstabilisierung durch Applikation von Kalzium. Hypertone

- Kochsalzlösung kann ebenfalls eine Membranstabilisierung bewirken; es gibt jedoch keine Evidenz bei Kindern und das Potenzial für Nebenwirkungen ist höher. Natriumbikarbonat hat, wenn indiziert, eine ähnliche Wirkung.
- 2. Kaliumumverteilung: Schnell wirkendes Insulin (Altinsulin) in einer Glukoseinfusion - um eine Hvpoglykämie zu vermeiden - ist normalerweise nach 15 min wirksam und hält 4-6 h an. Eine wiederholte Gabe kann erforderlich sein. In der Literatur werden verschiedene Dosierungsschemata beschrieben; es gibt jedoch keine Evidenz zugunsten einer starken Empfehlung für ein spezielles Regime. Die Wirksamkeit inhalativer Beta-Agonisten wurde in Beobachtungsstudien für Erwachsene und Neugeborene, jedoch nicht speziell für Kinder, beschrieben. Die vorgeschlagene Dosis ist deutlich höher (4- bis 8-mal höher) als die für die Bronchodilatation. Die Wirkung von vernebelten Beta-Agonisten erreicht erst nach 90 min ihr Maximum. Mit i.v. Beta-Agonisten (als einzelner Bolus) wird ein Peak-Effekt signifikant früher (30 min) erreicht, doch die möglichen Nebenwirkungen sind relevant und gefährlich. Wir empfehlen daher diese Anwendung nur bei therapierefraktärer Hyperkaliämie und (unmittelbar bevorstehendem) Atem-Kreislauf-Stillstand, Adrenalin ist ebenfalls ein Beta-Agonist. Schließlich wird, trotz anhaltender Kontroversen, Natriumbikarbonat für die Notfallbehandlung von Kindern mit Hyperkaliämie und metabolischer Azidose (pH < 7,2) und/oder bei Atem-Kreislauf-Stillstand empfohlen. Repetitive Dosen von 1 mmol/kgKG korrigieren den pH-Wert und verschieben gleichzeitig das Kalium nach intrazellulär. Die Wirkung von Natriumbikarbonat ist langsam (Stunden) aber konsistent und das Natrium kann die Zellmembran weiter stabilisieren.
- 3. Kaliumelimination: Setzen Sie die Kaliumumverteilungsmaßnahmen fort, bis mit der Behandlung zur Kaliumelimination begonnen werden

kann. Die Dialyse ist die effizienteste Behandlungsoption, steht jedoch möglicherweise nicht ohne Weiteres zur Verfügung. Achten Sie auf einen Rebound-Effekt nach der Dialyse. Furosemid erhöht die Kaliumausscheidung im Urin. Es ist vor allem bei gut hydrierten Kindern mit erhaltener Nierenfunktion indiziert. Die Wirkung ist weitaus weniger effektiv, wenn auch eine Nierenfunktionsstörung vorliegt. Kaliumbindemittel wie Natriumpolystyrolsulfonat (Resonium®) wurden bei Kindern nicht prospektiv untersucht. Bei Erwachsenen bestehen Sicherheitsbedenken. Neuere Substanzen könnten sicherer und effizienter sein, wurden aber bei Kindern noch nicht untersucht

# Hypoglykämie

Es wurden eine Leitlinie [488], 2 systematische Reviews [489, 490], eine Übersichtsarbeit [491] sowie 4 Beobachtungsstudien identifiziert (Anhang RR 15; [492-495]). Die ILCOR-Taskforce "Erste-Hilfe" erstellte speziell eine COSTR zu den Methoden der Glukoseverabreichung bei Hypoglykämie [496].

Die Schwelle, ab der eine Hypoglykämie schädlich wird, ist ungewiss und kann von Alter, Ursache und Erkrankungsbeginn abhängen. In der Literatur wurden Standardgrenzwerte von 50-70 mg/dl (2,8-3,9 mmol/l) definiert. Während ein Blutzucker von 70 mg/dl als Warnzeichen wahrgenommen werden soll (achten Sie auf Symptome und das Risiko eines weiteren Abfalls), stellt ein Wert von 50 mg/dl, insbesondere bei Vorliegen neurologischer Symptome, eine absolute Indikation für eine umgehende Behandlung dar. Bei der Entwicklung lokaler Protokolle sollen die Messeigenschaften der verwendeten Point-of-Care-Messgeräte evaluiert

Unter Berücksichtigung von Pathophysiologie, bestehenden Leitlinien und zusätzlicher, sehr schwacher Evidenz, empfehlen wir bei schwerer Hypoglykämie im Kindesalter einen i.v. Glukosebolus. Während gemäß Protokollen für Erwachsene 50 %ige Glukose verwendet wird, empfehlen wir für Kinder im Hinblick auf mögliche Venen- und Gewebsreizungen sowie das Risiko von Dosierungsfehlern weniger hypertone Glukoselösungen. In Situationen, in denen eine i.v. Glukosegabe nicht möglich ist, kann als vorübergehende Alternative Glukagon verabreicht werden - i.m., subkutan oder intranasal. Zudem soll eine Glukoseerhaltungsinfusion begonnen werden, um den Katabolismus zu stoppen und einen ausreichend hohen Blutzuckerspiegel aufrechtzuerhalten.

Eine weniger schwere Hypoglykämie kann mit einer einfachen Glukosegabe behandelt werden - ohne Bolus oder Glukagon. Dies kann entweder mittels einer Glukoseinfusion oder oraler Glukosegabe erfolgen, gefolgt von weiterer Kohlenhydratzufuhr zur Verhinderung eines Wiederauftretens.

Sowohl bei schwerer als auch bei weniger schwerer Hypoglykämie soll nach Möglichkeit die zugrundeliegende Ursache behoben werden. Dies kann das Entfernen des Auslösers oder eine zusätzliche medikamentöse Behandlung (z.B. Kortikosteroide) beinhalten. Eine schwere Hypoglykämie kann direkt oder indirekt zu einem Atem-Kreislauf-Stillstand führen. Einerseits verbessert die Behandlung einer Hypoglykämie nicht unbedingt das Langzeit-Outcome von Kindern mit Atem-Kreislauf-Stillstand. Andererseits führt jedoch die Nichtbehandlung einer schweren Hypoglykämie zu einer Hirnschädigung und verhindert wahrscheinlich einen ROSC. Daher erscheint es logisch, Hypoglykämien in die 4H's der reversiblen Ursachen einzuschließen, aktiv danach zu suchen, insbesondere bei gefährdeten Kindern (metabolisch, septisch, Intoxikation), und sie zu behandeln.

# Hyperthermie

Es wurden 2 Leitlinien (MHAUS.org 2019; [497]), 3 Übersichtsarbeiten [498-500] und 2 Beobachtungsstudien identifiziert (Anhang RR 17.1; [501, 502]). Die ILCOR-Taskforce "Erste-Hilfe" erstellte speziell einen COSTR zu den Erste-Hilfe-Kühltechniken für Hitzschlag und Belastungshyperthermie [496]. Fieber, Hyperthermie, maligne Hyperthermie, Hitzeerschöpfung und Hitzschlag sind unterschiedliche Entitäten mit spezifischen Definitionen. Fieber ist im Allgemeinen ein nützlicher physiologischer Mechanismus zur Bekämpfung von Infektionen und ist nicht mit langfristigen neurologischen Komplikationen verbunden. Hitzebedingte Erkrankungen und maligne Hyperthermie hingegen erfordern ein spezifisches Management (https://www.mhaus. org/healthcare-professionals/mhausrecommendations/).

Bei schweren hitzebedingten Erkrankungen sind eine schnelle Erkennung, Beurteilung, Kühlung und vorausschauende Planung entscheidend für die Minimierung des Risikos von Morbidität und Mortalität. Die mit verschiedenen hitzebedingten Erkrankungen verbundenen Symptome sind ähnlich. Auch wenn die Diagnose nicht klar ist, sollen Kinder mit erhöhter Körpertemperatur und ZNS-Auffälligkeiten wie Betroffene eines lebensbedrohlichen Hitzschlags behandelt werden

#### Status epilepticus

Der folgende Abschnitt behandelt nur das Notfallmanagement in der ersten Stunde und nicht die weitere Behandlung des superrefraktären Status epilepticus (SE) oder Evidenz bei bestimmten Ätiologien (Anhang RR 18). Es wurden 3 Leitlinien [503-505], 13 systematische Reviews [506-518],6 Übersichtsarbeiten [519-524], 15 RCT [525-541] und 13 klinische Nicht-RCT-Studien aufgenommen [542-555].

Die Inzidenz des pädiatrischen SE liegt bei etwa 20 pro 100.000 Kindern pro Jahr, mit einer Gesamtmortalität von 3 %. Die Prognose hängt vom Alter, von der Anfallsdauer und der zugrundeliegenden Ursache ab. Trotz zunehmender Evidenz, dass eine frühzeitige Behandlung eines SE wirksamer und sicherer ist, verzögert sich häufig sowohl die initiale als auch die nachfolgende Behandlung. Eine verzögerte Behandlung führt zu einem verminderten Ansprechen der Therapie, längerer Anfallsdauer, einem höheren Bedarf kontinuierlicher Medikamentengaben, möglichen neurologischen Schäden und erhöhter Krankenhausmortalität.

Die derzeitige Definition eines SE umfasst Anfälle, die nicht innerhalb von 5 min spontan sistieren, da die Wahrscheinlichkeit eines spontanen Sistierens nach diesem Intervall gering ist. Die rechtzeitige, konsequente Behandlung eines SE erfordert die Implementierung klarer Protokolle, Umsetzungsstrategien sollen sich sowohl auf die Schulung aller beteiligten Behandler als auch auf die regelmäßige Überprüfung ihrer Leistung und Protokolleinhaltung fokussieren.

Die Zeitabschnitte im Algorithmus stellen maximale Zeiten vor Initiierung des jeweiligen Behandlungsschritts dar. Abhängig von Ursache und Schweregrad können Kinder diese Phasen jedoch schneller durchlaufen oder sogar die zweite Phase überspringen und schnell zur dritten Phase übergehen. Dies gilt insbesondere für kritisch kranke oder Kinder auf Intensivstationen. Erkennen und behandeln Sie die zugrundeliegenden, auslösenden Ursachen frühzeitig, einschließlich metabolischer Entgleisungen (z. B. Hypoglykämie, Elektrolytstörungen) und anderer Ursachen (z. B. neurologische, kardiologische und toxikologische) sowie systemische Komplikationen, die durch die zugrundeliegende Ätiologie oder Behandlung verursacht werden und zu einer sekundären Hirnschädigung führen können.

Benzodiazepine sind aufgrund ihrer nachgewiesenen Wirksamkeit, Sicherheit und Verträglichkeit die Therapie der ersten Wahl. Welches Benzodiazepin auf welchem Weg verwendet wird, hängt von der Verfügbarkeit, dem Kontext, der lokalen Präferenz und der persönlichen Expertise ab, da es keine eindeutige Evidenz dafür gibt, dass eines dem anderen überlegen ist. Benzodiazepine der ersten Wahl (oder zumindest der ersten Dosis) können auch von entsprechend geschulten Ersthelfern verabreicht werden. Obwohl i.v. Benzodiazepine im Allgemeinen als einfach zu verabreichen und wirksam angesehen werden, können in Fällen, in denen noch kein i.v. Zugang vorhanden ist, andere Applikationswege gewählt werden, um Verzögerungen zu vermeiden. Ein kürzlich durchgeführter RCT legt nahe, dass i.m. Midazolam effizienter ist als bukkales Midazolam [526]. Obwohl i.v. Phenobarbital wirksam und

gut verträglich ist, ist es aufgrund seiner langsameren Applikationsrate eher als alternative Anfangstherapie als Medikament der ersten Wahl anzusehen. Eine angemessene Dosierung des gewählten Benzodiazepins ist im Hinblick auf eine frühzeitige SE-Beendigung unerlässlich.

Der Vorgehensweise in Umgebungen mit limitierten Ressourcen ist ähnlich, unter Berücksichtigung potenzieller Unterschiede bei den zugrundeliegenden Ätiologien und Komorbiditäten. In Situationen ohne Beatmungsmöglichkeit ist die Gabe von mehr als 2 Dosen Benzodiazepin mit einem erhöhten Risiko für eine Ateminsuffizienz mit Todesfolge

Der rechtzeitige Übergang von der initialen Notfalltherapie zur erweiterten antiepileptischen Therapie kann zur Verringerung der Behandlungsresistenz eines konvulsiven SE beitragen. Für die Stufe 2 wurden i.v. Phenytoin/Fosphenytoin, Valproinsäure und Levetiracetam vorgeschlagen. Während die meisten Protokolle immer noch Phenytoin als Mittel der Wahl aufführen, bevorzugt neuere Evidenz Levetiracetam im Hinblick auf Kosteneffizienz, Benutzerfreundlichkeit und Sicherheitsprofil, Valproinsäure hat ähnliche Ansprechraten, ist jedoch teratogen und mit einem Risiko für eine akute Enzephalopathie assoziiert, zurückzuführen auf vorstehende Leberanomalien, Hyperammonämie und/oder metabolische Grunderkrankungen. Daher ist insbesondere bei Säuglingen und jüngeren Kindern äußerste Vorsicht geboten. Intravenöses Phenobarbital ist eine angemessene Alternative, wenn keine der drei oben genannten Therapien verfügbar ist. Auch hier ist eine ausreichende Dosierung unerlässlich. In ressourcenlimitierten Umgebungen ohne Verfügbarkeit parenteral applizierbarer, langwirksamer Antiepileptika ist die enterale Gabe über eine Magensonde praktikabel und potenziell wirksam. Oraler Levetiracetam-Sirup weist eine hohe Bioverfügbarkeit auf und erreicht innerhalb einer Stunde nach Gabe therapeutische Serumspiegel.

Neuere Arbeiten beschreiben auch die Verwendung von Lacosamid bei der Behandlung des kindlichen SE. Obwohl die Gabe von Lacosamid sicher und wirksam erscheint, ist die gegenwärtige Evidenz

für eine weit verbreitete Anwendung zu begrenzt.

Beim protrahierten SE sollen weitere Medikamente in Betracht gezogen werden (Stufe 3, spätestens nach 40 min). So ist es akzeptabel und potenziell wirksam, eines der noch nicht verabreichten Medikamente der zweiten Stufe zu geben und zwar unmittelbar nachdem das erste Zweitstufenmedikament verabreicht wurde, da dies die Notwendigkeit einer Analgosedierung mit Intubation und damit assoziierten, potenziellen Komplikationen verhindern kann. Alternativ können, je nach Ätiologie, Vitalfunktionen und Umständen, anästhetische Dosen von Midazolam, Pentobarbital/ Thiopental, (Es-)Ketamin oder Propofol erwogen werden - idealerweise mit kontinuierlicher EEG-Überwachung. Die Anwender sollen mit den Eigenschaften dieser Medikamente gut vertraut sein.

Ein nichtkonvulsiver SE kann nach der Beendigung eines konvulsiven SE auftreten, insbesondere wenn die zugrundeliegende Ursache eine akute Infektion des ZNS ist. Die EEG-Überwachung nach Behandlung eines konvulsiven SE ist für das Erkennen persistierender Anfälle von entscheidender Bedeutung. Da potenziell Outcome-relevant, wird ein frühzeitiges Erkennen und Behandeln eines nichtkonvulsiven SE empfohlen.

# Erkennen eines Atem-Kreislauf-Stillstands - PBLS - Sequenz - Reanimationszyklus - Laien-CPR

Obwohl die ILCOR-Taskforce "BLS" den Beginn der kardiopulmonalen Reanimation (CPR) mit Thoraxkompressionen (CAB) befürwortete, sah die PLS-Taskforce nach wie vor ein klinisches Gleichgewicht für beide Vorgehensweisen. In einem separaten COSTR hatte die PLS-Taskforce bereits vorgeschlagen, dass "Ersthelfer bei Säuglingen und Kindern unter 18 Jahren mit Atem-Kreislauf-Stillstand außerhalb eines Krankenhauses (OHCA) CPR mit Beatmung durchführen sollen (schwache Empfehlung, sehr schwache Evidenz). Wenn Ersthelfer keine initialen Beatmungen applizieren können (Good Practice Statement), sollen sie zumindest Thoraxkompressionen" durchführen [4]. Die ILCOR-PLS-Taskforce

empfahl außerdem, dass Leitstellendisponenten CPR-Anweisungen für kindliche Atem-Kreislauf-Stillstände geben sollen, wenn noch keine CPR durch Ersthelfer begonnen wurde (starke Empfehlung, sehr schwache Evidenz; [143]). Die ILCOR-BLS-Taskforce empfahl ferner, dass Laienersthelfer bei Erwachsenen und Kindern mit vermutetem Atem-Kreislauf-Stillstand mit der CPR beginnen sollen, ohne Bedenken hinsichtlich einer potenziellen Schädigung des Patienten, falls sich dieser doch nicht im Atem-Kreislauf-Stillstand befindet (starke Empfehlung, sehr schwache Evidenz; [556]). Ein Cochrane-Review zu kontinuierlichen Thoraxkompressionen bei nichtasphyktischen Kreislaufstillständen außerhalb eines Krankenhauses fand nur eine Studie mit pädiatrischen Daten [557]. Der RR enthielt zusätzlich Simulationsstudien mit Puppen im Sinn einer indirekten Evidenz (Anhang RR 19.1-19.4-19.5; [558-562]). Es wird zudem auf die RR zur Pulskontrolle verwiesen (RR 19.7 und RR 25 CPR für die nicht pulslose Bradykardie).

Die Mehrzahl der Kreislaufstillstände im Kindesalter wird durch Hypoxämie oder Ischämie verursacht und die Sauerstoffreserven sind meist zum Zeitpunkt des manifesten Atem-Kreislauf-Stillstands aufgebraucht. Die Bedeutung der Beatmung in diesem Zusammenhang wurde wiederholt betont [563]. Die PLS-COSTR 2020 empfehlen daher, dass Ersthelfer beim kindlichen Atem-Kreislauf-Stillstand außerhalb eines Krankenhauses (OHCA) eine CPR mit Beatmungen durchführen [143]. Die Taskforce identifizierte 2 zusätzliche Artikel (sehr schwache Evidenz), die keinen Unterschied im Überleben und im neurologischen Outcome bei CPR ohne Beatmungen ("compression-only", CPR) bei Kindern (älter als Säuglinge) fanden, hielt dies jedoch nicht für ausreichend, um ihre Empfehlung zu ändern [564, 565]. In einer multizentrischen Kohortenstudie waren höhere Beatmungsraten während der CPR mit einem verbesserten Outcome verbunden [566].

Bei bewusstlosen Kindern mit Atemwegsobstruktion kann es zu einem Atemstillstand kommen. Die Spontanatmung kann oft durch einfaches Öffnen der Atemwege und einige Beatmungshübe wiederhergestellt werden. Solche Kinder haben ein sehr gutes Outcome, werden jedoch möglicherweise nicht in Reanimationsregistern erfasst, es sei denn, vor dem Öffnen der Atemwege werden Thoraxkompressionen begonnen.

Bei diesen Empfehlungen wurde auch Folgendes berücksichtigt:

- Mobiltelefone sind allgegenwärtig und die meisten Notrufe erfolgen derzeit darüber. Begrenzte Evidenz deutet darauf hin, dass etwa 60 % der Anrufer ihr Mobiltelefon auf Lautsprecher stellen können.
- Für die CPR bei Erwachsenen empfiehlt die ILCOR-BLS-Taskforce, dass ein alleiniger Ersthelfer mit einem Mobiltelefon zuerst den Notruf wählt. den Lautsprecher oder eine andere Freisprechoption auf dem Mobiltelefon aktiviert und dann sofort mit der CPR beginnt (starke Empfehlung, sehr schwache Evidenz; [556]).
- Das Entfernen von Kleidung schien die Oualität der CPR in 2 Simulationsstudien nicht zu beeinflussen, führte jedoch zu einer Verzögerung von etwa 30 s.
- Das Erkennen von abnormaler Atmung ist bei telefonisch angeleiteter CPR mitunter nicht einfach. Das Hinzufügen spezifischer, beschreibender Schlüsselwörter durch den Leitstellendisponenten könnte dies verbessern. Manche schlagen bei Erwachsenen das Handauflegen auf den Bauch vor [567]. Diese Methoden sind besonders relevant, wenn bei der Annäherung an Mund und Nase des Betroffenen Sicherheitsbedenken bestehen (z. B. Übertragung von Viren). In diesen Fällen soll die Standardmethode "Sehen, Hören, Fühlen" vermieden werden [7].
- Es gibt keine Evidenz, die die bestehende Empfehlung von 5 Initialbeatmungen unterstützen oder widerlegen kann. Unter Berücksichtigung der Aspekte von Schulung und Implementierung empfehlen wir daher weiterhin dieses Vorgehen.
- Eine ausreichende Beatmung erfordert eine ausreichend lange Inspirationszeit (1s) und ein ausreichend großes Atemzugvolumen (Thoraxex-

kursion). Dazu muss zwischen dem Mund des Helfers (oder der Maske) und dem Mund (bzw. Mund und Nase) des Kindes eine gute Dichtigkeit bestehen (bei Bedarf Nase oder Lippen schließen, um ein Entweichen der Luft zu vermeiden). Wenn verfügbar, sollen kompetente Helfer eine (Zwei-Helfer-)Beutel-Maske-Beatmung - vorzugsweise mit Sauerstoff - anstelle einer Beatmung mit Expirationsluft durchführen. Wenn bei größeren Kindern keine Beutel-Maske-Beatmung verfügbar ist, können kompetente Helfer auch eine Notfallbeatmungsmaske (z. B. Pocket Mask) zur Beatmung verwenden.

Alle drei Kriterien der Überlebensformel - Forschung, Ausbildung und Implementierung - sind wichtig, und es wird empfohlen, dass nur diejenigen, die speziell für pädiatrische Basismaßnahmen geschult wurden, die pädiatrischen Leitlinien verwenden. Die in den Leitlinien für Kinder von 2015 empfohlene Kompressions-Ventilations-Ratio betrug 15:2. Es gibt keinen Grund, diesen zu ändern. Alle 2 min sollen kurze Pausen für die Rhythmuskontrolle sowie der Wechsel des thoraxkomprimierenden Helfers geplant werden, um Ermüdungseffekte zu minimieren. In Fällen, in denen das Risiko einer frühzeitigeren Ermüdung besteht (z. B. beim Tragen einer vollständigen PSA für COVID-19), kann ein häufigerer Wechsel sinnvoll sein [568].

# BLS bei traumatischem Atem-Kreislauf-Stillstand

Die meiste Evidenz zu diesem Thema ist indirekt (Anhang RR 19.6). Wir identifizierten 4 Beobachtungsstudien und beziehen uns auf das Erste-Hilfe-COSTR des ILCOR zu äußeren Blutungen und Bewegungseinschränkungen der Wirbelsäule [496, 569-572]. Ein traumatischer Atem-Kreislauf-Stillstand bei Kindern ("traumatic cardiac arrest", TCA) ist selten und hat ein schlechtes Outcome, Von 21,710 Kindern in der britischen TARN-Datenbank erlitten 0,6 % einen TCA [570]. Insgesamt betrug die 30-Tage-Überlebensrate 5,4 % (95 % KI 2,6-10,8; n=7). In einer Kohorte mit

TCA war der initiale Rhythmus in nur 3,5 % schockbar [569]. Die meisten TCA waren nicht beobachtet (49,5%), und weniger als 20% der Kinder erhielten Thoraxkompressionen durch Ersthelfer; 19,5% erreichten einen ROSC noch in der Präklinik, 9,8 % überlebten die ersten 24h und 5,7% bis zur Entlassung aus dem Krankenhaus. Im Gegensatz zu Patienten mit stumpfen Traumata oder Strangulationen wurden die meisten mit TCA, die die ersten 24h nach penetrierenden Traumata oder Ertrinken überlebten, lebend entlassen. Wir fanden keine Studien, die eine Korrelation zwischen einer bestimmten Sequenz der BLS-Maßnahmen und dem Outcome bei TCA untersuchen. Telefonunterstützte CPR schien nicht mit einem anhaltenden ROSC assoziiert zu sein [573]. Bei einem TCA war es weniger wahrscheinlich, dass der Leitstellendisponent den Atem-Kreislauf-Stillstand erkannte oder eine Ersthelfer-CPR ein- oder anleitete. Verbesserte CPR-Protokolle für Leitstellendisponenten bei TCA sollen untersucht und validiert werden.

Insgesamt wurde in 20-35% eines kindlichen TCA eine CPR durch Ersthelfer durchgeführt [571]. Die Interventionen von Ersthelfern waren sehr unterschiedlich und in erster Linie abhängig von situativen Faktoren und der Art des medizinischen Notfalls. In einer Kohorte wiesen Überlebende gegenüber Nichtüberlebenden eine 3-fach höhere Rate an Ersthelfer-CPR auf [569]. Dieser Überlebensvorteil bei Ersthelfer-CPR könnte für Traumapatienten in Ländern mit niedrigem und mittlerem Einkommen noch größer sein, da bereits eine Änderung der Lagerung und die Öffnung der Atemwege durch Ersthelfer die Sterblichkeit verringern konnte [574]. Sofern sicher durchführbar, wird für Kinder mit TCA eine Ersthelfer-CPR empfohlen. Ersthelfer sollen Bewegungen der Wirbelsäule so weit wie möglich minimieren, ohne jedoch die Reanimationsmaßnahmen zu behindern.

Es gibt keine Daten zum Einfluss der einzelnen CPR-Komponenten beim kindlichen TCA. Unter 424 Erwachsenen mit TCA gab es zwischen AEDund Nicht-AED-Gruppen keinen signifikanten Unterschied bezüglich eines nachhaltigen ROSC [575]. Schockbare Rhythmen sind bei TCA im Kindesalter selten. In den Empfehlungen für den TCA bei Erwachsenen hat die Defibrillation ebenfalls an Bedeutung verloren. Daher empfehlen wir keine routinemäßige Verwendung von AED im Rahmen eines kindlichen TCA, es sei denn, es besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen eines zugrundeliegenden schockbaren Rhythmus.

Massive Blutungen sind eine der Ursachen für einen TCA. Die initiale Maßnahme bei massiven äußeren Blutungen ist die direkte Kompression - wenn möglich unter Verwendung blutstillender Verbände. Die ILCOR-Taskforce "Erste-Hilfe" schlug vor, dass Ersthelfer, wenn lebensbedrohliche äußere Blutungen für die Anwendung eines Tourniquets geeignet sind, ein Tourniquet verwenden sollen, anstelle der alleinigen manuellen Kompression [496]. Ein medizinisches Tourniquet ist einem improvisierten Tourniquet vorzuziehen (schwache Empfehlungen, sehr schwache Evidenz).

#### **Pulskontrolle**

Hierzu wurden 2 Beobachtungsstudien identifiziert und wir verweisen zudem auf RR 32.3 zur Verwendung von Ultraschall während der CPR [576, 577]. Es gibt keine randomisiert-kontrollierte Studie (RCT), in der die manuelle Pulskontrolle mit der Erkennung von Lebenszeichen verglichen wurde (Anhang RR 19.7). Das Kriterium Lebenszeichen wurde in den Leitlinien implementiert, da beim alleinigen Pulstasten Bedenken hinsichtlich falsch-negativer Befunde bestehen und somit gegebenenfalls keine CPR durchgeführt würde, obwohl diese erforderlich wäre. Der Beginn einer CPR bei Personen, die keine Wiederbelebungsmaßnahmen benötigen, ist vergleichsweise unkritisch, zumal CPR-induzierte Verletzungen bei Säuglingen und Kindern selten sind. Zudem deuten einige Daten darauf hin, dass CPR-Maßnahmen bei Kindern mit nicht pulsloser Bradykardie und stark beeinträchtigter Perfusion das Outcome verbessern [578].

Das Erkennen von pulslosen Kreislaufstillständen und eines ROSC beim pädiatrischen ALS beruht auf der Beurteilung des Kreislaufs, einschließlich der manuellen Pulskontrolle. Obwohl erfahrene, professionelle Helfer zuverlässiger den Puls tasten als unerfahrene Helfer, ist das Risiko von Fehleinschätzungen sowie von längeren CPR-Pausen gleichwohl erheblich. Die Beurteilung des Kreislaufs soll daher während des Kreislaufstillstands auch andere Parameter, wie das etCO2, den Blutdruck und die SpO2 oder gegebenenfalls die Sonografie umfassen.

# Thoraxkompressionen: Frequenz - Tiefe - Entlastung

Das PLS-COSTR #1605 von 2020 zur Thoraxkompressionstiefe ergab keine ausreichende Evidenz, um bestehende Empfehlungen zu ändern. Zusätzlich zu einer Übersichtsarbeit [579] beziehen wir uns auf 6 RCT [580-585] und 15 Beobachtungsstudien (Anhang RR 21.1; [586-600]).

Es gibt Evidenz, dass die Qualität der Thoraxkompressionen, einschließlich der Hands-off-Zeit, mit dem Outcome korreliert. Idealerweise sollen dabei mehrere Kompressionskriterien (siehe unten) in Kombination berücksichtigt werden. Anstelle den Durchschnitt jedes Kriteriums einzeln zu betrachten, soll der Fokus auf gleichbleibend guten Kompressionen insgesamt liegen, im Sinn eines hohen Prozentsatzes an korrekt durchgeführten Kompressionen:

- 1. Frequenz: In den Leitlinien von 2015 wurde eine Kompressionsfrequenz von 100 bis 120/min für Säuglinge und Kinder empfohlen. Zu hohe Frequenzen sind bei Kindern keine Seltenheit und können sich negativ auf das Outcome auswirken [601, 602]. Es gibt eine sehr schwache Evidenz dafür, dass etwas langsamere Kompressionsfrequenzen (80-100/min) mit einer höheren Überlebensrate hinsichtlich Krankenhausentlassung und günstigem neurologischem Outcome verbunden sind [587]. Die aktuelle Leitlinie bleibt hier jedoch unverändert.
- 2. Tiefe: Eine bestimmte Kompressionstiefe ist erforderlich, um einen ausreichend hohen Blutdruck und

eine adäquate Perfusion zu erzeugen. Eine zu tiefe Kompression kann das Outcome allerdings verschlechtern. In den Leitlinien von 2015 wurde empfohlen, die untere Hälfte des Sternums um mindestens ein Drittel des anterior-posterioren (AP) Thoraxdurchmessers zu komprimieren (Säugling 4 cm, Kind 5 cm). Bei älteren, größeren Kindern kann diese Ein-Drittel-Empfehlung jedoch in einer Kompressionstiefe von mehr als 6 cm (obere Erwachsenengrenze) resultieren. Andererseits wird das 2015 definierte Kompressionsziel von 4 bzw. 5 cm Tiefe häufig nicht erreicht, insbesondere, wenn zu große Bedenken hinsichtlich einer zu tiefen Kompression bestehen [594]. Die visuelle Bestimmung der Kompressionstiefe in Zentimeter ist nahezu unmöglich (einschätzbar nur mittels Feedback-Geräten). Wir empfehlen daher weiterhin, die untere Hälfte des Sternums um ein Drittel des AP-Durchmessers des Thorax zu komprimieren. Bei größeren Kindern sollen die Kompressionen nicht tiefer sein als die 6-Zentimeter-Grenze für Erwachsene (etwa eine Daumenlänge eines Erwachsenen). Die Position des Arms im 90-Grad-Winkel zum Thorax und die Verwendung eines Tritthockers sind modifizierbare Faktoren, die eine verbesserte Thoraxkompressionstiefe ermöglichen können [603].

- 3. Unzureichende Entlastung und Abstützen: Beides kann durch Behinderung des Blutrückflusses zum Herzen das Outcome ungünstig beeinflussen. Wenngleich es keine Evidenz für einen Zusammenhang zwischen Frequenz, Tiefe und Entlastung gibt, soll dennoch das Risiko einer unzureichenden Entlastung bei der Durchführung der CPR beachtet werden
- 4. Hands-off-Zeit: Indirekte Evidenz aus Erwachsenendaten legt nahe, dass es wichtig ist, die diese so kurz wie möglich zu halten.

Visuelles Feedback hilft dabei, die Kompressionsfrequenz im Zielbereich zu halten; die jeweils ausgeübte Kraft jedoch bleibt weitgehend variabel. Feedback-Geräte können die Qualität der CPR positiv beeinflussen, allerdings ist die aktuelle Evidenz immer noch nicht eindeutig. Bis weitere Daten (z.B. aus der multizentrischen PediResQ-Studie) verfügbar sind, bleiben die Empfehlungen am ILCOR BLS-COSTR ausgerichtet. Dieser spricht sich gegen die routinemäßige Implementierung von Echtzeit-CPR-Feedback-Geräten als alleinige Maßnahme zur Verbesserung des Reanimationsoutcomes aus, wenn dies nicht Teil umfassender qualitätsverbessernder Maßnahmen ist (schwache Empfehlung, sehr schwache Evidenz; [556]). Dort, wo derzeit bereits Echtzeit-CPR-Feedback-Geräte verwendet werden, sollen diese Geräte weiterhin verwendet werden, da andererseits keine Evidenz für relevante Schädlichkeit vorliegt (schwache Empfehlung, sehr schwache Evidenz).

Die ILCOR-BLS-Taskforce bewertete auch die Auswirkungen einer festen Unterlage auf die Thoraxkompressionen [556]. Sie gab die folgende Empfehlung ab: "Wir empfehlen, wenn möglich, die Thoraxkompressionen auf einer festen Unterlage durchzuführen (schwache Empfehlung, sehr schwache Evidenz). Bei einem Atem-Kreislauf-Stillstand im Krankenhaus empfehlen wir, bei einem Bett mit CPR-Modus, durch den die Festigkeit der Matratze erhöht wird, diesen zu aktivieren (schwache Empfehlung, sehr schwache Evidenz). Bei einem Atem-Kreislauf-Stillstand im Krankenhaus empfehlen wir nicht, einen Patienten aus dem Bett auf den Boden umzulagern, um die Tiefe der Thoraxkompressionen zu erhöhen (schwache Empfehlung, sehr schwache Evidenz). Bei einem Atem-Kreislauf-Stillstand im Krankenhaus empfehlen wir zur Verbesserung der Thoraxkompressionstiefe entweder die Verwendung eines Reanimationsbretts (wenn dieses bereits in der Routine implementiert ist) oder eine Strategie ohne Reanimationsbrett (falls dies noch nicht aktuelle Praxis ist) (bedingte Empfehlung, sehr schwache Evidenz)."

Bezüglich des Einflusses der Unterlage fehlen Studien zu kindlichen Kreislaufstillständen außerhalb des Krankenhauses (OHCA). Anwender sollen eine unzureichende Kompressionstiefe aufgrund weicher Unterlagen vermeiden und entweder die Unterlage ändern oder die Kompressionskraft anpassen. Im Allgemeinen können Kinder leichter umgelagert werden, um die CPR-Qualität zu verbessern (feste Oberfläche, bessere Zugänglichkeit zum Patienten). Der Nutzen des Umlagerns soll gegen das Risiko von Verletzungen, Verzögerungen, beengten Platzverhältnissen (beim Umlagern auf den Boden) und des Verlusts der Überwachung oder des Gefäßzugangs abgewogen werden.

# Thoraxkompressionen: Methode

Es wurden 3 systematische Reviews [604-606], 4 Beobachtungsstudien [607-610] und 24 (randomisierte) Simulationsstudien (Anhang RR 21.2) gefunden [598, 602, 611-630].

Die Methode der Thoraxkompressionen beeinflusst das Erreichen der angestrebten Ziele für Frequenz, Tiefe und Entlastung. Die verfügbare Evidenz für verschiedene Kompressionsmethoden ist sehr begrenzt.

Für Säuglinge wurde in früheren Leitlinien empfohlen, bei Einzelhelfern die Zwei-Finger- und bei 2 Helfern die thoraxumgreifende Zwei-Daumen-Technik zu verwenden. Die Kompression soll über der unteren Hälfte des Sternums erfolgen. Die Zwei-Finger-Technik ist jedoch mit einer suboptimalen Kompressionsqualität und einer frühzeitigen Ermüdung verbunden. Die thoraxumgreifende Zwei-Daumen-Technik hingegen ist effektiver, auch bei einem einzelnen Helfer. Die Hands-off-Zeiten unterscheiden sich kaum von denen bei der Zwei-Finger-Technik, wobei die Gefahr einer unvollständigen Entlastung besteht; dies ist bei Schulungen zu berücksichtigen. Die Zwei-Finger-Technik soll nur für nicht geschulte Helfer in Betracht gezogen werden (unterstützt durch telefonische Anleitung) oder für Helfer, die nur im Erwachsenen-BLS ausgebildet sind. Hier wäre die thoraxumgreifende Zwei-Daumen-Technik möglicherweise ad hoc zu schwierig zu erklären.

In den PLS-Leitlinien von 2015 wurde empfohlen, dass die Daumen bei Verwendung der thoraxumgreifenden Zwei-Daumen-Technik nebeneinander und nicht überlappend platziert sein

sollen. Dies unterschied sich von den Leitlinien für Neugeborene von 2015, in denen empfohlen wurde, einen Daumen über den anderen zu legen. Es wird nun auch für Säuglinge empfohlen, wenn möglich, die letztere Methode zu verwenden, basierend auf einer schwachen Evidenz, dass mithilfe übereinanderliegender Daumen ein höherer Perfusionsdruck erzeugt werden kann, bei gleichzeitig geringerer Leberkompressi-

Kürzlich wurden neue Techniken zur Verbesserung der Qualität der CPR untersucht. Keine davon wurde bei Kindern validiert. Vorläufige Ergebnisse aus Simulationsstudien an Puppen legen nahe, dass diese Methoden mindestens so effektiv sind wie die Standardtechniken [631]. Die modifizierte vertikale Zwei-Daumen-Technik kann besonders für Helfer mit kleineren Händen nützlich sein [632]. Diese neuen Techniken sollen nur dann als Alternativen für in ihrer Anwendung geschulte Helfer erwogen werden, wenn Standardmethoden zu ermüdend oder zu schwierig durchzuführen sind.

Der optimale Kompressionspunkt für Säuglinge wurde in den 2015er-Leitlinien im Bereich der unteren Sternumhälfte festgelegt. Um die Kompression anderer Organe zu vermeiden, wurde empfohlen, eine Fingerbreite über dem Xiphoid zu bleiben. Aktuelle Daten aus CT-Studien legen nahe, dass diese Empfehlung weiterhin Bestand haben soll. In einer Studie wurde der Wert von Positionshilfen im Sinn von Markierungsaufklebern zur Verbesserung der CPR-Qualität hervorgehoben [612].

Für Kinder über ein Jahr können Helfer entweder die ein- oder die zweihändige Kompressionstechnik verwenden. Es gibt nicht genügend Evidenz, um die Empfehlungen von 2015 zu ändern oder eine Technik einer anderen vorzuziehen. Das Erreichen der angestrebten Qualitätsziele bestimmt die dafür anzuwendende Technik. Bei Verwendung der Einhandtechnik kann die andere Hand entweder so positioniert werden, dass durchgehend ein offener Atemweg gewährleistet oder der Kompressionsarm am Ellbogen stabilisiert wird.

Die Leitlinien empfehlen grundsätzlich, die den Thorax komprimierende Person alle 2 min zu wechseln. Unabhängig von der Technik kann es jedoch bereits nach 60 bis 90 s zur Ermüdung mit abnehmender Qualität kommen. Helfer sollen daher auf Ermüdung achten und bei Bedarf die Hände, die Technik oder den Helfer wechseln, um eine optimale Qualität der Thoraxkompressionen aufrechtzuerhalten.

# Verwendung eines automatisierten externen Defibrillators (AED) als Teil von PRI S

Es wurden eine Leitlinie [633], ein systematischer Review [634], eine Übersichtsarbeit [635] und 11 Beobachtungsstudien identifiziert (Anhang RR 22; [14, 636-645]).

Die frühzeitige Defibrillation bei Patienten im Atem-Kreislauf-Stillstand mit schockbarem Rhythmus geht mit einer hohen Wahrscheinlichkeit für einen ROSC und einem guten neurologischen Outcome gleichermaßen bei Kindern und Erwachsenen einher. Bei Kindern mit einem initial nicht schockbaren Rhythmus kann die Verwendung eines AED jedoch die No-flow-Zeit verlängern und die Aufmerksamkeit von anderen Interventionen ablenken, die das Outcome positiv beeinflussen würden.

Im Rahmen der Basismaßnahmen ist es unmöglich, vor dem Anbringen eines AED oder eines anderen EKG-Monitors den zugrundeliegenden Rhythmus zu bestimmen. Daher müssen sich die Helfer bei der Entscheidung zur Verwendung eines AED auf kontextbezogene Überlegungen stützen. Alternativ kann bei allen Kindern ein AED angebracht werden. Die Wahrscheinlichkeit eines schockbaren Rhythmus ist bei älteren Kindern, Kindern mit bestimmten Vorerkrankungen oder einem plötzlichen, beobachteten Kollaps viel höher. Schockbare Rhythmen können aber auch in anderen Fällen auftreten, selbst bei sehr jungen Kindern. Schließlich entwickelt ein kleiner Teil der Kinder mit einem anfänglich nicht schockbaren Rhythmus im Verlauf der CPR einen schockbaren Rhythmus (0,5-2%). Es gibt nicht genügend Evidenz, um bestehende Empfehlungen zu ändern. Für die Behandlung von Kammerflimmern (VF)/pulsloser Kammertachykardie (VT) bei Kindern unter 8 Jahren außerhalb des Krankenhauses wird für den Modus der Defibrillation folgende Präferenz empfohlen: 1) manueller Defibrillator, 2) AED mit Dosisreduktion oder 3) AED ohne Dosisreduktion, Falls sich die Bereitstellung des bevorzugten Geräts verzögert, soll das (unmittelbar) verfügbare Gerät verwendet werden. Die Mehrheit der vorhandenen AED liefert eine Standarddosis von 120 bis 200 J (biphasisch). Mit einem AED mit pädiatrischer Dosisreduktion beträgt die Dosis in der Regel 50 J. Der implementierte EKG-Algorithmus eines AED für kleine Kinder soll eine hohe Spezifität und Sensitivität für das Erkennen schockbarer Rhythmen bei Säuglingen aufweisen.

Während weiterhin die besondere Bedeutung von (initialen) Beatmungen und hochwertigen Thoraxkompressionen betont wird, empfehlen wir nunmehr die Verwendung von AED nach Möglichkeit bei allen Kindern, d. h. wenn mehr als ein Helfer anwesend und ein AED zugänglich ist. Ist nur ein Helfer anwesend, soll die CPR nicht unterbrochen werden, um einen AED zu beschaffen, es sei denn, es besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit für einen primär schockbaren Rhythmus (z. B. bei einem plötzlichen, beobachteten Kollaps) und einem AED in unmittelbarer Nähe.

Diese Empfehlungen gelten für geschulte Anwender. Die CPR durch ungeschulte Helfer wird nach Möglichkeit von Leitstellendisponenten telefonisch angeleitet. Die Gefahr einer verlängerten Noflow-Zeit und einer suboptimalen CPR-Oualität ist höher, wenn nichtgeschulte Helfer einen AED verwenden, auch bei telefonischer Unterstützung durch einen Leitstellendisponenten. Obwohl es keine spezifischen Daten gibt, die dies untermauern, empfehlen wir, dass ein AED als Teil einer telefonisch unterstützten CPR nur in den Fällen eingesetzt werden soll, in denen die Wahrscheinlichkeit eines primär schockbaren Rhythmus sehr hoch ist (wie bei einem plötzlichen, beobachteten Kollaps oder beim Vorliegen bestimmter kardialer Vorboten) und

wenn ein AED in der Nähe und zugänglich ist.

# Stabile Seitenlage

Bei diesen Empfehlungen wurden der ILCOR-Erste-Hilfe-COSTR zu diesem Thema [496] sowie eine Leitlinie [646], 3 systematische Reviews [647-649], 2 RCT [650, 651] und 5 Beobachtungsstudien berücksichtigt (Anhang RR 23; [652-656]). Die stabile Seitenlage wurde empfohlen für bewusstlose Nichttraumapatienten ohne Notwendigkeit einer Atemwegssicherung und ohne Atem-Kreislauf-Stillstand. Bei korrekter Durchführung verbessert sie im Vergleich zur Rückenlage das Offenhalten der Atemwege und verringert das Aspirationsrisiko. In einer Kohortenstudie war die stabile Seitenlage mit einer signifikanten Reduktion der Krankenhausaufnahmerate verbunden [655]. einem Atem-Kreislauf-Stillstand verlieren Kinder fast immer sofort das Bewusstsein, können jedoch bis zu 2 min nach dem Stillstand noch Atembewegungen ausführen. Die stabile Seitenlage kann das frühzeitige Erkennen einer abnormalen Atmung erschweren. Um dies zu verhindern, sollen die Helfer geschult werden, wiederholt die Atmung zu beurteilen. Durch die Änderung der Empfehlung, den Betroffenen nicht mehr regelmäßig, sondern jede Minute zu reevaluieren, wurde die Wahrscheinlichkeit, einen Atem-Kreislauf-Stillstand zu entdecken, erheblich erhöht [651]. Bei ungeschulten Ersthelfern sollen Leitstellendisponenten daher bis zum Eintreffen des Rettungsdiensts mit den Helfern in Kontakt bleiben.

Die Evidenz ist insgesamt sehr begrenzt, und es bleibt unklar, ob diese Empfehlung für alle Situationen und für alle Arten von Helfern gilt. Bei Schwangeren und bei Kindern mit Intoxikation ist eine Linksseitenlagerung vorzuziehen [647]. In Situationen, in denen ein hohes Risiko für einen hypoxischen Atemstillstand oder einen bevorstehenden Atem-Kreislauf-Stillstand besteht, ist es eher ratsam, den Patienten in Rückenlage zu belassen, die Überstreckung des Kopfes und das Anheben des Kinns fortzusetzen oder den Esmarch-Handgriff anzuwenden. Für den speziellen Fall bewusstloser Traumapatienten muss zudem das Risiko einer Atemwegsobstruktion gegen das einer sekundären Wirbelsäulenverletzung abgewogen werden. Die Evidenz für eine mögliche Schädigung bei lateraler Rotation nach Trauma ist nicht eindeutig. Für die obligatorische Inline-Stabilisierung der Wirbelsäule müssen mehrere Helfer das Kind in die stabile Seitenlage bringen.

# Atemwegsverlegung durch Fremdkörper (FBAO)

Atemwegsverlegungen durch Fremdkörper verursachen jährlich Tausende von Todesfällen, insbesondere in gefährdeten Bevölkerungsgruppen, die Schwierigkeiten haben, ihre Atemwege selbstständig zu schützen, wie z.B. Kinder [657]. Schnelle Eingriffe von ungeschulten Ersthelfern vor Ort können das Überleben erheblich verbessern. Altersspezifische Manöver für die Fremdkörperaspiration sind seit mehr als 25 Jahren Teil der Reanimationsleitlinien. Obwohl die Fremdkörperaspiration ein wichtiges gesundheitliches Problem darstellt und viele Einzelberichte über eine erfolgreiche Öffnung der Atemwege vorliegen, ist die Evidenz für diese Leitlinien widersprüchlich und sehr schwach (Anhang RR 24; [658-662]). Ein diesem Thema gewidmeter 2020 COSTR BLS368 lieferte Behandlungsempfehlungen [556].

Es wird empfohlen, keine erhältlichen sog. Antierstickungsgeräte ("antichoking devices") in der Ersten Hilfe eines zu ersticken drohenden Kindes zu verwenden. Die sofortige Verwendung eines solchen Geräts kann umstehende Personen davon abhalten, die empfohlenen Schritte des aktuellen Algorithmus rechtzeitig auszuführen. In Ermangelung des Sicherheitsnachweises solcher Geräte können bestimmte Risiken für Kinder nicht ausgeschlossen werden. Solche Geräte können die Fähigkeit zum Husten bei wachen Kindern beeinträchtigen und die oberen Atemwegsstrukturen schädigen oder die Aspiration von Mageninhalt fördern. Mit der weit verbreiteten Implementierung solcher Geräte wären auch erhebliche Kosten verbunden. Derzeit existiert hierfür keine Evidenz. Weitere Untersuchungen sind hier notwendig, insbesondere bei Betroffenen, die nicht mehr effizient husten können oder bewusstlos sind [663]. In Situationen, in denen herkömmliche Manöver fehlgeschlagen sind, kann ein Anti-Erstickungsgerät eine Ergänzung zur Standardbehandlung sein. Derzugt soll dies jedoch nur bei einer Evaluation im Rahmen von Studien erfolgen.

# Thoraxkompressionen bei Kindern ohne Atem-Kreislauf-Stillstand

Trotz fehlender Evidenz wurde in vorangehenden Leitlinien empfohlen, Bradykardien mit Anzeichen einer schlechten Perfusion, selbst bei fühlbarem Puls, durch sofortige Reanimationsmaßnahmen zu behandeln (Anhang RR 25; [664-666]). In einer Studie wurden Kompressionen im Frühstadium einer nicht pulslosen Bradykardie bei 18% der Kinder, welche Wiederbelebungsmaßnahmen erhielten, begonnen, bevor das Kind pulslos wurde, während dies nur auf 2% der Erwachsenen zutraf, die eine CPR erhielten [667]. Das Überleben bis zur Entlassung nach pulslosen, nicht schockbaren Ereignissen war bei Kindern (24%) besser als bei Erwachsenen (11%), was möglicherweise auf eine frühe aggressive Behandlung bei bradykarden Kindern mit schlechter Durchblutung zurückzuführen ist.

Das Outcome eines hypoxischen Atem-Kreislauf-Stillstands ist deutlich schlechter als das eines primären Atem-Kreislauf-Stillstands mit kardialer Ursache. Es ist wahrscheinlich, dass Kinder mit einem hypoxischen Atem-Kreislauf-Stillstand zum Zeitpunkt des Stillstands bereits schwere hypoxische Hirnschäden erlitten haben. Bei Organspendern nach Atem-Kreislauf-Stillstand sind nach Beenden der lebenserhaltenden Maßnahmen die ersten beobachteten physiologischen Schritte ein Sättigungsabfall und eine Hypoperfusion [668]. Diese Phase vor der terminalen Bradykardie kann zwischen einigen Minuten und 3h dauern. Nach dem Einsetzen der Bradykardie tritt der somatische Tod normalerweise innerhalb weniger Minuten ein.

Mehrere kürzlich durchgeführte Studien zeigten, dass Kinder, die wegen Bra-

Notfall + Rettungsmedizin 4 · 2021 691

dykardien mit Puls und schlechter Perfusion Reanimationsmaßnahmen erhielten, ein besseres Outcome erzielten als Kinder, die eine sofortige Asystolie oder PEA erlitten [578, 669, 670]. Insgesamt war das Outcome in der Kohorte der Kinder am besten, die bradykard wurden, Reanimationsmaßnahmen erhielten, aber nie pulslos wurden. Je länger die Zeit zwischen dem Beginn der Reanimationsmaßnahmen bei Bradykardien mit Puls und schlechter Perfusion und dem tatsächlichen Pulsverlust war, desto geringer war die Überlebenschance.

Wir sehen somit einen größeren Benefit darin, frühzeitig Reanimationsmaßnahmen durchzuführen, um ein besseres Outcome zu erzielen als durch das niedrige Risiko eines potenziellen Schadens, das durch versehentlich durchgeführte Reanimationsmaßnahmen dem Patienten entsteht. Es ist oft unmöglich, den genauen Zeitpunkt des Pulsverlusts zu identifizieren. Das Warten auf Pulslosigkeit (oder den Verlust der SpO2-Messung, Blutdruckwerten usw.) führt nur zu einer Verzögerung.

Derzeit gibt es keine Studien zum Outcome von Thoraxkompressionen auf das Überleben bei Kindern mit Schockzuständen und sehr geringen Auswurfraten ohne Bradykardie (z. B. supraventrikuläre Tachykardie).

# Pads oder Paddels zur Defibrillation

Das ILCOR COSTR EvUp (PLS 378-426) identifizierte keine ausreichende Evidenz, um die aktuellen Leitlinien zu ändern (Anhang RR 26.1; [143, 671-674]). In den Situationen, in denen keine selbstklebenden Pads verfügbar sind, sind Paddels eine akzeptable Alternative. Paddels können auch für die erste Defibrillation verwendet werden, wenn das Aufbringen von selbstklebenden Pads zu lange dauert. Wie im Jahr 2015 können Defibrillationspaddels verwendet werden, um einen Rhythmus zu bestimmen, wenn Monitorkabel oder selbstklebende Pads nicht sofort verfügbar sind.

Es konnten keine sehr hohen Evidenzen identifiziert werden, die entweder die anterioposteriore (AP) oder die anterolaterale (AL) Position begünstigen. Die letzte Leitlinie schlug vor: "Wenn die Paddels zu groß sind und die Gefahr eines Kurzschlusses über die Paddels besteht, soll eines auf dem oberen Rücken unterhalb des linken Schulterblatts und das andere vorne links neben dem Sternum platziert werden" [666]. Andere Quellen schlagen iedoch eine etwas andere Position vor, basierend auf Anatomie und Pathophysiologie. In Anbetracht dessen und im Hinblick auf Konsistenz, empfehlen wir die AP-Position, das vordere Pad in der Mitte der Brust unmittelbar links neben dem Brustbein und das hintere Pad in der Mitte des Rückens zwischen den Schulterblättern zu platzieren. Sehr geringe Evidenzsicherheit deutet darauf hin, dass die AP-Position mindestens so effektiv sein könnte wie die AL-Position. Die AP-Position ist mit Paddels schwer durchzuführen. Bei refraktären VF/pVT und einer anfänglichen AL-Position selbstklebender Pads sollen Sie erwägen, diese in eine AP-Position zu ändern

# Multiple Schockabgaben

Die Leitliniengruppe PLS identifizierte keine neue Evidenz, um die bestehenden Empfehlungen zu ändern, die eine Einzelschockstrategie mit sofortigen Reanimationsmaßnahmen befürworten (Anhang RR 26.2). In einer Situation mit angeschlossenem Monitoring und einem sofort einsatzbereiten Defibrillator ist jedoch eine sofortige Defibrillation - vor Beginn der Reanimationsmaßnahmen nach dem Auftreten von VF/pVT möglich und möglicherweise vorteilhaft. Es wird angenommen, dass das Herz in dieser Phase leichter defibrillierbar ist [675]. Wenn ein sofortiger Defibrillationsversuch nicht erfolgreich ist, kann das Outcome möglicherweise mit einem zweiten und bei Bedarf mit einem dritten Versuch verbessert werden, bevor mit der CPR begonnen wird. In Anbetracht dessen und der relativ begrenzten Zeitverzögerung eines Vorgehens mit 3 initialen Schocks empfehlen wir, bei beobachtetem VF/pVT - trotz sehr begrenzter Evidenz - die Verwendung eines Ansatzes mit multiplen Schocks für diejenigen Kinder, die überwacht werden und bei denen ein Defibrillator sofort einsatzbereit ist [676, 677]. Dieser Ansatz der multiplen Schocks wurde auch während des ALS für Patienten mit COVID 19 empfohlen, bei denen die Helfer noch keine angemessene persönliche Schutzausrüstung tragen [7]. Bei einem Vorgehen mit multiplen Schocks wird i.v. Amiodaron unmittelbar nach den 3 anfänglichen Schocks verabreicht, während Adrenalin erst nach 4 min verabreicht wird.

### Energiedosis und Zeitpunkt der Defibrillation

Schockbare Rhythmen sind bei Kindern nicht ungewöhnlich (4-10%) und ihre Prognose ist besser als bei anderen Rhythmen (Anhang RR 26.3; [678]). Der einflussreichste Faktor des Überlebens bei Atem-Kreislauf-Stillstand einer VF/pVT ist die Zeit bis zur Defibrillation. Sekundäres VF ist zu einem bestimmten Zeitpunkt bei bis zu 27 % der Reanimationsereignisse im Krankenhaus vorhanden und hat eine viel schlechtere Prognose als primäres VF.

Energiedosis: Es gibt inkonsistente Daten zur optimalen Energiedosis für schockbare Rhythmen bei Kindern. Die Überprüfung des ILCOR PLS 405-Scoping Review ergab keine ausreichende neue Evidenz, um die Empfehlungen zu ändern [143]. In der SR von Mercier et al. wurde ein ROSC häufig (≥85%) mit einer Energiedosis im Bereich zwischen 2 und 7 J/kgKG erreicht [679]. Die ideale Energiedosis für eine sichere und effektive Defibrillation ist weiterhin unbekannt. Die Defibrillationsschwelle bei Kindern variiert je nach Körpergewicht und scheint bei Säuglingen höher zu sein. Eine vor Kurzem publizierte Registerstudie schlug einen besseren Erfolg für erste Energiedosen mit etwa 2 J/ kgKG bei pädiatrischem Atem-Kreislauf-Stillstand im Krankenhaus (IHCA) mit primär schockbaren Rhythmen vor [680]. Diese Studie berichtete jedoch nicht über viele wichtige Kovariablen, die das Outcome beeinflusst haben könnten, wie Gründe für Protokollverletzungen, CPR-Qualität, Dauer, No-flow-Zeit und Anzahl der Schocks. Die Studie war für starke Schlussfolgerungen auch zu klein.

Durch Verwendung von Energiedosen über 4 J/kgKG wurden Kinder effektiv mit vernachlässigbaren Nebenwirkungen defibrilliert [679]. Studien am Tiermodell deuten auf eine Myokardschädigung und eine anschließend verminderte Myokardfunktion bei Dosen über 10 J/kgKG hin. Daten und Leitlinien für Erwachsene schlagen eine erste Energiedosis von 120-200 J (abhängig von der Art der Wellenform) mit eskalierenden Dosen für refraktäres oder wiederkehrendes VF vor. Leitlinien für Erwachsene empfehlen außerdem, unabhängig von der Amplitude, einen Defibrillationsversuch bei einem VF durchzuführen, selbst wenn dies als "fein" (im Sinn einer kleinen Amplitude) oder als "nahe an der Asystolie" beurteilt wird [677].

In Anbetracht des Mangels an Evidenz und unter Berücksichtigung von Fragen der Umsetzung und Aufklärung empfehlen wir weiterhin 4J/kgKG als Standardenergiedosis. Es erscheint vernünftig, keine Energiedosen zu verwenden, die über den für Erwachsene empfohlenen liegen, und schrittweise eskalierende Energiedosen für refraktäres VF/pVT in Betracht zu ziehen (d. h. die nicht auf anfängliche Defibrillationen und Antiarrhythmika ansprechen; [681]). Eine niedrigere Energiedosis für den ersten Schock (2 J/kgKG) könnte eine vernünftige Alternative für primär schockbare Rhythmen sein. Wenn kein manueller Defibrillator verfügbar ist, verwenden Sie einen AED, der schockbare Rhythmen bei Kindern erkennen kann (siehe RR 22).

Zeitpunkt der Aufladung und Rhythmusüberprüfung: Bei Erwachsenen ist unklar, ob eine sofortige Defibrillation einer kurzen Zeit der Herz-Lungen-Wiederbelebung vor der Defibrillation überlegen ist [682]. Die ILCOR-BLS-Taskforce schlägt eine kurze CPR-Phase vor, bis der Defibrillator für die Analyse und/ oder Defibrillation bei nicht beobachtetem Atem-Kreislauf-Stillstand bereit ist (schwache Empfehlung, sehr schwache Evidenz; [556]). Sie schlagen auch eine sofortige Wiederaufnahme der Thoraxkompressionen nach der Schockabgabe vor (schwache Empfehlung, sehr schwache Evidenz). Wenn es alternative physiologische Hinweise auf einen ROSC gibt, können die Thoraxkompressionen für die Rhythmusanalyse kurz unterbrochen werden.

Das Intervall zwischen den Defibrillationsversuchen wird wie in den Leitlinien von 2015 auf 2 min festgelegt [666]. Dies basiert auf Expertenmeinungen. Es gibt Studien, die ein verbessertes Outcome bei einem frühzeitigeren zweiten Defibrillationsversuch zeigen. Dies stellt jedoch keine ausreichende Evidenz dar, um die aktuellen Leitlinien zu ändern, insbesondere wenn die Auswirkungen auf Schulung und Implementierung berücksichtigt werden [683, 684].

# Hypothermer Atem-Kreislauf-Stillstand

Die standardmäßigen pädiatrischen ALS-Maßnahmen sollen dem hypothermen Zustand des Patienten angepasst werden. Einzelheiten finden Sie im Kapitel über besondere Umstände in diesen Leitlinien [404]. Es wurden der BLS 2020 COSTR beim Ertrinken [556] sowie eine Leitlinie [685], 4 SR [686-689], 2 narrative Übersichten [690, 691] und 2 Beobachtungsstudien berücksichtigt (Anhang RR 27; [692, 693]). Es ist schwierig, das Überlebenspotenzial mit einem guten neurologischen Outcome bei Kindern nach einem hypothermen Atem-Kreislauf-Stillstand abzuschätzen. Kein einzelner Parameter verfügt über eine ausreichende Aussagekraft. Das Sprichwort "Kein Kind kann für tot erklärt werden, wenn es nicht warm ist" gilt nicht unbedingt für Kinder mit längeren Submersions-/Verschüttungszeiten, einer tödlichen Verletzung, einem vollständig gefrorenen Körper oder einem nicht beherrschbaren Atemweg. Kein Umstand allein war jedoch zu 100 % prädiktiv und speziell bei Kindern waren längere Submersionszeiten in eiskaltem Wasser mit Überleben assoziiert. Wichtig ist, dass die präsentierte Evidenz eine weitaus schlechtere Prognose für Kinder mit vorangegangener oder assoziierter Asphyxie nahe legt. Obwohl dies in der präklinischen Situation nicht immer leicht zu identifizieren ist, sollen der Mechanismus und die Begleitumstände sowie die erste gemessene Körperkerntemperatur (bei <24°C handelt es sich wahrscheinlicher um eine primäre Hypothermie) sorgfältig in die Überlegungen mit einfließen. Darüber hinaus soll das Team auch die potenziellen Risiken für die Helfer, den erwarteten Einsatz von Ressourcen und das Potenzial für Schäden des Patienten berücksichtigen

Jedes Kind mit schwerer Unterkühlung, von dem angenommen wird, dass es eine Chance auf ein günstiges Outcome hat (ob im Atem-Kreislauf-Stillstand oder nicht), soll idealerweise so schnell wie möglich in ein Zentrum mit ECLS- oder kardiopulmonaler Bypassanlagemöglichkeit und Kapazitäten für Kinder transportiert werden. Bei hypothermen Kindern scheint die mediane Notfallsternotomie die bevorzugte Technik für den Gefäßzugang zu sein. Wenn nicht zugänglich, könnte eine kontinuierliche venovenöse Hämofiltration oder Peritonealspülung eine Alternative darstellen, scheint jedoch mit weitaus ungünstigeren Outcomes verbunden zu sein.

### FiO<sub>2</sub> während der CPR

Die ILCOR 2020 COSTR PLS 396 identifizierte keine ausreichende Evidenz, um ihre Empfehlung von 2005 zur Verwendung von 100% FiO2 zu ändern [143]. Obwohl es zunehmend Hinweise auf eine nachteilige Auswirkung der Hyperoxie auf das Überleben bei kritisch kranken Erwachsenen gibt, einschließlich derjenigen, die nach CPR mit ROSC aufgenommen wurden, fehlen eindeutige Evidenzen, die die Auswirkung der Sauerstofftitration während der CRP in Patienten jeden Alters zeigen (Anhang RR 28). Hyperoxie während der Reanimation ist nicht eindeutig mit einer erhöhten Mortalität verbunden [695].

# Atemwegsmanagement während des ALS

In Anbetracht des veröffentlichten COSTR 2019 und zweier weiterer kürzlich durchgeführter Beobachtungsstudien [696-698] wird die Standardanwendung der Beutel-Maske-Beatmung für Kreislaufstillstände außerhalb des Krankenhauses (OHCA) empfohlen (Anhang RR 29.1). Eine Intubation oder SGA-Platzierung kann durchgeführt werden, sobald ein ROSC eingetreten ist. Helfer, die im pädiatrischen Atemwegsma-

nagement kompetent sind, können die Atemwegssicherung in Fällen in Betracht ziehen, in denen eine CPR während des Transports oder eine längeren Wiederbelebungsdauer zu erwarten ist. Trotz fehlender Evidenzen empfehlen wir aus Gründen der Konsistenz ein ähnliches Vorgehen für den Atem-Kreislauf-Stillstand im Krankenhaus (IHCA). Wenn jedoch ein qualifizierter Anwender an einer Reanimation im Krankenhaus (IH-CA) teilnimmt, kann eine frühzeitige Atemwegssicherung in Betracht gezogen

#### Beatmungsstrategien während des ALS

Zusätzlich zum zugehörigen ILCOR 2020 EvUp [143] wurden 4 Beobachtungsstudien und mehrere Beiträge mit indirekten Nachweisen einbezogen (Anhang RR 29.3; [587, 698-700]).

Insgesamt ist die Evidenz für subphysiologische Beatmungsfrequenzen schwach. In früheren Publikationen wurde der potenzielle Schaden hervorgehoben, der durch Hyperventilation während der Herz-Lungen-Wiederbelebung bei Erwachsenen verursacht wird [701, 702]. Die zur Definition der Hyperventilation in der Erwachsenenforschung und Erwachsenenleitlinien verwendeten Frequenzen gelten jedoch möglicherweise nicht für Kinder.

Die Bedeutung der Beatmung als Teil des Wiederbelebungsalgorithmus bei Kindern wird in RR 19.4 und RR 20 erörtert. Darüber hinaus legt eine Beobachtungsstudie - mit nur 47 Probanden nahe, dass niedrige Beatmungsfrequenzen mit einem ungünstigeren Outcome verbunden sein können, insbesondere bei Kindern mit Bradykardie und schlechter Durchblutung [566]. Eine Studie am Tiermodell ergab keine Unterschiede in den ROSC-Raten bei Beatmungsraten von 10, 20 und 30/min; die höchste Rate allerdings war mit einem höheren PaO2 assoziiert [699]. In diesem Beitrag wurde die Sorge geäußert, dass niedrigere PaCO2-Werte zu einer verringerten zerebralen Sauerstoffzufuhr führen können, da die NIRS-Werte in der Gruppe mit einer Atemfrequenz von 30/min tendenziell niedriger waren. Aus pathophysiologischer Sicht besteht die Befürchtung, dass Überdruckbeatmungen den passiven venösen Rückfluss in den Thorax aufgrund eines erhöhten intrathorakalen Drucks und/oder eines "inadvertent PEEP" hemmen könnten. Es ist jedoch nicht bekannt, ab welchem Alter dies bei Kindern zu einem Problem werden könnte. Ein kürzlich erschienenes Manuskript unter Verwendung eines Ferkel-Asphyxie-Modells mit Atem-Kreislauf-Stillstand zeigte, dass eine druckgesteuerte Beatmung mit einer Frequenz von 20/min mit einem FiO2 von 1,0 zu einer ausreichenden Sauerstoffversorgung und gleichzeitiger Normokapnie führte [703].

In Anbetracht dieser Aussagen und unter Berücksichtigung der Schulung und Implementierung empfehlen wir die Verwendung von Minutenvolumina, die näher an denen liegen, die für die Beatmung kritisch kranker Kinder verwendet werden.

Es gibt keine Studien bei Kindern zur optimalen Beatmungsstrategie. Die existierenden Evidenzen wurden aus Versuchen im Tiermodell, Simulationsstudien an Puppen und Umfragen abgeleitet. Studien im Tiermodell verwendeten hauptsächlich ein Schweinemodell des VF-Atem-Kreislauf-Stillstands und befassten sich daher nicht mit der Pathophysiologie der Asphyxie unter Reanimationsmaßnahmen bei Kindern. Eine Studie zeigte, dass die apnoeische Oxygenierung einer Überdruckbeatmung mit einem mechanischen Beatmungsgerät gleichbedeutend war, um die Sauerstoffversorgung in VF-Atem-Kreislauf-Stillstand-Modell aufrechtzuerhalten [704]. Eine weitere Studie untersuchte die Auswirkung der Beatmungsparameter auf die Blutgasanalyse und den koronaren Perfusionsdruck während der Wiederbelebungsmaßnahmen und zeigte, dass die Triggereinstellungen deaktiviert werden sollen [705]. Drei Studien an Erwachsenen untersuchten Beatmungsmodi, welche mit Thoraxkompression synchronisiert wurden, und kamen zu dem Schluss, dass diese Vorteile bei der CPR bieten. Es ist jedoch unklar, wie sich dies in die pädiatrische Praxis übertragen lässt [706-708]. Relevanter für die Wiederbelebung bei Kindern ist eine Studie mit neugeborenen Ferkeln, die zeigte, dass die Verwendung eines selbstfüllenden Beutels, eines T-Stück-Beatmungsgeräts oder eines mechanischen Beatmungsgeräts vergleichbare Auswirkungen auf den Gasaustausch hatten [709]. Dieselbe Gruppe hat die Leckage um einen (ungecufften) Endotrachealtubus während der CPR hervorgehoben, welche mit dem PEEP zunahm [710]. Verschiedene Simulationsstudien an Puppen zeigten, dass die Verwendung von Beatmungssystemen während der CPR bei Erwachsenen die Hände für andere notwendige Aufgaben frei machte [711-713].

Es gibt keine Daten, die bezüglich der Verwendung von PEEP Klarheit schaffen. Es ist bekannt, dass während der CPR ein intrathorakaler Verschluss der Atemwege auftritt und dass die Anwendung des PEEP dies möglicherweise umkehren könnte [714]. Es besteht jedoch auch die Sorge, dass der PEEP den intrathorakalen Druck erhöhen könnte und den venösen Rückstrom während den Kompressionen hemmt. Ein niedriger PEEP verringert wahrscheinlich die Oxygenierung bei Kindern, die bereits vor dem Atem-Kreislauf-Stillstand einen hohen PEEP benötigten.

Schließlich sind bei Kindern, die bereits vor dem Atem-Kreislauf-Stillstand beatmet wurden, möglicherweise keine 5 Initialbeatmungen erforderlich. Die Helfer sollen allerdings überprüfen, ob die Beatmung vor dem Kreislaufstillstand angemessen war - und beispielsweise nicht selbst den Grund für den Atem-Kreislauf-Stillstand darstellt - bevor sie sich entschließen, die Initialbeatmungen wegzulassen.

#### Adrenalin während des ALS

Es wurden der 2020 PLS COSTR 1541 [143], sowie einige zusätzliche Nicht-RCT für den RR berücksichtigt (Anhang RR 30; [715-725]). Ein kürzeres Zeitintervall bis zur ersten Verabreichung von Adrenalin ist bei Kindern sowohl für Kreislaufstillstände im Krankenhaus (IHCA) als auch außerhalb des Krankenhauses (OHCA) mit einem günstigeren Outcome verbunden. Eine Zeit unter 3 min bis zur ersten Adrenalingabe erscheint am günstigsten zu sein. Es konnten keine Subgruppenanalysen zwischen schockbaren und nicht schockbaren Rhythmen durchgeführt werden. Ein Grenzwert von 5 min für das Intervall zwischen den Adrenalindosen bei Kreislaufstillständen von Kindern im Krankenhaus (IHCA) war günstig für das Eintreten eines ROSC, das Überleben bis zur Entlassung aus dem Krankenhaus und das 12-Monatsüberleben. Wenn das Intervall jedoch auf 3 min festgelegt wurde, war eine häufigere Adrenalingabe für das 12-Monatsüberleben tendenziell schädlich.

Ähnlich wie bei Erwachsenen scheint die Zeit bis zur ersten Adrenalindosis bei traumatischen Kreislaufstillständen unterschiedliche Auswirkungen zu haben: Eine kürzere Zeit (< 15 min) bis zur ersten Dosis im Vergleich zu einer längeren Zeit war mit einer signifikant höheren Rate an ROSC verbunden, jedoch nicht mit einem verbesserten Überleben bei Entlassung oder einem besseren neurologischen Outcome. Darüber hinaus war die frühe Adrenalingabe ein Risikofaktor für die Mortalität in einer Subgruppe mit hämorrhagischem Schock.

In Übereinstimmung mit dem PLS COSTR 1541 wird empfohlen, die erste Adrenalindosis für nicht schockbare Rhythmen so früh wie möglich nach dem Atem-Kreislauf-Stillstand zu verabreichen - wenn möglich innerhalb von 3 min. In Anbetracht des Mangels an Evidenz bezüglich des besten Intervalls empfehlen wir weiterhin ein Intervall von 3-5 min. Vermeiden Sie ein Intervall von weniger als 3 min. Im Fall eines Traumas wird weniger Wert auf frühes Adrenalin gelegt und den Helfern geraten, zunächst eine Behandlung der reversiblen Ursachen in Betracht zu ziehen. Bei schockbaren Rhythmen wird gemäß den pädiatrischen Leitlinien von 2015 empfohlen, nach dem dritten Schock (etwa 4-5 min nach Beginn der CPR) eine erste Dosis Adrenalin zu verabreichen [666]. Vermeiden Sie Adrenalin bei katecholaminergen polymorphen VT, auch wenn diese selten auftreten, da dies die Arrhythmie verschlimmern und das Outcome verschlechtern wird [726].

Zusätzlich wurden andere vasoaktive Medikamente (wie Vasopressin, Terlipressin, Milrinon oder Noradrenalin) sowohl in Studien als auch in Berichten über den klinischen Einsatz bei Atem-Kreislauf-Stillstand veröffentlicht. Die Evidenz für oder gegen ihre Verwendung ist nach wie vor sehr schwach und ihre Verwendung kann derzeit nur im Rahmen von Studien empfohlen werden.

# Die Verwendung von Amiodaron oder Lidocain während des ALS

Dies war das Thema eines ILCOR COSTR PLS 825 aus dem Jahr 2018 und wurde im ERC 2018 Update veröffentlicht [727]. Die Empfehlungen von 2015 zur Verwendung von Amiodaron oder Lidocain blieben unverändert. Bei der Behandlung der defibrillationsrefraktären VF/pVT bei Kindern kann entweder Amiodaron oder Lidocain verwendet werden. Ärzte sollen das Medikament verwenden, mit dem sie vertraut sind, Eine kürzlich durchgeführte retrospektive vergleichende Kohortenstudie (GWTG-R) ergab für keines der beiden Medikamente einen outcomerelevanten Unterschied (Anhang RR 30.2; [728]).

# Atropin während des ALS

Es wurden keine relevanten pädiatrischen Studien oder kürzlich veröffentlichte indirekte Evidenzen für die Anwendung von Atropin bei Kindern im Atem-Kreislauf-Stillstand identifiziert (Anhang RR 31.1). Für andere Zwecke und Dosierungen verweisen wir auf den zugehörigen RR.

### Magnesium

Es wurden keine relevanten pädiatrischen Studien oder kürzlich publizierte indirekte Evidenz für eine Änderung der ERC-Leitlinie von 2015 identifiziert, die darauf hinweisen, dass Magnesium während des Atem-Kreislauf-Stillstands routinemäßig verabreicht werden soll (Anhang RR 31.2; [666]). Eine Magnesiumbehandlung ist bei Kindern mit dokumentierter Hypomagnesiämie oder mit Torsade-de-Pointes-Tachykardien unabhängig von der Ursache angezeigt.

#### Kalzium

Es wurden 2 Beobachtungsstudien identifiziert [729, 730], die keine Gründe lieferten, die Empfehlungen von 2010 zu ändern: "Die routinemäßige Verwendung von Kalzium bei Säuglingen und Kindern im Atem-Kreislauf-Stillstand wird beim Fehlen von Hypokalzämie, Überdosierung von Kalziumkanalblockern, Hypernagnesiämie oder Hyperkaliämie" nicht empfohlen. (Anhang RR 31.3; [143]).

#### Bikarbonat

Seit 2010 wurden eine narrative Übersicht [731] und 9 Beobachtungsstudien veröffentlicht, in denen der Zusammenhang zwischen der Verabreichung von Natriumbikarbonat (oder THAM) und dem Outcome bei Kreislaufstillständen im Kindesalter beschrieben wurde (Anhang RR 31.4; [14, 729, 732-737]). Während diese Studien wahrscheinlich durch den Zusammenhang zwischen der Verabreichung von Natriumbikarbonat und einer längeren Reanimationsdauer im Sinn eines "confounding" verfälscht werden, lieferte keine Studie Hinweise auf eine Änderung der Empfehlung, dass Bikarbonat nicht routinemäßig bei Kreislaufstillständen im Kindesalter verabreicht werden soll.

In den vorangegangenen Leitlinien wurde empfohlen, Bikarbonat bei längeren Kreislaufstillständen, schwerer metabolischer Azidose, hämodynamischer Instabilität, gleichzeitig bestehender Hyperkaliämie und Überdosierung von trizyklischen Antidepressiva in Betracht zu ziehen. Abgesehen von den beiden letztgenannten Indikationen konnten wir jedoch keine Evidenz für die Verwendung von Natriumbikarbonat bei länger andauernden Kreislaufstillständen finden.

# Intra-Arrest-Parameter zur Steuerung der CPR

Die Empfehlungen basieren hauptsächlich auf den entsprechenden ILCOR PLS Scoping Review für 2020 [143]. Angesichts der begrenzten Evidenz wurden bei diesen Reviews auch indirekte Daten von Erwachsenen und Daten aus

dem Tiermodell berücksichtigt (Anhang 32.1-32.2-32.3-32.4-32.6).

#### etCO<sub>2</sub>

Der ILCOR PLS 2020 Scoping Review identifizierte 2 Beobachtungsstudien [738, 739]. Es wird angenommen, dass das etCO2 mit dem Herzzeitvolumen und der Perfusion korreliert. In einer Studie war es jedoch weder mit diastolischem Blutdruck noch mit vordefinierten Endpunkten assoziiert [738]. Dies kann daran liegen, dass das etCO2 auch vom Minutenvolumen und dem Ventilations-Perfusions-Mismatch beeinflusst wird. Diese Studie war nur deskriptiver Natur in einer sehr stark selektierten Population und bewertete zu keinem Zeitpunkt das Outcome der mit etCO2-gestützten Reanimationsmaßnahmen.

Das Maß an Sicherheit der verfügbaren Evidenz bei Kindern ist zu niedrig, um Empfehlungen für oder gegen die Verwendung von etCO2 zur Steuerung der Reanimationsmaßnahmen bei Kindern im Atem-Kreislauf-Stillstand abzugeben. Insbesondere gibt es keinen einzelnen etCO2-Wert, der als Indikator zum Beenden der Wiederbelebungsmaßnahmen verwendet werden kann, und es gibt auch keinen einzelnen Wert, der als Zielwert während der CPR oder als Indikator verwendet werden kann, um die CPR fortzusetzen oder abzubrechen.

#### Rlutdruck

Bei der Überprüfung des ILCOR PLS 2020 wurden 3 Beobachtungsstudien identifiziert [734, 740, 741]. Eine ausreichende Durchblutung des Myokards und des Gehirngewebes ist für das Outcome von grundlegender Bedeutung und der (diastolische) Blutdruck könnte als klinisch messbarer Surrogatparameter dafür nützlich sein. Die aktuellen Erkenntnisse sind aufgrund des Studiendesigns, der Stichprobengröße und des Selektionsbias von sehr schwacher Evidenz, deuten jedoch auf einen möglichen Zusammenhang zwischen dem diastolischen Blutdruck und dem Outcome des Kindes hin. Aufgrund der Notwendigkeit einer invasiven Blutdrucküberwachung wurden nur Ergebnisse von Kreislaufstillständen im Krankenhaus (IHCA) untersucht. Obwohl in einer

Studie Grenzwerte, unter denen kein Kind überlebte, gefunden werden konnten [741], ist die Evidenz zu begrenzt, um den diastolischen Blutdruck allein als ausreichend zu betrachten, um die Erfolgschancen der CPR oder ein günstiges Outcome vorherzusagen. Das Maß an Sicherheit der verfügbaren Evidenz ist zu niedrig, um Empfehlungen für oder gegen die Verwendung des diastolischen Blutdrucks zur Steuerung der Wiederbelebungsbemühungen bei Kindern mit Atem-Kreislauf-Stillstand abzugeben. Bei Kindern mit Kreislaufstillständen im Krankenhaus (IHCA), bei denen bereits ein arterieller Zugang vorhanden ist und die Situation eine ordnungsgemäße Implementierung ermöglicht, kann eine hämodynamisch gesteuerte CPR in Betracht gezogen werden.

#### Point of Care Ultraschall (POCUS)

Im 2020 scoping review PLS 814 warnte die ILCOR-Taskforce für Kinder vor einer raschen Einführung von POCUS in die pädiatrische Praxis ohne ausreichende Evidenz, trotz ihres großen Potenzials und ihrer weit verbreiteten Akzeptanz. Die Erfassung und Interpretation von Bildern bei Kindern ist komplexer. insbesondere bei Kindern mit bereits bestehenden Herzerkrankungen. Darüber hinaus fallen erhebliche Material- und Schulungskosten an, die in ressourcenarmen Umgebungen relevant sein können. Es wird die Verwendung von PO-CUS durch kompetente Helfer empfohlen - wenn dies möglich ist - um reversible Ursachen für einen Kreislaufstillstand (4 H's und HITS) zu identifizieren. PO-CUS kann auch eine Rolle zum Nachweis der Perfusion spielen, dies soll jedoch derzeit nur im Rahmen der Forschung erfolgen. POCUS soll derzeit nicht zur Prognose verwendet werden.

### Nahinfrarotspektroskopie (NIRS)

Der verwandte ILCOR PLS 2020 identifizierte 2 kleine Beobachtungsstudien [742, 743]. Die Literatur für Erwachsene ist umfangreicher, aber das Maß an Evidenz ist immer noch gering. Derzeit besteht kein Konsens über eine Grenzschwelle für die regionale zerebrale Sauerstoffsättigung (rSO2), die als Indikator für die Erfolgsaussichten der Wiederbelebungsbemühungen verwendet werden kann, und es gibt auch keinen einzigen rSO2-Wert, der als Ziel während der CPR oder als Argument zum Fortfahren der CPR verwendet werden kann. Die Literatur für Erwachsene legt nahe, dass ein Trend des rSO2 der nützlichste prognostische Indikator ist, auch wenn dies bei Erwachsenen oder Kindern noch nicht validiert wurde.

#### Laktat oder Kalium

Es wurden 2 SR [686, 687], eine Leitlinie [685] und 7 relevante Nicht-RCT-Studien identifiziert [693, 744-749].

Eine Kaliummessung während des Atem-Kreislauf-Stillstands rest-Messung) ist angezeigt, um eine Hyperkaliämie als mögliche reversible Ursache des Atem-Kreislauf-Stillstands auszuschließen. Es gibt jedoch keine ausreichende Evidenz um Kalium als Prognosefaktor bei Kindern im Atem-Kreislauf-Stillstand zu verwenden. Selbst eine extreme Hyperkaliämie soll einer CPR und ECLS bei Kindern nicht entgegenstehen.

Erhöhte Laktatwerte sind mit schlechterem kurz- und langfristigen Outcome bei kritisch kranken Kindern, Kindern mit Atem-Kreislauf-Stillstand im Krankenhaus (IHCA) sowie bei mit ECLS behandelten Kindern assoziiert. Laktatwerte allein ermöglichen keine frühzeitige Prognose. Es soll beachtet werden, dass i.o. Laktatproben während des Atem-Kreislauf-Stillstands höher sein können als gewöhnliche arterielle und venöse Proben (nur belegt durch Hinweise aus dem Tiermodell).

# Reversible Ursachen für den pädiatrischen Atem-Kreislauf-Stillstand: 4 H's und 4 HITS

Für die meisten Themen verweisen wir auf den entsprechenden RR in diesem Dokument. In diesem Absatz werden die potenziellen Reversibilitäts- und/ oder Behandlungsoptionen bestimmter Pathologien hervorgehoben. Zu diesem Zweck wurden 2 Leitlinien [676, 750], ein SR [751], 8 Beobachtungsstudien und mehrere Übersichtspublikationen identifiziert (Anhang RR 33.1; [484-486, 737, 752-755]).

Obwohl es andere Ursachen für Kreislaufstillstände geben könnte, die als reversibel angesehen werden könnten - einige Quellen schlagen 5 oder sogar 6 Hs und Ts vor - soll die Merkhilfe "4 H's und HITS" beibehalten werden, da sie sowohl mit den Leitlinien für Erwachsene übereinstimmt, als auch die Schulung erleichtert [677]. Es wurden Hyperthermie (siehe RR 17.1) und Hypoglykämie (siehe RR 15) hinzugefügt und Azidose als reversible Ursache gestrichen (siehe RR 31.4). Spezifische Anwendungsgebiete z. B. Herzchirurgie, Neurochirurgie, sowie Trauma, Sepsis und pulmonale Hypertonie erfordern einen spezifischeren Ansatz. Des Weiteren hat die breitere Verwendung von eCPR das Konzept der Reversibilität grundlegend verändert (siehe

Einrichtungen, die herzchirurgische Operationen bei Kindern durchführen, sollen institutsspezifische Algorithmen für Kreislaufstillstände nach Operationen bei kindlichen Patienten festlegen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass diese sehr spezifische Gruppe von Patienten von einer anderen Abfolge der Aktionen profitiert. Es gibt 2 kürzlich veröffentlichte Leitlinien der Society of Thoracic Surgeons und der European Association for Cardio-Thoracic Surgery, die als Beispiel für die Entwicklung eines solchen Algorithmus herangezogen werden können [676].

### Kreislaufstillstand bei septischen Kindern

Es wurden ein SR [756] und 10 Nicht-RCT-Studien herangezogen (Anhang RR 33.2; [733, 757-763]). Schwere Sepsis und septischer Schock sind bekannte Risikofaktoren für Kreislaufstillstände bei Kindern. Sepsisassoziierte Kreislaufstillstände im Krankenhaus (IHCA) haben ein schlechtes Outcome und die Prävention stellt den wichtigsten Faktor dar. Verschiedene Strategien, einschließlich der Verwendung von ECMO bei refraktärem septischem Schock können verwendet werden, um einen sepsisassoziierten Atem-Kreislauf-Stillstand im Krankenhaus (IHCA) zu verhindern. Auf der Grundlage der derzeit verfügbaren Daten können keine Empfehlungen abgegeben werden, die vom Standard-PALS-

Algorithmus abweichen. Eine frühzeitige Prüfung und Behandlung möglicher reversibler Ursachen wird dringend empfohlen. Ein kurz vor oder während der ECMO-Kanülierung auftretender Atem-Kreislauf-Stillstand im Krankenhaus (IHCA) soll eine ECMO-Initiation bei pädiatrischen Patienten mit refraktärem septischem Schock nicht ausschließen, da Studien darauf hinweisen, dass diese Kinder möglicherweise am meisten vom ECLS profitieren. Die Verwendung hoher Durchflussraten (über 150 ml/kg/min) kann möglicherweise das Outcome verbessern. Soll eCPR als Therapie für den septischen Atem-Kreislauf-Stillstand im Krankenhaus (IHCA) in Betracht gezogen werden, muss das ECMO-Team frühzeitig nach Einleitung der PALS-Maßnahmen auf institutsspezifische SOP basierend aktiviert werden.

### Traumatischer Atem-Kreislauf-Stillstand

Unser RR identifizierte 2 Leitlinien [764, 765], 10 SR [766-775], 17 Beobachtungsstudien [449, 570, 776-789] und viele Beiträge mit indirekten Evidenzen (Anhang RR 34).

Der traumatische Atem-Kreislauf-Stillstand im Kindesalter hat eine schlechte Prognose. Kinder mit traumatischem Atem-Kreislauf-Stillstand, die nach dem Eintreffen in der Notaufnahme einen Atem-Kreislauf-Stillstand erleiden, haben bessere Reanimationserfolge als Kinder mit präklinischem Atem-Kreislauf-Stillstand. Strategien zur Verbesserung frühzeitiger Reanimationsmaßnahmen können möglicherweise das Outcome verändern. Im Fall eines traumatischen Atem-Kreislauf-Stillstands beim Kind soll die Reanimation eingeleitet werden, wenn keine Anzeichen eines irreversiblen Todes vorliegen. Längere Wiederbelebungsbemühungen bei Kindern nach einer stumpfen Verletzung und lichtstarren Pupillen, bei denen die CPR länger als 15 min vor Ankunft in der Notaufnahme andauerte (oder vor der Einleitung adäquater CPR-Techniken im Krankenhaus), sind wahrscheinlich nicht erfolgreich und die Beendigung der Wiederbelebung kann in Betracht gezogen werden.

Es gibt nicht genügend Evidenz, um für oder gegen eine bestimmte Abfolge von Maßnahmen beim traumatischen Atem-Kreislauf-Stillstand im Kindesalter zu plädieren. Die frühzeitige Behebung einiger der reversiblen Ursachen könnte jedoch zu einer verbesserten Rate an ROSC während der prähospitalen Behandlung führen. Angesichts dessen und der schlechten Prognose eines trau-Atem-Kreislauf-Stillstands matischen im Kindesalter mit Standardversorgung empfehlen wir die nahezu sofortige Verwendung eines Maßnahmenbündels im prähospitalen Umfeld, welches speziell auf die Therapie reversibler Ursachen abzielt. Thoraxkompressionen sollen nach Möglichkeit je nach verfügbarem Personal gleichzeitig mit anderen Interventionen durchgeführt werden. Die Behandlung vermuteter reversibler Ursachen, basierend auf dem Verletzungsmechanismus, könnte der Verabreichung von Adrenalin vorausgehen.

Erwägen Sie eine Notfallthorakotomie bei pädiatrischen Patienten mit traumatischem Atem-Kreislauf-Stillstand nach penetrierendem Trauma mit oder ohne Lebenszeichen bei Ankunft in der Notaufnahme, da dies das Überleben dieser Kinder verbessern kann. Hochqualifizierte Fachkräfte können in Situationen, in denen das Verfahren bereits implementiert wurde, auch eine prähospitale Thorakotomie für diese Kinder in Betracht ziehen

Aktuelle Erkenntnisse zeigen keinen Nutzen (oder ein noch schlechteres Outcome) der Thorakotomie bei Kindern nach stumpfen Verletzungen, weshalb diese Intervention im Allgemeinen nicht empfohlen wird. Bei sehr ausgewählten Patienten mit stumpfen Verletzungen können hochqualifizierte Fachkräfte auf der Grundlage einer gründlichen Beurteilung dennoch eine Indikation für eine Notfallthorakotomie stellen. Kinder mit traumatischen Kreislaufstillständen sollen vorzugsweise direkt in ein großes Traumazentrum transportiert werden, welches für Kinder (oder sowohl Kinder als auch Erwachsene) bestimmt ist, basierend auf den lokalen Gegebenheiten der Traumaversorgung (Expertenkonsens).

# **Pulmonale Hypertonie**

Es wird auf die ILCOR 2020 EvUp PLS 56 [143] und die hochwertige wissenschaftliche Stellungnahme der American Heart Association zur CPR bei Kindern mit Herzerkrankungen sowie auf die spezielle Leitlinie zur intensivmedizinischen Behandlung von pulmonaler Hypertonie bei Kindern durch das European Pediatric Pulmonary Vascular Disease Network verwiesen (Anhang RR 35; [790, 791]). Erwägen Sie die Möglichkeit einer pulmonalen Hypertonie bei Kindern mit Atem-Kreislauf-Stillstand im Krankenhaus (IHCA), die ein vordefiniertes Risiko dafür haben [792]. Sobald sich bei einem Kind mit pulmonaler Hypertonie ein Atem-Kreislauf-Stillstand entwickelt, können Thoraxkompressionen und Wiederbelebungsmedikamente bei der Aufrechterhaltung des pulmonalen Blutflusses, der linksventrikulären Füllung und des Herzzeitvolumens unwirksam sein. Es ist äußerst wichtig, nach möglichen reversiblen Ursachen für einen erhöhten pulmonalen Gefäßwiderstand zu suchen und diese zu behandeln, einschließlich einer versehentlichen Unterbrechung der Einnahme spezieller Medikamente zur Behandlung der pulmonalen Hypertonie, sowie eine Hyperkapnie, Hypoxie, Arrhythmie, Herzbeuteltamponade oder Arzneimitteltoxizität. Halten Sie die Normokapnie aufrecht und sorgen Sie für eine ausreichende Oxygenierung. Für die initiale Behandlung von pulmonalen hypertensiven Krisen kann die Verabreichung von Sauerstoff und die Induktion einer Alkalose durch Hyperventilation oder der Verabreichung alkalisierender Substanzen nützlich sein, während pulmonalspezifische Vasodilatatoren verabreicht werden. Es gibt keine sichere Evidenz dafür, dass die Verabreichung von alkalisierenden Substanzen das Outcome verbessert; eine übermäßige Beatmung während der Wiederbelebung kann ebenfalls schädlich sein. Eine Überdruckbeatmung verringert den systemischen venösen Rückfluss, die rechtsventrikuläre Füllung und das Herzzeitvolumen, das während der Thoraxkompression erzeugt wird. Wenn eine qualitativ hochwertige CPR trotz Bereitstellung einer spezifischen Therapie, einschließlich pulmonaler Vasodilatatoren, unwirksam bleibt, kann eine rasche Berücksichtigung von ECLS eine Überlebenschance, entweder als Bridging zur Herz-/Lungentransplantation bieten oder um die Behebung der auslösenden Ursache zu ermöglichen.

# Extrakorporale eCPR

In Übereinstimmung mit dem ILCOR 2019 COSTR Update zur Verwendung von eCPR bei Kindern soll die eCPR für Kinder mit Atem-Kreislauf-Stillstand in der Notaufnahme oder im Krankenhaus mit einer vermuteten oder bestätigten reversiblen Ursache in Betracht gezogen werden, wenn konventionelle ALS-Maßnahmen nicht sofort zum ROSC führen (schwache Empfehlung, sehr schwache Evidenz; [696]). Eine wesentliche Voraussetzung ist das organisatorische Umfeld "mit einem starken institutionellen Engagement für ein Reanimationskonzept, das eCPR mit geeigneten Qualitätsverbesserungssystemen umfasst". Um eine realistische Entscheidung zur Verwendung von eCPR zu treffen, sollen Institutionen auch die Evidenz für Kosteneffizienz berücksichtigen (siehe Kapitel über Ethik; [694]). Angesichts des hohen Ressourcenbedarfs und der Tatsache, dass das Outcome mit der Zeit bis zur Einleitung und der Qualität der CPR vor der eCPR-Einleitung zusammenhängt, sind die Indikationen für eCPR beim Atem-Kreislauf-Stillstand außerhalb des Krankenhauses sehr begrenzt (Anhang RR 33.3; [793-797]).

### Management nach ROSC

Die Evidenz des Einflusses der Charakteristika von Behandlungszentren (oder regionalen Versorgungssystemen) auf das Outcome von Kindern mit ROSC nach Kreislaufstillständen in oder außerhalb des Krankenhauses (IHCA oder OHCA) sind widersprüchlich und aufgrund vieler Störfaktoren schwer zu interpretieren [129, 798-800]. Dies soll eine Forschungspriorität sein. In Erwartung weiterer Daten ist es empfehlenswert, Kinder, die nach Atem-Kreislauf-Stillstand wiederbelebt wurden, in eine Einrichtung aufzunehmen, die über die erforderlichen Kompetenzen und Ressourcen für eine ordnungsgemäße neuroprotektive Versorgung nach ROSC, organ- und/ oder lebenserhaltende Behandlungen, eine umfassende neurologische Beurteilung und psychosoziale Unterstützung verfügt [801].

#### Blutdruck

Die pädiatrische ILCOR-Taskforce führte zu diesem Thema eine EvUp (PLS 820) durch [143]. Die Autoren identifizierten 5 Beobachtungsstudien, die belegen, dass eine Hypotonie nach dem Atem-Kreislauf-Stillstand unter der 5. altersspezifischen Perzentile mit einem schlechteren Outcome assoziiert ist (Anhang RR 36.1; [802-806]). Eine Veröffentlichung zeigte, dass eine arterielle Hypertonie unmittelbar nach dem Atem-Kreislauf-Stillstand mit einem verbesserten Outcome assoziiert ist. Kinder, die höhere Dosen an Vasopressorunterstützung benötigen, haben jedoch geringere Überlebensraten bis zur Entlassung aus dem Krankenhaus.

# Sauerstoffversorgung und Beatmung

Die pädiatrische ILCOR-Taskforce führte nach ROSC einen SR zu Sauerstoffund Beatmungszielen durch (Anhang RR 36.2; [143]). Sie schlagen vor, dass Helfer das PaO2 nach ROSC messen und einen Wert festlegen, der dem spezifischen Zustand des Kindes entspricht. In Ermangelung spezifischer Patientendaten sollen Helfer auf eine Normoxämie nach ROSC abzielen (schwache Empfehlung, sehr schwache Evidenz). Helfer sollen auch das PaCO2 nach ROSC messen und auf eine Normokapnie abzielen (schwache Empfehlung, sehr schwache Evidenz). Anpassungen des Ziel-PaCO<sub>2</sub> sollen für bestimmte Populationen in Betracht gezogen werden, bei denen die Normokapnie möglicherweise nicht wünschenswert ist (z.B. chronische Lungenerkrankung mit chronischer Hyperkapnie, univentrikuläres Herz). Es ist unklar, ob eine Strategie der milden permissiven Hyperkapnie bei beatmeten Kindern mit Atemstillstand von Vorteil sein könnte.

# **Gezieltes Temperaturmanagement** (TTM)

In Übereinstimmung mit dem ILCOR 2019 COSTR Update zum gezielten Temperaturmanagement (TTM) bei Kindern nach ROSC soll [696] TTM für Kinder verwendet werden, die einen ROSC erreichen (Anhang RR 36.3), Obwohl dies möglicherweise von Vorteil ist, erfordern niedrigere Zielwerte für das Temperaturmanagement (z. B. 34°C) geeignete Systeme der pädiatrischen Intensivmedizin und sollen nur in Situationen verwendet werden, in denen diese vorhanden sind. Ob bestimmte Temperaturziele für bestimmte Untergruppen besser geeignet sind, wird derzeit nicht durch Evidenz gestützt und liegt daher im Ermessen des behandelnden Teams. Dies gilt auch für die Dauer des gezielten Temperaturmanagements (24-72h).

# Prognose

Ein ILCOR 2020 EvUp untersuchte die Rolle des EEG für die neurologische Prognose 238. Obwohl EEG-Hintergrundmuster mit neurologischem Outcome assoziiert zu sein scheinen, kamen die Autoren zu dem Schluss, dass weder das Vorhandensein noch das Fehlen eines einzelnen Faktors ein Überleben mit hoher Genauigkeit oder ein Überleben mit einem günstigen neurologischen Outcome vorhersagt. Innerhalb der ersten 24 h gemessene biologische Marker wie erhöhtes Blutlaktat oder Blut-pH-Wert oder Basenüberschuss können indikativ sein. aber die Grenzwerte bleiben unbekannt. Neuroimaging mit CT, EEG oder biologischen Markern könnte in Zukunft vielversprechend sein (Anhang RR 36.6).

# Korrespondierende Übersetzer der DACH-Arbeitgruppe "Paediatric Life Support" des Austrian, German und **Swiss Resuscitation Councils**

- Daniel Pfeiffer, München
- Florian Hoffmann, München
- Gudrun Burda, Wien
- Francesco Cardona, Wien
- Michael Sasse, Hannover
- Sebastian Brenner, Dresden
- Christoph Eich, Hannover
- Martin Olivieri, München
- Christian Both, Zürich

#### Korrespondenzadresse

#### Patrick Van de Voorde

Federal Department of Health, EMS Dispatch Center, East & West Flanders Briissel Relaien

florian.hoffmann@med.uni-muenchen.de

#### Korrespondierender Übersetzei

PD Dr. Florian Hoffmann Deutscher Rat für Wiederbelebung - German Resuscitation Council (GRC) e. V. c/o, Kinderklinik und Kinderpoliklinik im Dr. von

Haunerschen Kinderspital. Interdisziplinäre Kinderintensivstation - Kindernotfallmedizin.

I MI I Klinikum München Lindwurmstr. 4, 80337 München florian.hoffmann@med.uni-muenchen.de

Danksagung. Die Übersetzung dieses Kapitels wurde von PD Dr. Florian Hoffmann, Dr. med. Michael Sasse, Ass. Prof. Dr. med.univ. Gudrun Burda, Prof. Dr. med. Sebastian Brenner, Dr. med. Christian Peter Both, Prof. Dr. med. Christoph Bernhard Eich, Francesco Cardona und Daniel Pfeiffer geleistet. Wir danken Alexander Moylan vom Imperial College London, Großbritannien, für seine Unterstützung bei der Erstellung einiger Evidenzblätter sowie Nele Pauwels, Informationsspezialistin an der Universität Gent, Belgien, für ihre Unterstützung bei der Entwicklung der erforderlichen Suchstrategien.

Wir danken auch Sophie Skellett vom Great Ormond Street Hospital in London, Großbritannien, für ihre kritische Überarbeitung und die Vorschläge zum nahezu endgültigen Entwurf.

### **Einhaltung ethischer Richtlinien**

Interessenkonflikt. F. Hoffmann reports speaker honorarium from ZOLL. I. Maconochie reports his role as associate editor BMJ Open Paediatrics. [Stand 7.5.2020, Originalartikel in Resucitation]. P. Van de Voorde, N. M. Turner, J. Djakow, N. de Lucas, A. Martinez-Mejias, D. Biarent, R. Bingham, O. Brissaud, G. B. Johannesdottir and T. Lauritsen declare that they have no competing interests

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

#### Literatur

- 1. Soreide E, Morrison L, Hillman K et al (2013) The formula for survival in resuscitation. Resuscitation 84(11):1487-1493. https://doi.org/10.1016/j. resuscitation.2013.07.020
- 2. Brouwers MC, Kho ME, Browman GP et al (2010) AGREE II: advancing guideline development, reporting and evaluation in health care. J Clin Epidemiol 63(12):1308-1311. https://doi.org/10. 1016/i.iclinepi.2010.07.001
- 3. Shea BJ, Hamel C, Wells GA et al (2009) AMSTAR is a reliable and valid measurement tool to assess

- the methodological quality of systematic reviews. JClin Epidemiol 62(10):1013-1020
- 4. Perkins GD, Olasveengen TM, Maconochie I et al (2018) European resuscitation council guidelines for resuscitation: 2017 update. Resuscitation 123:43-50. https://doi.org/10.1016/j. resuscitation.2017.12.007
- 5. Perkins GD, Graesner JT, Semeraro F et al (2021) European resuscitation council guidelines 2021—executive summary. Resuscitation 161:1–60. https://doi.org/10.1016/j.resscitation. 2021 02 003
- 6 Edwards-Jackson N North K Chiume Metal (2020) Outcomes of in-hospital paediatric cardiac arrest from a tertiary hospital in a low-income African country. Paediatr Int Child Health 40(1):11-15. https://doi.org/10.1080/20469047.2019.1570443
- 7. Nolan JP, Monsieurs KG, Bossaert L et al (2020) European Resuscitation Council COVID-19 quidelines executive summary. Resuscitation 153:45-55. https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.06. 001
- 8. Shen J. Sun J. Zhao D et al (2020) Characteristics of Nosocomial Infections in Children Screened for SARS-CoV-2 Infection in China. Med Sci Monit 26:e928835. https://doi.org/10.12659/ MSM.928835
- 9. Ludvigsson JF (2020) Systematic review of COVID-19 in children shows milder cases and a better prognosis than adults. Acta Paediatr 109(6):1088-1095. https://doi.org/10.1111/apa
- 10. Dong Y, Mo X, Hu Y et al (2020) Epidemiology of COVID-19 Among Children in China, Pediatrics, https://doi.org/10.1542/peds.2020-0702
- 11. Rauf A, Abu-Izneid T, Olatunde A et al (2020) COVID-19 pandemic: epidemiology, etiology, conventional and non-conventional therapies. Int J Environ Res Public Health. https://doi.org/10. 3390/iierph17218155
- 12. Chao JY, Derespina KR, Herold BC et al (2020) Clinical characteristics and outcomes of hospitalized and critically ill children and adolescents with Coronavirus disease 2019 at a tertiary care medical center in new York city. J Pediatr 223:14-19e2. https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2020.05.006
- 13. Garcia-Salido A, Leoz-Gordillo I, Martinez de Azagra-Garde A et al (2020) Children in critical care Due to severe acute respiratory syndrome Coronavirus 2 infection: experience in a Spanish hospital. Pediatr Crit Care Med 21(8):e576-e580. https://doi.org/10.1097/PCC.0000000000002475
- 14. Nehme Z. Namachiyayam S. Forrest A. Butt W. Bernard S. Smith K (2018) Trends in the incidence and outcome of paediatric out-of-hospital cardiac arrest: a 17-year observational study. Resuscitation 128:43-50. https://doi.org/10.1016/ resuscitation.2018.04.030
- 15. Phillips RS, Scott B, Carter SJ et al (2015) Systematic review and meta-analysis of outcomes after cardiopulmonary arrest in childhood. PLoS ONE 10(6):e130327. https://doi.org/10.1371/journal. none 0130327
- 16. Gerein RB, Osmond MH, Stiell IG, Nesbitt LP, Burns S (2006) What are the etiology and epidemiology of out-of-hospital pediatric cardiopulmonary arrest in Ontario, Canada? Acad Emerg Med 13(6):653-658 (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/ entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed& dopt=Citation&list\_uids=16670256)
- 17. Lee J, Yang WC, Lee EP et al (2019) Clinical survey and predictors of outcomes of pediatric out-ofhospital cardiac arrest admitted to the emergency

