

# 10

## Zabiegi resuscytacyjne u dzieci

**Patrick Van de Voorde<sup>a,b</sup>, Nigel M Turner<sup>c</sup>, Jana Djakow<sup>d,e</sup>, Nieves de Lucas<sup>f</sup>, Abel Martinez-Mejias<sup>g</sup>, Dominique Biarent<sup>h</sup>, Robert Bingham<sup>i</sup>, Olivier Brissaud<sup>j</sup>, Florian Hoffmann<sup>k</sup>, Groa Bjork Johannesdottir<sup>l</sup>, Torsten Lauritsen<sup>m</sup>, Ian Maconochie<sup>n</sup>**

<sup>a</sup> Department of Emergency Medicine Ghent University Hospital, Faculty of Medicine UG, Ghent, Belgium

<sup>b</sup> EMS Dispatch Center, East & West Flanders, Federal Department of Health, Belgium

<sup>c</sup> Paediatric Cardiac Anesthesiology, Wilhelmina Children's Hospital, University Medical Center, Utrecht, Netherlands

<sup>d</sup> Paediatric Intensive Care Unit, NH Hospital, Hořovice, Czech Republic

<sup>e</sup> Paediatric Anaesthesiology and Intensive Care Medicine, University Hospital Brno, Medical Faculty of Masaryk University, Brno, Czech Republic

<sup>f</sup> SAMUR – Protección Civil, Madrid, Spain

<sup>g</sup> Department of Paediatrics and Emergency Medicine, Hospital de Terrassa, Consorci Sanitari de Terrassa, Barcelona, Spain

<sup>h</sup> Paediatric Intensive Care & Emergency Department, Hôpital Universitaire des Enfants, Université Libre de Bruxelles, Brussels, Belgium

<sup>i</sup> Hon. Consultant Paediatric Anaesthetist, Great Ormond Street Hospital for Children, London, UK

<sup>j</sup> Réanimation et Surveillance Continue Pédiatriques et Néonatales, CHU Pellegrin – Hôpital des Enfants de Bordeaux, Université de Bordeaux, Bordeaux, France

<sup>k</sup> Paediatric Intensive Care and Emergency Medicine, Dr. von Hauner Children's Hospital, Ludwig-Maximilians-University, Munich, Germany

<sup>l</sup> Paediatric gastroenterology, Akureyri Hospital, Akureyri, Iceland

<sup>m</sup> Paediatric Anaesthesia, The Juliane Marie Centre, University Hospital of Copenhagen, Copenhagen, Denmark

<sup>n</sup> Paediatric Emergency Medicine, Imperial College Healthcare Trust NHS, Faculty of Medicine Imperial College, London, UK

### Abstrakt

Poniższe Wytyczne Europejskiej Rady Resuscytacji dotyczące zabiegów resuscytacyjnych u dzieci (*Paediatric Life Support – PLS*) opierają się na zaleceniach *Konsensusu w sprawie dowodów naukowych w resuscytacji krążeniowo-oddechowej z rekomendacjami postępowania (Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation Science with Treatment Recommendations – CoSTR)* z 2020 roku. Niniejszy rozdział zawiera wytyczne postępowania z krytycznie chorym niemowlęciem i dzieckiem w stanie zatrzymania krążenia, po zatrzymaniu krążenia i zagrożonym zatrzymaniem krążenia.

### Wprowadzenie

Wiele z przyczyn i procesów patofizjologicznych występujących u krytycznie chorych dzieci i niemowląt różni się od tych występujących u dorosłych. U dzieci krytyczne zachorowania zdarzają się rzadziej, a personel zajmujący się tymi przypadkami może mieć ograniczone doświadczenie. Często brakuje naukowych podstaw działań lub są one ekstrapolowane z badań prowadzonych u dorosłych. Odmienności organizacji lokalnych systemów ochrony zdrowia i dostępności zasobów mogą prowadzić do istotnych różnic w codziennej praktyce. Mając to wszystko na uwadze, grupa przygotowująca wytyczne ERC z zakresu zabiegów resuscytacyjnych u dzieci (*Paediatric Life Support – PLS*) starała się uczynić dokument jednoznaczny, ale umożliwiającym dostosowanie go do okoliczności. Pisząc te wytyczne, autorzy koncentrowali się nie tylko na kwestiach naukowych, ale w równym stopniu brali pod uwagę problem edukacji i wprowadzenia wytycznych w życie<sup>1</sup>.

Zidentyfikowano 80 pytań, na które poszukiwano odpowiedzi. Zarówno sposoby przeglądu piśmiennictwa i jego wyniki, jak również braki w dowodach naukowych szczegółowo opisano w osobnej części (*Załącznik A*) i nie będą tu powtarzane. W tym rozdziale prezentujemy przede wszystkim podsumowanie dostępnych dowodów i ich wpływ na praktykę kliniczną i badania naukowe. Ujmując ogólnie, przegląd piśmiennictwa miał formę szybkich prze-

glądów (*Rapid Reviews – RR*), które zaktualizowano w czerwcu 2020 [<https://www.who.int/alliance-hpsr/resources/publications/rapid-review-guide/en/>].

Jeżeli było to możliwe, wyszukiwania były oparte na przeglądach piśmiennictwa zawartych w dokumentach ILCOR CoSTR. Dla zagadnień, które nie zostały w ogóle lub zostały tylko częściowo opracowane przez ILCOR, autorzy wykorzystali dotychczasowe wytyczne, przeglądy systematyczne i przeglądy narracyjne (KROK 0) oraz dodatkowe badania kliniczne (zarówno kontrolowane, randomizowane, jak i obserwacyjne) bezpośrednio związane ze zdefiniowanymi punktami określonymi jako PICOST (*Population-Intervention-Control-Outcomes-Setting-Times – Populacja-Interwencja-Grupa kontrolna-Wyniki-Warunki badania-Czas*) (KROK 1). Jakość istniejących wytycznych i przeglądów systematycznych była oceniana odpowiednio za pomocą narzędzi *Agree II* i *AMSTAR II*<sup>2,3</sup>. Dla badań klinicznych autorzy podali wyniki i ograniczenia, jednak nie oceniali systematycznie wiarygodności dowodów. Aby poszerzyć wgląd w niektóre zagadnienia, autorzy wykorzystywali również pośrednie dowody (KROK 2) pochodzące z badań u dorosłych, z badań prowadzonych nad zwierzętami oraz publikacji nieklinicznych.

Rozdział wytycznych ERC koncentruje się na postępowaniu z krytycznie chorym niemowlęciem i dzieckiem przed, w trakcie i po zatrzymaniu krążenia. Powinno się go czytać łącznie z pozost-

stałymi rozdziałami opisującymi konkretne zagadnienia dotyczące np. epidemiologii, etyki, edukacji i sytuacji szczególnych i odnoszące się do dzieci.

Wytyczne dotyczące resuscytacji bezpośrednio po urodzeniu (wspomagania okresu adaptacji po urodzeniu) opisane są w osobnym rozdziale. Wytyczne PLS ERC odnoszą się do wszystkich dzieci, zarówno noworodków (do 4. tygodnia życia), niemowląt (do 1. roku życia) i dzieci (od 1. do 18. roku życia)<sup>4</sup>. Z praktycznego punktu widzenia wytyczne dla dorosłych mogą być używane dla każdego pacjenta, który wydaje się dorosły.

W poniższym tekście termin „dziecko” odnosi się zarówno do niemowlęcia, jak i dziecka, chyba że zostanie to wyraźnie zaznaczone. Termin „pracownik ochrony zdrowia” oznacza osobę, która opiekuje się pacjentem pediatrycznym i powinna mieć wyższy poziom wiedzy niż osoba bez wykształcenia medycznego. „Wykwalifikowany” ratownik oznacza osobę z wystarczającą wiedzą, umiejętnościami, nastawieniem, doświadczeniem, która nieustannie doskonali swoje umiejętności, aby wykonywać pewne procedury


lub kierować działaniami na poziomie wymaganym przez społeczeństwo. Nie zawsze można jednoznacznie określić, co oznacza „wystarczające”, jest to zatem odpowiedzialność ratownika, aby odpowiednio określił swoje kompetencje.

W porównaniu do wytycznych z 2015 roku aktualne wytyczne wprowadzają relatywnie niewiele zmian w resuscytacji dzieci. Do najważniejszych należy zaliczyć następujące (Rycina 1):

- Wytyczne PLS dotyczą dzieci w wieku od 0 do 18 lat, z wyjątkiem noworodków bezpośrednio po urodzeniu. Wytyczne dla dorosłych mogą być używane wobec każdego, kto wydaje się dorosły.
- Tlenoterapię należy miareczkować tak, aby uzyskać  $\text{SpO}_2$  94–98%. Jeżeli nie można wiarygodnie oznaczyć  $\text{SpO}_2$  (lub  $\text{PaO}_2$ ), a dziecko ma objawy niewydolności krążeniowej lub oddechowej, zalecamy rozpocząć tlenoterapię wysokimi przepływami.
- U dziecka z rozpoznaniem wstrząsem należy podać jeden lub więcej bolusów płynu o objętości 10 ml/kg. Po każdym bolusie płynowym należy ponownie ocenić stan dziecka, aby uniknąć

**ZABIEGI RESUSCYTACYJNE U DZIECI\***

5



ZASAD GŁÓWNYCH

\*0.–18. r.ż., poza noworodkami tuż po urodzeniu

WYTYCZNE 2021

1.

Użyj schematu ABCDE jako wspólnego narzędzia. Pracuj zespołowo – bądź kompetentny
2.

Dostosuj leczenie tlenem do  $\text{SpO}_2$  94–98% – tylko wtedy, gdy pomiar  $\text{SpO}_2$  jest niemożliwy, rozpocznij tlenoterapię z wysokimi przepływami  $\text{O}_2$ , kierując się objawami niewydolności krążeniowej/oddechowej
3.

We „wstrząsie” podaj 1 lub więcej bolus(ów) o objętości 10 ml/kg (najlepiej w postaci roztworów zbilansowanych) krystaloidów (lub preparatów krwiopochodnych). Ponownie oceń po każdym bolusie. Wcześniej rozpocznij stosowanie leków wazoaktywnych
4.

W przypadku podstawowych zabiegów resuscytacyjnych użyj specyficznego algorytmu PBLIS (ABC – 15:2), jeżeli jesteś w nim przeszkolony. Kluczowe są zarówno poprawa jakości RKO, jak i minimalizowanie przerw w RKO. Zwróć uwagę na bezpieczeństwo ratownika
5.

Podczas zaawansowanych zabiegów resuscytacyjnych użyj specyficznego algorytmu PALS. Aktywnie poszukuj i lecz odwracalne przyczyny. Stosuj wentylację workiem z maską prowadzoną przez 2 osoby jako wspomaganie wentylacji pierwszego rzutu. Asynchroniczną wentylację z częstością odpowiednią dla wieku (10–25/min) prowadź tylko po zaintubowaniu dziecka

Rycina 1. Infografika podsumowująca zasady PLS (zob. też infografiki na końcu rozdziału)

nadmiernej podaży płynów. Należy wcześniej zastosować leki wazoaktywne. W przypadku wstrząsu krwotocznego należy ograniczyć stosowanie bolusów krystaloidów i jak najszybciej użyć preparatów krwiopochodnych (krwi pełnej lub koncentratu krwinek czerwonych w połączeniu z osoczem i koncentratem płytek krwi).

- Osoby przeszkolone w zakresie podstawowych zabiegów resuscytacyjnych u dzieci powinny prowadzić resuscytację zgodnie z algorytmem PBLIS.
- Osoby przeszkolone w PBLIS powinny natychmiast po wykonaniu pięciu oddechów ratowniczych przejść do uciśnięć klatki piersiowej, chyba że obecne są jednoznaczne oznaki krążenia. Jeżeli pomocy udziela tylko jeden ratownik, powinien najpierw zadzwonić pod numer alarmowy (i aktywować funkcję głośnomówiącą), zanim przejdzie do uciśnięć klatki piersiowej. W przypadkach nagłej utraty przytomności przy świadkach należy podłączyć AED, o ile jest natychmiast dostępne. Jeżeli nie ma bezpośredniego dostępu do telefonu, należy prowadzić RKO przez jedną minutę, zanim przerwie się RKO, aby zadzwonić po pomoc.
- U niemowląt pojedynczy ratownik może uciskać klatkę piersiową za pomocą dwóch kciuków lub dwóch palców.
- Priorytetowym działaniem ratownika przeszkolonego w PALS jest wczesne rozpoznanie i leczenie odwracalnej przyczyny zatrzymania krążenia.
- Wyszkolony personel powinien rozpoczynać wentylację workiem samorozprężalnym z maską wykonywaną przez dwie osoby. Tylko w przypadku prowadzenia RKO z wentylacją przez rurkę intubacyjną wentylacja może być wykonywana asynchronicznie, z częstością stosowaną do wieku pacjenta (10–25/min).
- Jeżeli personel przeszkolony w PALS ma wątpliwości w rozpoznaniu rytmu, powinien go traktować jak rytm defibrylacyjny.

Wytyczne zostały wydane w wersji roboczej i zaakceptowane przez członków Grupy ds. PLS. Metodologia opracowania wytycznych została zaprezentowana w Rozdziale 1 *Podsumowanie Komitetu Wykonawczego ERC*<sup>5</sup>. Wytyczne zostały oddane do publicznej konsultacji w październiku 2020 roku. Dokonano przeglądu komentarzy i w odpowiednich obszarach uaktualniono wytyczne. Wytyczne zostały zaprezentowane na Walnym Zgromadzeniu krajowych rad resuscytacji 10 grudnia 2020 roku i zaakceptowane przez Zarząd ERC.

## Skrócone wytyczne w praktyce klinicznej

### Rozpoznanie i postępowanie z krytycznie chorym dzieckiem

#### Ocena krytycznie chorego dziecka

- Dla wczesnego rozpoznania dziecka w stanie zagrożenia użyj Trójkąta Oceny Pediatricznej lub podobnego narzędzia do szybkiej oceny.
- Postępuj zgodnie ze schematem ABCDE:
  - na każdym etapie badania po wykryciu nieprawidłowości wykonaj konieczne interwencje

- powtórz badanie po każdej interwencji lub w przypadku wątpliwości co do stanu dziecka.
- **A** oznacza drogi oddechowe – udroźnij i utrzymuj drożność dróg oddechowych.
- **B** oznacza oddychanie – sprawdź:
  - częstość oddechów (Tabela 1; zmiana parametru w czasie ma większą wartość niż pojedynczy pomiar)
  - wysiłek oddechowy, np. zaciąganie, stękanie, poruszanie skrzydełkami nosa
  - objętość oddechową – bezprzyrzadowo (unoszenie się klatki piersiowej, głośność płaczu) lub za pomocą osłuchiwania.
  - utlenowanie (kolor, pulsoksymetria). Pamiętaj, że hipoksemia może być obecna pomimo braku innych oczywistych objawów
  - rozważ kapnografię
  - rozważ USG klatki piersiowej.
- **C** oznacza krążenie – sprawdź:
  - częstość tętna (Tabela 2; zmiana parametru w czasie ma większą wartość niż pojedynczy pomiar)
  - objętość tętna
  - perfuzję obwodową i narządową: czas nawrotu włósczkowego (*Capillary Refill Time* – CRT), diurezę, stan przytomności. Pamiętaj, że CRT nie jest bardzo czułym parametrem, jego prawidłowa wartość nie powinna usypiać czujności personelu
  - obciążenie wstępne (*preload*): wypełnienie żył szyjnych, brzeg wątroby, zastój nad płucami
  - ciśnienie tętnicze krwi (Tabela 3)
  - rozważ seryjne oznaczenia mleczanów
  - rozważ przyłóżkowe badanie ultrasonograficzne (*point-of-care*).
- **D** oznacza stan neurologiczny – sprawdź:
  - stan przytomności za pomocą skali AVPU (A-przytomny, V-reakcja na głos, P-reakcja na ból, U-bez reakcji), (pediatryczną) Skalę Śpiączki Glasgow (*Glasgow Coma Scale* – GCS) lub część ruchową skali GCS. Wynik P w skali AVPU lub niższy, 4 w skali ruchowej Glasgow lub 8 w całościowej skali Glasgow lub niższe wartości wskazują na poziom przytomności, przy którym prawdopodobnie nie są zachowane odruchy obronne dróg oddechowych
  - średnicę, symetrię i reakcję źrenic na światło
  - charakterystyczne ułożenie/pozycję ciała lub obecność objawów ogniskowych
  - występowanie drgawek, które stanowią nagły stan neurologiczny
  - stężenie glukozy, jeżeli stwierdzasz zaburzenia przytomności i/lub podejrzewasz hipoglikemię
  - objawy neurologiczne, które wystąpiły nagle i nie mają wytłumaczenia, szczególnie takie, które trwają pomimo resuscytacji, gdyż wskazują na konieczność pilnego neuroobrazowania.

#### Postępowanie z dzieckiem krytycznie chorym lub po urazie

Pomimo że badanie ABCDE jest opisane jako następujące po sobie kroki, w praktyce najlepiej, jeżeli interwencje są przeprowadzane przez zespół ludzi działających równolegle w skoordynowany sposób. **Praca zespołowa** jest ważnym elementem postępowania z każdym krytycznie chorym dzieckiem lub dzieckiem po urazie.

Tabela 1. Wartości prawidłowe dla wieku: częstość oddechu

Częstość oddechu dla wieku	1 miesiąc	1 rok	2 lata	5 lat	10 lat
Górna granica normy	60	50	40	30	25
Dolna granica normy	25	20	18	17	14

Tabela 2. Wartości prawidłowe dla wieku: częstość pracy serca

Częstość pracy serca dla wieku	1 miesiąc	1 rok	2 lata	5 lat	10 lat
Górna granica normy	180	170	160	140	120
Dolna granica normy	110	100	90	70	60

Tabela 3. Wartości prawidłowe dla wieku: skurczowe i średnie ciśnienia tętnicze krwi (c). Piąty (p5) i pięćdziesiąty centyl (p50) dla wieku

Cięśnienie tętnicze krwi dla wieku	1 miesiąc	1 rok	5 lat	10 lat
p50 ciśnienia skurczowego krwi	75	95	100	110
p5 ciśnienia skurczowego krwi	50	70	75	80
p50 średniego ciśnienia krwi	55	70	75	75
p5 średniego ciśnienia krwi	40	50	55	55

Kluczowe elementy pracy zespołowej obejmują:

- **Przewidywanie:** czego się spodziewać, przydzielenie zadań.
- **Przygotowanie:** materiały i sprzęt, lista kontrolna dla wsparcia procesu decyzyjnego, dane pacjenta.
- **Choreografię:** gdzie stanąć, dostęp do dziecka, optymalna wielkość zespołu.
- **Komunikację:** zarówno werbalną, jak i pozawerbalną. Należy używać komunikacji w pętli zamkniętej i posługiwać się wystandaryzowanymi protokołami komunikacji (np. liczenie przerw w uciskaniu, planowanie przekazania pacjenta). Konieczne jest minimalizowanie komunikacji niezwiązanej bezpośrednio z prowadzonymi działaniami. Warto zadbać o niski poziom stresu w środowisku pracy. Należy wprowadzić kulturę stanowczego potępienia niewłaściwych zachowań zarówno ze strony współpracowników, jak i rodziny.
- **Interakcję:** Członkowie zespołu mają określone zadania zgodne z protokołem i wykonują je równocześnie. Kierujący zespołem (powinien być łatwy do zidentyfikowania) monitoruje pracę zespołu, ustala priorytety, aby osiągnąć zakładany wspólny dla wszystkich cel i utrzymuje świadomość sytuacyjną zespołu. O ile to możliwe, najlepiej, aby kierujący zespołem nie był zaangażowany w bezpośrednie wykonywanie procedur. Wspólna świadomość sytuacyjna jest uważana za konieczną.

Poniżej opisujemy postępowanie w „**pierwszej godzinie**” w różnych nagłych stanach zagrożenia życia lub zdrowia u dzieci. Każdy z nich, jeżeli nie będzie właściwie leczony, może potencjalnie doprowadzić do zatrzymania krążenia. Nierzadko dziecko będzie prezentować zbiór problemów, które będą wymagały bardziej indywidualnego podejścia. Zalecenia dotyczące leczenia dzieci różnią się nie tylko od tych u dorosłych, ale mogą również zależeć od wieku i masy ciała dziecka. Aby oszacować masę ciała dziecka, należy posłużyć się danymi od rodziców/opiekunów albo użyć metod opierających się na zależności masy ciała od jego długo-

ści, najlepiej skorygowanych o typ budowy (np. Pawper MAC). Jeżeli jest to możliwe, warto użyć przyrządów ułatwiających podejmowanie decyzji, podających odpowiednio obliczone dawki leków i środków stosowanych w stanach nagłych.

#### Postępowanie w niewydolności oddechowej: wskazówki ogólne [AB]

Przejście ze stanu skompensowanej niewydolności oddechowej do zdekompensowanej może wydarzyć się w sposób nieprzewidywalny. Należy zatem monitorować stan każdego dziecka w stanie zagrożenia, aby możliwe było wczesne wykrycie i skorygowanie występujących odchyłań w procesach fizjologicznych. *Większość procedur wykonywanych w obrębie dróg oddechowych uznawana jest za procedury generujące aerozol. W przypadku podejrzenia choroby zakaźnej wymagane jest zatem użycie odpowiednich do zagrożenia środków ochrony indywidualnej (ŚOI).*

- Udrożnij drogi oddechowe i utrzymuj ich drożność za pomocą:
  - właściwego ułożenia głowy i ciała
  - odgięcia głowy i uniesienia brody lub wysunięcia żuchwy
  - ostrożnego odessania wydzielin.

Przytomne dziecko najprawdopodobniej przyjmie optymalną dla siebie pozycję.

- Rozważ użycie rurki ustno-gardłowej u nieprzytomnego dziecka, które nie ma zachowanego odruchu gardłowego (wymiotnego).
  - dobierz odpowiedni rozmiar, mierząc od środkowych siekaczy do kąta żuchwy, unikaj spychania języka do tyłu przy zakładaniu rurki.
- Rozważ użycie rurki nosowo-gardłowej u dziecka z zaburzeniami przytomności (półprzytomnego)
  - nie stosuj jej w przypadku podejrzenia złamania kości podstawy czaszki lub koagulopatii

- o właściwa głębokość założenia rurki powinna być określona na podstawie odległości od nozdrzy do skrawka ucha.
- U dzieci z **tracheostomią**:
  - o sprawdź drożność rurki tracheotomijnej, w razie konieczności odessij treść z rurki
  - o przy podejrzeniu zablokowania rurki, której nie usunęło odsysanie, natychmiast usuń rurkę i załóż nową. Jeżeli nie jest to możliwe, personel powinien mieć (przygotowany wcześniej) plan awaryjnego udrożnienia dróg oddechowych w takiej sytuacji.
- Dla poprawy **utlenowania** rozważ podaż dodatkowego tlenu i/lub zastosowanie dodatniego ciśnienia końcowo-wydechowego (PEEP)
  - o w sytuacji kiedy możliwy jest wiarygodny pomiar  $SpO_2$  (lub prężność tlenu  $[PaO_2]$ ): rozpocznij tlenoterapię, gdy  $SpO_2 < 94\%$ . Celem jest osiągnięcie  $SpO_2$  równego lub wyższego od  $94\%$  przy użyciu dodatkowego  $FiO_2$  (procent tlenu w mieszaninie oddechowej) o możliwie najniższej wartości. Długotrwałe odczyty  $SpO_2$  równej  $100\%$  powinny być generalnie unikane (wyjątkiem jest na przykład nadciśnienie płucne lub zatrucie tlenkiem węgla). Nie stosuj prewencyjnej tlenoterapii u dzieci bez objawów hipoksemii lub wstrząsu, lub niezagrażonych bezpośrednio wystąpieniem tych patologii. Dla dzieci z pewnymi schorzeniami przewlekłymi istnieją szczególne zalecenia
  - o jeżeli nie można wiarygodnie oznaczyć  $SpO_2$  lub  $PaO_2$ : rozpocznij tlenoterapię z wysokim  $FiO_2$ , kierując się klinicznymi objawami niewydolności krążeniowej lub oddechowej. Gdy tylko pomiar  $SpO_2$  i/lub  $PaO_2$  będzie dostępny, miareczkuj stosowaną tlenoterapię
  - o w przypadku dzieci z niewydolnością oddechową, u których nie uzyskano poprawy za pomocą niskich przepływów tlenu, przeszkolony personel powinien użyć kaniul donosowych o wysokim przepływie (*High-Flow Nasal Cannula* – HFNC) lub wentylacji nieinwazyjnej (*Non-Invasive Ventilation* – NIV), o ile to możliwe
  - o intubacja dotchawicza i następująca po niej wentylacja mechaniczna umożliwiają bezpieczne dostarczenie  $FiO_2$  i PEEP. Decyzja odnośnie do intubacji powinna brać pod uwagę ryzyko związane z tą procedurą oraz dostępność sprzętu i personelu (patrz niżej)
  - o u dzieci w hipoksemii pomimo wysokiego PEEP ( $>10$ ) i standardowych procedur mających na celu optymalizację wentylacji należy rozważyć „permissywną hipoksemię” (celem tlenoterapii jest  $SpO_2$  w zakresie  $88\text{--}92\%$ ).
- Dla wsparcia **wentylacji** dostosuj częstość oddechów (i czas wydechu) i/lub objętość oddechową (*Tidal Volume* – TV) odpowiednio do wieku
  - o użyj TV od 6 do 8 ml/kg należnej masy ciała (NMC), biorąc pod uwagę przestrzeń martwą fizjologiczną i aparaturową (szczególnie ważne u młodszych dzieci). Minimalizuj aparaturową przestrzeń martwą. Kieruj się prawidłowym unoszeniem się klatki piersiowej. Unikaj zarówno nadmiernej, jak i zbyt niskiej wentylacji. Dąż do uzyskania normokapnii. Wcześniej rozważ konsultację specjalistyczną
  - o w ostrym uszkodzeniu płuc rozważ „permissywną hiperkapnię” ( $pH > 7,2$ ), aby uniknąć w ten sposób agresywnej wentylacji. Permissywna hiperkapnia nie jest zalecana w nadciśnieniu płucnym lub w ciężkim urazie mózgu (*Traumatic Brain Injury* – TBI)
- stosuj  $ETCO_2$  lub prężność dwutlenku węgla we krwi żyłnej ( $PvCO_2$ ) zamiennie z tętnicznym  $PaCO_2$  wyłącznie w przypadku, kiedy potwierdzono korelację tych wskaźników.
- **Wentylacja workiem z maską (WWM)** jest metodą z wyboru zalecaną do wspomagania wentylacji
  - o zapewnij poprawną pozycję głowy, odpowiednio dobierz rozmiar maski oraz uzyskaj prawidłową szczelność pomiędzy maską a twarzą
  - o używaj worka odpowiednio dobranego do wieku dziecka. Aby dostarczyć wystarczającą objętość oddechową, czas wdechu powinien być wystarczająco długi (trwać około jedną sekundę). Unikaj hiperwentylacji
  - o zastosuj technikę wentylacji w dwie osoby, szczególnie kiedy trudno ją prowadzić albo istnieje ryzyko zakażenia. Rozważ użycie przyrządów do udrożniania dróg oddechowych
  - o w przypadku gdy WWM nie poprawia utlenowania i/lub wentylacji albo spodziewana jest konieczność prowadzenia przedłużonej wentylacji, odpowiednio przeszkolony i wprawny ratownik powinien rozważyć wczesne użycie przyrządu nadgłośniowego lub intubację tchawicy.
- **Intubacja dotchawicza (*Tracheal Intubation* – TI)** powinna być wykonywana wyłącznie przez kompetentny personel, kiedy jest częścią dobrze opracowanej procedury i dostępne są wszystkie środki i leki. Przy podejmowaniu decyzji o intubacji zawsze powinno się rozważyć ryzyko towarzyszące tej procedurze
  - o w stanach nagłych preferowana jest intubacja przez usta
  - o rękoczyn zewnętrznej manipulacji krtanią powinien być wykonany wyłącznie na polecenie osoby wykonującej intubację
  - o za wyjątkiem małych niemowląt podczas zabiegów resuscytacyjnych u dzieci należy użyć rurek z mankietem uszczelniającym. Monitoruj ciśnienie w mankiecie i dostosuj je odpowiednio do zaleceń producenta (zwykle  $<20$  do  $25\text{ cmH}_2\text{O}$ )
  - o u wszystkich dzieci, poza sytuacją zatrzymania krążenia, użyj odpowiednich leków, aby ułatwić intubację, a następnie analgosedację
  - o podczas intubacji monitoruj parametry hemodynamiczne i  $SpO_2$ , pamiętając, że bradykardia i spadek saturacji są późnymi objawami hipoksji
  - o unikaj przedłużających się prób laryngoskopii i/lub nie powtarzaj ich wielokrotnie. Przewiduj potencjalne problemy krążeniowo-oddechowe, jakie mogą wystąpić w przypadku niemożności intubacji tchawicy i przygotuj plan alternatywnego udrożnienia dróg oddechowych
  - o kompetentny personel powinien rozważyć (wczesne) użycie wideolaryngoskopii, jeśli spodziewa się trudnej intubacji
  - o po zaintubowaniu konieczne jest potwierdzenie prawidłowej pozycji rurki intubacyjnej – oceną kliniczną i za pomocą obrazowania. U wszystkich zaintubowanych dzieci użyj kapnografii, aby wcześniej rozpoznać niedrożność rurki, jej nieprawidłowe umieszczenie lub przemieszczenie.
- **Przyrządy nadgłośniowe** (takie jak *i-gel*, LMA) mogą stanowić alternatywny sposób udrożnienia dróg oddechowych i wentylacji, chociaż nie zabezpieczają one całkowicie przed aspiracją do dróg oddechowych. Mimo że łatwiej je założyć niż

rukę intubacyjną, to również muszą być używane przed kompetentny personel.

- Nagłe, gwałtowne pogorszenie stanu dziecka wentylowanego (za pomocą maski lub rurki tchawiczej) jest zdarzeniem wymagającym natychmiastowego działania w krótkim czasie. Rozważ DOPEs:
  - **D displacement** oznacza przemieszczenie (rurki lub maski)
  - **O obstruction** oznacza zatkanie (rurki, układu oddechowego, dróg oddechowych – pozycja głowy)
  - **P pneumothorax** oznacza odmę przęzną
  - **E equipment** oznacza sprzęt (tlen, rury, połączenia, zastawki)
  - **S stomach** oznacza żołądek (przedział brzuszny).

### Postępowanie w stanie astmatycznym

- Rozpoznanie ciężkiego zaostrzenia astmy opiera się na objawach klinicznych, zebranych krótkim wywiadzie, a także wynikach monitorowania SpO<sub>2</sub>
  - badanie czynnościowe płuc (PEF lub PEV1) stanowi dodatkową, cenną informację u dzieci >6. roku życia, o ile nie ma trudności w jego przeprowadzeniu i nie opóźnia leczenia
  - badania gazometrii krwi nie wykonuje się rutynowo, ale może być ono pomocne, kiedy dziecko nie reaguje na leczenie lub jego stan się pogarsza. Podczas pobierania próbki należy kontynuować tlenoterapię. Dzięki kompensacji PaCO<sub>2</sub> może być początkowo prawidłowe lub obniżone. Hiperkapnia jest objawem dekompensacji
  - zdjęcia klatki piersiowej nie wykonuje się rutynowo, ale może być ono wskazane w diagnostyce różnicowej lub poszukiwaniu powikłań.
- W przypadku stanu astmatycznego konieczne jest leczenie, które powinno być prowadzone zdecydowanie, oparte na odpowiednim protokole i wdrożone w odpowiednim czasie
  - zapewnij komfortowe otoczenie i pozycję ciała. Unikaj leków sedujących, nawet jeżeli dziecko jest pobudzone
  - w sposób miareczkowany podaj tlen, aby osiągnąć SpO<sub>2</sub> w granicach 94–98%. Jeżeli nie można zmierzyć SpO<sub>2</sub>, tlen podawaj w wysokim przepływie do momentu, w którym możliwe stanie się jego miareczkowanie
  - zastosuj krótko działający preparat beta-2-agonisty (*Short-Acting Beta-2 Agonist* – SABA) za pomocą inhalatora z komorą inhalacyjną (np. 2–10 dawek salbutamolu) lub w nebulizacji (np. salbutamol 2,5–5 mg (0,15 mg/kg)). Dostosuj dawki do odpowiedzi na leczenie i powtórz, jeżeli jest to konieczne (aż do ciągłej podaży w czasie pierwszej godziny). Działanie SABA rozpoczyna się w sekundach i trwa maksymalnie 30 minut (czas półtrwania 2–4 godzin). Dodaj krótko działający lek antycholinergiczny (np. bromek ipratropium 0,25–0,5 mg) w nebulizacji lub inhalacji przez komorę
  - w ciągu pierwszej godziny podaj glikokortykosteroidy systemowo – doustnie lub dożylnie. Personel powinien użyć steroidu, który zna najlepiej (np. prednizolon 1–2 mg/kg, dawka maksymalna 60 mg/dobę)
  - w ciężkim lub zagrażającym życiu napadzie astmy można rozważyć dożylnie podanie siarczanu magnezu w pojedynczej dawce 50 mg/kg (maksymalnie 2 g) w 20 minutowym wlewie. U dzieci alternatywnie można zastosować izotoniczny roztwór siarczanu magnezu w nebulizacji (2,5 ml roztworu 250 mmol/l, 150 mg)

- wykwalifikowany personel może rozważyć użycie dodatkowych leków, np. ketaminy (iv), aminofiliny (iv) itp. Należy pamiętać, że dożylnie zastosowanie SABA niesie ze sobą istotne ryzyko wystąpienia zaburzeń elektrolitowych, podwyższonego stężenia mleczanów oraz niewydolności krążenia. Jeżeli stosuje się SABA, stan dziecka powinien być wnikliwie monitorowany
- antybiotyki nie są wskazane, chyba że potwierdzone jest zakażenie bakteryjne
- w astmie nie ma wskazań do rutynowego stosowania adrenaliny systemowo lub miejscowo, ale u wszystkich dzieci, u których objawy wystąpiły nagle, należy wykluczyć anafilaksję jako alternatywną przyczynę obserwowanych objawów
- jeżeli jest to możliwe, u dzieci w stanie astmatycznym, które wymagają tlenoterapii intensywniejszej niż standardowe FiO<sub>2</sub> i/lub nie odpowiadają na wstępne leczenie, rozważ zastosowanie wentylacji nieinwazyjnej (*Non-Invasive Ventilation* – NIV) lub HFNC.

### Postępowanie w anafilaksji

- Fundamentalne znaczenie ma wczesne rozpoznanie anafilaksji i ukierunkowuje ono dalsze leczenie:
  - ostry początek choroby (minuty do godzin) z zajęciem skóry, śluzówek lub obu wraz z co najmniej jednym z poniższych:
    - a) objawy ze strony układu oddechowego, np. duszność, świsty – skurcz oskrzeli, świst wdechowy, obniżone PEF, hipoksemia
    - b) spadek ciśnienia krwi lub towarzyszące objawy dysfunkcji narządów, np. utrata przytomności, śpiączka
    - c) ciężkie objawy ze strony układu pokarmowego, szczególnie przy ekspozycji na alergeny inne niż pokarmowe

LUB

- ostry początek choroby (od kilku minut do kilku godzin) z hipotensją lub skurczem oskrzeli lub zajęciem krtani po ekspozycji na znany lub podejrzewany alergen, nawet przy braku typowych objawów skórnych.
- W momencie podejrzenia wystąpienia anafilaksji natychmiast podaj **adrenalinę domięśniowo (im)** (środek uda, powierzchnia przednio-boczna, nie podawaj adrenaliny podskórnie). Następnie postępuj według schematu ABCDE i w razie konieczności: wezwij pomoc, udroźnij drogi oddechowe, prowadź tlenoterapię, wspomagaj wentylację, uzyskaj dostęp dożylny, powtarzaj bolusy płynów i podaj leki wazoaktywne
  - wczesne podanie adrenaliny im może być rozważone w przypadku łagodniejszych objawów u dzieci, u których anafilaksja wystąpiła w przeszłości
  - dawka adrenaliny przy podaży im wynosi 0,01 mg/kg, można ją podać za pomocą strzykawki (roztwór 1 mg/ml), ale w większości przypadków jedyną dostępną formułą będzie adrenalina w autostrzykawce (0,15 mg [<6. r.ż.] – 0,3 mg [6.–12. r.ż.] – 0,5 mg [>12. r.ż.]
  - jeżeli objawy nie ustępują szybko, po 5–10 minutach podaj drugą dawkę adrenaliny im
  - w przypadku anafilaksji odpornej na leczenie wykwalifikowany personel może rozważyć użycie adrenaliny dożylnie (iv) lub doszpiczowo (io). Dawki należy dobierać ostrożnie, by uniknąć pomyłki.

- Zabezpiecz pacjenta przed dalszą ekspozycją na czynnik wyzwalający. W przypadku użądlenia przez pszczołę jak najszybciej usuń żądło.
- Rozpoznaj zatrzymanie krążenia i rozpocznij standardową RKO. Personel mający do dyspozycji wyłącznie adrenalinę do podania domięśniowego może rozważyć jej podanie, jeżeli do zatrzymania krążenia doszło w nieodległym czasie.
- W przypadku zaburzeń ze strony układu oddechowego rozważ wczesną intubację tchawicy. Spodziewaj się obrzęku dróg oddechowych. Udrożnienie dróg oddechowych w przypadku anafilaksji może być bardzo trudne i konieczne jest wczesne zapewnienie pomocy lekarzy wysoko wykwalifikowanych w tym zakresie.
- Poza adrenaliną im rozważ zastosowanie:
  - inhalacji SABA (i/lub inhalacji adrenaliny) w przypadku skurczu oskrzeli
  - leków antyhistaminowych (H1 i H2) doustnie lub dożylnie w celu zmniejszenia objawów subiektywnych (szczególnie skórnych)
  - glikokortykosteroidów (np. metyloprednizolonu 1–2 mg/kg) tylko u dzieci wymagających przedłużonej obserwacji
  - specyficznego leczenia wynikającego z wywiadu.
- Po leczeniu obserwuj dziecko w poszukiwaniu objawów reakcji późnej lub dwufazowej. Pacjenci, którzy dobrze zareagowali na jedną dawkę adrenaliny im i którzy nie posiadają innych dodatkowych czynników ryzyka, mogą zostać wypisani po 4–8 godzinach. Przedłużoną obserwację (12–24 godzin) zaleca się u dzieci z wywiadem reakcji dwufazowej lub przedłużonej, z astmą, wymagających więcej niż jednej dawki adrenaliny im lub u których czas od wystąpienia pierwszych objawów do podania adrenaliny im wynosił więcej niż 60 minut.
- Należy podjąć starania o ustalenie potencjalnego czynnika sprawczego. Nie opóźniając leczenia, w celu oznaczenia tryptazy uwalnianej przez komórki tuczne pobierz próbkę krwi w momencie przyjęcia dziecka i idealnie 1–2 godziny później. Skieruj pacjenta do specjalisty w celu dalszej opieki. Każde dziecko, u którego wystąpiła reakcja anafilaktyczna, powinno mieć zaleconą autostrzykawkę z adrenaliną oraz otrzymać instrukcję jej użycia (dotyczy to zarówno dziecka – o ile to możliwe – oraz rodziców).

### Postępowanie w niewydolności krążenia [C]

- Systemy ochrony zdrowia powinny wprowadzić odpowiednie do okoliczności protokoły postępowania w niewydolności krążenia u dzieci, włączając w to wczesne rozpoznanie i leczenie ratunkowe.
- Leczenie dziecka z niewydolnością krążenia powinno być indywidualnie dostosowane do przyczyny, patofizjologii, wieku, okoliczności, chorób współistniejących i dostępnych zasobów. Przejście od stanu klinicznego niewydolności skompensowanej w zdekompensowaną może być nagłe i nieprzewidywalne. Nie ma pojedynczego objawu, który mógłby wiarygodnie określać ciężkość niewydolności krążenia ani służyć jako cel leczenia. Stan pacjenta należy regularnie oceniać, co najmniej po każdej interwencji. Poza obserwowaniem objawów klinicznych rozważ monitorowanie średniego ciśnienia tętniczego (*Mean Arterial Pressure* – MAP), trendu stężenia mleczanów, diurezy i – jeżeli masz doświadczenie – ultrasonografię. Wykwalifikowany personel może również monitorować zaawansowane pa-

rametry hemodynamiczne, takie jak wskaźnik sercowy, systemowy opór naczyniowy, saturację krwi w żyłę głównej (*ScvO<sub>2</sub>*), ale ich pomiar nie jest priorytetem w pierwszej godzinie opieki nad pacjentem.

- Postępowanie z dzieckiem z niewydolnością krążenia powinno być zgodne ze schematem ABCDE i zawierać odpowiednie zabezpieczenie drożności dróg oddechowych i utlenowania oraz wentylację.
- **Dostęp naczyniowy:**
  - obwodowa kaniula dożylna jest dostępem naczyniowym z wyboru. Wykwalifikowany personel może do uzyskania dostępu użyć ultrasonografii. W przypadkach nagłych ogranicz czas uzyskania dostępu do najwyżej pięciu minut (dwóch prób). Jeżeli uważasz, że szanse na uzyskanie dostępu obwodowego są małe, już na wczesnym etapie leczenia wykorzystaj ratunkowy dostęp alternatywny
  - ratunkowym dostępem alternatywnym z wyboru u dzieci i niemowląt jest **dostęp doszpicowy (io)**. Wszyscy członkowie personelu przeszkoleni w pediatrycznych zaawansowanych zabiegach resuscytacyjnych (ALS) powinni być kompetentni w zakładaniu dostępu doszpicowego i powinni okresowo ćwiczyć tę umiejętność z użyciem różnych urządzeń (i miejsc dostępu) stosowanych w ich miejscu pracy. U każdego dziecka, które nie jest nieprzytomne, należy zastosować odpowiednie znieczulenie. Należy dobrać igłę w odpowiednim rozmiarze. Większość standardowych pomp infuzyjnych nie będzie podawała leku przez io, dlatego leki i płyny należy podawać ręcznie lub stosować zestaw do podawania pod ciśnieniem. Potwierdź prawidłową pozycję igły i kontroluj miejsce dostępu pod kątem wynacznienia, które może doprowadzić do zespołu ciasnoty przedziałów powięziowych.
- **Płynoterapia:**
  - u dziecka z rozpoznaniem wstrząsem podaj wcześniej jeden lub więcej bolusów płynu o objętości **10 ml/kg**. W pierwszej godzinie leczenia wstrząsu (septycznego) konieczne mogą być powtarzane bolusy płynów aż do objętości 40–60 ml/kg
  - po każdym bolusie płynowym ponownie oceń dziecko. Unikaj podawania kolejnych bolusów u pacjentów, u których ustąpiły objawy upośledzonej perfuzji lub pojawiły się objawy przeciążenia płynami lub niewydolność serca. Określając potrzebę podaży kolejnych bolusów, połącz ocenę kliniczną z parametrami biochemicznymi oraz – jeżeli jest to możliwe – z obrazowaniem, takim jak ultrasonografia serca i płuc. W przypadku powtarzania bolusów płynu wcześniej rozważ dołączenie leków wazoaktywnych i wsparcia oddechowego. W przypadku braku dostępności intensywnej terapii rozsądne wydaje się prowadzenie bardziej restrykcyjnej płynoterapii
  - jako płynów z wyboru użyj **zbilansowanych (zrównoważonych) krystaloidów**, jeśli są dostępne. Przy braku powyższych akceptowalną alternatywą jest użycie soli fizjologicznej. U dzieci z sepsą, szczególnie w przypadku malarii lub gorączki denga, lekami drugiego rzutu są albuminy. Produkty krwiopochodne zarezerwowane są dla przypadków wstrząsu krwotocznego lub sytuacji, w której parametry morfologii krwi obniżą się poniżej akceptowalnego minimum
  - w przypadku **wstrząsu hipowolemicznego niespowodowanego krwawieniem** podawaj bolusy szybko. W pozosta-

łych przypadkach resuscytacja płynowa ciężko odwodnionych dzieci generalnie może być prowadzona bardziej stopniowo (np. do 100 ml/kg w ciągu ośmiu godzin)

- w przypadku **wstrząsu krwotocznego** ogranicz stosowanie bolusów krystaloidów do minimum (maks. 20 ml/kg). U dzieci z niewydolnością krążenia po urazie wcześniej rozważ użycie preparatów krwiopochodnych lub krwi pełnej, jeżeli jest dostępna. W leczeniu stosuj strategię zabezpieczającą odpowiednią koagulację (używaj takiej samej objętości osocza jak objętość przetoczonego KKCz, rozważ użycie płytek krwi, fibrynogenu i innych czynników krzepnięcia). Unikaj nadmiernej objętości płynów, ale w oczekiwaniu na ostateczną kontrolę obrażeń i/lub spontaniczną hemostazę staraj się zapewnić odpowiednią perfuzję tkankową. Permisyjna hipotensja (MAP na poziomie piątego centyla dla wieku) może być rozważana wyłącznie u dzieci, u których nie ma ryzyka towarzyszącego urazu mózgu
- każdemu dziecku po ciężkim urazie, które wymagało transfuzji, podaj **kwasię traneksamowy (TxA)** jak najszybciej, w czasie trzech pierwszych godzin po urazie i/lub wystąpieniu ciężkiego krwawienia. Rozważ podanie TxA u dzieci z izolowanym umiarkowanym TBI (GCS 9–13) bez nieprawidłowości w badaniu źrenic. Zastosuj dawkę wstępną 15–20 mg/kg (maks. 1 g), a następnie wlew 2 mg/kg/h przez co najmniej osiem godzin lub do ustąpienia krwawienia (maks. 1 g).
- **Leki wazoaktywne/inotropowe:**
  - u dzieci z niewydolnością krążenia, których stan kliniczny nie poprawił się pomimo powtarzanych bolusów płynu, wcześniej zastosuj leki wazoaktywne w ciągłym wlewie (rozcieńczone zgodnie z lokalnymi protokołami), użyj dostępu centralnego lub obwodowego. Należy zwrócić uwagę na właściwe rozcieńczenie, dawkowanie i kontrolę miejsca podaży leku. Najlepiej użyć przeznaczanego do tego dostępu naczyniowego ze stałym przepływem, unikając przypadkowych bolusów i nagłych zmian dawki. Miareczkuj dawkowanie leku w oparciu o zakładany docelowy MAP, który może być odmienny w różnych stanach chorobowych, zależny od wieku pacjenta i odpowiedzi na leczenie. W warunkach intensywnej terapii można brać pod uwagę inne zmienne hemodynamiczne
  - jako leku obkurczającego naczynia użyj z wyboru noradrenaliny lub adrenaliny, a dobutaminy lub milrinonu jako leku rozszerzającego naczynia. Dopamina powinna być rozważana jedynie w przypadku braku zarówno adrenaliny, jak i noradrenaliny. Każdy ratownik przeszkolony w pediatrycznym ALS powinien być kompetentny w użyciu tych leków w pierwszej godzinie stabilizacji dziecka z niewydolnością krążenia
  - użyj leków wazoaktywnych w przypadku wstrząsu hipowolemicznego opornego na leczenie płynami, szczególnie kiedy u dziecka występuje spadek napięcia układu współczulnego, jak ma to miejsce podczas znieczulenia ogólnego oraz u dzieci ze wstrząsem hipowolemicznym, któremu towarzyszy TBI. Do uzyskania wystarczającego ciśnienia przepływu mózgowego konieczny jest odpowiednio wysoki MAP (np. powyżej 50 centyla). Oceń i w razie potrzeby wspomagaj funkcję serca.
- **Dodatkowe działania lecznicze we wstrząsie septycznym:**
  - rozważ podanie pierwszej dawki (stresowej) hydrokortyzonu (1–2 mg/kg) dzieciom ze wstrząsem septycznym, który

nie odpowiada na płynoterapię i leki wazoaktywne, niezależnie od innych parametrów, w tym biochemicznych

- podaj dawkę stresową hydrokortyzonu dzieciom ze wstrząsem septycznym, u których steroidy były stosowane krótkotrwale lub przewlekłe, mającymi zaburzenia osi podwzgórze-przysadka-nadnercza, z wrodzonym przerostem nadnerczy, z innymi endokrynopatiami dotyczącymi kortykosteroidów lub które w ostatnim czasie były leczone ketokonazolem lub etomidatem
- natychmiast po zakończeniu wstępnego postępowania ABCDE (najlepiej w pierwszej godzinie leczenia) rozpocznij antybiotykoterapię o szerokim spektrum. Jeżeli nie opóźni to leczenia, przed podaniem antybiotyku pobierz próbki krwi na posiewy (lub w celu badania PCR).
- **Wstrząs obturacyjny u dzieci:**
  - odma prężna wymaga natychmiastowego leczenia albo poprzez ratunkową torakostomię, albo przez igłową torakocentezę. Jeżeli nie opóźni to leczenia, do potwierdzenia rozpoznania użyj ultrasonografii. Dla obu technik wykorzystaj z wyboru dostęp w 4. lub 5. przestrzeni międzyżebrowej (*Intercostal Space* – ICS), nieznacznie do przodu od linii pachowej środkowej. U dzieci akceptowalną alternatywą jest wykorzystanie 2. przestrzeni międzyżebrowej w linii środkowo-obojęzycznej. Jak najszybciej zamień uzyskany dostęp na standardowy drenaż
  - systemy opieki, które nie wprowadziły procedury natychmiastowej torakostomii, powinny przynajmniej rozważyć torakostomię jako procedurę ratunkową w przypadku ciężkiego urazu u dziecka i odpowiednio przeszkolić właściwy personel
  - dla rozpoznania tamponady użyj ultrasonografii, jeżeli jest dostępna. Tamponada prowadząca do wstrząsu obturacyjnego wymaga natychmiastowego odbarczenia za pomocą perikardiocentezy, torakotomii lub (re)sternotomii w zależności od okoliczności i dostępnego personelu. Odpowiednio do warunków system opieki powinien uwzględnić przygotowanie procedur do opieki nad pacjentem z tamponadą.
- **Pierwotna bradykardia niestabilna hemodynamicznie:**
  - rozważ użycie atropiny (20 µg/kg; maks. 0,5 mg na dawkę) wyłącznie w przypadku bradykardii spowodowanej zwiększonym napięciem nerwu błędnego
  - ratunkową stymulację przezskłatkową rozważ w wybranych przypadkach, kiedy niewydolność krążenia spowodowana jest bradykardią wynikającą z całkowitego bloku serca lub nieprawidłowej czynności węzła zatokowego. Konieczna jest wczesna konsultacja ze specjalistą.
- **Pierwotna tachykardia niestabilna hemodynamicznie:**
  - u dzieci ze zdekompensowaną niewydolnością krążenia spowodowaną częstoskurczem nadkomorowym (*Supraventricular Tachycardia* – SVT) lub komorowym (*Ventricular Tachycardia* – VT) leczeniem z wyboru jest *natychmiastowa kardiowersja elektryczna* początkową energią 1 J/kg masy ciała. Podwajaj energię z każdą kolejną próbą do maksymalnie 4 J/kg. Idealnie jest, gdy leczenie jest kierowane przez specjalistę, o ile jest to możliwe. W przypadku dzieci z zachowaną świadomością użyj odpowiedniej analgesodacji, zgodnie z miejscowymi procedurami. Po każdym wyładowaniu sprawdź oznaki życia
  - u dzieci z podejrzeniem SVT, u których nie doszło do dekompensacji, można wypróbować działanie manewrów na nerwie



błędnym (np. przyłożenie lodu na twarz, zmodyfikowaną próbę Valsalvy). Jeżeli są one nieskuteczne, należy przejść do dożylnego podażu adenozyiny. Przez dużą kaniulę dożylną podaj szybki bolus adenozyiny w dawce 0,1–0,2 mg/kg (maks. 6 mg) i natychmiast przepłucz go roztworem soli fizjologicznej; podczas podażu leku zarejestruj zapis rytmu serca (EKG) do późniejszej weryfikacji przez specjalistę. Szczególnie u młodszych dzieci preferowane jest użycie wyższej pierwszej dawki. W przypadku przetrwałego SVT co najmniej po upływie jednej minuty powtórz adenozyinę w wyższej dawce (0,3 mg/kg, maks. 12–18 mg). Ostrożnie stosuj adenozyinę u dzieci z chorobą węzła zatokowego, arytmia przedsionkową i zespołem preekscytacji, po przeszczepie serca lub z ciężką astmą. W takich przypadkach lub kiedy nie ma długotrwałego efektu zastosowanej adenozyiny, wykwalifikowany personel (po konsultacji ze specjalistą) może podać alternatywne leki

- o częstoskurcz z szerokimi zespołami QRS może być częstoskurczem komorowym, częstoskurczem nadkomorowym przewodzionym z aberracją o typie bloku odnogi lub arytmia przewodzoną zstępująco przez drogę dodatkową. W przypadkach kiedy mechanizm arytmii nie jest ostatecznie rozpoznany, częstoskurcz z szerokimi zespołami QRS powinien być leczony jak VT. U dzieci stabilnych hemodynamicznie manewry zwiększające napięcie nerwu błędnego mogą dać odpowiedź o podłożu zaburzeń rytmu. Wykwalifikowany ratownik (z pomocą specjalisty) może następnie spróbować leczenia farmakologicznego. Nawet w przypadku stabilnych pacjentów należy zawsze rozważyć kardiowersję elektryczną jako sposób leczenia. W przypadku VT o typie *torsade de pointes* wskazane jest podanie 50 mg/kg siarczuanu magnezu.

### Postępowanie w stanach nagłych neurologicznych [D] i innych [E]

Szybko rozpoznaj i lecz nagłe stany neurologiczne. Wtórne uszkodzenie mózgu (spowodowane np. hipoksją, hipotensją) i opóźnienie leczenia pogarszają rokowanie. Zgodnie z ABCDE leczenie obejmuje właściwe postępowanie w zakresie udrożnienia dróg oddechowych, utlenowania, wentylacji i krążenia.

#### Stan padaczkowy

- Zdiagnozuj i lecz zarówno choroby i zaburzenia powodujące drgawki, włączając hipoglikemię, zaburzenia elektrolitowe, zatrucia, zakażenia mózgu oraz choroby neurologiczne, jak i układowe powikłania, takie jak niedrożność dróg oddechowych, hipoksemia i wstrząs.
- Jeżeli drgawki trwają dłużej niż pięć minut, podaj pierwszą dawkę benzodiazepin. W szczególnych przypadkach należy rozważyć natychmiastowe leczenie. Wybór konkretnej benzodiazepiny oraz droga podania będą zależały od dostępności, okoliczności, akceptacji społecznej leczenia i doświadczenia personelu. Benzodiazepiny podawane inną drogą niż dożylna powinny być użyte, jeżeli nie ma (jeszcze) dostępnego wkłucia dożylnego. Konieczne jest odpowiednie dawkowanie, sugeruje się następujące dawki:
  - o midazolam 0,2 mg/kg im (maks. 10 mg) lub gotowe ampułkostrzykawki: 5 mg dla dzieci o masie ciała 13–40 kg, 10 mg >40 kg; 0,3 mg/kg donosowo/dopoliczkowo; iv 0,15 mg/kg iv (maks. 7,5 mg)

- o lorazepam 0,1 mg/kg iv (maks. 4 mg)
- o diazepam 0,2–0,25 mg/kg iv (maks. 10 mg)/0,5 mg/kg do-odbytniczo (maks. 20 mg).
- Jeżeli drgawki nie ustąpią w ciągu kolejnych pięciu minut, podaj drugą dawkę benzodiazepiny i przygotuj do podania długo działający lek drugiego rzutu. Poproś o konsultację specjalistę.
- Najpóźniej po 20 minutach trwania drgawek podaj lek przeciwdrgawkowy drugiego rzutu. Wybór leku ponownie będzie zależał od okoliczności, dostępności i doświadczenia personelu. Również w tym przypadku konieczne jest stosowanie odpowiednich dawek:
  - o lewetiracetam 40–60 mg/kg iv (ostatnie doniesienia sugerują wyższe dawki; maks. 4,5 g przez 15 minut)
  - o fenytoina 20 mg/kg iv (maks. 1,5 g, przez 20 minut lub alternatywnie fosfenytoina)
  - o kwas walproinowy 40 mg/kg iv (maks. 3 g, przez 15 minut; unikaj w przypadku podejrzenia niewydolności wątroby lub choroby metabolicznej (które trudno w sposób pewny wykluczyć u niemowląt i młodszych dzieci) oraz w przypadku nastolatek w ciąży)
  - o fenobarbital (20 mg/kg w ciągu 20 minut) iv jest rozsądną alternatywą w przypadku, gdy żaden z trzech powyżej zalecanych leków nie jest dostępny.
- W przypadku kiedy drgawki nie ustępują po pierwszej dawce leku drugiego rzutu, rozważ dodatkowy lek drugiego rzutu.
- Najpóźniej po 40 minutach od początku drgawek rozważ zastosowanie midazolamu, ketaminy, fenobarbitalu/tiopentalu lub propofolu w dawkach anestetycznych (podawanych przez wykwalifikowany personel), najlepiej pod kontrolą ciągłego monitorowania EEG. Przygotuj się do odpowiedniego wspomaganie utlenowania, wentylacji i krążenia, jeżeli będzie to konieczne.
- Niedrgawkowy stan padaczkowy może trwać nawet po zakończeniu drgawek. Każde dziecko, które nie odzyska w pełni przytomności, wymaga monitorowania EEG i odpowiedniego leczenia.

#### Hipoglikemia

- Hipoglikemię rozpoznaje się na podstawie objawów klinicznych i okoliczności ich wystąpienia oraz pomiarów glikemii (50–70 mg/dl; 2,8–3,9 mmol/l). Hipoglikemię należy natychmiast leczyć, podobnie jak należy rozpoznać i leczyć każdą możliwą jej przyczynę. W przypadku niektórych chorób metabolicznych wskazane może być dożylnie podawanie glukozy w specjalnych dawkach podtrzymujących.
- Łagodna, bezobjawowa hipoglikemia może być leczona standardowymi dawkami glukozy we wlewie podtrzymującym (6–8 mg/kg/min) lub przy pomocy szybko działającej glukozy podanej doustnie (0,3 g/kg w tabletkach lub jej odpowiednikach) z następczą podażą dodatkowych węglowodanów, aby zapobiec nawrotowi hipoglikemii.
- Ciężka hipoglikemia u dzieci (<50 mg/dl (2,8 mmol/l) z objawami neurologicznymi) wymaga:
  - o glukozy 0,3 g/kg iv w bolusie, najlepiej przy pomocy roztworu 10% (100 mg/ml; 3 ml/kg) lub 20% (200 mg/ml; 1,5 ml/kg).
  - o kiedy glukoza w formie dożylniej nie jest dostępna, personel może podać glukagon jako tymczasowy środek ratunkowy w dawce 0,03 mg/kg (lub 1 mg >25 kg; 0,5 mg <25 kg) im lub sc albo donosowo (3 mg; 4.–16. r.ż.)

- powtórz pomiar stężenia glukozy po 10 minutach od leczenia i ponownie podaj dawkę leczniczą glukozy, jeżeli odpowiedź na leczenie jest niewystarczająca. Rozsądnym celem leczenia jest wzrost o co najmniej 50 mg/dl (2,8 mmol/l) i/lub osiągnięcie glikemii 100 mg/dl (5,6 mmol/l)
- rozpocznij wlew podtrzymujący glukozy (6–8 mg/kg/min), aby odwrócić katabolizm i utrzymać odpowiednią glikemię.

### Hipokaliemia

- W ciężkiej hipokaliemii (<2,5 mmol/l), zagrażającej zatrzymaniem krążenia, podaj monitorowanemu dziecku bolus potasu 1 mmol/kg iv (maks. 30 mmol) przez co najmniej 20 minut, powtarzaj do uzyskania stężenia powyżej 2,5 mmol/l, unikając niezamierzonej hiperkaliemii. Podaj również magnez 30–50 mg/kg iv.
- We wszystkich pozostałych przypadkach preferowana jest doustna suplementacja, o ile podaż dojelitowa jest tolerowana. Dawka powinna być dobrana na podstawie objawów klinicznych, zmierzonych wartości oraz podejrzanego stopnia niedoboru.

### Hiperkaliemia

- Do oceny ciężkości hiperkaliemii wykorzystaj zmierzone wartości stężenia potasu, odnosząc je do przyczyny i dodatkowych czynników mogących powodować hiperkaliemię oraz obecność zmian w EKG charakterystycznych dla zwiększonego stężenia potasu. Jak najszybciej wyklucz lub rozpocznij leczenie przyczyny hiperkaliemii oraz wyeliminuj dodatkowe czynniki mające wpływ na podwyższone wartości potasu.
- Postępowanie ratunkowe dostosuj indywidualnie do pacjenta. Wcześniej rozważ konsultację specjalisty. U dzieci z ostrą, objawową, zagrażającą życiu hiperkaliemią podaj:
  - wapń (np. 10% glukonian wapnia 0,5 ml/kg, maks. 20 ml) w celu stabilizacji błon komórkowych. Działanie rozpoczyna się w ciągu minut i trwa 30–60 minut
  - szybko działającą insulinę z glukozą w celu redystrybucji potasu. Działanie rozpoczyna się po 15 minutach, szczyt po 30–60 minutach i trwa 4–6 godzin (np. 0,1 U/kg insuliny przeliczone na roztwór 1 IU insuliny w 25 ml 20% glukozy; jeżeli glikemia wynosi >250 mg/dl (13,9 mmol/l), początkowo nie ma potrzeby stosowania glukozy w roztworze). Konieczna może być podaż dodatkowych dawek. Po wyrównaniu hiperkaliemii w celu uniknięcia hipoglikemii kontynuuj wlew podtrzymujący glukozy bez insuliny. Kontroluj stężenie glukozy we krwi
  - beta-agonistę w dużej dawce w nebulizacji (np. pięciokrotna dawka stosowana do rozkurczenia oskrzeli), jednak zwróć uwagę, że na maksymalny efekt trzeba czekać do 90 minut
  - wodorowęglan sodu 1 mmol/kg iv (powtarzaj w razie konieczności) w przypadku kwasicy metabolicznej (pH <7,2) i/lub w zatrzymaniu krążenia. Działanie wodorowęglanu sodu wymaga czasu (godziny).
- Kontynuuj leczenie polegające na redystrybucji potasu do czasu, kiedy skutecznie zostanie wdrożone leczenie usuwające potas z organizmu. Usuwać potas można za pomocą związków wiążących potas, furosemidu (u dzieci prawidłowo nawodnionych, z zachowaną funkcją nerek) i/lub dializy.

### Hipertermia

- W przypadku **udaru cieplnego** (tj. temperatury centralnej ciała  $\geq 40\text{--}40,5^\circ\text{C}$  z cechami dysfunkcji ośrodkowego układu nerwowego (*Central Nervous System – CNS*)):

- jak najszybciej rozpocznij monitorowanie temperatury centralnej ciała (w odbycie, przełyku, pęcherzu moczowym, wewnątrzniczyńniowo)
- leczenie przedszpitalne obejmuje pełne postępowanie ABCDE oraz szybkie i agresywne chłodzenie. Usuń dziecko z dala od źródła ciepła. Rozbierz i chłódź zimnym i wilgotnym powietrzem. Zastosuj okłady z lodu. Wcześniej zastosuj metody chłodzenia oparte na parowaniu. W przypadku nastolatków i młodych dorosłych rozważ zanurzenie w zimnej wodzie
- Dalsze schładzanie w szpitalu może być osiągnięte poprzez ułożenie dziecka na matach schładzających, przyłożenie lodu do szyi, pach i pachwin lub alternatywnie do płaskich powierzchni skóry na policzkach, dłoniach i stopach oraz dożylny wlew krystaloidów o temperaturze pokojowej. Zakończ chłodzenie, jeżeli temperatura centralna obniży się do  $38^\circ\text{C}$ . Aby podczas chłodzenia uniknąć drżenia, dreszczy lub drgawek, użyj benzodiazepin. Klasyczne leki przeciwgorączkowe są nieskuteczne
- Każde dziecko z udarem cieplnym powinno zostać przyjęte na (pediatryczny) oddział intensywnej opieki medycznej w celu właściwego monitorowania i leczenia towarzyszącej niewydolności narządowej.

## Podstawowe zabiegi resuscytacyjne u dzieci (*Pediatric Basic Life Support – PBLs*)

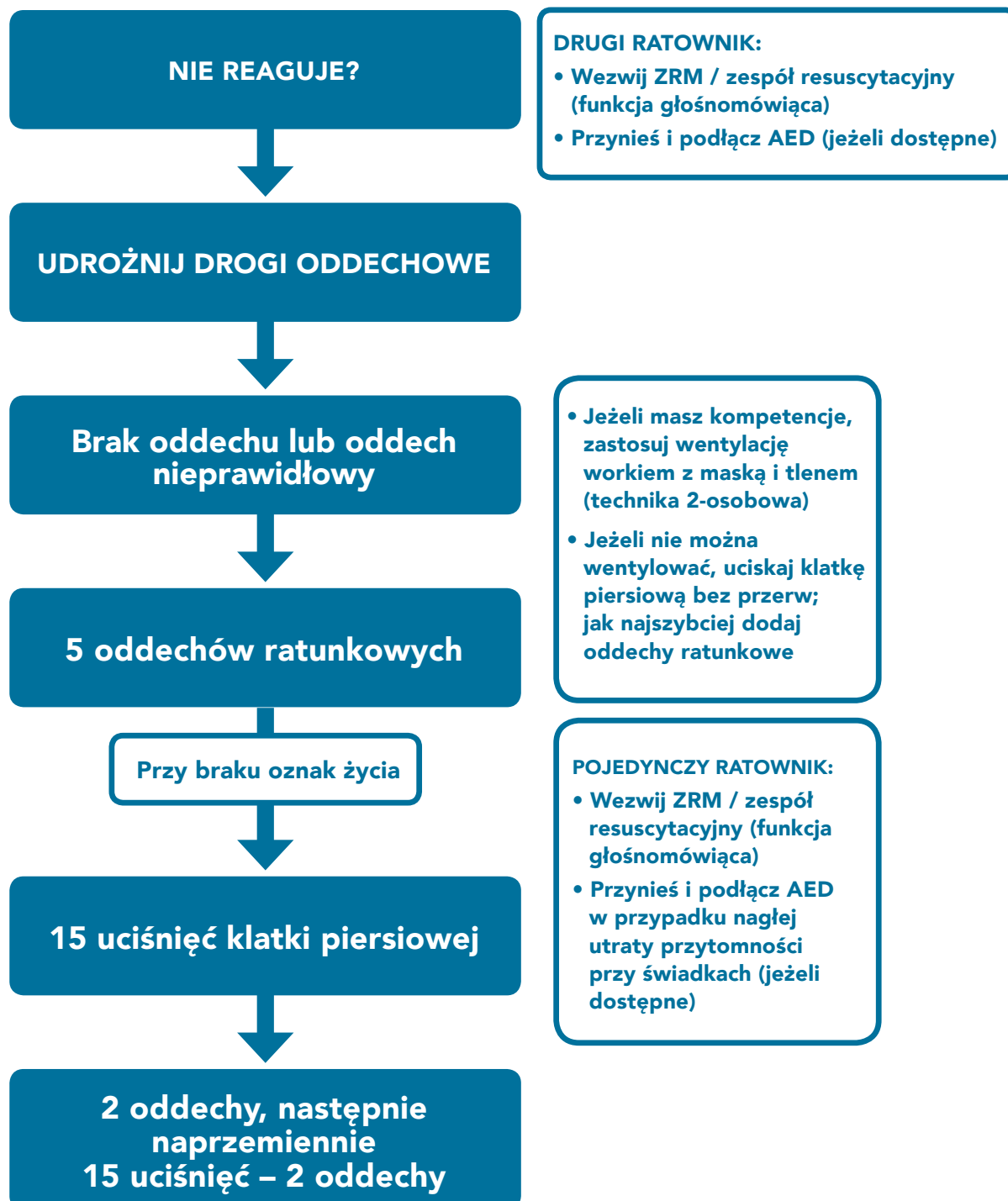
Kolejność działań w BLS u dzieci (PBLs) zależeć będzie od poziomu wyszkolenia ratowników, którzy biorą udział w resuscytacji – od takich, którzy są w pełni kompetentni w zakresie PBLs (preferowany sposób postępowania), poprzez tych wyszkolonych w zakresie BLS „dla dorosłych”, do osób bez przeszkolenia (osoby postronne instruowane przez dyspozytora).

### Kolejność działań w PBLs

- Upewnij się, że ty jako ratownik oraz dziecko jesteście bezpieczni. Sprawdź odpowiedź na bodziec głosowy i delikatną stymulację (*Rycina 2*). Poproś o pomoc osoby obecne na miejscu zdarzenia.
- Jeżeli dziecko nie reaguje, udroźnij drogi oddechowe i nie dłużej niż przez 10 sekund oceń oddychanie
  - jeżeli masz trudności w udroźnieniu dróg oddechowych za pomocą odgięcia głowy i uniesienia brody, a zwłaszcza w przypadku dziecka po urazie, zastosuj wysunięcie żuchwy. Jeżeli jest to konieczne, nieznacznie odchylaj głowę aż do udroźnienia dróg oddechowych
  - w pierwszych kilku minutach zatrzymania krążenia dziecko może prezentować rzadkie, nieregularne westchnięcia. Jeżeli masz jakiegokolwiek wątpliwości co do obecności prawidłowego oddechu, działaj tak, jakby był on nieobecny
  - obserwuj wysiłek oddechowy, słuchaj i wyczuwaj ruch powietrza z nosa i/lub ust. Jeżeli jest obecny wysiłek oddechowy, ale nie wyczuwasz ruchu powietrza, oznacza to, że drogi oddechowe nie są drożne
  - w przypadku gdy obecny jest więcej niż jeden ratownik, drugi ratownik powinien wezwać zespół ratownictwa medycznego (ZRM) natychmiast po stwierdzeniu, że dziecko jest nieprzytomne. Najlepiej użyć do tego funkcji głośnomówiącej telefonu.

# PODSTAWOWE ZABIEGI RESUSCYTACYJNE U DZIECI

OCEŃ BEZPIECZEŃSTWO – WEZWIJ POMOC



Rycina 2. Podstawowe zabiegi resuscytacyjne u dzieci

- Jeżeli nieprzytomne dziecko nie oddycha lub oddycha nieprawidłowo: wykonaj pięć pierwszych oddechów ratunkowych
  - u niemowląt zapewnij neutralną pozycję głowy. U starszych dzieci konieczne będzie większe odchylenie głowy ku tyłowi (odgięcie głowy)
  - wdmuchuj jednostajnie powietrze do ust dziecka (lub ust i nosa w przypadku niemowląt) przez około jedną sekundę, wystarczająco do widocznego uniesienia klatki piersiowej dziecka
  - jeżeli osiągnięcie skutecznego wdechu jest utrudnione, drogi oddechowe mogą być niedrożne (patrz niżej). Usuń jakąkolwiek widoczną przeszkodę. Nie wygarniaj ciała obcego palcem bez jego uwidocznienia („na ślepo”). Ponownie ułóż głowę lub skoryguj metodę udrożnienia dróg oddechowych. Wykonaj do pięciu prób, aby osiągnąć skuteczny wdech. Jeżeli żadna próba nie była skuteczna, przejdź do uciśnięć klatki piersiowej
  - wyszkolony personel zamiast wentylacji wydychanym powietrzem powinien prowadzić wentylację workiem samorozprężalnym z maską (WWM) z użyciem tlenu, jeżeli tylko taki sprzęt jest dostępny. U starszych dzieci, jeżeli WWM jest niedostępna, przeszkolony ratownik może również użyć maski kieszonkowej do prowadzenia oddechów ratunkowych
  - jeżeli obecny jest tylko jeden ratownik wyposażony w telefon komórkowy, powinien zadzwonić pod numer alarmowy (i aktywować funkcję głośnomówiącą) natychmiast po wykonaniu pierwszych oddechów ratunkowych. Oczekując na połączenie, należy przejść do kolejnych kroków. Jeżeli nie ma bezpośredniego dostępu do telefonu, należy prowadzić RKO przez jedną minutę, zanim opuści się dziecko, aby zadzwonić po pomoc
  - w przypadkach kiedy personel wykonujący PBLIS nie jest w stanie lub nie chce rozpocząć postępowania od wentylacji, powinien prowadzić postępowanie z uciskaniem klatki piersiowej i dodać do sekwencji wentylację tak szybko, jak tylko możliwe będzie jej wykonanie.
- Natychmiast przejdź do wykonania 15 uciśnięć klatki piersiowej, chyba że obecne są jednoznaczne oznaki krążenia (takie jak ruch, kaszel). Bardziej niż na kontroli konkretnego pojedynczego parametru skup się na stałym, dobrej jakości uciskaniu klatki piersiowej określonym przez:
  - częstość: 100–120/min zarówno u niemowląt, jak i dzieci
  - głębokość: uciskaj dolną połowę mostka na głębokość równą przynajmniej jednej trzeciej przednio-tylnego wymiaru klatki piersiowej. Uciśnięcia nigdy nie powinny przekraczać sześciu centymetrów, maksymalnej zalecanej głębokości dla dorosłych (w przybliżeniu wymiar równy długości kciuka dorosłego)
  - odkształcenie: unikaj opierania się na klatce piersiowej. Zwolnij jakikolwiek nacisk pomiędzy uciśnięciami klatki piersiowej i pozwól na pełne odkształcenie się klatki piersiowej.

Jeżeli jest to możliwe, prowadź uciśnięcia na twardym podłożu. Przenieś dziecko jedynie wtedy, jeżeli będzie to skutkowało wyraźnie lepszymi warunkami prowadzenia RKO (powierzchnia, dostęp). Usuń ubrania tylko wówczas, gdy znacząco utrudniają uciskanie klatki piersiowej.

U niemowląt preferowaną techniką jest uciskanie klatki piersiowej za pomocą dwóch kciuków – uważaj, aby unikać niepełnego

odkształcenia klatki piersiowej. Pojedynczy ratownik może alternatywnie używać techniki uciskania dwoma palcami.

U dzieci powyżej pierwszego roku życia użyj techniki uciskania jedną lub dwoma splecionymi rękami – w zależności od rozmiaru i rozpiętości dłoni. Jeżeli używana jest technika uciskania jedną ręką, druga może być ułożona w sposób pozwalający na utrzymanie drożności dróg oddechowych podczas prowadzenia ucisków (lub do stabilizacji w łokciu ramienia uciskającego).

- Po 15 uciśnięciach powinny nastąpić 2 oddechy ratownicze, a następnie należy wykonywać te czynności naprzemiennie (w cyklu 15:2). W żadnym momencie nie przerywaj prowadzenia RKO, chyba że pojawią się jednoznaczne oznaki krążenia (ruch, kaszel) lub siły ratownika ulegną wyczerpaniu. Aby uniknąć zmęczenia, gdy obecnych jest dwóch lub więcej ratowników, należy często wymieniać osobę uciskającą klatkę piersiową, a w przypadku pojedynczego ratownika powinien on zmieniać ręce (ręka prowadząca uciśnięcia z ręką, która jest na wierzchu) lub technikę (z użyciem jednej ręki na technikę oburęczną).
- W przypadku kiedy obecne są jednoznaczne oznaki życia, ale dziecko jest nieprzytomne i nie oddycha prawidłowo, kontynuuj wspomaganie oddychania z częstością odpowiednią dla wieku.

#### Ratownicy szkoleni w BLS dla dorosłych

Ratownicy wyszkoleni w BLS dla dorosłych, ale nie przeszkoleni w PBLIS, powinni postępować zgodnie z algorytmem dla dorosłych z wentylacją zgodnie z ich przeszkoleniem, dostosowując technikę do rozmiarów dziecka. Jeżeli w ich szkoleniu było to zawarte, powinni rozważyć dostarczenie pięciu pierwszych oddechów ratowniczych przed rozpoczęciem uciskania klatki piersiowej.

#### Osoby bez przeszkolenia w BLS

- Zatrzymanie krążenia rozpoznaje się na podstawie współwystępowania braku przytomności i braku prawidłowego oddechu. Ponieważ to drugie może być trudne do rozpoznania lub mogą istnieć obawy co do bezpieczeństwa (np. ryzyko zakażenia wirusowego), osoby postronne w celu oceny oddychania zamiast użycia techniki patrz-słuchaj-czuj, mogą być instruowane za pomocą specyficznych wyrażeń albo rozpoznawać je na podstawie wyczuwania ruchów oddechowych.
- W każdym przypadku świadkowie zdarzenia powinni rozpocząć RKO, o ile to możliwe. Dyspozytor ZRM pełni kluczową rolę w instruowaniu osoby bez przeszkolenia w rozpoznaniu zatrzymania krążenia i prowadzeniu RKO. Jeżeli w trakcie rozmowy z dyspozytorem RKO jest już prowadzona przez świadków, dyspozytor powinien prowadzić instruktaz w przypadku, gdy zostanie o to poproszony lub zidentyfikuje problemy z wiedzą lub umiejętnościami osób udzielających pomocy.
- Kroki algorytmu RKO u dzieci prowadzonego przy instruktazu dyspozytora są podobne do algorytmu PBLIS. Aby zmniejszyć liczbę zmian, preferowane może być użycie cykli 30:2. Jeżeli świadkowie zdarzenia nie mogą wykonać oddechów ratowniczych, powinni prowadzić resuscytację wyłącznie z uciśnięciami klatki piersiowej.

#### Użycie automatycznego defibrylatora zewnętrznego (AED)

- U dzieci z zatrzymaniem krążenia pojedynczy ratownik powinien rozpocząć RKO tak, jak opisano to powyżej.

W przypadkach kiedy bardzo prawdopodobne jest, że pierwotnym rytmem zatrzymania krążenia jest rytm defibrylacyjny (jak w przypadku nagłej utraty przytomności w obecności świadków), jeżeli AED jest dostępne, ratownik powinien szybko przynieść i podłączyć AED (podczas dzwonienia po ZRM). W przypadku obecności więcej niż jednego ratownika druga osoba natychmiast dzwoni po pomoc, a następnie przynosi i podłącza AED (jeżeli jest dostępne).

- Wykwalifikowany personel używając AED powinien minimalizować czas bez przepływu, ponownie podejmując RKO natychmiast po dostarczeniu wyładowania lub decyzji o braku wskazań do wyładowania; elektrody powinny być założone bez lub z minimalną przerwą w RKO.
- U niemowląt i dzieci poniżej ósmego roku życia, jeżeli jest to możliwe, użyj AED z pediatryczną przystawką zmniejszającą dostarczaną energię. Jeżeli takie urządzenie nie jest dostępne, użyj standardowego AED dla dzieci w każdym wieku.

### PBLS w przypadku zatrzymania krążenia w urazach (Traumatic Cardiac Arrest – TCA)

- Będąc świadkiem zatrzymania krążenia u dziecka po urazie, prowadź RKO, pod warunkiem że jest to bezpieczne. Podczas RKO staraj się w jak największym stopniu minimalizować ruchy kręgosłupa, o ile nie utrudnia to procesu resuscytacji, który jest w tej sytuacji priorytetowy.
- Nie stosuj rutynowo AED na miejscu zdarzenia w pediatrycznym TCA, chyba że jest wysokie prawdopodobieństwo wystąpienia rytmu do defibrylacji, jak na przykład po porażeniu prądem.
- Zastosuj bezpośredni ucisk, aby zatamować masywne krwawienie zewnętrzne. Jeżeli jest to możliwe, użyj opatrunku hemostatycznego. W przypadku zewnętrznego krwawienia zagrażającego życiu, niepoddającego się kontroli, zastosuj opaskę uciskową (najlepiej, jeśli jest to gotowy produkt, ale jeżeli takiego brakuje, to również wykonaną samodzielnie).

### Pozycja bezpieczna

- U nieprzytomnego dziecka, które nie ma zatrzymania krążenia i oddycha prawidłowo, drożność dróg oddechowych może być utrzymywana przez ciągłe wykonywanie rękoczynu odgięcia głowy i uniesienia brody lub wysunięcia żuchwy albo ułożenie dziecka w pozycji bezpiecznej, szczególnie jeżeli istnieje ryzyko wymiotów.
- U dziecka ułożonego w pozycji bezpiecznej co minutę oceniaj oddech, aby rozpoznać zatrzymanie krążenia, gdy do niego dojdzie (osoby bez przeszkolenia mogą wymagać instrukcji od dyspozytora jak to wykonać).
- Unikaj jakiegokolwiek nacisku na klatkę piersiową dziecka, co może prowadzić do upośledzenia oddychania i regularnie (tj. co 30 minut) zmieniaj stronę, na której leży dziecko, aby uniknąć punktowego nacisku.
- U nieprzytomnych dzieci po urazie udrożnij drogi oddechowe za pomocą wysunięcia żuchwy, uważnie unikając rotacji kręgosłupa.

### Niedrożność dróg oddechowych spowodowana ciałem obcym u dziecka (Foreign Body Airway Obstruction – FBAO)

- Jeżeli nie byłeś świadkiem zdarzenia, podejrzewaj FBAO w przypadku bardzo nagłego wystąpienia objawów ze strony układu oddechowego (kaszel, dławienie się, świst wdecho-

wy, niepokój), którym nie towarzyszą inne objawy choroby; na właściwe rozpoznanie może naprowadzić wywiad dotyczący jedzenia lub zabawy małymi przedmiotami w bezpośrednim okresie przed wystąpieniem objawów.

- Dopóki dziecko kaszle **efektywnie** (w pełni reaguje, głośno kaszle, nabiera powietrza przed kaszlem, płacze lub mówi), nie są potrzebne żadne rękoczyny. Zachęcaj dziecko do kaszlu i kontynuuj monitorowanie jego stanu (Rycina 3).
- Jeżeli kaszel dziecka jest (lub staje się) **nieefektywny** (obniżający się stan przytomności, cichy kaszel, brak możliwości oddychania lub mówienia, sinica), poproś osobę towarzyszącą o pomoc i ustal stan przytomności dziecka. Drugi ratownik powinien wezwać ZRM, najlepiej przez telefon komórkowy (z opcją głośnomówiącą). Pojedynczy, wykwalifikowany ratownik powinien najpierw wykonać rękoczyny (chyba że jest w stanie w tym samym czasie dzwonić po uprzednim uaktywnieniu opcji głośnomówiącej).
- Jeżeli dziecko nadal jest przytomne i kaszle nieefektywnie, wykonaj uderzenia w okolicę międzyłopatkową. Jeżeli uderzenia w okolicę międzyłopatkową nie usuną niedrożności, wykonaj uciśnięcia klatki piersiowej (u niemowląt) lub uciśnięcia nadbrzusza (u dzieci). Jeżeli nie doszło do usunięcia ciała obcego, a dziecko nadal jest przytomne, kontynuuj sekwencję uderzeń w okolicę międzyłopatkową i uciśnięcia klatki piersiowej (u niemowląt) lub uciśnięcia nadbrzusza (u dzieci). Nie zostawiaj dziecka.
- Celem jest usunięcie ciała obcego za każdym uciśnięciem, a nie wykonanie określonej liczby uciśnięć.
- Jeżeli udało się usunąć ciało obce, oceń stan kliniczny dziecka. Możliwe jest, że część ciała obcego pozostanie w drogach oddechowych i spowoduje powikłania. Jeżeli istnieją co do tego jakiegokolwiek wątpliwości albo u dziecka wykonywano uciśnięcia nadbrzusza, konieczna jest pilna kontrola lekarska.
- Jeżeli dziecko z FBAO jest lub staje się nieprzytomne, postępuj zgodnie z algorytmem pediatrycznego BLS. Wykwalifikowany ratownik powinien rozważyć użycie kleszczyków Magilla do usunięcia ciała obcego.

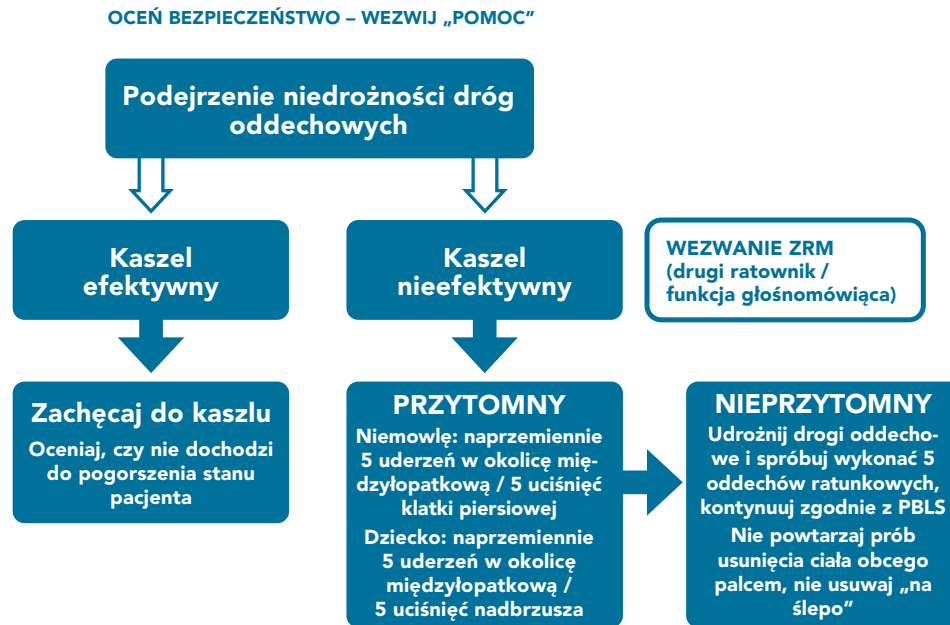
### Zaawansowane zabiegi resuscytacyjne u dzieci (Paediatric Advanced Life Support – PALS)

#### Kolejność działań w PALS

Chociaż prezentowana sekwencja przedstawia działania jako następujące po sobie, ALS jest działaniem zespołowym i kilka interwencji będzie wykonywanych równolegle. Zespół ALS powinien ćwiczyć nie tylko wiedzę i umiejętności, ale również pracę w zespole i choreografię interwencji wykonywanych w ALS (Rycina 4).

- *Rozpocznij i/lub kontynuuj pediatryczny BLS.* Rozpoznanie zatrzymania krążenia może opierać się na objawach klinicznych albo monitorowaniu parametrów życiowych (EKG, zanik SpO<sub>2</sub> i/lub ETCO<sub>2</sub>, zanik ciśnienia tętniczego itp.). Ważne jest, aby RKO rozpoczynać również u dzieci, które pomimo prawidłowego wsparcia oddychania mają bradykardię i objawy niskiej perfuzji.
- Jeżeli nie zrobiono tego wcześniej, jak najwcześniej rozpocznij monitorowanie rytmu serca za pomocą elektrod EKG, elektrod samoprzylepnych defibrylatora (lub łyżek defibrylatora). *Rozróżnij, czy rytm jest do defibrylacji czy nie do defibrylacji.*

## NIEDROŻNOŚĆ DRÓG ODDECHOWYCH SPOWODOWANA CIAŁEM OBCYM U DZIECKA



Jeżeli niedrożność ustąpiła: pilna kontrola lekarska

Rycina 3. Postępowanie w przypadku niedrożności dróg oddechowych spowodowanej ciałem obcym u dziecka

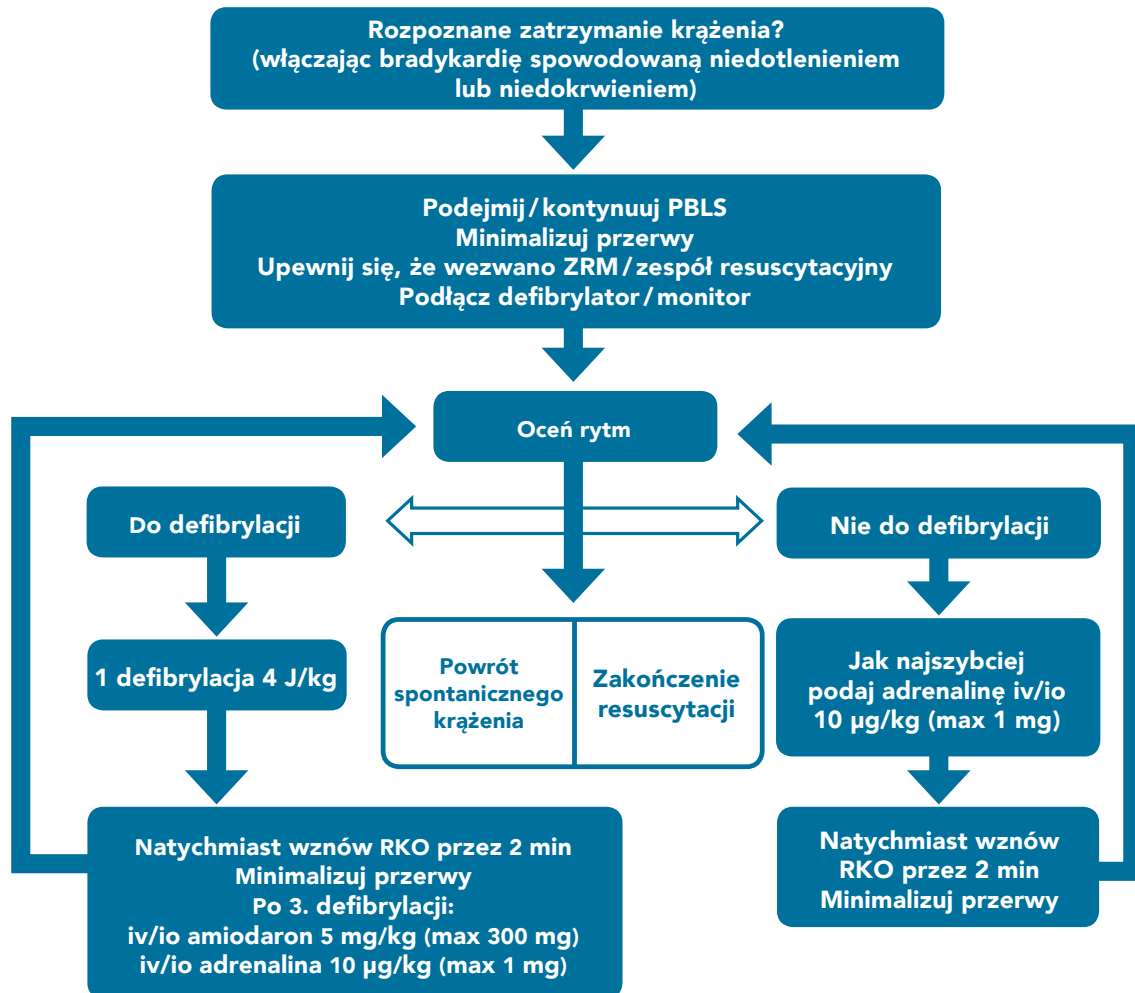
- **rytmami nie do defibrylacji** są aktywność elektryczna bez tętna (PEA), bradykardia i asystolia. Jeżeli bradykardia (<60 na minutę) jest wynikiem hipoksji lub niedokrwienia, konieczne jest prowadzenie RKO, nawet jeżeli wyczuwa się tętno. W związku z powyższym personel powinien raczej oceniać oznaki życia, a nie tracić czas na badanie tętna. W przypadku braku oznak życia kontynuuj prowadzenie wysokiej jakości RKO. Jak najszybciej uzyskaj dostęp naczyniowy i podaj adrenalinę iv (10 µg/kg, maks. 1 mg). Następnie przepłucz, aby przyspieszyć dostarczenie leku. Powtarzaj podawanie adrenaliny co 3–5 minut. W przypadku kiedy prawdopodobne jest, że uzyskanie dostępu dożylnego będzie trudne, natychmiast wykonaj dostęp do szpikowy
- **rytmy defibrylacyjne** to częstoskurcz komorowy bez tętna (pVT) i migotanie komór (VF). Jeżeli tylko zostaną rozpoznane, należy natychmiast wykonać defibrylację (niezależnie od amplitudy). Jeżeli masz wątpliwości, traktuj rytm jako defibrylacyjny. Używając elektrod samoprzylepnych do defibrylacji, kontynuuj uciskanie klatki piersiowej podczas ładowania defibrylatora. Po naładowaniu przerwij uciskanie i upewnij się, że żaden z ratowników nie dotyka dziecka. Minimalizuj przerwy pomiędzy zaprzestaniem uciskania klatki piersiowej i dostarczeniem wyładowania (<5 sekund). Dostarcz jedno wyładowanie (4 J/kg) i natychmiast

- wznów RKO. Oceniaj ponownie rytm serca co dwie minuty (od ostatniego wyładowania), jeżeli nadal obecny jest rytm defibrylacyjny, wykonaj kolejną defibrylację (4 J/kg). Natychmiast po trzeciej defibrylacji podaj adrenalinę (10 µg/kg, maks. 1 mg) i amiodaron (5 mg/kg, maks. 300 mg) iv/io. Przepłucz po podaniu każdego leku. Jako alternatywy do amiodaronu można użyć lidokainy iv (1 mg/kg), jeżeli ratownik jest kompetentny w jej użyciu. Podaj drugą dawkę adrenaliny (10 µg/kg, maks. 1 mg) i amiodaronu (5 mg/kg, maks. 150 mg) po piątej defibrylacji, jeżeli u dziecka nadal obecny jest rytm defibrylacyjny. Po pierwszym podaniu dawka adrenaliny powinna być powtarzana co 3–5 minut
- zmieniaj osobę wykonującą uciśnięcia klatki piersiowej najrzadziej co dwie minuty. Obserwuj ratowników w poszukiwaniu zmęczenia i/lub nieoptymalnego uciskania i zmień ich wcześniej, jeżeli jest to konieczne
- RKO powinna być kontynuowana do momentu:
  - ▶ rozpoznania zorganizowanego, potencjalnie perfuzyjnego rytmu (podczas sprawdzania rytmu serca), któremu towarzyszą objawy powrotu spontanicznego krążenia (ROSC) rozpoznane klinicznie (otwieranie oczu, ruch, prawidłowy oddech) i/lub za pomocą monitorowania (etCO<sub>2</sub>, SpO<sub>2</sub>, ciśnienie tętnicze, ultrasonografia)
  - ▶ spełnione są kryteria zaprzestania resuscytacji (patrz rozdział wytycznych ERC dotyczący etyki).

# ZAAWANSOWANE ZABIEGI RESUSCYTACYJNE U DZIECI



## OCEŃ BEZPIECZEŃSTWO – WEZWIJ POMOC



### PODCZAS RKO:

- Zapewnij wysokiej jakości RKO: częstość, głębokość, odkształcenie klatki piersiowej
- Zastosuj wentylację workiem z maską ze 100% tlenem (technika 2-osobowa)
- Unikaj hiperwentylacji
- Dostęp naczyniowy (dożylny, dośpiżkowy)
- Po pierwszej dawce podawaj adrenalinę co 3–5 min
- Przepłukuj każdy lek
- Powtórz amiodaron 5 mg/kg (max 150 mg) po 5. defibrylacji
- Rozważ zaawansowane udrożnienie dróg oddechowych i kapnografię (jeżeli jesteś kompetentny)
- Po zaintubowaniu nie przerywaj ucisków klatki piersiowej. Wentyluj z częstością 25/min (niemowlęta) – 20/min (1.–8. r.ż.) – 15/min (8.–12. r.ż.) lub 10/min (>12. r.ż.)
- Rozważ stopniowe zwiększanie energii defibrylacji (max 8J/kg – max 360 J) w opornym na defibrylację VF/pVT (≥6 defibrylacji)

### LECZ PRZYCZYNY ODWRACALNE

- Hipoksja
  - Hipowolemia
  - Hiper/hipokaliemia, -kalcemia, -magnezemia; hipoglikemia
  - Hipotermia – hipertermia
  - Zatrucia
  - Odma płučna
  - Tamponada serca
  - Zator (wieńcowy lub płucny)
- DOSTOSUJ ALGORYTM DO SYTUACJI SZCZEGÓLNYCH**  
(np. URAZ, e-RKO)

### NATYCHMIAST PO ROSC

- Schemat ABCDE
- Kontrola natlenowania (SpO<sub>2</sub> 94–98%) i wentylacji (normokapnia)
- Unikaj niedociśnienia
- Leczn chorobę, która doprowadziła do zatrzymania krążenia

Rycina 4. Zaawansowane zabiegi resuscytacyjne u dzieci

### Defibrylacja w trakcie pediatrycznego ALS

Zalecany rodzaj defibrylatora podczas ALS jest urządzenie manualne. W przypadku kiedy nie jest ono natychmiast dostępne, można alternatywnie użyć AED.

- Użyj jako standardowej dawki wyładowania 4 J/kg. Rozsądne wydaje się nie używać energii przewyższających te zalecane dla dorosłych (120–200 J, w zależności od typu defibrylatora). Rozważ użycie wyższych energii, stopniowo zwiększając je aż do 8 J/kg i maks. 360 J w przypadku pVT/VF opornego na defibrylację (tj. powyżej pięciu dostarczonych wyładowań).
- Defibrylacja przy użyciu samoprzylepnych elektrod stała się postępowaniem standardowym. Jeżeli są one niedostępne, użycie łyżek (z gotowymi podkładkami żelowymi) nadal jest uważane za akceptowalną alternatywę, chociaż wymaga szczególnych zmian w choreografii defibrylacji. Ładowanie powinno odbywać się bezpośrednio na klatkę piersiową, już po zaprzestaniu uciskania klatki piersiowej. *Dobre wcześniejsze zaplanowanie każdej akcji* zminimalizuje czas bez uciskania klatki piersiowej.

Samoprzylepne elektrody do defibrylacji powinny zostać umieszczone albo w pozycji przednio-bocznej (AL), albo przednio-tylnej (AP). Unikaj stykania się elektrod, ponieważ spowoduje to powstanie łuku elektrycznego. W pozycji AL jedna elektroda umiejscowiona jest poniżej prawego obojczyka, a druga na wysokości lewej pachy. W ułożeniu AP przednia elektroda przyklejona jest na środku klatki piersiowej, na lewo od mostka, a tylna na środku pleców, pomiędzy łopatkami.

### Utlonowanie i wentylacja podczas pediatrycznego ALS

- *Prowadź utlenowanie i wentylację za pomocą worka samorozprężalnego z maską twarzową, używając wysokiego stężenia tlenu w mieszaninie oddechowej (100%).* Nie miareczkuj  $\text{FiO}_2$  podczas RKO
  - w przypadkach kiedy przewidujesz prowadzenie RKO podczas transportu dziecka albo przedłużoną resuscytację i dostępny jest wykwalifikowany personel, rozważ użycie zaawansowanych metod udroźniania dróg oddechowych (rurka intubacyjna, przyrząd nadgłośniowy). Jeżeli WWM jest niemożliwa, rozważ wczesne użycie metod zaawansowanych lub procedury ratunkowe. Jeżeli drogi oddechowe są udrożnione za pomocą metod zaawansowanych, wykorzystaj monitorowanie  $\text{ETCO}_2$
  - w każdym przypadku unikaj hiperwentylacji (spowodowanej przez nadmierną częstość i/lub objętość oddechową). Z drugiej strony zadbaj o prawidłowe upowietrznienie płuc podczas uciskania klatki piersiowej. Objętość oddechową można oszacować za pomocą obserwowania ruchów klatki piersiowej.
- W przypadku prowadzenia RKO z wentylacją dodatnimi ciśnieniami przez rurkę intubacyjną wentylacja może być wykonywana asynchronicznie, a **ucisnięcia klatki piersiowej wykonywane w sposób ciągły** (przerwy tylko co dwie minuty dla oceny rytmu). W takim przypadku częstość prowadzenia wentylacji powinna być w przybliżeniu równa dolnej granicy prawidłowej częstości oddechu dla wieku; odpowiednio liczba oddechów/min: 25 (niemowlęta), 20 (>1. r.ż.), 15 (>8. r.ż.), 10 (>12. r.ż.).

- W przypadku dzieci wentylowanych za pomocą respiratora można albo odłączyć dziecko od respiratora i prowadzić wentylację za pomocą worka samorozprężalnego, albo kontynuować wentylację mechaniczną. W tym ostatnim przypadku należy się upewnić, że respirator działa w trybie wentylacji kontrolowanej objętościowo, wyłączone są funkcje związane z czułością i limitami, a częstość wentylacji, objętość oddechowca i  $\text{FiO}_2$  są właściwe dla RKO. Brakuje dowodów, które mogłyby wspierać jakkolwiek poziom PEEP podczas RKO. Awaria respiratora może sama w sobie być przyczyną zatrzymania krążenia.
- W momencie uzyskania trwałego ROSC miareczkuj  $\text{FiO}_2$  do uzyskania  $\text{SpO}_2$  94–98%. U dzieci, które nie odzyskały przytomności lub mają szczególne wskazania kliniczne, wykwalifikowany ratownik powinien udroźnić drogi oddechowe za pomocą metod zaawansowanych, o ile nie zostało to wykonane wcześniej.

### Parametry mierzone podczas ALS

- **Kapnografia** jest obowiązkowa dla monitorowania położenia rurki intubacyjnej. Niemniej nie pozwala ona na rozpoznanie intubacji jednego z oskrzeli. Jeżeli jest używana w czasie RKO, może szybko pozwolić na wykrycie ROSC. Wartości  $\text{ETCO}_2$  nie powinny być używane jako wskaźnik jakości, a ich wartości nie mogą stanowić celu podczas pediatrycznego ALS. Nie należy również używać ich jako czynnika decydującego o kontynuowaniu lub zaprzestaniu RKO.
- Wartość **ciśnienia tętniczego mierzonego inwazyjnie** może być traktowana jako parametr docelowy w pediatrycznym ALS jedynie przez wykwalifikowany personel, w warunkach wewnątrzszpitalnych, jeżeli dziecko ma już założoną linię tętniczą. Wartości ciśnienia tętniczego nie powinny być używane do przewidywania wyniku resuscytacji.
- **Ultrasonografia przy łóżku pacjenta** może zostać wykorzystana przez wyszkolonych ratowników do rozpoznania odwracalnych przyczyn zatrzymania krążenia. Jej użycie nie powinno wpływać na wydłużenie czasu bez uciskania klatki piersiowej ani na jakość RKO. Najkorzystniej, jeżeli obrazowanie odbywa się podczas przerw na sprawdzenie rytmu i/lub wentylację. Zespół powinien planować i przewidywać przerwy (choreografia), aby jak najlepiej wykorzystać sekundy dostępne na obrazowanie.
- **Przyłóżkowe oznaczenie parametrów krytycznych** (np. potasu, mleczanów, glukozy...) może być użyte do rozpoznania odwracalnych przyczyn zatrzymania krążenia, ale nie powinno być wykorzystywane do oceny rokowania. Personel powinien być świadomy, że uzyskane wyniki mogą się znacząco różnić w zależności od techniki pomiaru i miejsca pobrania.

### Sytuacje szczególne – przyczyny odwracalne

Wczesne rozpoznanie i właściwe leczenie każdej możliwej przyczyny odwracalnej podczas RKO jest priorytetowym działaniem ratownika przeszkolonego w ALS. Użyj „4H/4T”, aby łatwiej pamiętać o tym, czego aktywnie poszukiwać: Hipoksja; Hipowolemia; Hipo- lub hiperkaliemia/-kalcemia/-magnezemia i hipoglikemia; Hipo- lub hipertermia; Odma płučna (*Tension pneumothorax*); Tamponada; Zakrzepica sercowa – płucna (*Thrombosis*); Toksyny.

- O ile nie określono tego inaczej, leczenie celowane każdej przyczyny odwracalnej jest takie samo w zatrzymaniu



krążenia, jak w sytuacji nagłego zagrożenia życia (czytaj powyżej i w rozdziale wytycznych poświęconym sytuacjom szczególnym).

- W szczególnych przypadkach zatrucia lekami wysokiego ryzyka (np. beta-blokerami, trójcyklicznymi lekami przeciwdepresyjnymi, blokerami kanału wapniowego, naparstnicą lub insuliną) należy rozważyć leczenie celowane (zgodnie z procedurami lub po konsultacji specjalistycznej, o ile to możliwe). W niektórych zagrażających życiu zatruciach wcześniej należy rozważyć leczenie z wykorzystaniem krążenia pozaustrojowego. Tacy pacjenci powinni być przetransportowani do ośrodka, w którym można zastosować to leczenie u dzieci, najlepiej przed wystąpieniem niewydolności krążeniowej lub zanim dojdzie do uszkodzeń układu nerwowego (decyzja oparta raczej na okolicznościach zatrucia, a nie na aktualnie występujących objawach).
- Pewne szczególne warunki, takie jak zabieg kardiochirurgiczny, zabieg neurochirurgiczny, uraz, utonięcie, sepsa, nadciśnienie płucne, również wymagają szczególnego postępowania. Co ważne, coraz powszechniejsze użycie technik pozaustrojowego wspomaganie krążenia i RKO (ECLS/eCPR) całkowicie zmieniło rozumienie pojęcia „odwracalności” przyczyny
  - ośrodki wykonujące zabiegi kardiochirurgiczne u dzieci powinny ustanowić właściwe dla nich algorytmy postępowania w zatrzymaniu krążenia po operacji kardiochirurgicznej
  - standardowa RKO może być nieskuteczna w przypadku zatrzymania krążenia u dzieci z nadciśnieniem płucnym. Aktywnie poszukuj odwracalnych przyczyn zwiększonego oporu płucnego, takich jak zaprzestanie leczenia, hiperkarbia, hipoksemia, zaburzenia rytmu, tamponada serca lub zatrucie lekami. Rozważ leczenie celowane lekami rozszerzającymi tętnice płucne.

### Zatrzymanie krążenia towarzyszące urazowi (Traumatic Cardiac Arrest – TCA)

- W przypadku TCA rozpocznij standardową RKO wraz z poszukiwaniem i leczeniem każdej potencjalnie odwracalnej przyczyny pediatrycznego TCA:
  - udrożnienie dróg oddechowych i wentylacja tlenem
  - kontrola zewnętrznych krwawień, włącznie z użyciem opasek zaciskowych w krwawieniu po urazie kończyn
  - obustronna torakostomia palcem lub drenem (lub igłowa torakocenteza)
  - dostęp iv/io i resuscytacja płynowa (jeżeli to możliwe, krwią pełną lub preparatami krwi), jak również stabilizacja miednicy za pomocą pasa w urazach tępych.
- Uciskanie klatki piersiowej jest prowadzone równolegle z tymi interwencjami odpowiednio do dostępności personelu i procedur. Mając na uwadze mechanizm urazu, leczenie przyczyny odwracalnej może poprzedzać podanie adrenaliny.
- Rozważ wykonanie ratunkowej torakotomii w SOR w przypadku pacjenta z urazem penetrującym i pediatrycznym TCA, niezależnie od tego, czy po przybyciu na SOR prezentował lub nie oznaki życia. W niektórych systemach ratownictwa medycznego wysoce wykwalifikowany personel może również rozważyć u tych pacjentów (lub u dzieci z niektórymi urazami tępych) przedszpitalną torakotomię.

### Zatrzymanie krążenia w hipotermii

- Dostosuj czynności standardowego algorytmu ALS do warunków hipotermii (czytaj również rozdział wytycznych poświęcony sytuacjom szczególnym). Rozpocznij standardową RKO u wszystkich dzieci z zatrzymaniem krążenia. Jeżeli nie jest możliwe prowadzenie ciągłej RKO, a dziecko jest w głębokiej hipotermii (<28°C), rozważ przerywaną lub opóźnioną RKO.
- Idealnie jest, aby każde dziecko, które wydaje się mieć szansę na pozytywny wynik leczenia, zostało jak najszybciej przetransportowane do (pediatrycznego) ośrodka referencyjnego z możliwością użycia ECLS lub krążenia pozaustrojowego.

### Pozauustrojowe techniki podtrzymujące funkcje narządów (Extracorporeal Life Support – ECLS)

- U dzieci z zatrzymaniem krążenia na oddziale ratunkowym lub wewnątrzszpitalnym, z prawdopodobną przyczyną odwracalną należy wcześniej rozważyć zastosowanie pozaustrojowej resuscytacji krążeniowo-oddechowej (eCPR), jeśli standardowe zaawansowane zabiegi resuscytacyjne nie doprowadzają do szybkiego ROSC, uwzględniając możliwości systemu i dostępność specjalistów, zasobów i sprzętu do szybkiego wdrożenia pozaustrojowego wspomaganie funkcji narządów.
- Dla szczególnej podgrupy pacjentów ze zdekompensowaną niewydolnością krążenia (np. ciężki wstrząs septyczny oporny na leczenie lub kardiomiopatia albo zapalenie mięśnia sercowego z opornym na leczenie zespołem niskiego rzutu) użycie ECLS, zanim dojdzie do zatrzymania krążenia, może przynieść korzyść, zapobiegając niewydolności wielonarządowej lub zatrzymaniu krążenia. Wewnątrzszpitalne zatrzymanie krążenia, które ma miejsce krótko przed lub w trakcie kaniulacji, nie powinno być przeciwwskazaniem do rozpoczęcia ECLS.
- Wykwalifikowany personel może również podjąć decyzję o podjęciu pozaustrojowej resuscytacji w pozaszpitalnym zatrzymaniu krążenia w przebiegu głębokiej hipotermii lub kiedy możliwa jest przedszpitalna kaniulacja pacjenta przez wyszkolony zespół wchodzący w skład przeznaczonego do tego systemu.

### Opieka poresuscytacyjna

Ostateczny wynik leczenia dziecka po ROSC zależy od wielu czynników, niektóre z nich mogą być niemożliwe do leczenia. Do wtórnego uszkodzenia życiowo ważnych narządów może prowadzić trwająca niewydolność krążenia, wynikająca z już istniejącej choroby, dysfunkcja mięśnia sercowego po ROSC, uszkodzenie poreperfuzyjne i trwająca hipoksemia.

- **Hemodynamika:** po ROSC unikaj hipotensji (tj. MAP <5. centyla dla wieku). Staraj się utrzymywać ciśnienie tętnicze na poziomie lub powyżej 50. centyla, biorąc pod uwagę objawy kliniczne, stężenie mleczanów i/lub pomiary rzutu serca. Dla osiągnięcia tego celu używaj najmniejszych możliwych objętości płynów i dawek leków wazoaktywnych. Monitoruj efekt wszystkich wykonywanych interwencji i w sposób ciągły dostosowuj je w zależności od fizjologicznej reakcji dziecka.
- **Wentylacja:** wentyluj z częstością i objętością należną dla wieku dziecka, aby osiągnąć prawidłowe PaCO<sub>2</sub>. Staraj się unikać zarówno hiperkarbii, jak i hipokarbii. U niektórych dzieci normalne dla nich wartości PaCO<sub>2</sub> i PaO<sub>2</sub> mogą różnić się od populacyjnych wartości normalnych dla wieku (np. dzieci z przewlekłymi chorobami płuc lub wrodzonymi wadami serca); w tych przy-

padkach staraj się przywrócić wartości normalne dla dziecka. Nie używaj  $\text{ETCO}_2$  zamiast  $\text{PaCO}_2$ , jeśli dążysz do uzyskania normokapnii jako elementu działań neuroprotektoryjnych, chyba że potwierdzono korelację tych parametrów u danego pacjenta.

- **Utlenowanie:** Miareczkuj  $\text{FiO}_2$  tak, aby osiągnąć normoksemię lub utrzymać  $\text{SpO}_2$  w zakresie 94–98%, gdy nie ma możliwości wykonania gazometrii krwi tętnicznej. Utrzymuj wysokie  $\text{FiO}_2$  przy podejrzeniu zatrucia tlenkiem węgla lub w ciężkiej niedokrwistości.
- **Stosuj postępowanie w oparciu o kontrolę temperatury docelowej** (*Targeted Temperature Management – TTM*): unikaj gorączki (utrzymuj temperaturę  $\leq 37,5^\circ\text{C}$ ), utrzymuj temperaturę w ustalonym zakresie, na przykład za pomocą chłodzenia zewnętrznego. Niższe temperatury docelowe (np.  $34^\circ\text{C}$ ) wymagają odpowiedniego systemu intensywnej opieki pediatrycznej i powinny być stosowane tylko przez ośrodki z odpowiednim doświadczeniem. Alternatywnie zespół prowadzący może dążyć do wyższej temperatury docelowej, np.  $36^\circ\text{C}$ .
- **Kontrola glikemii:** kontroluj stężenie glukozy we krwi i unikaj zarówno hipo-, jak i hiperglikemii. Należy pamiętać, że ścisła kontrola glikemii może być szkodliwa, ponieważ wiąże się z ryzykiem występowania niezamierzonej hipoglikemii.

Pomimo że zidentyfikowano kilka czynników wiążących się z rokowaniem po zatrzymaniu krążenia, żaden z nich pojedynczo nie może służyć do takiego prognozowania. Personel powinien w sposób zintegrowany używać wielu zmiennych z fazy przedszpitalnej, wewnątrzszpitalnej i po zatrzymaniu krążenia, włączając w to markery biologiczne i neuroobrazowanie.

## Dowody naukowe popierające wytyczne

Warunki lokalnych systemów ochrony zdrowotnej, a w szczególności dostępne zasoby w istotny sposób wpływają na praktykę i należy brać je zawsze pod uwagę, interpretując i implementując wytyczne<sup>6</sup>.

### COVID-19: wpływ na zalecenia w aktualnych wytycznych

Pandemia COVID-19 rozpoczęła się w momencie opracowywania wytycznych. Wymusiło to wprowadzenie pewnych zmian w algorytmach postępowania w zatrzymaniu krążenia oraz w zasadach opieki nad krytycznie chorymi dziećmi. Były one tematem szczegółowych wytycznych ERC *Resuscytacja w czasach pandemii* i nie będą tu powtarzane<sup>7</sup>.

Przyszłe wytyczne będą musiały uwzględnić zachowanie równowagi pomiędzy celem, jakim jest oferowanie dzieciom optymalnego leczenia, a epidemiologią (związaną z tym i innymi wirusami) i dostępnymi zasobami. Zapewnienie bezpieczeństwa ratownikowi zawsze było priorytetem wytycznych ERC, chociaż brak odpowiednich dowodów naukowych utrudniał dokładne zdefiniowanie towarzyszącego ryzyka. Ratownicy mogą cenić wyżej dobro dziecka niż swoje własne bezpieczeństwo, ale powinni w równym stopniu czuć odpowiedzialność za bezpieczeństwo swoich bliskich, współpracowników i społeczności. W przypadku zagrożenia zakażenia ciężką chorobą ogólną zasadą powinno być uży-

cie odpowiednich środków ochrony osobistej, zanim rozpocznie się resuscytację. Należy wdrożyć systemy, które to ułatwią, a jeżeli potrzebny jest dodatkowy czas dla zapewnienia bezpiecznej opieki, należy go uznać za akceptowalny element procesu resuscytacji. Preferuje się procedury i techniki, które ograniczają ryzyko przeniesienia choroby (np. poprzez generowanie aerozolu).

Szczegółowe omówienie COVID-19 wśród dzieci wykracza poza zakres tematyczny aktualnych wytycznych. Ogólnie ujmując, u dzieci obserwuje się łagodniejsze objawy choroby i mniejszą zaraźliwość dla innych w porównaniu do dorosłych<sup>8-10</sup>. W szczególnych przypadkach może być jednak przeciwnie, podobnie w przypadku innych wirusów w przyszłości<sup>11-13</sup>.

## Epidemiologia zatrzymań krążenia u dzieci

Więcej szczegółów można znaleźć w rozdziale wytycznych dotyczącym epidemiologii. Najważniejsze punkty obejmują:

- Pozaszpitalne zatrzymanie krążenia u dzieci jest względnie rzadkim zdarzeniem i źle rokuje. Odsetek 30-dniowego przeżycia uległ poprawie w ostatnim czasie, ale nadal waha się między 5% a 10% całkowitej liczby zatrzymań krążenia. Mniej niż połowa tych, którzy przeżyją, ma korzystny wynik neurologiczny. Początkowy rytm do defibrylacji spotykany jest w 4% do 8,5% opisywanych przypadków – w tych okolicznościach obserwuje się dużo lepsze wyniki leczenia (przeżywa do 50% przypadków). Niemowlęta stanowią 40–50% wszystkich pozaszpitalnych przypadków zatrzymań krążenia. Rokowanie w tej grupie wiekowej jest dużo gorsze niż u starszych dzieci. Uważa się, że 40–50% pediatrycznych pozaszpitalnych zatrzymań krążenia ma prawdopodobną przyczynę oddechową. Zespół nagłej śmierci niemowląt jest rozpoznawany w 20–30%. Zatrzymanie krążenia związane z urazem stanowi 10–40% przypadków w opisywanych grupach<sup>14-20</sup>.
- Częstość występowania zatrzymań krążenia u dzieci hospitalizowanych nie zmieniła się znacząco w ostatnich latach. Przy najmniej w 50% wszystkich przypadków tętno jest zachowane<sup>21</sup>. Przeżywalność do czasu wypisu ze szpitala jest zdecydowanie większa niż w pozaszpitalnych zatrzymaniach krążenia i wynosi średnio 37,2% (95% CI 23,7; 53) w przeglądzie systematycznym 16 zestawień danych<sup>15</sup>. Nie jest do końca jasne, czy przekłada się to na korzystny wynik neurologiczny. W obszernym badaniu kohortowym dotyczącym wewnątrzszpitalnych zatrzymań krążenia przeprowadzonym w Wielkiej Brytanii ( $n=1580$ , 2011–2018, początkowy rytm defibrylacyjny u 4,3%) udokumentowano ROSC u 69,1% pacjentów i wartość nieskorygowaną przeżywalności do wypisu ze szpitala na poziomie 54,2%<sup>22</sup>. Dobry wynik neurologiczny obserwowano u ponad 70% pacjentów, którzy przeżyli.
- Podsumowując, brakuje dokładnych globalnych danych dotyczących częstości występowania, okoliczności i wyników leczenia zatrzymań krążenia u dzieci. Całościowe podejście do tego zagadnienia poprawiłoby użyteczność zbieranych danych, ostatecznie przynosząc korzyść dzieciom<sup>23</sup>.

### Objawy niewydolności oddechowej – objawy niewydolności krążeniowej

W związku z brakiem nowych dokumentów COSTR zalecenia postępowania oparto na istniejących wytycznych, przeglądach

piśmiennictwa i danych klinicznych dotyczących zagadnienia. Wysoce oceniono jakość opublikowanych w ostatnim czasie wytycznych postępowania we wstrząsie septycznym u dzieci (*Surviving Sepsis Campaign*) i stały się one głównym źródłem skróconych przeglądów systematycznych (*Rapid Reviews – RR*) dotyczących wstrząsu septycznego<sup>48</sup>.

Stany nagłe ze strony układu oddechowego i krążeniowego są najczęstszą przyczyną zachorowalności i śmiertelności na całym świecie, szczególnie u niemowląt i małych dzieci. Szybkie rozpoznanie i właściwe postępowanie poprawiają wyniki leczenia<sup>24-28</sup>. Objawy towarzyszące tym stanom są zwykle niespecyficzne dla konkretnego schorzenia i żaden w pojedynkę nie może służyć do wiarygodnej oceny ciężkości stanu dziecka czy różnicowania przyczyny zaburzeń<sup>29-35</sup>. Na ogół oczywiste objawy dekompensacji (obniżenie stanu przytomności, hipotensja) występują późno, bezpośrednio poprzedzając zatrzymanie krążenia. Kluczowe znaczenie ma wczesne rozpoznanie i leczenie. Niestety wczesne objawy (skompensowanej niewydolności) są niemiernodajne, istnieją duże różnice w ich rozpoznawaniu pomiędzy poszczególnymi obserwatorami, zwłaszcza jeżeli ocenia się je u małych dzieci<sup>27,30,35-44</sup>.

Z tego powodu właściwe postępowanie wymaga podejścia zintegrowanego, opartego na objawach klinicznych, ale biorącego również pod uwagę dodatkowe informacje z wywiadu, badań laboratoryjnych i/lub obrazowych. Złożone modele wykorzystujące sztuczną inteligencję niekoniecznie sprawdzają się lepiej niż kompetentny lekarz podejmujący decyzję przy łóżku chorego<sup>45-47</sup>. Celowo nie wprowadzono rozróżnienia na wstrząs „zimny” i „ciepły”, ponieważ taka ocena może być trudna klinicznie i stanowić źródło pomyłek<sup>48</sup>.

Szybka ocena dziecka w stanie zagrożenia (pierwsza „pięciosekundowa ocena bez użycia rąk”) powinna być wykonana przy użyciu Pediatrycznego Trójkąta Oceny (*Paediatric Assessment Triangle – PAT*) lub podobnego narzędzia<sup>49-52</sup>. Każda nieprawidłowość powinna zainicjować dalsze pełne, etapowe badanie oparte na patofizjologicznym schemacie **ABCDE**.

### Częstość oddechu, częstość pracy serca, ciśnienie tętnicze

Wartości podawane w podręcznikach pediatrii i podręcznikach do PLS jako prawidłowe lub nieprawidłowe dla poszczególnych grup wiekowych zostały ostatnio podane w wątpliwość przez kilka badań i przeglądów systematycznych. Badania te obejmowały duże grupy zarówno dzieci zdrowych, jak i tych przyjmowanych na SOR. Wydaje się, że prosty podział na wartości prawidłowe/nieprawidłowe nie odwzorowuje z wystarczającą dokładnością ich zmienności powszechnie spotykanej u dzieci<sup>53-61</sup>. Stworzone w ostatnim czasie siatki centylowe lepiej oddają różnice pomiędzy poszczególnymi grupami wiekowymi, ale ich użycie w praktyce klinicznej i wpływ na wyniki leczenia wymagają weryfikacji. Poprzednio opisywane w podręcznikach „wartości prawidłowe” w oczywisty sposób odbiegają od zakresów przedstawianych w ostatnich badaniach i dlatego proponujemy pewne korekty, tak aby zapobiec nadmiernej lub niedostatecznej klasyfikacji chorych. Co ważne, żadna z tych wartości rozpatrywana pojedynczo nie ma wystarczającej mocy diagnostycznej i powinna być rozważana wraz z innymi objawami przedmiotowymi i podmiotowymi. Na każdą z ocenianych wartości mogą wpływać takie stany, jak gorączka, niepokój lub ból. Ogólnie zmiany wartości w czasie (trend) mają większe znaczenie niż pojedynczy pomiar.

### Pulsoksymetria

Hipoksemia występuje często u chorych dzieci<sup>62</sup> zarówno w przypadku chorób układu oddechowego, jak i w innych schorzeniach (np. sepsa), i jest głównym czynnikiem ryzyka zgonu niezależnie od rozpoznania. Wczesne rozpoznanie hipoksemii pomaga w ocenie ciężkości stanu dziecka i pozwala na właściwe leczenie<sup>63</sup>. Objawy kliniczne mogą nie odpowiadać nasileniu hipoksemii. Opisane zostało zjawisko tzw. „cichej (ukrytej) hipoksemii” np. u dorosłych pacjentów z COVID-19<sup>64</sup>. Chociaż pomiar PaO<sub>2</sub> jest uważany za złoty standard oceny utlenowania, pulsoksymetria pozwala na jego szybką i nieinwazyjną ocenę. Stanowi ona również standardowy sposób ciągłego monitorowania utlenowania<sup>24,26,65</sup>. Co zaskakujące, brakuje dokładnych danych na temat rozkładu normalnego wartości pulsoksymetrii u dzieci. Jako dolną granicę normy podaje się wartość SpO<sub>2</sub> równą 95%<sup>66</sup>. Różne badania i przeglądy sugerują podobną wartość<sup>67-70</sup>. Z powodu braku pewnych dowodów i mając na uwadze spójność pomiędzy wynikami różnych skróconych przeglądów systematycznych a łatwością nauczania, Grupa Robocza ds. PLS podtrzymuje przyjęcie wartości 94–98% jako „prawidłowych”. Podczas interpretowania odczytów pulsoksymetru należy wziąć pod uwagę wiele czynników (włączając w to wysokość nad poziomem morza, ograniczenia techniczne, jakość perfuzji, tlenek węgla, pomiar we śnie) i tę wiedzę przekazywać podczas szkoleń PLS<sup>71</sup>.

### Nieinwazyjny pomiar końcowo-wydechowego CO<sub>2</sub>/kapnografia

Pomiar tętniczego PaCO<sub>2</sub> i pozostałych parametrów gazometrii krwi tętniczej jest uznawany za złoty standard oceny wentylacji. W przypadku braku dostępu tętniczego można posługiwać się pomiarami gazometrii krwi włosniczkowej lub żyłnej. Wartości żyłne PvCO<sub>2</sub> są wyższe niż tętniczych PaCO<sub>2</sub>, ale ogólnie korelują z nimi. W przeciwieństwie do PaO<sub>2</sub> normalne wartości PaCO<sub>2</sub> (35–45 mmHg; w przybliżeniu 1 kPa = 7,5 mmHg) są dobrze zdefiniowane i nie zmieniają się z wiekiem. Urządzenia do nieinwazyjnego pomiaru ETCO<sub>2</sub> są coraz częściej używane zarówno w warunkach szpitalnych, jak i przedszpitalnych. Kilka badań potwierdziło odpowiednią korelację pomiędzy ETCO<sub>2</sub> a PaCO<sub>2</sub>. Kapnografia jest preferowanym sposobem pomiaru ETCO<sub>2</sub> u zaintubowanych dzieci. Jej użycie powinno być również rozważone u spontanicznie oddychających dzieci, u których przeprowadzane są procedury w głębokiej sedacji albo mają ostrą niewydolność oddechową<sup>72-76</sup>. Wysokie przepływy tlenu mogą sztucznie zaniżyć wartości ETCO<sub>2</sub><sup>77</sup>. Włączenie pomiaru ETCO<sub>2</sub> do oceny wzrokowej i pulsoksymetrii wiązało się ze znaczącym zmniejszeniem epizodów spadku saturacji i/lub hipowentylacji podczas sedacji<sup>73,78</sup>. Zmiany ETCO<sub>2</sub> pojawiają się kilka minut wcześniej, zanim desaturacja będzie możliwa do rozpoznania za pomocą pulsoksymetru<sup>79</sup>. Wartości ETCO<sub>2</sub> nie powinny być traktowane jako zamiennik dla PaCO<sub>2</sub> w przypadku pacjentów, u których utrzymywanie normokapnii jest elementem postępowania neuroprotektynowego<sup>80</sup>.

### Stężenie mleczanów w surowicy

Dowody naukowe dotyczące monitorowania stężenia mleczanów w surowicy u dzieci z niewydolnością krążeniową są ograniczone. Podwyższone stężenie mleczanów występujące we wczesnej fazie choroby jest potwierdzeniem jej ciężkości, ale niewydolność narządowa może również wystąpić u dzieci z prawidłowym stężeniem mleczanów<sup>81-84</sup>. Dodatkowo stężenie mleczanów może ulec

podwyższeniu nie tylko z powodu niedotlenienia komórek, dlatego nie jest ani specyficznym wskaźnikiem niedotlenienia, ani wskaźnikiem uszkodzenia narządowego. Do prowadzenia resuscytacji dzieci we wstrząsie septycznym należy używać trendu stężenia mleczanów w połączeniu z oceną kliniczną<sup>48,85</sup>. Utrzymujące się wysokie wartości mleczanów mogą wskazywać na niewystarczającą hemodynamiczną resuscytację.

### Saturacja ośrodkowej krwi żyłnej (ScvO<sub>2</sub>)

W poprzednich wytycznych ciągły lub okresowy pomiar ScvO<sub>2</sub> był uważany za istotną część wczesnej terapii ukierunkowanej na cel i postrzegany jako potencjalnie przynoszący korzyści. Niemniej Grupa Robocza ds. PLS nie znalazła wystarczających dowodów popierających lub negujących jego stosowanie u dzieci we wstrząsie septycznym. Zastosowanie ScvO<sub>2</sub> wymaga uzyskania dostępu centralnego, co może odwrócić uwagę od innych priorytetowych działań, koniecznych do wykonania w „pierwszej godzinie”. Zaawansowane monitorowanie hemodynamiczne może być przydatne do prowadzenia resuscytacji u dzieci we wstrząsie septycznym po zakończeniu czynności w „pierwszej godzinie”<sup>28,48</sup>.

### Objawy uszkodzenia układu nerwowego

Wczesne rozpoznanie i leczenie neurologicznych stanów nagłych ma szczególne znaczenie. Rokowanie często związane jest z wtórnym urazem spowodowanym niedotlenieniem lub niedokrwieniem. Opóźnienie leczenia pogarsza wyniki<sup>86-88</sup>. Postępowanie w niektórych z tych stanów nagłych opisane jest w odpowiednich wytycznych<sup>87,89,90</sup>.

Zarówno stan przytomności, przyjmowanie pewnych pozycji ciała, rozmiar źrenic, ich symetria i reakcja na światło dają informację o możliwym rokowaniu, ale nie są wystarczające do prognozowania ostatecznego wyniku leczenia.

### Stan przytomności

Skala śpiączki Glasgow (GCS) jest powszechnie używana do oceny stanu przytomności i jego zmian w czasie. Jej użycie u dzieci jest skomplikowane. Kilka badań potwierdziło prawie taką samą dokładność skali uproszczonych<sup>91-96</sup>. Skala AVPU jest łatwa i dobrze koreluje z całkowitym wynikiem GCS u dzieci starszych niż pięcioletnie. Ograniczona liczba stopni pomiędzy „świadomy” a „niereagujący” zmniejszają moc dyskryminacyjną modelu. Skala ruchowa GCS ma więcej poziomów niż AVPU i wydaje się nieść ze sobą ilość informacji bliską tej, którą daje wynik całościowej skali GCS. Można jej użyć w każdym wieku i umożliwi bardziej szczegółowe rozróżnienie pomiędzy poszczególnymi stanami.

### Udar

Udar stanowi jedną z dziesięciu najczęstszych przyczyn zgonu u dzieci, a ponad połowa z tych, które przeżyją, doświadcza długoterminowych powikłań. Udar u dzieci nie występuje często, zatem łatwo go pomylić z częściej występującymi schorzeniami, takimi jak migrena czy zatrucie. Ważne jest wczesne rozpoznanie udaru, każde opóźnienie ma wpływ na wynik leczenia. „Czerwone flagi” to nagłe wystąpienie silnego bólu głowy lub ogniskowych deficytów neurologicznych, ale udar u dzieci może również objawiać się jako zmiany stanu psychicznego lub drgawki. Narzędzia do rozpoznawania udaru u dorosłych mają ograniczoną przydat-

ność i ich użycie u dzieci nie jest zalecane. Dzieci, u których nagle wystąpił którykolwiek z opisanych powyżej objawów, mają wysokie ryzyko wystąpienia udaru i powinny być natychmiast zbadane neurologicznie oraz powinno się u nich rozważyć wykonanie pilnego neuroobrazowania<sup>90,97-101</sup>.

### Zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych/zapalenie mózgu

Rozpoznanie zapalenia mózgu wymaga wysokiego stopnia podejrzliwości, szczególnie jeśli dotyczy ono niemowląt<sup>86,87,102</sup>. Opóźnienie w rozpoznaniu i leczeniu wiąże się z gorszymi wynikami leczenia. Natychmiastowe nakłucie lędźwiowe wskazane jest tylko po wstępnej stabilizacji stanu dziecka i braku przeciwwskazań (takich jak zaburzenia stanu przytomności, objawy nadciśnienia śródczaszkowego, zaburzenia krzepnięcia). U dzieci z pierwszymi w życiu drgawkami gorączkowymi ryzyko wystąpienia bakteryjnego zapalenia opon mózgowo-rdzeniowych jest niskie, a u dzieci powyżej szóstego miesiąca życia rozpoznanie zwykle opiera się na objawach klinicznych. Przydatność rutynowego nakłucia lędźwiowego u dzieci z pierwszym epizodem drgawek gorączkowych jest niewielka<sup>103</sup>.

### Pediatryczne Skale Wczesnego Ostrzegania (Paediatric Early Warning Score – PEWS) – Medyczne Zespoły Ratunkowe (Medical Emergency Teams – MET) – Zespoły Wczesnego Reagowania (Rapid Response Teams – RRT)

Temat PEWS, MET i RRT był poddany ocenie przez ILCOR zarówno w przeglądzie zakresu literatury (PLS 818), jak i aktualizacji dowodów (EvUp; PLS 397). Grupa Robocza ds. PLS doszła do wniosku, że wdrożenie PEWS i pediatrycznych MET/RRT powinno być częścią całościowego klinicznego systemu reagowania, i miała przy tym świadomość potencjalnych kosztów wprowadzenia takiego systemu i jego wpływu na istniejące zasoby. Zidentyfikowano również różne trudności w przeprowadzaniu badań dotyczących PEWS<sup>104</sup>. Oczekiwane są wyniki dużych klastrowych badań randomizowanych oceniających wpływ wprowadzenia PEWS i podejścia „obserwuj i reaguj” (*track and trigger*) u dzieci<sup>105</sup>.

### Ultrasonografia przyłóżkowa (Point-of-Care UltraSound – POCUS) u krytycznie chorych dzieci

Badania wskazują, że POCUS jest skuteczne zarówno w diagnostyce, jak i kontrolowaniu wykonywania procedur w różnych stanach nagłych u dzieci<sup>106,107</sup>. Technologia jest stale rozwijana, a trwające badania rozszerzają zastosowanie POCUS w nowych warunkach klinicznych. W celu standaryzacji wykonywania i rozszerzania użycia POCUS konieczne jest formalne szkolenie. Opublikowano wytyczne użycia POCUS w stanach nagłych w pediatrii<sup>108</sup>.

### POCUS i płuca

Ostatnie badania podkreśliły dodatkowe korzyści z POCUS płuca w przypadku niewydolności oddechowej u dzieci<sup>109-118</sup>. W przypadku zapalenia płuc u dzieci POCUS ma czułość i specyficzność zbliżoną do RTG klatki piersiowej, a w zależności od okoliczności może być narzędziem efektywniejszym w zakresie kosztów użycia, jak i czasu wykonania. POCUS jest dokładniejszy

w przypadku badania obecności płynu w jamie opłucnowej lub odmy i jest pomocny w wykonywaniu torakocentezy igłowej lub torakostomii. Opisano również jego użycie jako dodatkowego narzędzia potwierdzającego prawidłowe umiejscowienie rurki intubacyjnej, ale dowody u dzieci są ograniczone<sup>119,120</sup>.

### POCUS w niewydolności krążeniowej

Po odpowiednim szkoleniu dokładność ultrasonografii serca wykonywanej przez specjalistów dziedzin innych niż kardiologia wydaje się szczególnie wysoka<sup>121</sup>. Pediatrzy i lekarze medycyny ratunkowej u dzieci po ukierunkowanym szkoleniu potrafili trafnie rozpoznać obecność płynu w worku osierdziowym, zaburzenia kurczliwości serca i powiększenie lewej komory. Inne potencjalne zastosowania obejmują rozpoznanie tamponady serca, kardiomiopatii rozstrzeniowej, wrodzonej wady serca i infekcyjnego zapalenia wsierdzia.

U dorosłych wynik POCUS wykorzystuje się do leczenia wstrząsu, dowody dotyczące takiego zastosowania tego badania u dzieci są ograniczone. W przeglądzie systematycznym wykazano umiarkowaną przydatność oddechowej zmienności wymiaru żyły głównej dolnej w przewidywaniu odpowiedzi na płynoterapię (łączna swoistość 0,73)<sup>122</sup>. Co ważne, ujemny wynik badania nie mógł być wykorzystany, aby wykluczyć odpowiedź na płynoterapię (łączna czułość 0,63). Brakuje ustalonych wartości stosunku wymiaru żyły głównej dolnej do aorty (IVC/aorta) u dzieci w różnych grupach wiekowych, dlatego podczas resuscytacji bardziej przydatne mogą być seryjne pomiary tej wartości<sup>110,123</sup>. USG płuc może pomagać w sterowaniu płynoterapią u dzieci z sepsą. Liczba linii B w USG płuc wydaje się korelować z zawartością pozanaczyniowej wody w płucach<sup>124,125</sup>.

### Rozszerzone badanie FAST (E-FAST) w urazach u dzieci

W porównaniu do badań przeprowadzanych w grupie pacjentów dorosłych badania dotyczące użycia E-FAST u dzieci są mniej liczne oraz przynoszą sprzeczne wyniki. USG jamy brzusznej wydaje się mieć umiarkowaną czułość w wykrywaniu krwi w jamie otrzewnowej<sup>126-128</sup>. W oparciu o dostępne dowody Grupa Robocza ds. PLS nie rekomenduje użycia FAST jako jedyne testu diagnostycznego do wykluczenia krwawienia w obrębie jamy brzusznej. Dla zwiększenia dokładności badania FAST jego wynik należy włączyć w całościową ocenę pacjenta po urazie. Dane obserwacyjne wykazały, że badanie FAST ma ograniczony wpływ na częstość wykonywania TK jamy brzusznej u dzieci po urazach z bardzo niskim (<1%) i bardzo wysokim (>10%) ryzykiem urazu wewnątrzbrzuszego. Jednak zastosowanie FAST u dzieci, u których ryzyko urazu wewnątrzbrzuszego oceniono na 1–10%, zmniejszyło częstość wykonywania TK jamy brzusznej. Jedno małe badanie wykazało, że w połączeniu z wartościami transaminaz >100 IU/l swoistość badania FAST wynosiła 98%, co sugeruje, że negatywny wynik FAST i wartość transaminaz <100 IU/l może być wskazaniem do obserwacji pacjenta, a nie wykonania TK jamy brzusznej. Rozszerzony FAST obejmuje USG serca i płuc, co zwiększa dokładność badania i ilość dostarczonej dzięki niemu informacji.

### Praca zespołowa

Dokument ILCOR COSTR 2020 sugeruje specjalne szkolenie z postępowania zespołowego jako części szkolenia ALS dla per-

sonelu medycznego (słabe zalecenia, bardzo niskiej jakości dowody)<sup>129</sup>. W szczególności skupiliśmy się na wpływie „postępowania zespołowego” na wyniki leczenia, a także na tym, co powinno wchodzić w skład „dobrej” pracy zespołowej (skuteczność zespołu). Pomimo obszernej literatury dowody dotyczące pracy zespołowej są ograniczone. Wcześniejsze prace wskazywały, że brak pracy zespołowej i błędy w komunikacji są ważną przyczyną błędów medycznych i zdarzeń niepożądanych<sup>130</sup>. Na tej podstawie oraz w oparciu o literaturę dostępną w skróconych przeglądach systematycznych w ratunkowym leczeniu krytycznie chorych dzieci Grupa Robocza ds. PLS zaleca podejście zespołowe. Podkreślamy istotę ustrukturyzowanej strategii wdrożenia tego systemu w miejscach, w których nie wykorzystuje się jeszcze postępowania zespołowego, oraz konieczność ciągłej oceny skuteczności w miejscach, które korzystają już z tego rozwiązania. Podejście zespołowe charakteryzuje wiele zmiennych, które je definiują, i oznacza więcej niż zgromadzenie różnych specjalistów razem w jednym pomieszczeniu<sup>131-139</sup>. Idealnie byłoby, gdyby we wszystkich miejscach, w których mogą pojawić się pacjenci pediatryczni, istniały pisemne protokoły dotyczące postępowania u dzieci. Najlepiej, jeżeli każdy nowy członek zespołu zostanie przeszkolony w zakresie pracy w zespole i w zastosowaniu obowiązujących protokołów, co zbuduje wspólny model myślowy zespołu. Powyższy ciągły proces edukacyjny powinien być integralną częścią wprowadzania procedur podejścia zespołowego.

Dodatkowo Grupa Robocza ds. PLS chce podkreślić potencjalnie negatywny wpływ nieuprzejmości i innych zewnętrznych czynników stresogennych na działanie zespołu<sup>140-142</sup>. Wszyscy członkowie zespołu, a w szczególności jego kierownik, powinni pracować nad tworzeniem środowiska potępiającego negatywne zachowania.

Wreszcie Grupa Robocza ds. PLS zgadza się z ILCOR EIT437 COSTR, który sugeruje związek pomiędzy ekspozycją (doświadczeniem) ratownika a wynikami leczenia<sup>129</sup>. Grupa Robocza ds. PLS sugeruje, aby systemy ratownictwa medycznego: 1) monitorowały ekspozycję ich personelu klinicznego na resuscytację i 2) wprowadzały, o ile to możliwe, strategie zapobiegające małej ekspozycji lub zapewniające w składzie zespołu leczącego osobę z niedawną ekspozycją (słabe zalecenia, bardzo niskiej jakości dowody).

### Narzędzia i reguły do obliczania dawek leków

Grup Robocza ds. PLS oparła swoje zalecenia w dużej mierze na dokumencie 2020 ILCOR EvUp PLS 420<sup>143</sup>, trzech dodatkowych przeglądach systematycznych<sup>144-146</sup> i jednych wytycznych<sup>147</sup> i określiła potrzebę zmiany obecnych zaleceń w odniesieniu do metod szacowania wagi. Dawkowanie leków stosowanych w stanach nagłych wymaga oszacowania masy ciała dziecka. Szacunki rodziców są zwykle dokładniejsze niż szacunki personelu medycznego. Metody oparte na długości ciała dziecka, takie jak taśma Broselowa, są również dokładne, ale mają tendencję do niedoszacowania masy ciała w populacjach z dużą częstością występowania otyłości. Systemy przeliczeń skorygowane do budowy ciała (np. Pawper) są dokładniejsze. Takie systemy często zawierają zalecenia wstępnie obliczonej dawki leków stosowanych w nagłych wypadkach, co, jak wykazano, zmniejsza błędy przy podaży leków. Szacunki opiekunów i formuły oparte na wieku są niedokładne i dlatego nie są zalecane. Na koniec, mimo iż farmakokinety-

ka niektórych leków (np. fentanylu, propofolu, midazolamu) jest różna u dzieci otyłych i nieotyłych, z powodu zbyt dużej zmienności pomiędzy lekami i indywidualną odpowiedzią na nie nie można zalecić jakiegokolwiek konkretnej strategii, aby to skorygować.

### Zabezpieczanie drożności dróg oddechowych u krytycznie chorych dzieci

Do naszej analizy włączyliśmy jedyne wytyczne<sup>48</sup>, trzy przeglądy systematyczne<sup>148-150</sup>, dziewięć przeglądów opisowych<sup>151-159</sup>, dwa badania randomizowane<sup>160,161</sup> i 27 badań obserwacyjnych<sup>162-188</sup>.

Ogólnie ujmując, dowody dotyczące leczenia dzieci są słabe i oparte głównie na danych obserwacyjnych (rejestrach). Dowody z badań przeprowadzonych wśród dorosłych lub z sal operacyjnych należy traktować jako pośrednie. Co ważne, działania i skład zespołu znacznie się różnią w zależności od regionu i okoliczności, stąd przedstawienie uniwersalnych wniosków jest niemożliwe.

Dowody sugerują, że wykonywanie intubacji dotchawiczej przez personel z ograniczonym doświadczeniem w tej procedurze ma wpływ na wynik leczenia. Ten wpływ jest wyraźniejszy w trudniejszych sytuacjach (np. małe dziecko, niestabilność hemodynamiczna). Pomimo tego, że około 5% Zespołów Ratownictwa Medycznego udzielało pomocy dziecku, u którego konieczne było wykonanie procedur udrożnienia dróg oddechowych, indywidualne doświadczenie ratownika jest często mniejsze, niż być powinno. Każda z istniejących technik zaawansowanego udrożnienia dróg oddechowych (intubacja dotchawicza z wideolaryngoskopią lub bez, przyrządy nadgłośniowe, worek samorozprężalny z maską twarzową, opcjonalnie prostym przyrządem do udrożnienia dróg oddechowych) ma swoje zalety i wady, a kompetentny ratownik powinien być z nimi zaznajomiony. Co ważne, w miarę możliwości zespoły powinny przygotować się w sposób ustrukturyzowany i w odpowiednim czasie, zanim wykonają jakąkolwiek procedurę na drogach oddechowych. Przygotowanie to uwzględnia także rozpatrzenie procedur „ratunkowych” i „awaryjnych”.

Pomimo ryzyka gorszych wyników w określonych przypadkach dla wielu ratowników intubacja dotchawicza pozostaje preferowanym sposobem udrożnienia dróg oddechowych u dziecka w stanie krytycznym lub po urazie, niezależnie od okoliczności. U dzieci ryzyko niepowodzenia lub niewłaściwego założenia rurki intubacyjnej jest znacząco wyższe niż u dorosłych. Wielokrotne próby intubacji dotchawiczej są związane ze zwiększonym ryzykiem hipoksemii, spadku saturacji, niekorzystnych zdarzeń hemodynamicznych i późniejszej zachorowalności i śmiertelności. Dlatego należy ograniczyć liczbę prób intubacji, zanim rozważy się alternatywne udrożnienie dróg oddechowych. Rozważając intubację dotchawiczą personel powinien zawsze oceniać stosunek potencjalnych korzyści do ryzyka procedury, a przy podejmowaniu decyzji nie opierać się wyłącznie na wcześniej ustalonych dogmatach (np. GCS  $\leq 8$ , odsetek oparzenia ciała) i wcześniej rozważyć alternatywne metody udrożnienia dróg oddechowych. U dzieci trudne drogi oddechowe rzadko są spowodowane ich anatomią, a zwykle wynikają z uwarunkowań fizjologicznych lub trudności sytuacyjnych (np. brak wcześniejszego przygotowania)<sup>158</sup>. Warunki można zoptymalizować poprzez standaryzację sprzętu i jego lokalizacji, stosowanie list kontrolnych, wielodyscyplinarne szkolenia zespołowe zarówno w zakresie umiejętności technicznych, jak i nietechnicznych towarzyszących pilnej intubacji oraz regularny audyt wykonywanych procedur.

W wielu okolicznościach wentylacja workiem samorozprężalnym z maską twarzową wydaje się nie być gorsza od wentylacji przy użyciu rurki intubacyjnej. Jest to umiejętność o wiele łatwiejsza do opanowania i należy przeszkolić w jej zakresie cały personel zajmujący się opieką nad krytycznie chorymi dziećmi. Aby zoptymalizować efektywność, ratownicy mogą zastosować technikę dwuosobową wentylacji i/lub użyć prostych przyrządów udrażniających drogi oddechowe. Większość trudności z wentylacją przez maskę można przezwyciężyć, rozpoznając i lecząc anatomiczną niedrożność dróg oddechowych (np. przy użyciu prostych przyrządów udrażniających drogi oddechowe lub przyrządów nadgłośniowych) lub lecząc przyczyny czynnościowe (np. zwiotczenie mięśni). Zwiotczenia mięśni należy unikać u dzieci z mukopolisacharydozą, niedrożnością dróg oddechowych spowodowaną guzem/ciałem obcym lub zewnętrznym uciskiem na drogi oddechowe. W wielu innych sytuacjach środki zwiotczające mięśnie pozwalają na kontrolowaną wentylację przed intubacją i zmniejszają częstość zdarzeń niepożądanych. Trudna wentylacja maską z workiem samorozprężalnym nie powinna być powodem intubacji dotchawiczej wykonywanej w pośpiechu, ale powinna służyć jako „czerwona flaga” dla jeszcze dokładniejszego przygotowania się do intubacji.

Udrożnienie dróg oddechowych w przedniej części szyi (*Front of Neck Airway* – FONA) u dzieci powinno być wykonywane tylko w ostateczności, w sytuacji „nie mogę utlenować, nie mogę zaintubować”. Trudno jest zdobyć wystarczające doświadczenie w takich sytuacjach, zwłaszcza biorąc pod uwagę odmienność anatomii w różnym wieku. W większości przypadków stosuje się krikotyroidotomię igłową z wentylacją strumieniową. Chirurgiczna krikotyroidotomia wykonywana jest niezwykle rzadko. Nie ma dowodów na to, że szybsza decyzja dotycząca FONA zwiększałaby szanse na przeżycie bez ubytków neurologicznych. Co ważne, sytuacja „nie mogę utlenować, nie mogę zaintubować” może sama w sobie wynikać z wcześniejszych nieoptymalnych prób udrożnienia dróg oddechowych i powtarzanych prób intubacji, dlatego większość autorów podkreśla znaczenie innych technik udrożnienia trudnych dróg oddechowych.

#### Użycie ET<sub>CO</sub><sub>2</sub> podczas intubacji

Przeprowadzone przez ILCOR w 2020 roku uaktualnienie dowodów (EvUp; PLS 385) potwierdziło wcześniejsze zalecenie stosowania ET<sub>CO</sub><sub>2</sub> u zaintubowanych dzieci z perfuzyjnym rytmem serca w każdych warunkach<sup>143</sup>. W związku z tym oraz biorąc pod uwagę potencjalne zagrożenia wynikające z nieprawidłowego umieszczenia lub przemieszczenia się rurki intubacyjnej uważamy kapnografię za zasadnicze narzędzie do potwierdzenia położenia rurki intubacyjnej u dzieci, ale prawidłowa i pełna ocena pozycji położenia rurki powinna również obejmować ocenę kliniczną oraz badanie USG lub RTG.

#### Zastosowanie ucisku na chrząstkę pierścieniową podczas intubacji

Uaktualnienie dowodów ILCOR 2020 (EvUp; PLS 376) potwierdziło wcześniejsze zalecenie dotyczące zaprzestania ucisku na chrząstkę pierścieniową, jeśli utrudnia to wentylację lub spowalnia albo utrudnia wykonanie intubacji. Dodatkowo w dalszych pracach uwzględniono jeden przegląd systematyczny<sup>189</sup> i dwa nakładające się na siebie badania kliniczne<sup>190,191</sup>. Nie znaleziono wystarczających dowodów, aby zalecić stosowanie ucisku na

chrząstkę pierścieniową w zapobieganiu zarzucania i aspiracji treści żołądkowej podczas wykonywania sekwencji szybkiej intubacji (*Rapid Sequence Intubation* – RSI) lub pilnej intubacji u dzieci. Ucisk na chrząstkę pierścieniową może upośledzać zabezpieczenie drożności dróg oddechowych u dzieci i niemowląt w sytuacjach nagłych.

### Wideoaryngoskopia

Dostępne dowody dotyczące zastosowania wideoaryngoskopii u dzieci krytycznie chorych są ograniczone. W większości badań pierwszorzędownymi punktami końcowymi były czas konieczny do wykonania intubacji lub powodzenie przy pierwszej próbie intubacji. Niektóre przeglądy systematyczne sugerują zwiększone ryzyko wydłużenia czasu intubacji i jej niepowodzenia przy użyciu wideoaryngoskopii<sup>192-194</sup>. Nowsze badania randomizowane i badania obserwacyjne sugerują korzyści z tego postępowania, ale dowody pozostają sprzeczne<sup>195-202</sup>. Co ważne, uzyskane korzyści będą silnie zależą od tego, kto wykonuje intubację, jakich technik i urządzeń używa i z jakich wskazań. Personel, który planuje korzystać z wideoaryngoskopii, powinien zostać odpowiednio przeszkolony. Istnieje wiele urządzeń różniących się szczegółami technicznymi, ale nie ma dowodów na wyższość jednego rozwiązania nad innymi. Biorąc to pod uwagę, Grupa Robocza ds. PLS nie może zalecić ani odradzić używania na oddziale ratunkowym wideoaryngoskopii zamiast laryngoskopii bezpośredniej. Decyzja o użyciu wideoaryngoskopii i wskazaniach do jej wykonania pozostaje w gestii kompetentnego lekarza wykonującego procedurę. W sytuacjach, w których spodziewane są trudności w wykonaniu laryngoskopii bezpośredniej (np. ręczna stabilizacja kręgosłupa szyjnego w osi), wideoaryngoskopię należy rozważyć wcześniej.

### Zastosowanie atropiny do intubacji

Uaktualnienie dowodów ILCOR 2020 (EvUp; PLS 821) nie wykazało żadnych nowych dowodów, które umożliwiałyby sformułowanie zaleceń<sup>143</sup>. Prawdopodobnie bradykardia występująca podczas intubacji spowodowana jest albo hipoksją, albo stymulacją nerwu błędnego wywołaną laryngoskopią. Tej przejściowej bradykardii towarzyszy skurcz naczyń i zwykle reaguje ona na ponowne utlenowanie i zaprzestanie stymulacji nerwu błędnego. Niemniej kilka leków stosowanych do indukcji znieczulenia również wywołuje bradykardię, której może towarzyszyć rozszerzenie naczyń krwionośnych, co prowadzi do zjawiska „niestabilnej bradykardii”. Na przykład u dziecka z sepsą taka bradykardia prowadzi do niskiego rzutu serca i hipoperfuzji, które mogą być potencjalnie śmiertelne<sup>203</sup>. U młodszych dzieci ryzyko wystąpienia zaburzenia rytmu serca może zostać zmniejszone, jeżeli wśród leków zastosowanych do wykonania pilnej intubacji znajdzie się atropina<sup>204</sup>. Użycie atropiny zmniejsza częstość występowania bradykardii podczas intubacji zarówno niemowląt, jak i starszych dzieci, ale konsekwencje takiej bradykardii nie są do końca poznane<sup>205-207</sup>.

Atropinę można stosować do intubacji krytycznie chorych dzieci (w wieku od jednego miesiąca do ośmiu lat) w celu zmniejszenia częstości występowania bradykardii i zaburzeń rytmu serca, zwłaszcza u młodszych dzieci, gdy stosuje się suksametonium i/lub gdy stwierdza się u nich rozszerzenie naczyń.

### Zastosowanie rurek dotchawiczych z mankietem

W uaktualnieniu dowodów ILCOR 2020 (EvUp; PLS 412) nie znaleziono żadnych nowych dowodów, na podstawie których moż-

na by zmienić dotychczasowe niejednoznaczne zalecenia z 2010 roku<sup>143</sup>. Grupa Robocza ds. PLS zgadza się ze szczegółowymi spostrzeżeniami autorów uaktualnienia, którzy opowiadają się za wyłącznym zastosowaniem rurek intubacyjnych z mankietem w pediatrycznym ALS w celu zmniejszenia ryzyka błędnego doboru rurki, poprawy dokładności kapnografii, zmniejszenia częstości potrzeby wymiany rurki intubacyjnej na inny rozmiar, niezawodnej wentylacji odpowiednią objętością oddechową i/lub ciśnieniem, zmniejszenia bólu gardła, zmniejszenia ryzyka aspiracji i standaryzacji praktyki. Poprzez podtrzymywanie zalecania zarówno rurek z mankietem, jak i bez mankieta systemy zmuszone byłyby do przechowywania i utrzymywania na stanie czterech rurek z każdego rozmiaru (po dwie rurki z rozmiaru i rodzaju). Obrazowanie rezonansem magnetycznym pokazało, że przekrój dróg oddechowych na wysokości chrząstki pierścieniowej u dzieci jest eliptyczny, a nie okrągły, jak tradycyjnie tego nauczano<sup>208</sup>. Z tego powodu wokół idealnie dobranej rozmiarem okrągłej rurki dotchawiczej bez mankieta nadal może występować przeciek, w tym samym czasie taka rurka powoduje zwiększony nacisk na inne obszary błony śluzowej tchawicy. Jeżeli używane są rurki dotchawicze z mankietem, ciśnienie napelnienia mankieta powinno być monitorowane i dostosowane zgodnie z zaleceniami producenta. Tradycyjne zasady doboru rurki w zależności od wieku zostały opracowane dla rurek bez mankieta, z tego powodu najprawdopodobniej przeszacowują optymalny rozmiar dla rurek intubacyjnych z mankietem.

### Stosowanie dodatkowego tlenu w postępowaniu z dziećmi krytycznie chorymi lub po urazach

Nasze skrócone przeglądy systematyczne zidentyfikowały trzy wytyczne<sup>28,66,209</sup>, dwa przeglądy systematyczne<sup>210,211</sup>, trzy badania randomizowane<sup>212-214</sup> i jedno badanie obserwacyjne<sup>215</sup> dotyczące tego tematu. Wyniki badań Oxy-PICU i COAST prawdopodobnie dostarczą dodatkowych informacji dla formułowania wytycznych, ale nie były jeszcze dostępne<sup>216,217</sup>. Użycie dodatkowego tlenu jest opisywane oddzielnie dla czasu przed intubacją, w trakcie zatrzymania krążenia i po ROSC. Do niedawna dodatkowy tlen był podstawą leczenia praktycznie każdego krytycznie chorego dziecka lub dziecka po urazie. Rosnące obawy dotyczące potencjalnie negatywnego wpływu nadmiernych stężeń tlenu na wyniki leczenia doprowadziły do zmiany wytycznych dotyczących dorosłych i noworodków. Grupa Robocza ds. PLS dostrzega ryzyko niezamierzonej hipoksemii towarzyszącej nadmiernie zachowawczemu podejściu do tlenoterapii, szczególnie w sytuacjach, w których ciągłe monitorowanie jest trudne, np. w warunkach przedszpitalnych lub we wstrząsie. Niemniej zbyt duża ilość dodatkowego tlenu niesie ze sobą nieokreślone ryzyko, ponadto jest kosztowna, zwłaszcza w systemach o ograniczonych zasobach. Co ważne, z powodu istnienia ograniczonych danych wszelkie zalecenia dotyczące stosowania dodatkowego tlenu muszą uwzględniać uwarunkowania lokalne. Tlen można dostarczać na wiele sposobów. Ratownik musi być świadomy możliwych do uzyskania stężeń tlenu za pomocą danego urządzenia, zapotrzebowania na FiO<sub>2</sub> oraz tolerancji danego sposobu tlenoterapii przez dziecko. U dzieci z określonymi schorzeniami przewlekłymi lub rozpoznanymi chorobami serca tlenoterapia powinna być dostosowana do choroby podstawowej, wyjściowych wartości SpO<sub>2</sub> (jeśli są znane) i współistniejącego procesu chorobowego. Zalecana jest wczesna konsultacja specjalistyczna. Znacznie rzadziej niż u dorosłych u niektórych

dzieci z chorobami przewlekłymi wysokie stężenia tlenu mogą również prowadzić do hipowentylacji<sup>213</sup>.

### Wentylacja nieinwazyjna (*Non-Invasive Ventilation – NIV*) i wysokoprzepływowa tlenoterapia donosowa (*High-Flow Nasal Cannula – HFNC*)

Wobec braku dokumentów COSTR na ten temat przeprowadzono skrócony przegląd systematyczny. Wyniki dużego, wielośrodkowego badania randomizowanego FIRST ABC porównującego HFNC z nosowym CPAP na oddziałach intensywnej terapii pediatrycznej nie są jeszcze dostępne<sup>218</sup>.

Wentylacja inwazyjna może uszkadzać płuca, niesie ze sobą zwiększone ryzyko wtórnych zakażeń, jest bardziej kosztowna i wymaga głębszej analgesodacji. Z drugiej strony wentylacja nieinwazyjna bywa czasami źle tolerowana przez dzieci, wymaga obecności u dziecka wystarczającego napędu oddechowego i może wiązać się z ryzykiem opóźnienia bardziej właściwego postępowania. Nosowy CPAP i HFNC optymalizują wysiłek oddechowy i utlenowanie poprzez generowanie ciśnienia i niezawodne dostarczanie wysokich stężeń ciepłego, nawilżonego tlenu. Wydaje się, że HFNC poprawia wentylację pęcherzykową, ale nie zwiększa aktywnie objętości wdechowej. Zarówno HFNC, jak i NIV wydają się łatwe i bezpieczne do wdrożenia<sup>219-230</sup>. Obecnie nie ma wystarczających dowodów, zwłaszcza biorąc pod uwagę potencjalny wpływ na zasoby systemów, aby doradzać lub odradzać ich stosowanie w hipoksemii z przyczyn pozapłucnych ani w przypadku skompensowanej niewydolności oddechowej bez hipoksemii<sup>231</sup>. Decyzja o zastosowaniu HFNC lub NIV w tych grupach dzieci jest zazwyczaj podejmowana na oddziałach wzmożonego nadzoru przez specjalistę intensywnej terapii. U dzieci z niewydolnością oddechową i hipokseją (np. z powodu zapalenia oskrzelików, zapalenia płuc) NIV lub HFNC mogą poprawić rokowanie i zapobiec dalszemu pogorszeniu stanu dziecka. Jest to szczególnie ważne w systemach o niskich zasobach, gdzie często nie ma dostępu do wysokiej jakości intensywnej opieki medycznej<sup>232-236</sup>. HFNC lub CPAP należy rozpocząć u niemowląt z zapaleniem oskrzelików i hipokseją, które nie reagują na leczenie niskimi przepływami tlenu<sup>228</sup>. Dowody naukowe o bardzo małej jakości sugerują, że przepływ 1 l/kg/min może być tak samo skuteczny jak 2 l/kg/min<sup>237</sup>. Choć HFNC może nie zwiększać ryzyka przeniesienia zakażenia drogą kropelkową i kontaktową<sup>238</sup>, prawdopodobnie zwiększa rozprzestrzenianie się aerozolu<sup>239</sup>, dlatego w przypadkach, w których może stanowić to zagrożenie, zalecamy stosowanie HFNC tylko w warunkach gwarantujących ochronę przed przeniesieniem zakażenia drogą powietrzną.

### Wentylacja

Zidentyfikowano trzy ostatnio opublikowane wytyczne<sup>48,209,240</sup> i sześć badań obserwacyjnych<sup>241-246</sup>, a także kilka dodatkowych starszych badań lub artykułów z pośrednimi dowodami dotyczącymi tego tematu. Szczegóły dotyczące wentylacji mechanicznej i postępowania na oddziałach intensywnej terapii pediatrycznej wykraczają poza zakres niniejszych wytycznych, ale należy sprawdzić ostatnio opublikowane przeglądy piśmiennictwa dotyczące tych zagadnień<sup>247-250</sup>.

Na wentylację minutową ma wpływ zarówno objętość oddechu, jak i częstość oddechów. Właściwą wstępną wartością docelową powinna być objętość oddechowa wynosząca 6–8 ml/kg

idealnej masy ciała, z uwzględnieniem przestrzeni martwej (aparatu)<sup>209,250,251</sup>. Przestrzeń martwą aparatu można zredukować, stosując odpowiednie obwody dziecięce i redukując połączenia. Ocena adekwatności objętości oddechowej jest możliwa poprzez obserwację ruchów klatki piersiowej i monitorowanie trendu  $p_a\text{CO}_2$ .

Wentylację należy dostosować tak, aby uzyskać normalne wartości tętniczego  $p_a\text{CO}_2$  u dzieci z prawidłowymi płucami. Jednak u ciężko chorych dzieci dążenie do wartości normalnych może wymagać zbyt agresywnej wentylacji. W takich przypadkach za standardowe postępowanie można uznać permissywną hiperkapnię, chyba że pacjent ma nadciśnienie płucne lub ciężki uraz mózgu.

Dla personelu nieprzeszkolonego w użyciu worków anestetycznych zaleca się w zamian stosowanie worków samorozprężalnych. Worki samorozprężalne powinny mieć odpowiedni rozmiar, aby zapewnić wystarczającą objętość oddechową, unikając jednocześnie nadmiernych objętości oddechowych i niezamierzonego napełnienia żołądka. Dostępne worki mają różną objętość – od 180–240 ml (noworodkowe) poprzez 450–650 ml (dla dzieci) do 1300–1600 ml (dla dorosłych). Ratownik powinien mieć świadomość, że ściśnięcie jedną ręką worka dla dorosłych może z łatwością wytworzyć objętości powyżej 500 ml<sup>245,252</sup>. Wentylacja workiem samorozprężalnym z maską twarzą jest łatwa i stanowi podstawę wstępnego wspomaganie wentylacji, ale nie jest pozbawiona ryzyka i wymaga odpowiedniego (okresowo powtarzanego) przeszkolenia<sup>253,254</sup>.

Technika wentylacji workiem z maską jedną ręką daje operatorowi swobodę ruchów drugą ręką, ale zwiększa ryzyko przecieku. Dlatego we wszystkich przypadkach, w których są trudności z zapewnieniem odpowiedniej szczelności albo istnieje ryzyko przeniesienia choroby zakaźnej przez aerozol, zalecamy użycie techniki wentylacji prowadzonej przez dwie osoby. W tym drugim przypadku należy również zastosować filtr wirusowy między workiem a maską<sup>7</sup>.

Podczas resuscytacji wentylację można również prowadzić metodą usta-usta lub usta-usta i nos. Jest to mniej skuteczne niż wentylacja workiem z maską twarzą i nie umożliwia dostarczenia dodatkowego tlenu, ponadto nie chroni ratownika przed przeniesieniem choroby zakaźnej. Obawy przed możliwym zakażeniem mogą stanowić dla ratownika przeszkodę w rozpoczęciu wentylacji tą metodą.

### Płynoterapia w niewydolności krążenia

Ten skrócony przegląd systematyczny dotyczy resuscytacji płynowej podczas pierwszej godziny od momentu rozpoznania wstrząsu, będącej równocześnie częścią ogólnego postępowania z dzieckiem we wstrząsie. Płynoterapia prowadzona w późniejszym okresie również może mieć wpływ na wynik leczenia, ale to zagadnienie wykracza poza zakres niniejszego przeglądu. Uwzględniono uaktualnienie dowodów ILCOR 2020 na temat bolusa płynów we wstrząsie septycznym (PLS1534) oraz przegląd piśmiennictwa dotyczący stopniowanej resuscytacji płynowej w przypadku wstrząsu pourazowego (PLS 400), a także kilka wytycznych, przeglądów systematycznych i badań klinicznych na ten temat<sup>143</sup>. Oczekiwane są wyniki badań SQUEEZE i ProMPT Bolus<sup>255,256</sup>.

Trudno jest badać indywidualną interwencję w przypadku wielokierunkowego leczenia w sepsie. Z powodu niejednoznacznych wytycznych opartych na dowodach o bardzo niskiej jakości



i mających warunkowy charakter, aktualnie istnieją duże różnice w postępowaniu, co nie przynosi korzyści dla indywidualnego pacjenta. Wczesna terapia ukierunkowana na cel (*Early Goal Directed Therapy* – EGD<sup>T</sup>) była podstawą światowej kampanii *Surviving Sepsis*, ale ostatnie badania randomizowane wykazały, że ta strategia nie poprawia wyników leczenia.

Wstrząs nie jest pojedynczą chorobą, ale końcowym etapem wielu różnych patologii i istnieje wiele jego podtypów (hipowolemiczny, kardiogeny, obturacyjny, dystrybucyjny i dysocjacyjny). Ponadto niewydolność krążenia jest pewnym spektrum objawów będących wynikiem wielu procesów współistniejących związanych zarówno z czynnikiem sprawczym, jak i reakcją organizmu. Leczenie powinno być zindywidualizowane, biorące pod uwagę etiologię i patofizjologię leżącą u podstaw schorzenia, wiek, okoliczności, choroby współistniejące i dostępne zasoby<sup>257</sup>. Rozsądna wydaje się strategia częstego badania dziecka oraz ostrożnego, konsekwentnego i stopniowego leczenia.

### Podjęcie wstrząsu septycznego

Chociaż wstrząs septyczny nadal wiąże się ze znaczną śmiertelnością i zachorowalnością u niemowląt i dzieci na całym świecie, różnice w częstości jego występowania i obrazie klinicznym są wynikiem szczepień, chorób współistniejących czy immunosupresji<sup>258-260</sup>. Strategie terapii i wyniki leczenia określonych typów wstrząsu septycznego (np. wstrząsu toksycznego, neutropenicznego) znacznie się różnią. Do niedawna wczesna agresywna resuscytacja płynowa była uważana za najważniejszą interwencję w leczeniu wstrząsu septycznego u dzieci, mimo że opierała się na dowodach o bardzo niskiej jakości. Publikacja wyników badania FEAST podważyła zasadność tej strategii<sup>261</sup>. Trwa dyskusja na temat ogólnego zastosowania wyników badania FEAST i tego, w jaki sposób powinny one wpływać na naszą praktykę<sup>262,263</sup>. Większość istniejących protokołów nadal zaleca powtarzanie bolusów płynu o objętości 20 ml/kg w ciągu pierwszej godziny wstrząsu septycznego u dziecka w celu przeciwdziałania prawdopodobnej hipowolemii spowodowanej ucieczką płynu z krążenia włośniczkowego<sup>28,257</sup>. Niedawno zaktualizowane wytyczne *Surviving Sepsis Campaign* zalecają, aby w sytuacjach, gdy możliwy jest dostęp do OITP, objętość pojedynczego bolusa wynosiła 10–20 ml/kg do maksymalnej wartości 40–60 ml/kg w ciągu pierwszej godziny. Gdy nie ma dostępu do OITP, nadal zaleca się bolusy płynowe, ale tylko w przypadku hipotensji (10–20 ml/kg do wartości 40 ml/kg w pierwszej godzinie).

Aktualne dowody sugerują, że bardziej restrykcyjne podejście do resuscytacji płynowej jest co najmniej równie skuteczne i może zmniejszyć działania niepożądane. Nawet pojedynczy bolus płynu może wpłynąć na czynność układu oddechowego. Perfuzja poprawia się w ciągu pierwszej godziny po podaniu bolusa płynu, ale efekt ten nie jest trwały<sup>124,263,264</sup>. Rozpoznanie u dziecka wstrząsu dystrybucyjnego, który wymaga płynoterapii, jest trudne, ponieważ innym przyczynom niedotlenienia tkanek towarzyszy podobny obraz kliniczny. Jeszcze trudniejsze jest określenie, u których dzieci płynoterapia jest skuteczna. Objawy kliniczne w połączeniu z wartościami biochemicznymi (pH, poziom mleczanów) wykazują akceptowalną przydatność, ale tylko jeśli rozpatruje się je łącznie, a nie rozważa indywidualnie. Ultrasonograficzna ocena odpowiedzi na płynoterapię cieszy się coraz większym zainteresowaniem, ale brakuje dowodów na poparcie takiego postępowania u dzieci. Z drugiej strony wynik badania echokardiograficznego może

pomóc we wczesnym rozpoznaniu dysfunkcji mięśnia sercowego i hipowolemii.

W związku z powyższym Grupa Robocza ds. PLS zaleca mniejsze bolusy płynowe, czyli 10 ml/kg. Mniejsza objętość umożliwi szybsze przeprowadzenie ponownej oceny, ale niekoniecznie ogranicza całkowitą objętość płynu, jaką można podać w pierwszej godzinie leczenia. Indywidualny pacjent nadal może potrzebować przetoczenia objętości do 40–60 ml/kg do leczenia wstrząsu. W przypadku powtarzanych bolusów płynów kluczowe znaczenie ma wczesne rozważenie leków wazoaktywnych lub inotropowych oraz wspomaganie oddychania. W miejscach, gdzie takie leczenie nie jest łatwo dostępne, rozsądne wydaje się prowadzenie jeszcze bardziej restrykcyjnej płynoterapii. Równie ważny jest rodzaj stosowanego płynu<sup>28,263,265</sup>. Wydaje się, że istnieje zgoda co do unikania syntetycznych koloidów, a aktualne dane dotyczące roztworów hipertonicznych są zbyt ograniczone, aby pozwolić na sformułowanie zaleceń co do ich stosowania. Nadal obowiązuje ogólne zalecenie stosowania krystaloidów jako płynu pierwszego rzutu. Krystaloidy są skuteczne, niedrogie i szeroko dostępne<sup>266,267</sup>. Dowody dotyczące stosowania zrównoważonych krystaloidów (np. mleczanu Ringera) są ograniczone. Przeglądy systematyczne poświęcone temu zagadnieniu pokazują jedynie tendencję do lepszych wyników leczenia<sup>268-270</sup>. Roztwór soli fizjologicznej wywołuje jednak kwasicę hiperchloremiczną i wiąże się z gorszymi wynikami leczenia<sup>263</sup>. Biorąc pod uwagę niewielkie koszty dodatkowe Grupa Robocza ds. PLS uznałaby zatem za płyn pierwszego wyboru zrównoważony krystaloid (i roztwór soli fizjologicznej jako akceptowalną alternatywę). Wydaje się, że albumina co najmniej dorównuje krystaloidom pod względem wyników leczenia, ale z powodu wysokich kosztów powinna być traktowana jako płyn drugiego rzutu<sup>48</sup>. W przypadku niektórych chorób (np. Denga, malaria mózgową) wcześniejsze zastosowanie w resuscytacji płynowej 4,5% roztworu albumin może przynieść korzyści<sup>28,271</sup>.

Wstrząs jest definiowany poprzez stopień niedotlenienia komórek, który mu towarzyszy. Ważną rolę odgrywa w nim hemoglobina i w przypadku zaburzeń ze strony układu sercowo-naczyniowego odpowiednie mogą być wyższe wartości docelowe płynoterapii. Nie ma wystarczających dowodów, aby zalecać konkretną wartość odcięcia dla płynoterapii, równie istotna może być tendencja zmian wartości (trend). Powtarzane bolusy krystaloidów nieuchronnie prowadzą do hemodylucji, podobny efekt mogą mieć również procesy patofizjologiczne, które doprowadziły do wystąpienia wstrząsu.

Wstrząs septyczny wpływa na integralność glikokaliksu śródbłonkowego i mikrokrążenia. Doprowadza również do aktywacji i zużycia czynników krzepnięcia oraz często powoduje rozsiane wykrzepianie wewnątrznaczyniowe u dzieci, u których już z powodu kwasicy i rozcieńczenia krwi układ krzepnięcia działa nieoptymalnie. Nie ma wystarczających dowodów na poparcie profilaktycznego stosowania osocza u wszystkich dzieci we wstrząsie septycznym, ale przy podejrzeniu rozsianego wykrzepiania wewnątrznaczyniowego i nasilającej się koagulopatii sugerowalibyśmy jego wczesne użycie.

### Wstrząs kardiogeny

Wstrząs kardiogeny może być pierwotny lub wtórny do wstrząsu innego typu. Rozpoznanie opiera się na objawach klinicznych oraz echokardiografii. Po potwierdzeniu wstrząsu kardiogenego ogólnym podejściem jest unikanie resuscytacji płynowej. Jednak

dzieci, u których na podstawie echokardiografii klinicznie lub biochemicznie potwierdzono niedostateczne obciążenie wstępne (na przykład z powodu niskiego spożycia lub towarzyszącej sepsy), mogą odnieść korzyści z ostrożnej resuscytacji płynowej<sup>38</sup>.

### Niekrwotoczny wstrząs hipowolemiczny

Ponieważ głównym mechanizmem niewydolności krążenia we wstrząsie hipowolemicznym jest utrata płynów, podstawą leczenia jest resuscytacja płynowa. Jednak w zależności od przyczyny wyjściowej należy również rozważyć możliwość współistnienia wstrząsu dystrybucyjnego lub kardiogennego. Leczenie skoncentrowane jest na korygowaniu zaburzeń elektrolitowych i możliwej ciężkiej hipalbuminemii lub hipoglikemii, które mogą utrudniać ocenę kliniczną<sup>272,273</sup>.

Ciężki ostry nieżyt żołądkowo-jelitowy może prowadzić do ciężkiego odwodnienia (>10% utraty masy ciała) i wstrząsu hipowolemicznego. Podczas gdy w wielu krajach częstość jego występowania spada, ciężki ostry nieżyt żołądkowo-jelitowy pozostaje ważną przyczyną śmiertelności wśród dzieci na całym świecie. Śmiertelność jest najwyższa u dzieci z ciężkimi chorobami współistniejącymi, w tym z ciężkim niedożywieniem. Identyfikacja dzieci z ciężkim odwodnieniem/wstrząsem hipowolemicznym w przebiegu ostrego nieżytu żołądkowo-jelitowego nie zawsze jest łatwa, a stopień odwodnienia często jest zawyżany. Biorąc pod uwagę warunki, w jakich często występuje ostry nieżyt żołądkowo-jelitowy z ciężkim odwodnieniem (ograniczone zasoby, choroby współistniejące) i bardzo ograniczone dowody dotyczące tego zagadnienia, zaleca się w tych przypadkach prowadzenie dożylną resuscytacji płynowej „nieopartej na bolusach”, z wyjątkiem sytuacji, gdy współwystępuje wstrząs septyczny. Takie podejście jest prawdopodobnie uzasadnione również w przypadku dzieci z ciężkim niedożywieniem<sup>274-277</sup>.

### Wstrząs krwotoczny

Krwawienie powoduje nie tylko spadek krążącej objętości, ale również utratę elementów morfotycznych. Celem leczenia – oprócz przywrócenia objętości krwi – jest zatrzymanie krwawienia poprzez bezpośredni lub pośredni ucisk, zabieg chirurgiczny lub zabieg radiologii interwencyjnej. Koagulopatia ze zużycia, utrata krwi, rozcieńczenie wynikające z płynoterapii, kwasica z powodu hipoperfuzji i/lub hiperchloremii oraz hipotermia mają kluczowe znaczenie w patofizjologii śmiertelności związanej z urazem.

Podczas resuscytacji płynowej dzieci po ciężkim urazie należy rozważyć wczesne podanie produktów krwiopochodnych – strategia skupiająca się na poprawie krzepnięcia<sup>278-285</sup>. Prowadzenie resuscytacji płynowej opiera się na określonych wskaźnikach (średnie ciśnienie tętnicze, poziom mleczanów, hemoglobiny, ocena kliniczna, pH krwi, parametry układu krzepnięcia), tak aby uniknąć przeciążenia płynami, ale nadal zapewniać odpowiednią perfuzję tkankową<sup>286-288</sup>. Dane dotyczące dorosłych sugerują, że nadmierne agresywne resuscytacja płynowa pogarsza wyniki, i popierają bardziej restrykcyjne podejście, w tym stosowanie permissywnej hipotensji<sup>289-292</sup>. Jednak ciężkim urazom u dzieci często towarzyszy uszkodzenie mózgu, w którym restrykcyjna resuscytacja płynowa może być szkodliwa. Nawet u dzieci, u których nie stwierdza się ryzyka towarzyszącego urazu mózgu, należy utrzymywać minimalne średnie ciśnienie tętnicze krwi powyżej piątego centyla, aby uniknąć hipoperfuzji mózgu.

### Płynoterapia w oparzeniach

Oparzenia to szczególny rodzaj urazu, w którym utrata płynów jest związana z utratą skóry. Standardowe schematy płynoterapii w oparzeniach mają charakter „zapobiegawczy” i wykraczają poza zakres niniejszych wytycznych<sup>293</sup>. Co ważne, wczesne pojawienie się niewydolności krążenia u dziecka z oparzeniem powinno skłonić ratownika do poszukiwania przyczyn wstrząsu innych niż utrata płynu z powodu oparzenia.

### Dostęp naczyniowy

W przypadku wielu stanów nagłych u dzieci brak możliwości uzyskania niezawodnego dostępu naczyniowego będzie miał wpływ na wynik leczenia, chociaż dowody na poparcie tej tezy są niepewne. Co ważne, uzyskanie dostępu naczyniowego u dzieci często jest trudne, wiąże się z ryzykiem powtarzania prób lub niepowodzenia oraz wystąpienia powikłań (np. wynaczynienia). Wybór właściwej techniki będzie zależał od łatwości jej wykorzystania i skuteczności wykonania w odpowiednim czasie, ale również od dostępności i kosztów, szczególnie w systemach o mniejszych zasobach. Niezależnie od stosowanej techniki osoby ją wykonujące powinny być kompetentne w jej użyciu. W przypadku tego skróconego przeglądu systematycznego wzięto pod uwagę dwa ostatnie przeglądy systematyczne<sup>294,295</sup>, jedno wytyczne<sup>28</sup>, dwa badania randomizowane<sup>296,297</sup> i 19 badań klinicznych<sup>298-313</sup>.

Obwodowe dostępy dożylnie nadal są uważane za dostępy z wyboru, ponieważ są tanie, łatwe w użyciu i skuteczne, a także obciążone niskim ryzykiem powikłań. Niektórzy autorzy sugerują użycie urządzeń elektrooptycznych lub ultrasonografii w celu ułatwienia zabiegu, ale dowody na poparcie takiego postępowania są ograniczone, a skuteczność obu metod zależna od operatora. W przypadku konieczności uzyskania pilnego dostępu personel nie powinien tracić czasu na uzyskanie dostępu obwodowego i być świadomy, że wielokrotne próby mogą zwiększyć poziom stresu u dziecka. Brakuje jednoznacznych dowodów mogących wskazać najlepsze natychmiastowe postępowanie ratunkowe w przypadku niepowodzenia kaniulacji żyły obwodowej, ale jeżeli ratownik uważa, że szanse powodzenia uzyskania obwodowego dostępu dożylnego są minimalne, powinien zastosować takie procedury ratunkowe jeszcze wcześniej. W przypadku niemowląt i dzieci główną alternatywą ratunkową jest dostęp doszpikowy (io). Jego funkcjonalność jest prawie taka sama jak (centralnego) dostępu dożylnego, chociaż istnieją pewne wątpliwości co do podaży niektórych leków (np. adenozyne) i wiarygodności wyników pobranych próbek krwi. Ogólnie ujmując, oznaczenia grupy krwi (ABO), pH i sodu są uważane za wiarygodne, w mniejszym stopniu stężenie glukozy i wodorowęglanów. Dostęp doszpikowy może stanowić pomost do dostępu dożylnego do momentu, kiedy możliwe będzie uzyskanie obwodowego dostępu iv. Dostęp doszpikowy jest bolesny, zwłaszcza podczas wlewu płynów, dlatego każdemu dziecku należy zapewnić odpowiednią analgezję (np. lidokaina io, fentanyl donosowo lub ketamina), chyba że znajduje się w głębokiej śpiączce. Dostępne są urządzenia, które różnią się pod względem łatwości obsługi, skuteczności, kosztów i ryzyka powikłań. Ręczne igły doszpikowe znajdują zastosowanie przede wszystkim u bardzo małych dzieci lub w systemach o niskim poziomie zasobów. Dane z opisów przypadków sugerują, że u niemowląt można nawet użyć igły 18G (i opcjonalnie rękojeści do igły wielokrotnego użytku). Urządzenia do wkłucć doszpikowych

zasilane energią są szybkie i łatwe w użyciu. Są zdecydowanie droższe w porównaniu do igieł ręcznych i nadal niosą ze sobą ryzyko nieprawidłowego umiejscowienia igły (zbyt płytko lub zbyt głęboko) – dlatego tak ważny jest wybór igły o odpowiednim rozmiarze. Ogólnie ujmując, odsetek powikłań dostępu doszpikowego jest niski, ale personel powinien zwrócić uwagę na wyznaczenie groźące zespołem ciasnoty przedziałów powięziowych oraz możliwość zakażenia. Prawidłowe położenie igły można ocenić klinicznie lub potencjalnie za pomocą kolorowej ultrasonografii dopplerowskiej<sup>314,315</sup>.

Istnieje wiele różnych miejsc zakładania wkłucia doszpikowego. Każde z nich ma określone wskazania i/lub przeciwwskazania oraz wymaga określonej techniki (i przeszkolenia). Co ważne, uzyskany drogą doszpikową przepływ różni się w zależności od miejsca wkłucia, np. umiejscowienie w głowie kości ramiennej pozwala na osiągnięcie wyższych przepływów. Chociaż wkłucie do żyły centralnej zapewnia bezpieczny i wielofunkcyjny dostęp, jego uzyskanie jest na ogół bardziej czasochłonne, niesie ryzyko powikłań, jest bardziej zależne od operatora i mniej efektywne kosztowo. W systemach, w których są takie możliwości, uzyskanie centralnego dostępu dożylnego należy kontrolować za pomocą ultrasonografii, szczególnie w przypadku dostępu do żyły szyjnej wewnętrznej i pachowej<sup>316,317</sup>. W większości ośrodków odstąpiono od wykonywania wenesekcji.

### Pakiety zadań w leczeniu wstrząsu u dzieci

Zastosowanie pakietów zadań w leczeniu wstrząsu septycznego u dzieci ma kluczowe znaczenie w wytycznych ACCCM z 2014 r. i jest zalecane w nowszych wytycznych *Surviving Sepsis Campaign*<sup>24,48</sup>. Systematyczne badanie przesiewowe dzieci z ostrymi objawami chorobowymi przy użyciu „pakietu rozpoznawczego” może być dostosowane do rodzaju pacjentów, zasobów i procedur w każdej instytucji. Szczególnie pomocne mogą być kliniczne systemy wspomagające podejmowanie decyzji i narzędzia do rozpoznawania sepsy oparte na wpisach w elektronicznej dokumentacji medycznej, ale istnieją bardzo ograniczone dowody na potwierdzenie korzyści wynikających z ich użycia<sup>318,319</sup>. Sukces wielu interwencji stosowanych jednocześnie („pakietu”) niekoniecznie jest dowodem na to, że każda indywidualna interwencja jest niezbędna dla skuteczności pakietu<sup>320</sup>. Niektóre z nich mogą być nawet szkodliwe i/lub jedynie zwiększać koszty.

Podczas gdy wiele różnych badań obserwacyjnych wykazało pozytywny wpływ wdrożenia pakietu zadań na wyniki leczenia, efekt ten był znacznie mniej wyraźny w innych badaniach<sup>318,321-329</sup>. Przyczyny tych niezgodności nie zawsze są łatwe do zidentyfikowania, ale mogą być związane z błędem selekcji, różnicami we wdrażaniu takiej strategii lub odmiennymi w opiece nad grupami kontrolnymi. Co ważne, protokoły powinny być dostosowane do lokalnych warunków.

### Czas podaży antybiotyków w sepsie

Zidentyfikowano dwie wytyczne<sup>28,48</sup> i dziesięć badań obserwacyjnych na ten temat (Załącznik RR 8.2)<sup>321,330-338</sup>. Antybiotyki są niezbędnym elementem leczenia sepsy, a wczesne (w pierwszej godzinie) empiryczne podanie antybiotyków o szerokim spektrum jest zalecane w międzynarodowych wytycznych. Wybierając antybiotyki, należy wziąć pod uwagę lokalne dane dotyczące leko-

opomości, zdarzenia poprzedzające zachorowanie, współistniejące choroby i przypuszczalne źródło infekcji. O ile nie wykluczono zapalenia opon mózgowych, wybrany(e) antybiotyk(i) powinien(ny) być w stanie przekroczyć barierę krew-mózg. Wskazania do nakłucia lędźwiowego wykraczają poza zakres tego skróconego przeglądu systematycznego, ale w przypadku wstrząsu septycznego z reguły wystarczające jest pobranie posiewów krwi przed rozpoczęciem antybiotykoterapii. Wyniki leczenia mogą być gorsze, jeśli opóźnienie w podaniu antybiotyku przekracza trzy godziny od momentu rozpoznania sepsy.

### Leki wazoaktywne/inotropowe u dzieci krytycznie chorych lub po urazach

#### Leki wazoaktywne/inotropowe we wstrząsie dystrybucyjnym

Przegląd ILCOR z 2020 r. (PLS 1604) obejmował dwa badania randomizowane, ale nie znalazł wystarczających dowodów, aby sugerować zmianę zaleceń<sup>143,339,340</sup>. W obu badaniach porównywano adrenalinę i dopaminę u dzieci z sepsą i wstrząsem opornym na płynoterapię. Oba badania mają kilka ograniczeń, które utrudniają ich wykorzystanie do opracowywania wytycznych klinicznych. Ponadto przeprowadzono je w krajach o niskim lub średnim dochodzie, a odniesienie ich wyników do krajów o wyższych zasobach zostało zakwestionowane. Aby sformułować niniejsze zalecenia, wzięto pod uwagę dwie wytyczne<sup>28,48</sup>, dwa przeglądy systematyczne<sup>341,342</sup> i pięć badań obserwacyjnych<sup>343-347</sup>.

Nowe wytyczne *Surviving Sepsis Campaign* z 2020 roku zalecają jako leki wazoaktywne pierwszego rzutu noradrenalinę lub adrenalinę zamiast dopaminy (słabe zalecenia oparte na niskiej jakości dowodach), ale nie znaleziono wystarczających dowodów, aby zalecić stosowanie jednego konkretnego leku zamiast drugiego, sugerując wybór pomiędzy nimi w oparciu o fizjologię indywidualnego dziecka, preferencje klinicysty i systemowe uwarunkowania lokalne. Gdy dostępna jest echokardiografia lub inne zaawansowane metody monitorowania, wybór terapii wazoaktywnej może zależeć od indywidualnej patofizjologii pacjenta.

Nie ma wystarczających dowodów, aby określić kryteria włączenia leków wazoaktywnych u dzieci we wstrząsie septycznym. Mając na uwadze fakt, że nadmierna resuscytacja płynowa może prowadzić do zwiększonej śmiertelności krytycznie chorych dzieci, sugerujemy wczesne stosowanie leków wazoaktywnych u dzieci we wstrząsie, zwłaszcza gdy nie ma wyraźnej poprawy stanu klinicznego po wielokrotnych bolusach płynów (np. 40 ml/kg). Biorąc pod uwagę ich ogólny profil bezpieczeństwa, sugerujemy rozpoczęcie od noradrenaliny lub adrenaliny w zależności od lokalnych wytycznych oraz podaż za pomocą wlewu przez linię centralną lub obwodową. Użycie dopaminy należy brać pod uwagę tylko w miejscach, w których nie są dostępne adrenalina ani noradrenalina. W przypadku jakichkolwiek objawów dysfunkcji serca można dodać lek rozszerzający naczynia.

Podobnie jak w przypadku płynoterapii leczenie lekami wazoaktywnymi należy rozpoczynać i dostosowywać, uwzględniając wiele czynników (w tym średnie ciśnienie tętnicze, poziom mleczanów, objawy kliniczne). Wielokrotnie oceniaj stan dziecka, co najmniej po każdej zmianie leczenia. Leki wazoaktywne są zwykle podawane w postaci ciągłego wlewu. Bolusy leków wazoaktywnych powinny być podawane tylko w sytuacjach zatrzymania krążenia i zagrożenia zatrzymaniem krążenia, doświadczeni specjaliści mogą rozważyć małe bolusy leku zwężającego naczynia

w celu leczenia ostrego niedociśnienia w określonych warunkach (np. wywołanego lekami). W dowodach naukowych brakuje danych, aby formułować zalecenia dotyczące takiego postępowania (wybór lub dawka leku naczynioskurczowego).

#### Leki wazoaktywne/inotropowe we wstrząsie kardiogenym

W uaktualnieniu danych ILCOR 2020 (PLS 418) nie znaleziono wystarczających dowodów, aby zasugerować zmianę zaleceń<sup>143</sup>. Dodatkowo uwzględniono dwie wytyczne<sup>28,38</sup>. Leki wazoaktywne są tylko jedną z opcji leczenia wstrząsu kardiogenego. Sposób leczenia zależy od etiologii i zaleca się wczesne rozważenie mechanicznego wspomaganie krążenia.

Biorąc pod uwagę obecny brak bezpośrednich dowodów z badań u dzieci, nie możemy doradzać ani odradzać stosowania żadnego konkretnego leku wazoaktywnego. Decyzja, których leków wazoaktywnych użyć jako leków pierwszego lub drugiego rzutu, jest złożona i można spodziewać się występowania różnic pomiędzy grupami pacjentów zarówno pod względem etiologii, jak i odpowiedzi hemodynamicznej. Dlatego strategia leczenia powinna być dostosowana do indywidualnego pacjenta i do określonych celów. Dobra znajomość działania i efektów każdego z leków wazoaktywnych w zależności od dawki jest niezbędna i powinna kierować wyborem leczenia. W tym celu odwołujemy się również do dwóch istniejących wytycznych pediatrycznych, które jako naczynioskurczowy lek pierwszego rzutu zalecają noradrenalinę, a jako lek pierwszego rzutu rozszerzający naczynia – dobutaminę lub milrinon.

Niedawno przeprowadzone badanie kohortowe typu „przed/po” sugeruje silnie pozytywny wpływ podania adrenaliny w bolusie (1 µg/kg) na wynik leczenia dzieci z oddziało intensywnego nadzoru kardiologicznego, u których wystąpiła hipotensja. Postępowanie to było jednak częścią szerszej inicjatywy poprawiającej jakość leczenia i na wynik badania mogły mieć wpływ inne zmienne towarzyszące<sup>348</sup>.

#### Leki wazoaktywne/inotropowe we wstrząsie hipowolemicznym

Zidentyfikowano jeden przegląd systematyczny<sup>349</sup> i jeden przegląd narracyjny<sup>350</sup> na ten temat. Biorąc pod uwagę obecny brak bezpośrednich dowodów z badań u dzieci, nasze wskazania opierają się jedynie na dowodach pośrednich z badań u dorosłych i wnioskowaniu opartym na patofizjologii. Podczas gdy początkowa faza wstrząsu hipowolemicznego najczęściej charakteryzuje się wyraźnym wzrostem systemowego oporu naczyniowego, odpowiedź ta może zostać utracona po wystąpieniu dekomensacji lub podaniu leków sedujących. W takich okolicznościach można zastosować leki naczynioskurczowe, aby zapewnić odpowiednie ciśnienie perfuzji. Ponieważ mogą one zwiększać obciążenie następcze, rozpoczynając stosowanie tych leków należy również ocenić funkcję serca. Leki naczynioskurczowe pozwalają również ograniczyć podaż płynów i mogą zmniejszać reakcję zapalną. Chociaż u dzieci z izolowanym urazem penetrującym bez uszkodzenia mózgu można rozważyć „permisyjną hipotensję”, nie ma wystarczających dowodów, aby doradzać takie postępowanie w innych sytuacjach. Co ważne, w przypadku uszkodzenia mózgu spowodowanego urazem do osiągnięcia minimalnego ciśnienia perfuzji mózgowej konieczne jest wystarczająco wysokie średnie ciśnienie tętnicze (np. MAP >50. centyla).

### Kwas traneksamowy (*Tranexamic Acid – TxA*)

Ciężkie krwawienie u dzieci jest najczęściej spowodowane urazem i/lub pilnym zabiegiem chirurgicznym. Wskazania do planowego użycia kwasu traneksamowego w przypadku planowych zabiegów operacyjnych lub w zdarzeniach niezagrażających życiu wykracza poza zakres tego opracowania. Zidentyfikowano jedno wytyczne<sup>351</sup>, jedno badanie randomizowane<sup>352</sup> i sześć badań obserwacyjnych<sup>353-357</sup> odnoszących się do sytuacji krytycznego krwawienia.

#### Kwas traneksamowy w krwawieniu spowodowanym urazem

Dowody dotyczące dorosłych zdecydowanie sugerują, że TxA zmniejsza śmiertelność u pacjentów po urazach z krwawieniem, bez zwiększania ryzyka wystąpienia działań niepożądanych<sup>358</sup>. TxA należy podawać jak najwcześniej w czasie trzech godzin od urazu, ponieważ późniejsze leczenie jest nieskuteczne, a może nawet szkodliwe. Ograniczone dowody z badań u dzieci wydają się sugerować podobne wyniki. Ogólnie stosowanie TxA wydaje się być finansowo opłacalne i bezpieczne. Kwas traneksamowy jest stosowany u dzieci od dawna i nawet przy dużo wyższych dawkach nie obserwuje się występowania poważnych działań niepożądanych. Istnieją obawy związane z występowaniem drgawek po podaniu leku, ale wydają się one występować rzadko w przypadku dawek stosowanych w urazach. Nie są dostępne żadne szczegółowe badania, które miałyby na celu ustalenie dawki, ale schemat dawkowania zaproponowany w literaturze wydaje się rozsądny.

W przypadku szczególnej grupy pacjentów z izolowanym urazem mózgu dane pediatryczne są jeszcze bardziej ograniczone. Jednak biorąc pod uwagę wyniki badania CRASH-3 i powyższe rozważania, u dzieci z izolowanym umiarkowanym urazem mózgu (GCS 9–13) bez nieprawidłowości w badaniu źrenic należy rozważyć podanie TxA<sup>359</sup>. Wyniki CRASH-3 są niejednoznaczne dla pacjentów w śpiączce, ale może to wynikać z faktu, że ich rokowanie było złe od początku. Do CRASH-3 włączono tylko osoby dorosłe bez poważnych krwawień zewnątrzczaszkowych. W przypadkach, w których nie można wykluczyć istotnego krwotoku zewnątrzczaszkowego, Grupa Robocza ds. PLS sugeruje postępowanie jak wyżej i mimo wszystko podanie TxA.

#### TxA w krwawieniu neurazowym

Istnieją doniesienia o poprawie wyników leczenia u dzieci z krwawieniem płucnym po dożylnym lub wziewnym zastosowaniu TxA. Biorąc pod uwagę to, że powierzchnie błony śluzowej są bogate w enzymy fibrynolityczne, stosowanie TxA w przypadku krwawień w takich obszarach może być równie skuteczne jak w przypadku urazów. Obecnie nie są dostępne żadne badania pediatryczne, które to potwierdzają. Biorąc pod uwagę profil bezpieczeństwa i potencjalną skuteczność, sugerujemy stosowanie TxA w przypadku neurazowego, zagrażającego życiu krwawienia u dzieci.

### Stosowanie kortykosteroidów we wstrząsie

Nasz skrócony przegląd oparty na uaktualnieniu dowodów naukowych ILCOR 2020 (EvUp PLS 413) obejmował dwie wytyczne<sup>28, 48</sup>, jeden przegląd systematyczny<sup>360</sup>, jedno badanie randomizowane<sup>361</sup> i pięć badań obserwacyjnych<sup>362-366</sup>. Wszystkie badania obejmowały małą grupę pacjentów i obciążone były dużym ryzykiem błędów selekcji. Badane populacje, czas podania, rodzaj i dawki steroidów różniły się w zależności od populacji. Nie udało nam

się znaleźć wystarczających dowodów, aby zmienić zalecenie ILCOR z 2010: *kortykosteroidy w dawce stresowej można rozważyć u dzieci ze wstrząsem septycznym, które nie reagują na płyny i wymagają (umiarkowanych do dużych dawek) leków wazoaktywnych, niezależnie od jakichkolwiek parametrów biochemicznych lub innych*. Hydrokortyzon w dawce stresowej jest zawsze wskazany dla pacjentów z określonych grup ryzyka, takich jak chorzy z zaburzeniami osi podwzgórze-przysadka-nadnercza. Wstępne badania sugerują ponadto, że mogą istnieć inne szczególne podgrupy, które odniosłyby korzyść lub doświadczyłyby szkody po podaniu steroidów. Jednak tych podgrup nie można jeszcze zidentyfikować w sposób przydatny w codziennej praktyce.

## Stan astmatyczny u dzieci

Astma nadal jest istotną przyczyną chorobowości, a nawet śmiertelność u dzieci na całym świecie. W przypadku stanu astmatycznego konieczne jest szybkie, agresywne leczenie oparte na protokołach. Nasze rozważania dotyczą tylko ratunkowego postępowania w „pierwszej godzinie”.

Zidentyfikowaliśmy jedno wytyczne ([ginasthma.org](http://ginasthma.org)) osiem przeglądów systematycznych<sup>224,367-373</sup>, trzy przeglądy narracyjne<sup>374-376</sup>, dziewięć badań randomizowanych<sup>213,226,377-383</sup> i pięć badań obserwacyjnych<sup>384-388</sup> opublikowanych w ciągu ostatnich pięciu lat. Starsze badania były brane pod uwagę, jeśli zawierały istotne informacje<sup>389-394</sup>. Aktualizacja wyszukiwania z czerwca 2020 roku ujawniła dodatkowo jedno wytyczne<sup>395</sup>, trzy przeglądy systematyczne<sup>396-398</sup>, jeden przegląd narracyjny<sup>399</sup>, jedno badanie randomizowane<sup>400</sup> i cztery badania obserwacyjne<sup>401-404</sup>. Wytyczne opublikowane przez *Global Initiative for Asthma* ([ginasthma.org](http://ginasthma.org)) i francuskiego towarzystwa dziecięcej medycyny ratunkowej zostały ocenione przez nas jako charakteryzujące się wysoką jakością danych (AGREE II) i na nich w dużej mierze oparliśmy zalecenia<sup>395</sup>.

Rozpoznanie ciężkiego ataku astmy opiera się przede wszystkim na objawach klinicznych, krótkim zebraniu wywiadu i pomiarze saturacji krwi tlenem. Hipoksemia jest objawem zdekompenzowanej niewydolności oddechowej. Może wywoływać pobudzenie lub osłabić odczuwanie duszności. Diagnostyka różnicowa obejmuje zapalenie płuc, odmę opłucnową, niewydolność serca, niedrożność krtani, zatorowość płucną, aspirację ciała obcego i anafilaksję.

Mimo że krótko działające beta-2 mimetyki (*Short Acting Beta-2 Agonists* – SABA) stanowią leczenie pierwszego rzutu, to faktyczne dowody na ich działanie w ciężkich zaostrzeniach astmy są ograniczone. SABA wziewne w dużych dawkach są stosunkowo bezpieczne, chociaż powodują pewne działania niepożądane (krążeniowe, zaburzenia elektrolitowe, nadmiar mleczanów, spadek ciśnienia). Mogą również powodować przemijającą hipoksemię, pogłębiając zaburzenie stosunku wentylacji do perfuzji. Wydaje się, że użycie krótko działających leków antycholinergicznych, szczególnie bromku ipratropium, przynosi dodatkowe korzyści, chociaż dowody są sprzeczne. W ciągu pierwszej godziny wskazane jest podanie steroidów systemowych. Steroidy doustne są równie skuteczne jak dożylnie. Po podaniu tej grupy leków potrzeba co najmniej czterech godzin, aby uzyskać poprawę kliniczną. Nie ma wystarczających dowodów wskazujących na przewagę któregoś z preparatów nad innymi. Nie ma również jasnych dowodów wskazujących na podaż wziewną steroidów w wysokich dawkach w ciężkim zaostrzeniu astmy, ale wy-

daje się, że takie postępowanie także przynosi korzyści. Dodatkową korzyść może przynieść dożylnie podanie siarczanu magnezu, wiąże się ono z niewielkimi działaniami niepożądanymi. U dzieci zastosować można również izotoniczny siarczan magnezu w nebulizacji. Nie ma dowodów ani na dodatkowe korzyści z dożylnego podania SABA, ani na konkretny schemat dawkowania leków. Dożylna podaż SABA niesie ze sobą nieodłączne ryzyko zaburzeń elektrolitowych, wzrostu stężenia mleczanów i, co najważniejsze, niewydolności krążeniowej. Istnieją ograniczone i sprzeczne dowody dotyczące wielu innych sposobów leczenia (ketamina iv, aminofilina, hel, izofluran, antagoniści receptora leukotriennowego, wziewny kortykosteroid z długodziałającym beta-mimetykiem [*Inhaled Corticosteroid and a Long-Acting Beta-Agonist* – ICS-LABA], makrolidy, przeciwciała monoklonalne) i każdy z nich powinien być stosowany wyłącznie przez personel kompetentny w ich użyciu. Antybiotyki nie są zalecane, chyba że udowodniono infekcję bakteryjną. NIV lub HFNC można rozważyć u dzieci ze stanem astmatycznym przebiegającym z hipoksją mimo standardowej tlenoterapii i/lub nie reagujących na wstępne leczenie. Dostępne dane dotyczące NIV lub HFNC są sprzeczne, a ich użycie (szczególnie u dzieci z zaostrzeniami astmy, które nie spełniają kryteriów niewydolności oddechowej) może wiązać się ze zwiększonym wykorzystaniem zasobów przy jednoczesnym braku dowodów na poprawę wyników leczenia. Ich stosowanie nigdy nie powinno opóźnić decyzji o intubacji, gdy jest ona wskazana. Wskazaniem do intubacji są silne wyczerpanie, pogarszający się stan przytomności, niewystarczająca objętość oddechowca, nasilająca się hipoksemia i/lub hiperkapnia oraz zatrzymanie krążenia. Wentylacja mechaniczna dziecka w stanie astmatycznym jest niezwykle trudna. Ze względu na duże opory w drogach oddechowych istnieje ryzyko rozdęcia żołądka, odmy opłucnowej i dynamicznej hiperinflacji skutkującej zmniejszonym powrotem żylnym. To z kolei może prowadzić do zatrzymania krążenia.

## Anafilaksja

Odnosnie do anafilaksji odsyłamy również do rozdziału *Wytycznych ERC 2020* dotyczących sytuacji szczególnych<sup>405</sup>. Nasz skrócony przegląd zidentyfikował 11 wytycznych<sup>406-416</sup>, 4 przeglądy systematyczne<sup>417-420</sup>, 5 przeglądów narracyjnych<sup>421-425</sup>, a także 21 badań obserwacyjnych<sup>426-446</sup>.

Anafilaksja zagraża życiu i wymaga natychmiastowego leczenia. Częstość występowania anafilaksji u dzieci jest różna i na całym świecie wynosi od 1 do 761/100 000 osobolat. Co trzeci pacjent miał już wcześniej epizod anafilaksji. U dzieci najczęstszym źródłem anafilaksji są pokarmy (2/3 przypadków), następnie jad owadów i leki (antybiotyki, NLPZ). Anafilaksja pokarmowa może powodować zatrzymanie oddechu w ciągu 30–35 minut od spożycia alergenu, ukąszenia owadów mogą bardzo wcześnie wywoływać wstrząs (10–15 minut), a anafilaksja spowodowana lekami zwykle występuje w ciągu kilku minut. Nie opisano żadnego „ostrego” zgonu, który miałby miejsce później niż sześć godzin po kontakcie z czynnikiem wyzwalamym. Reakcje dwufazowe występują nawet w 15% przypadków, najczęściej wtedy, gdy wymagana była więcej niż jedna dawka adrenaliny lub opóźnienie pomiędzy wystąpieniem objawów anafilaksji a podaniem epinefryny przekraczało 60 minut. Wczesne rozpoznanie anafilaksji jest kluczowe i zależy od niego dalsze leczenie; w tym celu odwołujemy się do kryteriów rozpoznania opublikowanych w 2019 roku

przez Światową Organizację Alergologiczną (*World Allergy Organization – WAO*)<sup>415</sup>. Odnosnie do zalecanego leczenia ratunkowego zasadniczo odwołujemy się do istniejących wytycznych odpowiednich towarzystw. Nie znaleźliśmy żadnych dodatkowych dowodów, a formułując nasze rekomendacje mieliśmy również na uwadze kwestie związane z ich wdrożeniem i edukacją.

Oprócz adrenaliny im proponuje się kilka (dodatkowych) opcji leczenia (w oparciu o ograniczone dowody): wziewne beta-mimetyki i/lub adrenalina w przypadku skurczu oskrzeli; glukagon iv u dzieci otrzymujących beta-blokery; leki przeciwhistaminowe H1 i/lub H2 iv lub doustnie w celu złagodzenia objawów subiektywnych (zwłaszcza skórnych). Kortykosteroidy mogą mieć pozytywny wpływ na późne objawy oddechowe, ale nie istnieją poza tym dowody na ich pozytywny wpływ na reakcje dwufazowe lub inne punkty końcowe. Kortykosteroidy nie są pozbawione działań niepożądanych, zatem ich użycie należy brać pod uwagę tylko u dzieci, które wymagają przedłużonej obserwacji. W przypadku zidentyfikowanego czynnika wyzwalającego i w określonych okolicznościach można rozważyć leczenie celowane (np. błękit metylenowy).

### Ciężkie zatrucia

Pilne konsultacje pediatryczne z powodu zatrucia są częste, chociaż częstość występowania zatruc znacznie różni się pomiędzy regionami<sup>447</sup>. W przeglądzie Cochrane nie udało się znaleźć wystarczających dowodów, aby zalecić lub odrzucić konkretne postępowanie ratunkowe w przypadku zatrucia drogą doustną<sup>448</sup>. Istnieją duże różnice w stosowanych technikach dekontaminacji w zależności od regionu geograficznego<sup>449</sup>.

Ważna jest wczesna konsultacja specjalistyczna. Więcej informacji można znaleźć w rozdziale dotyczącym sytuacji szczególnych *Wytycznych ERC 2020*<sup>405</sup>. W załączniku przedstawiamy niektóre z ważniejszych artykułów na ten temat u dzieci.

### Wstrząs obturacyjny

Wstrząs obturacyjny jest tematem omówionym w rozdziale dotyczącym sytuacji szczególnych *Wytycznych ERC 2020*<sup>405</sup>. Odnosimy się również do przeglądu RR 34 dotyczącego zatrzymania krążenia spowodowanego urazem i RR 33.1 na temat „4H4T”. Nie ma jednoznacznych dowodów na jakiegokolwiek zalecenia dotyczące odbarczenia odmy prężnej u małych dzieci. Większość danych pochodzi z badań u dorosłych. Szczególnie u małych dzieci ryzyko jatrogennego uszkodzenia życiowo ważnych struktur w przypadku odbarczenia igłą jest wysokie. Ściana klatki piersiowej w czwartej przestrzeni międzyżebrowej (*Intercostal Space – ICS*) w linii pachowej przedniej ma mniejszą grubość. Nakłucie pod nieprawidłowym kątem w drugiej ICS obarczone jest większym ryzykiem uszkodzenia struktur wewnątrz klatki piersiowej<sup>450-452</sup>. Zgodnie z wytycznymi dla dorosłych jako miejsce pierwszego wyboru do nakłucia preferujemy czwartą (lub piątą) ICS nieco do przodu od linii pachowej środkowej, ale druga ICS w linii środkowo-obojęczykowej nadal jest akceptowalną alternatywą<sup>452a</sup>. Nie ma wystarczających dowodów, aby rekomendować natychmiastową torakostomię zamiast igłowej torakocentezy jako interwencję pierwszego rzutu u dzieci z zatrzymaniem krążenia w powodu urazu, z odmą prężną i masywnym krwiakiem opłucnowym. Igłowa torakocenteza wydaje się łatwiejsza do nauczenia i szybsza do wykonania, ale może być mniej skuteczna<sup>450</sup>. Systemy ochrony zdro-

wia, w których nie stosuje się natychmiastowej torakostomii, powinny jednak traktować ją przynajmniej jako opcję ratunkową. Jeśli ultrasonografia jest natychmiast dostępna, należy ją zastosować przed nakłuciem w celu potwierdzenia odmy opłucnowej, pomiaru grubości ściany klatki piersiowej i wykluczenia obecności leżących głębiej życiowo ważnych narządów (np. serca). Można dzięki temu zminimalizować głębokość wkłucia igły i zmniejszyć ryzyko uszkodzenia życiowo ważnych struktur.

Zator tętnicy płucnej może występować częściej, niż to wcześniej opisywano, w przypadku nagłego zatrzymania krążenia u nastolatków<sup>453</sup>. W przypadku pacjentów z zatorowością płucną wczesne rozpoznanie, wysokiej jakości RKO i leczenie trombolityczne związane były z większą przeżywalnością<sup>454</sup>. Nie ma dowodów dotyczących dawek i czasu leczenia trombolitycznego u dzieci. Przepiętnikowe leczenie submasywnej i masywnej zatorowości płucnej u dzieci wydaje się skuteczne i bezpieczne, jeżeli zostanie przeprowadzone w odpowiednim czasie<sup>455,456</sup>.

Nie ma badań porównawczych dotyczących leczenia tamponady serca. Słabe dowody wskazują, że przeżycie było lepsze, jeśli tamponada była wykryta wcześniej i była szybko leczona, co podkreśla znaczenie echokardiografii<sup>457</sup>. Perikardiocenteza (najlepiej pod kontrolą USG) powinna być rozważana tylko wtedy, gdy nie jest możliwe natychmiastowe wykonanie torakotomii lub (re)-sternotomii (konsensus ekspertów).

### Atropina lub stymulacja w przypadku bradykardii niestabilnej hemodynamicznie

Dołączono dwa przeglądy narracyjne<sup>458,459</sup> i jedno badanie obserwacyjne<sup>460</sup>, ale nie znaleziono żadnych nowych dowodów na poparcie zmian w zaleceniach ILCOR 2010. Jeśli bradykardia jest wynikiem zdekompensowanej niewydolności oddechowej lub krążeniowej, należy leczyć niewydolność, a nie samą bradykardię. Atropina podana w przypadku bradykardii w przebiegu hipoksji w najlepszym wypadku może być nieskuteczna, ale może być również szkodliwa, ponieważ chwilowe przyspieszenie akcji serca może zwiększać zapotrzebowanie na tlen. Co więcej, zmniejszenie napięcia układu przywspółczulnego może pogłębić stany patologiczne, które pierwotnie zależne są od katecholamin (np. Takotsubo). Atropina może być nadal wskazana w bradykardii spowodowanej zwiększonym napięciem nerwu błędnego.

W przeszłości zalecano stosowanie minimalnej dawki atropiny w wysokości 100 µg, aby uniknąć paradoksalnego zwolnienia częstości pracy serca, które miało występować przy niższych dawkach. Niedawne badanie obserwacyjne u niemowląt nie potwierdziło tego zjawiska, nawet w przypadku dawek tak małych jak 5 µg/kg. Znaczący wzrost częstości pracy serca zaobserwowano w ciągu pięciu minut od podania małej dawki, tachykardia wystąpiła u połowy wszystkich dzieci i trwała kilka minut. Ponadto w kilku publikacjach dotyczących noworodków zwrócono uwagę na możliwość przedawkowania atropiny u dzieci o masie ciała poniżej 5 kg, jeśli stosowana będzie dawka minimalna 100 µg.

Odnosnie do ratunkowej stymulacji grupa ILCOR do spraw pediatrii nie była w stanie zidentyfikować żadnych dowodów i dlatego nadal zaleca, jak w 2010 roku: „W wybranych przypadkach bradykardii spowodowanej całkowitym blokiem serca lub nieprawidłową czynnością węzła zatokowego ratunkowa stymulacja przezklatkowa może uratować życie. Stymulacja nie jest pomocna u dzieci z bradykardią wtórną do uszkodzenia mięśnia sercowego

spowodowanego niedotlenieniem/niedokrwieniem po zatrzymaniu krążenia lub której przyczyną jest niewydolność oddechowa. Nie wykazano również skuteczności stymulacji w leczeniu asystolii u dzieci<sup>143</sup>.

### Tachykardia niestabilna hemodynamicznie

W uaktualnieniu dowodów ILCOR 2020 (EvUp PLS 379 i 409) nie znaleziono wystarczających danych, aby zasugerować zmianę dotychczasowych zaleceń<sup>143</sup>. Grupa ILCOR do spraw PLS szczególnie zwróciła uwagę na znaczenie konsultacji specjalistycznej przed zastosowaniem prokainamidu lub amiodaronu w leczeniu częstoskurczu nadkomorowego (*Supraventricular Tachycardia* – SVT). Szczegółowe informacje na temat rodzajów arytmii, rozpoznania i możliwości leczenia można znaleźć w wytycznych Europejskiego Towarzystwa Kardiologicznego (*European Society of Cardiology* – ESC)<sup>461,462</sup>. Zidentyfikowano dodatkowo trzy przeglądy narracyjne<sup>463-466</sup>, dwa badania randomizowane<sup>467,468</sup> i dziewięć badań obserwacyjnych<sup>469-477</sup>. Dla dzieci z częstoskurczami proponuje się różne opcje leczenia w zależności od tego, czy są hemodynamicznie stabilne, czy nie (zdekompensowane) i/lub czy częstoskurcz jest z wąskimi, czy szerokimi zespołami QRS.

Dożylne podanie adenozyyny jest postępowaniem z wyboru w przypadku częstoskurczu z wąskimi zespołami QRS u dzieci, które nie prezentują objawów „dekompensacji”. Ogólnie zaleca się początkową dawkę 0,1 mg/kg u dzieci i 0,15 mg/kg u niemowląt. Ratownicy powinni rozważyć wyższą dawkę początkową (0,2 mg/kg) szczególnie u młodszych dzieci<sup>464,472</sup>. Młodszy wiek wiąże się ze zmniejszoną odpowiedzią na pierwszą dawkę adenozyyny i zwiększonym prawdopodobieństwem wystąpienia SVT opornego na adenozynę<sup>476</sup>. Zastosowanie kraników trójdrożnych u małych dzieci może również prowadzić do podaży dawek subterapeutycznych<sup>478</sup>. Nie ma wystarczających dowodów przemawiających za lub przeciw stosowaniu dostępu do szpikowego do podaży adenozyyny, ale preferowana jest droga dożylna. W przypadku objawów dekompensacji krążenia preferowaną opcją leczenia jest pilna kardiowersja elektryczna i systemy ochrony zdrowia powinny posiadać gotowe schematy dla tej procedury, włączając w to zastosowanie analgesodacji (np. ketamina iv/io lub donosowo, midazolam lub fentanyl) u dzieci, które są jeszcze przytomne.

Alternatywne leki obejmują blokery kanału wapniowego, beta-blokery, flekainid, digoksynę lub amiodaron, deksmedetomidynę i ibutyliid. Każdy z tych leków ma określone działania niepożądane i przeciwwskazania i powinien być stosowany przez kompetentny personel po konsultacji ze specjalistą. U młodszych dzieci werapamil może wywołać ciężki spadek ciśnienia tętniczego.

### Hipokaliemia

Leczenie hipokaliemii zostało omówione w rozdziale poświęconym postępowaniu w sytuacjach szczególnych<sup>405</sup>. Dodatkowo do przeprowadzonego przez nas skróconego przeglądu włączyliśmy jeden przegląd narracyjny<sup>479</sup>, jedno badanie randomizowane<sup>480</sup> i dwa badania obserwacyjne. Nie znaleźliśmy nowych badań dotyczących leczenia hipokaliemii w zatrzymaniu krążenia u dzieci. Badania nad leczeniem hipokaliemii w warunkach oddziały intensywniej terapii ograniczone są do pacjentów kardiolo-

gicznych i różnią się istotnie pod względem prognozy leczenia i dawkowania. Potas podawany dojelitowo wydaje się równie skuteczny, co podawany dożylnie. Rzadko w wyniku leczenia obserwuje się hiperkaliemię. Jednoczesne uzupełnianie zapasów magnezu ułatwia szybszą korektę hipokaliemii i jest zdecydowanie zalecane w przypadkach ciężkiej hipokaliemii.

### Hiperkaliemia

Odnośnie do leczenia hiperkaliemii ponownie odwołujemy się do rozdziału poświęconego sytuacjom szczególnym<sup>405</sup>. W naszych poszukiwaniach zidentyfikowaliśmy jeden przegląd systematyczny<sup>483</sup>, jeden przegląd narracyjny<sup>484</sup> i cztery badania obserwacyjne<sup>485-488</sup>. Chociaż istniejące dowody są ograniczone, szczególnie dotyczące dzieci z zatrzymaniem krążenia, to ważne jest, aby stworzyć przejrzysty algorytm leczenia zapewniający spójne i skuteczne postępowanie oraz uniknąć błędów w dawkowaniu lub niezamierzonych działań niepożądanych.

U dzieci hiperkaliemia może występować w przebiegu specyficznych schorzeń. Taką możliwość należy rozważyć wcześniej, ponieważ może to skłonić klinicystę do rozpoznania hiperkaliemii i wpłynąć na stosowane leczenie. O ile jest to możliwe, równocześnie z pilnym leczeniem farmakologicznym hiperkaliemii należy zidentyfikować i leczyć wszystkie możliwe stany przyczyniające się do zwiększenia stężenia potasu. Na pilne leczenie hiperkaliemii składają się:

1. Stabilizacja błon komórkowych za pomocą soli wapnia. Hipertoniczna sól może również zapewniać stabilizację błon, ale nie ma dowodów na jej stosowanie u dzieci, a ryzyko działań niepożądanych jest większe. Wodorowęglan sodu, jeśli jest wskazany, działa podobnie.
2. Redystrybucja potasu. Szybko działająca insulina we wlewie z glukozą – w celu uniknięcia hipoglikemii – jest zwykle skuteczna po 15 minutach i utrzymuje swoje działanie przez 4–6 godzin. Konieczne może być powtarzanie dawek. W piśmiennictwie opisywane są różne schematy dawkowania, ale nie ma wystarczająco silnych dowodów, które wskazywałyby jednoznacznie na którykolwiek z nich. W badaniach obserwacyjnych u dorosłych i noworodków opisano skuteczność wziewnych beta-mimetyków, ale badania nie obejmowały dzieci. Proponowana dawka jest znacznie wyższa (4–8 razy) niż ta stosowana do rozszerzenia oskrzeli. Maksymalne działanie beta-mimetyków w nebulizacji osiąga się dopiero po 90 minutach. Znacznie szybciej (w ciągu 30 minut) beta-mimetyki osiągną szczyt działania, jeśli zostaną podane dożylnie (jako pojedynczy bolus), ale ze względu na ich istotne i niebezpieczne potencjalne działania niepożądane sugerujemy ich stosowanie tylko w opornej hiperkaliemii i (zagrożającym) zatrzymaniu krążenia. Adrenalina jest także beta-mimetykiem. Na koniec, pomimo istniejących kontrowersji, w doraźnym leczeniu dzieci z hiperkaliemią i kwasicią metaboliczną (pH <7,2) i/lub w przypadku zatrzymania krążenia sugerujemy użycie wodorowęglanu sodu. Należy podawać powtarzane dawki 1 mEq/kg, aby skorygować pH i jednocześnie przesunąć potas do wnętrza komórek. Działanie wodorowęglanu sodu jest wolne (godziny), a sól może dodatkowo stabilizować błonę komórkową.
3. Usuwanie potasu. Działania prowadzące do redystrybucji potasu należy kontynuować do momentu, gdy można rozpocząć leczenie mające na celu usuwanie potasu. Dializa jest najbar-

dziej skuteczną metodą leczenia, ale może nie być łatwo dostępna. Należy uważać na efekt odbicia po dializie. Wydalanie potasu z moczem zwiększa furosemid i jest wskazany przede wszystkim u dzieci dobrze nawodnionych z zachowaną czynnością nerek. Jego działanie jest znacznie mniej wyraźne, gdy współwystępuje zaburzenie czynności nerek. Środki wiążące potas, takie jak polistyrenosulfonian sodu (SPS w sorbitolu), nie były oceniane w badaniach prospektywnych u dzieci. U dorosłych istnieją obawy dotyczące bezpieczeństwa stosowania SPS. Nowsze leki mogą być bezpieczniejsze i skuteczniejsze, ale ich użycie nie jest przebadane u dzieci.

## Hipoglikemia

Zidentyfikowano jedno wytyczne<sup>489</sup>, dwa przeglądy systematyczne<sup>490,491</sup>, jeden przegląd narracyjny<sup>492</sup> oraz cztery badania obserwacyjne<sup>493-496</sup>. Grupa ILCOR do spraw Pierwszej Pomocy specjalnie przeprowadziła COSTR na temat sposobów podawania glukozy w hipoglikemii<sup>497</sup>.

Próg, przy którym hipoglikemia staje się szkodliwa, jest niepewny i może zależeć od wieku pacjenta, przyczyny hipoglikemii i szybkości jej narastania. Standardowe wartości progowe zostały określone w literaturze na poziomie 50–70 mg/dl (2,8–3,9 mmol/l). Podczas gdy wartość 70 mg/dl powinna stanowić wartość ostrzegawczą (biorąc pod uwagę objawy i ryzyko dalszego spadku), wartość 50 mg/dl, zwłaszcza w połączeniu z objawami neuroglikopenicznymi, jest bezwzględny wskazaniem do szybkiego leczenia. Podczas opracowywania protokołów postępowania systemu ochrony zdrowia powinny ocenić skuteczność działania testów przyłóżkowych.

Biorąc pod uwagę patofizjologię hipoglikemii, dotychczasowe wytyczne i dodatkowe dowody o bardzo niskiej jakości w przypadku ciężkiej hipoglikemii u dzieci sugerujemy podanie dożylnego bolusa glukozy. Podczas gdy protokoły dla dorosłych wykorzystują 50% glukozę, w przypadku dzieci zalecamy stosowanie mniej stężonych roztworów ze względu na działanie drażniące i ryzyko błędów w dawkowaniu. W sytuacjach, gdy dożylna podaż glukozy nie jest możliwa, w doraźnym, tymczasowym leczeniu można zastosować glukagon domięśniowo, podskórnie lub donosowo. Należy rozpocząć wlew podtrzymujący glukozy, aby odwrócić katabolizm i utrzymać odpowiednią glikemię.

Mniej nasiloną hipoglikemię można leczyć standardowym podawaniem glukozy, bez bolusa glukozy lub glukagonu. Można to osiągnąć poprzez wlew podtrzymujący lub doustną podaż glukozy, a następnie podaż dodatkowych węglowodanów, aby zapobiec nawrotom.

Zarówno w przypadku ciężkiej, jak i mniej nasilonej hipoglikemii w miarę możliwości należy usunąć przyczynę. Może to obejmować usunięcie czynnika wyzwalającego lub podanie dodatkowych leków (np. kortykosteroidów). Ciężka hipoglikemia może bezpośrednio lub pośrednio prowadzić do zatrzymania krążenia. Chociaż odwrócenie hipoglikemii niekoniecznie może poprawiać długoterminowy wynik leczenia dzieci z zatrzymaniem krążenia, brak takiego leczenia spowoduje uszkodzenie mózgu i prawdopodobnie uniemożliwi ROSC. Dlatego logiczne wydaje się uwzględnienie hipoglikemii jako jednego z 4H, jej aktywne poszukiwanie, szczególnie u dzieci z grup ryzyka (pacjenci z zaburzeniami metabolicznymi, septyczni, z zatruciem) i leczenie w przypadku jej stwierdzenia.

## Hipertermia

Zidentyfikowano dwie wytyczne (MHAUS.org 2019)<sup>498</sup>, trzy przeglądy narracyjne<sup>499-501</sup> i dwa badania obserwacyjne<sup>502,503</sup>. Grupa Robocza ILCOR ds. Pierwszej Pomocy specjalnie przeprowadziła COSTR w zakresie technik chłodzenia w pierwszej pomocy u udarach cieplnych i hipertermii wysiłkowej<sup>497</sup>. Gorączka, hipertermia, hipertermia złośliwa, wyczerpanie cieplne i udar cieplny to odrębne pojęcia z określonymi definicjami. Gorączka jest na ogół korzystnym fizjologicznym mechanizmem zwalczania infekcji i nie wiąże się z długotrwałymi powikłaniami neurologicznymi. Zarówno choroby związane z upałem, jak i złośliwa hipertermia wymagają specjalnego postępowania (<https://www.mhaus.org/healthcare-professionals/mhaus-recommendations/>).

W przypadku ciężkiej choroby związanej z hipertermią szybkie rozpoznanie, ocena, chłodzenie i planowanie leczenia z wyprzedzeniem mają kluczowe znaczenie dla zminimalizowania ryzyka zachorowalności i śmiertelności. Objawy występujące w różnych chorobach związanych z hipertermią są podobne. Chociaż ich rozpoznanie nie jest łatwe, dzieci z podwyższoną temperaturą ciała i zaburzeniami ośrodkowego układu nerwowego powinny być traktowane jak z udarem cieplnym, który może być stanem zagrażającym życiu.

## Stan padaczkowy

Przedstawiamy tylko postępowanie w stanach nagłych w pierwszej godzinie, z wyłączeniem dalszego leczenia opornego stanu padaczkowego oraz badań dotyczących określonej etiologii padaczki. Włączono 3 wytyczne<sup>504-506</sup>, 13 przeglądów systematycznych<sup>507-519</sup>, 6 przeglądów narracyjnych<sup>520-525</sup>, 15 badań randomizowanych<sup>526-542</sup> i 13 badań klinicznych innych niż randomizowane<sup>543-556</sup>.

Częstość występowania stanu padaczkowego u dzieci wynosi około 20 na 100 000 dzieci rocznie, z ogólną śmiertelnością wynoszącą 3%. Rokowanie zależy od wieku pacjenta, czasu trwania drgawek i ich przyczyny. Pomimo coraz większej liczby dowodów na to, że wczesne leczenie stanu padaczkowego jest skuteczniejsze i bezpieczniejsze, często dochodzi do opóźnienia zarówno leczenia wstępnego, jak i późniejszego. Opóźnienie leczenia prowadzi do zmniejszenia odpowiedzi na nie, dłuższego czasu trwania drgawek, zwiększonej potrzeby stosowania leków w infuzji ciągłej, potencjalnego uszkodzenia mózgu i zwiększonej śmiertelności wewnątrzszpitalnej.

Aktualna definicja robocza stanu padaczkowego obejmuje napad drgawek, który nie ustąpił samoistnie w ciągu pięciu minut, ponieważ prawdopodobieństwo samoistnego ustąpienia po tym czasie jest niskie. Agresywne i przeprowadzone w odpowiednim czasie leczenie stanu padaczkowego wymaga wdrożenia szczegółowych protokołów postępowania. Strategie wdrożeniowe powinny koncentrować się zarówno na szkoleniu całego personelu zaangażowanego w leczenie pacjenta, jak i na regularnych audytach skuteczności i przestrzegania protokołów.

Przedziały czasowe w algorytmie reprezentują maksymalny czas do wdrożenia odpowiedniego postępowania, ale w zależności od przyczyny i ciężkości stanu konkretny pacjent może szybciej przejść przez fazy lub nawet pominąć drugą fazę i bezpośrednio przejść do trzeciej fazy. Ma to miejsce szczególnie u chorych oddziałów specjalistycznych lub oddziałów intensywnej terapii.



Należy wcześniej zidentyfikować i leczyć zaburzenia mogące być przyczyną drgawek. Należą do nich zaburzenia metaboliczne (np. hipoglikemia, zaburzenia elektrolitowe) i inne schorzenia (np. neurologiczne, kardiologiczne, metaboliczne, zatrucia), jak również powikłania ogólnoustrojowe spowodowane przyczyną stanu padaczkowego lub stosowanym leczeniem, które mogą prowadzić do wtórnego uszkodzenia mózgu.

Biorąc pod uwagę udowodnioną skuteczność, bezpieczeństwo i tolerancję benzodiazepin, stanowią one wstępne leczenie z wyboru. Wybór konkretnej benzodiazepiny i drogi podania będzie zależał od dostępności, okoliczności, preferencji społecznych i wiedzy specjalistycznej, ponieważ nie ma mocnych dowodów na popieranie jednej z nich. Benzodiazepina pierwszego rzutu (lub przynajmniej pierwsza dawka) może być również podana przez odpowiednio przeszkolonych opiekunów lub ratowników. Chociaż podaż dożylna benzodiazepin jest ogólnie uważana za łatwą do wykonania i skuteczną, w przypadkach gdy nie ma jeszcze założonego dostępu dożylnego, można wybrać inną drogę podania, aby uniknąć opóźnienia leczenia. Niedawno przeprowadzone badanie randomizowane sugeruje, że midazolam podawany domięśniowo jest skuteczniejszy niż midazolam podawany dopiczkowo<sup>527</sup>. Chociaż dożylny fenobarbital jest skuteczny i dobrze tolerowany, to wolniejsze tempo jego podawania sprawia, że jest to raczej alternatywna terapia początkowa, a nie lek pierwszego wyboru. Niezbędne jest odpowiednie dawkowanie wybranej benzodiazepiny, aby wcześniej przerwać stan padaczkowy.

Leczenie stanu padaczkowego w warunkach ograniczonych zasobów jest podobne i powinno uwzględniać potencjalne różnice w etiologii i choroby współistniejące. Podanie więcej niż dwóch dawek benzodiazepiny wiąże się ze zwiększonym ryzykiem niewydolności oddechowej i późniejszej śmierci, w przypadku gdy nie ma dostępu do wentylacji.

Szybkie przejście od leków pierwszego rzutu do innych leków przeciwpadaczkowych może przyczynić się do zmniejszenia oporności na leczenie w drgawkowym stanie padaczkowym. Dożylna fenytoina/fosfenytoina, kwas walproinowy i lewetiracetam są rekomendowane na drugim etapie. Mimo że większość protokołów nadal zawiera fenytoinę jako lek z wyboru, to ostatnie dowody przemawiają na korzyść lewetiracetamu ze względu zarówno na finansową opłacalność, łatwość stosowania, jak i profil bezpieczeństwa. Kwas walproinowy ma podobną skuteczność, ale ma działanie teratogenne. Jego podaż towarzyszy również ryzyko wystąpienia ostrej encefalopatii związanej z zaburzeniami czynności wątroby, hiperamonemią i/lub współtowarzyszącą chorobą metaboliczną. Szczególnie w przypadku niemowląt i młodszych dzieci wymaga to zachowania dużej ostrożności. Dożylny fenobarbital jest rozsądną alternatywą w przypadku, kiedy żaden z trzech wyżej wymienionych leków nie jest dostępny. Tutaj również niezbędne jest odpowiednie dawkowanie. W warunkach ograniczonych zasobów, kiedy pozajelitowe formy długo działających leków przeciwpadaczkowych nie są dostępne, potencjalnie skuteczne może być zastosowanie preparatów doustnych podawanych drogą zgłębniaka nosowo-żołądkowego. Doustny preparat lewetiracetamu w syropie ma doskonałą biodostępność i osiąga terapeutyczne stężenie w surowicy w czasie około jednej godziny od podania.

Ostatnie prace opisują również zastosowanie lakozamidu w pediatrycznym stanie padaczkowym. Chociaż lakozamid wydaje się bezpieczny i skuteczny, dowody są obecnie zbyt ograniczone, aby można było zalecać jego powszechne stosowanie.

W przypadku przedłużającego się stanu padaczkowego należy rozważyć dodatkowe leki ratunkowe (krok trzeci, nie później niż po 40 minutach). Dopuszczalne i potencjalnie skuteczne może być zastosowanie jednego z do tej pory niepodanych leków drugiego rzutu (bezpośrednio po podaniu pierwszego z leków drugiego rzutu). Może to zapobiec konieczności podania leków trzeciego rzutu, a tym samym powikłaniom związanym ze znieczuleniem i intubacją. Alternatywnie, w zależności od etiologii, parametrów życiowych i okoliczności, można rozważyć anestetyczne dawki midazolamu, pentobarbitalu/tiopentalu, ketaminy lub propofolu (najlepiej wraz z ciągłym monitorowaniem EEG). Stosując te leki, personel powinien mieć doskonałą znajomość działania każdego z nich.

Bezdrgawkowy stan padaczkowy może wystąpić po ustąpieniu widocznych drgawek w drgawkowym stanie padaczkowym, zwłaszcza jeżeli przyczyną jest ostre zakażenie ośrodkowego układu nerwowego. Monitorowanie EEG ma zasadnicze znaczenie dla rozpoznania przetrwałego stanu padaczkowego w trakcie leczenia drgawkowego stanu padaczkowego. Zaleca się wczesne rozpoznanie i leczenie bezdrgawkowego stanu padaczkowego, ponieważ może to wpłynąć na wyniki leczenia.

### **Rozpoznanie zatrzymania krążenia – Sekwencja PBLs – Cykl RKO – RKO prowadzona przez świadków**

Chociaż Grupa Robocza ILCOR ds. BLS zaleca rozpoczęcie RKO od uciśnięć klatki piersiowej (CAB), Pediatryczna Grupa Robocza utrzymuje zrównoważone stanowisko kliniczne. W oddzielnym dokumencie COSTR Grupa Robocza ds. PLS sugerowała wcześniej, aby świadkowie zdarzenia prowadzili RKO z wentylacją u niemowląt i dzieci w wieku poniżej 18 lat z pozaszpitalnym zatrzymaniem krążenia (słabe zalecenie, bardzo niskiej jakości dowody), a jeżeli świadkowie zdarzenia nie mogą zapewnić oddechów ratowniczych podczas prowadzenia RKO u niemowląt i dzieci w wieku poniżej 18 lat z pozaszpitalnym zatrzymaniem krążenia, powinni przynajmniej wykonywać uciśnięcia klatki piersiowej (zasada dobrej praktyki)<sup>4</sup>. Grupa robocza ILCOR ds. PLS zaleciła również, aby dyspozytorzy medyczni udzielali instrukcji dotyczących RKO w przypadku zatrzymania krążenia u dziecka, jeżeli RKO nie została dotąd rozpoczęta przez świadków (silne zalecenie, dowody o niskiej jakości)<sup>143</sup>. Grupa Robocza ILCOR ds. BLS zaleciła dalej, aby osoby bez wykształcenia medycznego rozpoczynały RKO u dzieci lub dorosłych z podejrzeniem zatrzymania krążenia bez obaw o potencjalne szkody, jeżeli pacjent nie ma w rzeczywistości NZK (silne zalecenie, dowody o bardzo niskiej jakości)<sup>557</sup>. Przegląd Cochrane dotyczący nieprzerwanego uciskania klatki piersiowej w przypadku pozaszpitalnego zatrzymania krążenia niewywołanego asfiksją zidentyfikował tylko jedno badanie przeprowadzone u dzieci<sup>558</sup>. W przeprowadzonym przez nas skróconym przeglądzie jako źródło dowodów pośrednich dodatkowo uwzględniono niektóre badania z użyciem manekinów<sup>559-563</sup>. Odsyłamy również do RR 19.7 dotyczącego badania tętna oraz RR 25 poświęconego RKO w przypadku bradykardii.

Większość przypadków zatrzymania krążenia u dzieci jest spowodowana niedotlenieniem lub niedokrwiem, a rezerwy tlenu najczęściej wyczerpują się, zanim nastąpi zatrzymanie krążenia. Wartość dodana wentylacji w tych okolicznościach była wielokrotnie podkreślana<sup>564</sup>. Dokument COSTR PLS 2020 zaleca, aby świadkowie zdarzenia prowadzili RKO wraz z wentylacją w przy-

padku pozaszpitalnego zatrzymania krążenia u dzieci<sup>143</sup>. Podczas kolejnych poszukiwań Grupa Robocza zidentyfikowała dwie dodatkowe prace (dowody o bardzo niskiej jakości), w których nie stwierdzono różnic dotyczących przeżycia i wyniku neurologicznego u dzieci (starszych niż niemowlęta) po RKO prowadzonej z wyłącznym uciskaniem klatki piersiowej. Nie uznano tych dowodów za wystarczające, aby zmienić zalecenia<sup>565,566</sup>. W wielośrodowym badaniu kohortowym większa częstość wentylacji podczas RKO wiązała się z lepszymi wynikami leczenia<sup>567</sup>.

U nieprzytomnych dzieci z niedrożnością dróg oddechowych może dojść do zatrzymania oddechu. Spontaniczny oddech może zostać przywrócony przez proste udrożnienie dróg oddechowych i kilka oddechów z dodatnim ciśnieniem. U takich dzieci wyniki leczenia są doskonałe, ale mogą nie być uwzględniane w rejestrach zatrzymań krążenia, chyba że przed udrożnieniem dróg oddechowych rozpoczęto uciśnięcia klatki piersiowej.

Przygotowując niniejsze zalecenia, wzięliśmy również pod uwagę, że:

- Telefony komórkowe są wszechobecne, a większość połączeń alarmowych odbywa się obecnie za ich pośrednictwem. Ograniczone dowody wskazują, że około 60% osób dzwoniących może przełączyć swój telefon komórkowy w tryb głośnomówiący.
- W przypadku RKO u dorosłych Grupa Robocza ILCOR ds. BLS zaleca, aby pojedynczy świadek zdarzenia, który posiada telefon komórkowy, najpierw zadzwonił na numer alarmowy, włączył głośnik lub inną opcję głośnomówiącą w telefonie, a następnie natychmiast rozpoczął RKO (silne zalecenie, dowody o bardzo niskiej jakości)<sup>557</sup>.
- Dwa badania z wykorzystaniem symulacji wykazały, że zdjęcie ubrania wydawało się nie wpływać na jakość RKO, ale wywołało około 30-sekundowe opóźnienie w rozpoczęciu RKO.
- Rozpoznanie „nieprawidłowego oddychania” nie zawsze jest łatwe w przypadku RKO wspomaganego przez dyspozytora, a dodanie specyficznych opisów słownych może poprawić to rozpoznawanie. Niektóre grupy sugerują stosowanie u dorosłych metody „ręka na brzuchu”<sup>568</sup>. Metody te są szczególnie istotne w przypadkach, gdy istnieją wątpliwości co do bezpieczeństwa podczas zbliżania się do ust i nosa poszkodowanego (np. przeniesienie infekcji wirusowej). W takich przypadkach należy unikać standardowej metody „patrz, słuchaj, pocuj”<sup>77</sup>.
- Nie ma dowodów na poparcie lub odrzucenie dotychczasowych wytycznych zalecających pięć wstępnych oddechów ratowniczych. Biorąc pod uwagę wpływ na edukację i wdrażanie wytycznych, nadal zalecamy takie postępowanie.
- Odpowiednia wentylacja wymaga wystarczająco długiego czasu wdechu (jedna sekunda) i odpowiedniej objętości oddechowej (uniesienie klatki piersiowej). Aby to osiągnąć, musi być zachowana dobra szczelność pomiędzy ustami ratownika (lub maską) a ustami/nosem dziecka (w razie potrzeby należy zamknąć nos lub usta, aby uniknąć ucieczki powietrza). Jeśli jest to możliwe, kompetentny personel powinien stosować dwuosobową technikę wentylacji workiem z maską twarzą – najlepiej z tlenem – zamiast wentylacji wydychanym powietrzem. Do prowadzenia oddechów ratowniczych u większych dzieci kompetentny ratownik może również użyć maski kieszonkowej, jeśli worek i maska twarzowa są niedostępne.

Wszystkie trzy aspekty formuły przeżycia (nauka, edukacja i implementacja) są ważne i zalecamy, aby tylko osoby przeszkolone

w zakresie dziecięcego BLS używały wytycznych dla dzieci. Cykl RKO zalecany w wytycznych z 2015 roku wynosił u dzieci 15:2 i nie ma powodu, aby to zmieniać. Co dwie minuty należy zaplanować krótkie przerwy na kontrolę rytmu i zmianę ratownika wykonującego uciśnięcia (w celu zminimalizowania zmęczenia). W przypadkach, w których istnieje ryzyko wcześniejszego wystąpienia zmęczenia (np. podczas pracy w pełnych ŚOI z powodu COVID-19), uzasadnione mogą być częstsze zmiany<sup>569</sup>.

## RKO w zatrzymaniu krążenia w przebiegu urazu

Większość dowodów na ten temat ma charakter pośredni. Zidentyfikowano cztery badania obserwacyjne. W temacie krwawienia zewnętrznego i ograniczenia ruchów kręgosłupa szyjnego odwołujemy się do COSTR przeprowadzonego przez grupę roboczą ILCOR do spraw Pierwszej Pomocy<sup>497,570-573</sup>. Zatrzymanie krążenia u dzieci w przebiegu urazu (*Traumatic Cardiac Arrest – TCA*) jest rzadkie, a wyniki leczenia są złe. Spośród 21 710 dzieci w brytyjskiej bazie danych TARN (*Trauma Audit and Research Network*) 0,6% doświadczyło TCA<sup>571</sup>. Przeżywalność 30-dniowa wyniosła 5,4% ([95% CI 2,6–10,8],  $n=7$ ). W jednym badaniu kohortowym dotyczącym TCA tylko u 3,5% badanych pierwszym zarejestrowanym rytmem był rytm do defibrylacji<sup>570</sup>. Większość TCA była niezauważona (49,5%), a u mniej niż 20% dzieci świadkowie zdarzenia prowadzili uciśnięcia klatki piersiowej. ROSC na miejscu zdarzenia osiągnięto w 19,5% przypadków, 9,8% dzieci przeżyło pierwsze 24 godziny, a 5,7% – do wypisu ze szpitala. W przeciwieństwie do pacjentów, którzy doznali urazu tępego lub uduszenia, większość pacjentów z TCA po urazie penetrującym lub utonięciu, która przeżyła pierwsze 24 godziny, przeżyła również do wypisu ze szpitala. Nie znaleźliśmy badań oceniających związek między określoną sekwencją działań BLS a wynikiem leczenia TCA. Wydaje się, że RKO wspomaganą przez dyspozytora nie była związana z uzyskaniem trwałego ROSC<sup>574</sup>. W przypadku TCA mniej prawdopodobne było rozpoznanie zatrzymania krążenia przez dyspozytora, jak również rozpoczęcie przez świadków zdarzenia RKO z instruktażem dyspozytora czy w ogóle udzielenie przez dyspozytora jakichkolwiek instrukcji dotyczących RKO. W przypadkach TCA konieczne jest ustanowienie i przeanalizowanie ulepszonych protokołów RKO z instruktażem dyspozytora.

Ogólnie ujmując, w przypadku pediatrycznego TCA RKO przez świadków zdarzenia była podejmowana w 20–35% przypadków<sup>572</sup>. Działania prowadzone przez świadków były bardzo zróżnicowane i zależały głównie od okoliczności i rodzaju zdarzenia nagłego. Jedno badanie kohortowe wykazało, że w grupie pacjentów, którzy przeżyli, RKO była podejmowana przez świadków zdarzenia trzykrotnie częściej niż w grupie pacjentów, którzy zmarli<sup>570</sup>. Ta przewaga w częstości przeżycia pacjentów, u których RKO jest prowadzona przez świadków zdarzenia, może być nawet większa w przypadku ofiar urazów w krajach o niskim i średnim dochodzie, gdzie zmiana ułożenia poszkodowanego i udrożnienie dróg oddechowych przez świadków zmniejszają śmiertelność<sup>575</sup>. Zalecamy prowadzenie RKO przez świadków w przypadku TCA u dzieci, pod warunkiem że jest to bezpieczne. Świadkowie zdarzenia powinni do minimum ograniczyć ruchy kręgosłupa szyjnego, pod warunkiem że nie utrudniają to resuscytacji.

Nie ma danych na temat poszczególnych elementów resuscytacji krążeniowo-oddechowej. W badaniu obejmującym 424 osoby dorosłe z TCA nie stwierdzono istotnej różnicy w uzyskaniu

trwałego ROSC w zależności od tego, czy RKO prowadzona była z AED czy bez AED<sup>576</sup>. Rytm wymagający defibrylacji są rzadkie w pediatricznym TCA. Wytyczne dotyczące TCA u dorosłych również pomniejszają znaczenie defibrylacji. Dlatego nie zachęcamy do rutynowego stosowania AED na miejscu zdarzenia w przypadku TCA u dzieci, chyba że istnieje duże prawdopodobieństwo wystąpienia rytmu wymagającego defibrylacji.

Masywny krwotok jest jedną z przyczyn TCA. Wstępne leczenie masywnego krwawienia zewnętrznego polega na bezpośrednim ucisku (za pomocą opatrunku hemostatycznego, o ile to możliwe). Grupa Robocza ILCOR ds. Pierwszej Pomocy zasugerowała, że jeśli zagrażające życiu zewnętrzne krwawienie może zostać powstrzymane za pomocą założenia opaski uciskowej, to osoby udzielające pierwszej pomocy powinny jej użyć zamiast bezpośredniego ręcznego ucisku<sup>497</sup>. Preferuje się stosowanie gotowej opaski zamiast improwizowanej (słabe zalecenia, bardzo niskiej jakości dowody).

## Sprawdzanie tętna

Zidentyfikowano dwa badania obserwacyjne i wykorzystano przegląd RR 32.3 na temat stosowania ultrasonografii w czasie RKO<sup>577, 578</sup>. W żadnych badaniach randomizowanych nie porównywano manualnego sprawdzania tętna z oceną „oznak życia”. Ocena „oznak życia” została wdrożona jako część wytycznych z powodu obawy o możliwość fałszywie ujemnych wyników badania tętna, a tym samym brakiem rozpoczęcia resuscytacji w sytuacjach, gdy byłaby wskazana. Rozpoczęcie RKO u osób, które tego nie potrzebują, niesie ze sobą mniej obaw nie tylko dlatego, że u niemowląt i dzieci rzadko dochodzi do urazów związanych z wykonywaniem RKO. Niektóre badania wskazują, że prowadzenie RKO u dzieci z zachowanym tętnem, w których występuje bradykardia z ciężkimi zaburzeniami perfuzji, poprawia rokowanie<sup>579</sup>.

W zaawansowanych zabiegach resuscytacyjnych rozpoznanie zatrzymania krążenia bez tętna oraz powrotu spontanicznego krążenia opiera się na ocenie krążenia, w tym na ręcznym badaniu tętna. Mimo iż w wyczuwaniu tętna doświadczony personel osiąga lepsze wyniki niż mniej doświadczeni ratownicy, to ryzyko wystąpienia zarówno błędu pierwszego typu (odrzuć hipotezy zerowej, gdy jest ona prawdziwa – przyp. tłum.), jak i typu drugiego (nieodrzuć hipotezy zerowej, gdy jest ona fałszywa – przyp. tłum.) oraz przedłużających się przerw w RKO jest nadal znaczne. Dlatego ocena krążenia powinna obejmować również inne parametry w trakcie zatrzymania krążenia, takie jak ETCO<sub>2</sub>, ciśnienie krwi i SpO<sub>2</sub> (lub ewentualnie ultrasonografię).

## Uciskanie klatki piersiowej: częstość – głębokość – odkształcenie

Dokument 2020 COSTR PLS 1605 dotyczący głębokości uciskania klatki piersiowej nie podał wystarczających dowodów, aby zmieniać istniejące zalecenia<sup>143</sup>. Dodatkowo oprócz przeglądu piśmiennictwa związanego z tym tematem<sup>580</sup> zidentyfikowano 6 badań randomizowanych<sup>581-586</sup> i 15 badań obserwacyjnych<sup>587-601</sup>. Dowody wskazują, że jakość uciśnień klatki piersiowej, w tym przerwy w uciskaniu klatki (*hands-off time*), mają związek z wynikami leczenia. Należy uwzględnić wiele czynników, najlepiej w sposób zintegrowany. Zamiast brać pod uwagę średnią dla każdego czynnika, należy się skupić na dobrej jakości nieprzerwanym ucis-

kaniu, co oznacza wysoki odsetek uciśnień, które charakteryzuje odpowiednia:

- **Częstość:** Wytyczne ERC 2015 zalecały u wszystkich dzieci i niemowląt częstość uciśnień wynoszącą 100–120/min. Prowadzenie uciskania z większą częstością u dzieci nie jest zjawiskiem rzadkim i może wpływać na wyniki leczenia<sup>602,603</sup>. Dowody o bardzo niskiej jakości sugerują, że nieznacznie wolniejsze uciśnięcia (80–100/min) wiążą się z wyższym współczynnikiem przeżycia do wypisu ze szpitala oraz przeżycia z korzystnym wynikiem neurologicznym<sup>588</sup>. Obecne wytyczne nie zmieniają zaleceń w zakresie częstości uciśnień klatki piersiowej u dzieci.
- **Głębokość:** odpowiednia głębokość uciśnięcia jest potrzebna do wytworzenia ciśnienia krwi i perfuzji, ale nadmiernie głębokie uciśnięcia mogą pogorszyć wyniki. Wytyczne ERC 2015 zalecały *uciskanie dolnej części mostka na głębokość co najmniej jednej trzeciej przednio-tylnego wymiaru klatki piersiowej (niemowlęta 4 cm, dziecko 5 cm)*. Jednak u starszych, większych dzieci 1/3 wymiaru przednio-tylnego może często oznaczać głębokość ucisku przekraczającą 6 cm (granica głębokości uciśnięć dla dorosłych). Ponadto prawidłowa głębokość zakładana w wytycznych 2015 często nie jest osiągnięta w praktyce i istnieje ryzyko, że w przypadku nadmiernych obaw o zbyt głębokie uciskanie klatki piersiowej ostatecznie będzie ono zbyt płytkie<sup>595</sup>. Wzrokowe określenie głębokości w centymetrach jest prawie niemożliwe (taką informację zwrotną można uzyskać tylko za pomocą przeznaczonych do tego urządzeń). Dlatego nadal zalecamy uciskanie dolnej części mostka o jedną trzecią wymiaru przednio-tylnego klatki piersiowej. W przypadku większych dzieci uciśnięcia nigdy nie powinny być głębsze niż 6-centymetrowy limit dla dorosłych (w przybliżeniu długość kciuka osoby dorosłej). Ułożenie ramienia pod kątem 90° w stosunku do klatki piersiowej oraz podłożenie stopnia pod nogi ratownika to możliwe do modyfikowania czynniki umożliwiające poprawę głębokości uciskania klatki piersiowej<sup>604</sup>.
- **Odształcanie się klatki piersiowej i opieranie się na klatce piersiowej:** opieranie się na klatce piersiowej może wpływać na wyniki poprzez utrudnianie powrotu krwi żyłnej do serca. Nie ma dowodów oceniających związek pomiędzy częstością, głębokością i odkształcaniem, ale należy mieć świadomość ryzyka, jakie niesie niewystarczające odkształcenie klatki piersiowej podczas wykonywania RKO.
- **Czas bez uciskania (*hands-off*):** pośrednie dowody z badań u dorosłych sugerują, że ważne jest, aby czas, w którym nie prowadzi się uciśnień klatki piersiowej, ograniczyć do możliwego minimum.

Urządzenia oferujące wzrokową informację zwrotną pomagają utrzymać częstość uciskania w odpowiednim zakresie, ale siła używana do uciśnień pozostaje bardzo zmienna. Urządzenia takie mogą pozytywnie wpływać na jakość RKO, choć dostępne dowody są nadal niejednoznaczne. Dopóki nie będą dostępne dalsze dane (np. z wielośrodkowego badania PediResQ), nasze zalecenia są zbieżne z dokumentem BLS ILCOR COSTR, który nie zaleca rutynowego wdrażania urządzeń generujących w czasie rzeczywistym informację zwrotną na temat prowadzonej RKO jako jedynego środka mającego na celu poprawę wyników resuscytacji, bez bardziej kompleksowych działań zmierzających do poprawy jakości RKO (słabe zalecenia, bardzo niskiej jakości dowody)<sup>557</sup>. W systemach, w których obecnie stosuje się urządzenia oferujące

w czasie rzeczywistym informację zwrotną podczas RKO, sugeruje się ich dalsze używanie z uwagi na brak dowodów wskazujących na ich potencjalną szkodliwość (słabe zalecenia, bardzo niskiej jakości dowody).

Grupa Robocza ILCOR do spraw BLS oceniła również wpływ twardej powierzchni na uciśnięcia klatki piersiowej<sup>557</sup> i przedstawiła następujące zalecenie: *Jeśli to możliwe, sugerujemy wykonywanie uciśnień klatki piersiowej na twardej powierzchni (słabe zalecenie, bardzo niska jakość dowodów). Jeśli do zatrzymania krążenia dojdzie w szpitalu, a łóżko chorego jest wyposażone w moduł RKO zwiększający sztywność materaca, sugerujemy jego użycie (słabe zalecenie, bardzo niska jakość dowodów). W przypadku zatrzymania krążenia w szpitalu sugerujemy, aby nie przenosić pacjenta z łóżka na podłogę w celu poprawy głębokości uciśnień klatki piersiowej (słabe zalecenie, bardzo niska jakość dowodów). W celu poprawy głębokości uciśnień klatki piersiowej w przypadku zatrzymania krążenia w szpitalu sugerujemy stosowanie deski do prowadzenia RKO (jeśli jest wdrożona do rutynowego postępowania) albo jej nieużywanie (jeśli nie jest jeszcze częścią aktualnego rutynowego postępowania) (zalecenie warunkowe, bardzo niska jakość dowodów).*

Brakuje badań dotyczących pozaszpitalnych zatrzymań krążenia oraz obejmujących dzieci. Ratownicy powinni podjąć kroki mające na celu uniknięcie uciskania na niedostateczną głębokość z powodu prowadzenia RKO na miękkiej powierzchni poprzez zmianę powierzchni lub odpowiednie dostosowanie siły uciskania. Dzieci można łatwiej przenosić, aby poprawić jakość RKO (twarda powierzchnia, dostęp do poszkodowanego). Przenosząc dziecko, należy wziąć pod uwagę możliwe ryzyko urazu, generowania opóźnienia, konieczność pracy w bardziej ograniczonej przestrzeni (jeśli zostanie przeniesione na podłogę), utratę monitorowania lub dostępu dożylnego.

## Technika uciskania klatki piersiowej

Zidentyfikowaliśmy 3 przeglądy systematyczne<sup>605-607</sup>, 4 badania obserwacyjne<sup>608-611</sup> i 24 (randomizowane) badania z wykorzystaniem manekinów<sup>599,603,612-631</sup>.

Sposób uciskania klatki piersiowej wpływa na osiągnięcie wyznaczonych celów w zakresie częstości, głębokości i odkształcenia. Poziom jakości dostępnych dowodów dotyczących różnych metod uciskania jest bardzo ograniczony.

W przypadku niemowląt we wcześniejszych wytycznych zalecano używanie techniki dwóch palców jednej ręki, jeśli RKO prowadził jeden ratownik, a w przypadku dwóch ratowników – techniki dwóch kciuków z oburęcznym obejmowaniem klatki piersiowej. Miejsce uciskania powinno znajdować się w dolnej połowie mostka. Standardowa technika uciskania dwoma palcami wiąże się jednak z nieoptymalną jakością uciskania i wczesnym zmęczeniem. Metoda uciskania dwoma kciukami przynosi stały lepszy efekt nawet w przypadku pojedynczego ratownika, a przerwy w uciskaniu klatki piersiowej różnią się w niewielkim stopniu w porównaniu do techniki uciskania dwoma palcami, chociaż należy pamiętać o zidentyfikowanym ryzyku niepełnego odkształcenia się klatki po ucisku (na co należy zwrócić uwagę podczas szkoleń). Technikę uciskania dwoma palcami powinni rozważać tylko ratownicy bez przeszkolenia (instruowani przez dyspozytora lub przeszkoleni tylko w BLS u dorosłych), gdzie technika uciskania dwoma kciukami może być zbyt trudna do wyjaśnienia w krótkim czasie.

Pediatryczne wytyczne ERC 2015 zalecały, aby kciuki były ustawione na klatce obok siebie i nie nachodziły na siebie podczas uciskania. Różniło się to od noworodkowych wytycznych 2015, które zalecały umieszczanie jednego kciuka na drugim (nałożonych na siebie). Jeśli jest to możliwe, zalecamy stosowanie tej drugiej metody w oparciu o słabe dowody sugerujące, że uciskanie klatki techniką, w której kciuki są na siebie nałożone, generuje wyższe ciśnienia perfuzji i mniejszy nacisk na wątrobę.

Niedawno zbadano nowe sposoby poprawy jakości RKO. Użycie żadnego z nich nie zostało zatwierdzone w odniesieniu do dzieci. Wstępne wyniki badań na manekinach sugerują, że metody te są co najmniej tak samo skuteczne jak techniki standardowe<sup>632</sup>. Zmodyfikowana technika z użyciem dwóch kciuków ułożonych pionowo może być szczególnie przydatna w przypadku ratowników z mniejszymi dłońmi<sup>633</sup>. Nowe metody należy traktować jedynie jako „ratunkową” alternatywę (w przypadku personelu przeszkolonego w ich stosowaniu), gdy standardowe metody uciskania stają się zbyt męczące lub trudne do wykonania.

W Wytycznych ERC 2015 optymalne miejsce uciskania klatki piersiowej u niemowląt ustalono w dolnej połowie mostka. Aby uniknąć kompresji innych narządów, zalecano uciskać na szerokość jednego palca powyżej wyrostka mieczykowatego. Najnowsze dane z badań TK sugerują, że należy utrzymać te zalecenia. W jednym badaniu podkreślono wartość przyrządów pomagających w utrzymaniu prawidłowej pozycji (naklejki znacznikowe) w celu poprawy jakości RKO<sup>613</sup>.

W przypadku dzieci w wieku powyżej jednego roku ratownicy mogą wykonywać RKO z użyciem jednej lub dwóch rąk. Nie ma wystarczających dowodów, aby zmienić wytyczne z 2015 i zalecić jedną z tych technik zamiast drugiej. Osiągnięcie wyznaczonych celów uciskania powinno określać, jakiej techniki się używa. Jeżeli stosuje się technikę jednoręczną, drugiej ręki można używać do utrzymania drożności dróg oddechowych podczas uciskania lub stabilizowania w łokciu ramienia, które uciska klatkę piersiową.

Standardowe wytyczne zalecają zmianę osoby wykonującej uciśnięcia co dwie minuty. Jednak niezależnie od techniki zmęczenie i spadek jakości może wystąpić już po 60 do 90 sekundach. Ratownicy powinni być wyczerpani na zmęczenie i w razie potrzeby zmienić rękę lub technikę (lub ratownika), aby utrzymać optymalną jakość uciśnień.

## Automatyczna defibrylacja zewnętrzna (Automated External Defibrillator – AED) jako części PBLs

Zidentyfikowano jedno wytyczne<sup>634</sup>, jeden przegląd systematyczny<sup>635</sup>, jeden przegląd opisowy<sup>636</sup> i 11 badań obserwacyjnych<sup>14,637-646</sup>.

Wczesna defibrylacja u pacjentów z zatrzymaniem krążenia i rytmem defibrylacyjnym wiąże się z dużym prawdopodobieństwem powrotu spontanicznego krążenia, a następnie dobrym wynikiem neurologicznym zarówno u dzieci, jak i dorosłych. Jednak u dzieci z pierwotnym rytmem nie do defibrylacji użycie AED może wydłużyć czas bez przepływu i odwrócić uwagę od innych interwencji, które mogą mieć wpływ na wyniki leczenia.

Podczas BLS niemożliwe jest określenie rytmu zatrzymania krążenia przed podłączeniem AED lub innego urządzenia do monitorowania, dlatego przy podejmowaniu decyzji o użyciu AED ratownicy muszą opierać się na przesłankach wynikających z okoliczności zdarzenia. Alternatywnie można podłączać AED

u wszystkich dzieci. Prawdopodobieństwo wystąpienia rytmu do defibrylacji jest znacznie większe u starszych dzieci, dzieci z określonymi problemami chorobowymi lub w przypadkach nagłej utraty przytomności w obecności świadków, choć rytm defibrylacyjny może również wystąpić w innych okolicznościach, nawet u bardzo małych dzieci. Niewielki odsetek (0,5–2%) dzieci z początkowym rytmem nie do defibrylacji będzie miał kolejny rytm wymagający defibrylacji. Nie ma wystarczających dowodów, aby zmienić istniejące zalecenia. W przypadku pozaszpitalnego VF/VT bez tętna u dzieci w wieku poniżej ośmiu lat zalecaną metodą dostarczenia wyładowania jest w kolejności: (1) defibrylator manualny, (2) defibrylator AED z pediatryczną przystawką zmniejszającą energię wyładowania i (3) defibrylator bez takiej przystawki. Jeżeli występuje jakiegokolwiek opóźnienie w dostępności preferowanego urządzenia, należy użyć tego, które jest dostępne natychmiast. Większość dostępnych AED dostarcza standardową energię wyładowania 120–200 J (dwufazowa), a z pediatryczną przystawką zmniejszającą energię – 50 J. Algorytm automatycznych defibrylatorów zewnętrznych stosowanych u małych dzieci powinien się charakteryzować wysoką swoistością i czułością w wykrywaniu rytmów wymagających defibrylacji u niemowląt.

Podkreślając znaczenie oddechów ratunkowych i wysokiej jakości uciśnień klatki piersiowej, zalecamy stosowanie AED u wszystkich dzieci, jeżeli jest to możliwe (tj. więcej niż jeden ratownik, dostęp do AED). Pojedynczy ratownik nie powinien przerywać RKO, aby uzyskać dostęp do AED, chyba że prawdopodobieństwo wystąpienia pierwotnie rytmu do defibrylacji jest duże (np. w przypadku nagłej utraty przytomności w obecności świadków), a AED znajduje się w pobliżu.

Powyższe zalecenia dotyczą przeszkolonych ratowników. Nieprzeszkoleni świadkowie zdarzenia zazwyczaj prowadzą RKO pod instruktażem dyspozytorów pogotowia ratunkowego. Ryzyko wydłużenia czasu bez przepływu i nieoptymalnej jakości RKO jest wyższe, jeżeli nieprzeszkolone osoby używają AED, nawet jeśli są w tych działaniach kierowane przez dyspozytora. Chociaż nie ma konkretnej literatury potwierdzającej to zalecenie, uważamy, że AED należy zalecać przede wszystkim w ramach RKO wspomaganego przez dyspozytora w przypadkach, w których prawdopodobieństwo pierwotnego rytmu do defibrylacji jest bardzo wysokie (jak w nagłej utracie przytomności przy świadkach lub gdy występują specyficzne przesłanki dla możliwej przyczyny kardiologicznej), a AED jest dostępny i znajduje się w pobliżu.

## Pozycja bezpieczna

Formułując zalecenia, wzięto pod uwagę poświęcony temu tematowi COSTR grupy roboczej ILCOR ds. Pierwszej Pomocy<sup>497</sup>, a także jedno wytyczne<sup>647</sup>, trzy przeglądy systematyczne<sup>648-650</sup>, dwa badania randomizowane<sup>651,652</sup> i pięć badań obserwacyjnych<sup>653-657</sup>. Pozycja bezpieczna była zalecana u nieprzytomnych pacjentów bez urazu w wywiadzie oraz bez zaawansowanego udrożnienia dróg oddechowych, którzy nie mają zatrzymania krążenia. Prawidłowo wykonana poprawia drożność dróg oddechowych i zmniejsza ryzyko aspiracji w porównaniu z ułożeniem na plecach. W jednym badaniu kohortowym ułożenie w pozycji bezpiecznej wiązało się ze znacznym spadkiem liczby przyjęć do szpitala<sup>656</sup>. W przypadku zatrzymania krążenia i oddechu u dzieci prawie natychmiast dochodzi do utraty przytomności, ale ruchy oddechowe mogą być zachowane aż do dwóch minut od zatrzymania krążenia. Pozycja

bezpieczna na boku może utrudnić wczesne wykrycie nieprawidłowego oddychania. Aby temu zapobiec, ratownicy powinni być nauczani wielokrotnego powtarzania oceny oddychania. Zmiana zalecenia ponownej oceny z wykonywanej „regularnie” na wykonywaną „co minutę” znacznie zwiększyła prawdopodobieństwo wykrycia zatrzymania krążenia<sup>652</sup>. Jeśli pomocy udzielają nieprzeszkoleni świadkowie zdarzenia, dyspozytorzy medyczni powinni zatem pozostawać z nimi w kontakcie aż do przybycia ZRM.

Dowody są bardzo ograniczone i niejasnym jest, czy powyższe zalecenie ma zastosowanie we wszystkich sytuacjach i dla każdego typu ratownika. W przypadku pacjentek w ciąży i dzieci z zatruciem preferowana jest pozycja na lewym boku<sup>648</sup>. W sytuacjach, w których istnieje wysokie ryzyko zatrzymania oddechu spowodowanego hipoksją lub zagrażających zatrzymaniem krążenia, prawdopodobnie wskazane będzie utrzymywanie odgięcia głowy z uniesieniem żuchwy lub wysunięcie żuchwy u pacjenta leżącego na plecach. W szczególnych przypadkach nieprzytomnych ofiar urazów należy rozważyć ryzyko gorszej drożności dróg oddechowych do ryzyka wtórnego urazu kręgosłupa. Dowody dotyczące potencjalnej szkodliwości rotacji na bok w urazach są niejednoznaczne. Ułożenie i utrzymanie dziecka w pozycji bezpiecznej, tak aby zapewnić stabilizację kręgosłupa w osi, wymaga udziału kilku ratowników.

## Niedrożność dróg oddechowych spowodowana ciałem obcym (*Foreign Body Airway Obstruction – FBAO*)

Niedrożność dróg oddechowych spowodowana ciałem obcym powoduje tysiące zgonów rocznie, szczególnie wrażliwe są populacje pacjentów, którzy mają trudności z ochroną dróg oddechowych, jak na przykład dzieci<sup>658</sup>. Szybkie interwencje świadków mogą znacznie poprawić rokowanie. Dostosowane do wieku rękoczynny w FBAO są częścią wytycznych resuscytacji od ponad 25 lat. Jednak pomimo tego że FBAO jest ważnym problemem zdrowotnym oraz że istnieje wiele pojedynczych doniesień o udanym udrożnieniu dróg oddechowych, to dowody na poparcie wytycznych są sprzeczne i o bardzo małej jakości<sup>659-663</sup>. Poświęcony temu zagadnieniu dokument COSTR 2020 dotyczący BLS dostarczył zaleceń odnośnie do postępowania<sup>557</sup>.

Nie zalecamy stosowania dostępnych urządzeń do leczenia zadławienia w Pierwszej Pomocy u dziecka, które uległo zadławieniu. Natychmiastowe użycie takiego urządzenia może odwieść świadków zdarzenia od wykonania w odpowiednim czasie działań zalecanych przez obecny algorytm. W związku z brakiem dowodów dotyczących bezpieczeństwa tych urządzeń nie można wykluczyć związanych z ich stosowaniem pewnych zagrożeń dla dzieci. Mogą one zaburzać zdolność kaszlu u przytomnych dzieci, być przyczyną urazu struktur górnych dróg oddechowych lub sprzyjać aspiracji treści żołądkowej. Ich wdrożenie do powszechnego użytku będzie wiązało się również ze znacznymi kosztami. Mamy na uwadze niewystarczającą ilość dowodów naukowych i dostrzegamy konieczność przeprowadzenia dodatkowych badań, zwłaszcza u poszkodowanych, którzy nie mogą już skutecznie kaszleć lub są nieprzytomni<sup>664</sup>. W sytuacjach, w których zawiodły standardowe rękoczynny, urządzenia stosowane w zadławieniu mogą stanowić uzupełnienie typowego postępowania. Obecnie powinno się to jednak odbywać w ramach formalnej oceny w warunkach badań klinicznych.

## Uciskanie klatki piersiowej u dzieci niebędących w stanie zatrzymania krążenia

Pomimo braku dowodów poprzednie wytyczne zalecały, aby bradykardię z objawami słabej perfuzji, nawet przy wyczuwalnym tętnie, leczyć natychmiastowym RKO<sup>665-667</sup>. W jednym badaniu u 18% dzieci, u których prowadzono RKO, uciskanie klatki piersiowej rozpoczęto we wczesnym okresie bradykardii z towarzyszącym tętnem, zanim u dziecka doszło do zatrzymania krążenia. Takie okoliczności dotyczyły tylko 2% dorosłych, u których prowadzono RKO<sup>668</sup>. Przeżycie do wypisu ze szpitala po zatrzymaniu krążenia w rytmie nie do defibrylacji było lepsze u dzieci (24%) niż u dorosłych (11%) i można to przypisać wczesnemu agresywnemu podejściu do leczenia bradykardii ze złą perfuzją u dzieci.

Wyniki leczenia zatrzymania krążenia wynikającego z hipoksji są wyraźnie gorsze niż leczenia zatrzymania krążenia z pierwotną przyczyną pochodzenia sercowego. Prawdopodobne jest, że dzieci, u których wystąpiło zatrzymanie krążenia w wyniku hipoksji, doznały już poważnego uszkodzenia mózgu wywołanego niedotlenieniem, zanim doszło do zatrzymania krążenia. U dawców narządów, po zaprzestaniu leczenia podtrzymującego życie, pierwszymi obserwowanymi objawami fizjologicznymi są spadek saturacji i ciśnienia tętniczego<sup>669</sup>. Faza ta, poprzedzająca terminalną bradykardię, może trwać od kilku minut do trzech godzin. Po wystąpieniu bradykardii śmierć somatyczna następuje zwykle w ciągu kilku minut.

Kilka ostatnich badań wykazało, że dzieci, u których prowadzono RKO z powodu bradykardii z towarzyszącym tętnem i złą perfuzją, miały lepsze wyniki leczenia niż dzieci, u których zatrzymanie krążenia rozpoczęło się natychmiastowo asystolią lub PEA<sup>579,670,671</sup>. Ogólnie wyniki leczenia były najlepsze w populacji dzieci, które doznały bradykardii i prowadzono u nich RKO, ale u których nie doszło do zaniku tętna. Im dłuższy czas upływa od rozpoczęcia RKO w przypadku bradykardii z tętnem i słabą perfuzją a rzeczywistą utratą tętna, tym mniejsza jest szansa na przeżycie.

Przywiązujemy większą wagę do możliwości uzyskania lepszych wyników leczenia dzięki wczesnej RKO aniżeli niskiego potencjalnego ryzyka związanego z nieuzasadnionym RKO. Często niemożliwe jest określenie punktu, w którym tętno jest naprawdę niewyczuwalne, a oczekiwanie na brak tętna (lub utratę wykresu SpO<sub>2</sub>, ciśnienia krwi itp.) spowoduje tylko opóźnienie leczenia.

Obecnie nie ma badań dotyczących wpływu uciśnień klatki piersiowej na przeżycie u dzieci we wstrząsie z bardzo niskim rzutem bez bradykardii (np. w częstoskurczu nadkomorowym).

## Łyzki defibrylatora czy naklejane elektrody do defibrylacji

W uaktualnieniu danych ILCOR COSTR (EvUp PLS 378–426) nie zidentyfikowano wystarczających dowodów, aby zmienić aktualne zalecenia<sup>143,672-675</sup>. W miejscach, w których elektrody samoprzylepne są niedostępne, łyżki są dopuszczalną alternatywą. Łyżek można również użyć do pierwszej defibrylacji, jeżeli nakładanie elektrod samoprzylepnych trwa zbyt długo. Podobnie jak w 2015 roku, łyżek defibrylatora można użyć do oceny rytmu, jeśli monitorowanie za pomocą elektrod EKG lub elektrod do defibrylacji nie jest natychmiast dostępne.

Nie mogliśmy zidentyfikować żadnych dowodów o wysokiej jakości, które wskazywałyby na korzyść z zastosowania ułożenia

przednio-tylnego (*Anterio-Posterior* – AP) lub przednio-bocznego (*Anterio-Lateral* – AL) elektrod do defibrylacji. Poprzednie wytyczne sugerowały, że „jeżeli łyżki są zbyt duże i istnieje niebezpieczeństwo przejścia łuku elektrycznego między łyżkami, jedną należy umieścić w górnej części pleców, poniżej lewej łopatki, a drugą z przodu, na lewo od mostka”<sup>667</sup>. Inne źródła sugerują jednak nieco inne ułożenie, opierając się na anatomii i patofizjologii. Mając na uwadze powyższe oraz spójność z dotychczasowymi wytycznymi, w pozycji AP zalecamy umieszczenie przedniej łyżki pośrodku klatki piersiowej bezpośrednio przy mostku, a tylnej – pośrodku pleców, pomiędzy łopatkami. Dowody o bardzo niskiej jakości sugerują, że pozycja AP może być co najmniej tak samo skuteczna jak pozycja AL. Pozycja AP jest trudna do uzyskania za pomocą łyżek. W przypadku opornego na defibrylację VF/pVT i zastosowania początkowo ułożenia elektrod samoprzylepnych w pozycji AL należy rozważyć zmianę ich ułożenia do pozycji AP.

## Strategia wyładowań kolejno po sobie

Grupa Robocza ds. PLS nie zidentyfikowała żadnych nowych dowodów, aby zmieniać istniejące zalecenia, które rekomendują strategię pojedynczego wyładowania, po której następuje natychmiastowa RKO. Gdy u monitorowanego pacjenta wystąpi VF/pVT w obecności świadków, a defibrylator jest natychmiast dostępny, możliwa i potencjalnie korzystna jest natychmiastowa defibrylacja – przed rozpoczęciem RKO. Uważa się, że w tej fazie defibrylacja serca jest skuteczniejsza<sup>676</sup>. Jeżeli natychmiastowa próba defibrylacji jest nieskuteczna, wynik leczenia może być lepszy, jeżeli podejmie się drugą, a w razie potrzeby trzecią próbę defibrylacji, przed rozpoczęciem RKO. Biorąc pod uwagę powyższe obserwacje oraz stosunkowo niewielkie opóźnienie resuscytacji wskutek zastosowania strategii „trzech wyładowań najpierw” – mimo bardzo ograniczonych dowodów – u monitorowanych dzieci, u których dochodzi do zatrzymania krążenia w mechanizmie VF/pVT w obecności świadków, a defibrylator jest gotowy do użycia, zalecamy stosowanie strategii „trzech defibrylacji najpierw”<sup>677,678</sup>. Strategia trzech wyładowań jedno po drugim była również zalecana podczas zaawansowanych zabiegów resuscytacyjnych u pacjentów z COVID-19, w przypadkach gdy ratownicy nie mieli jeszcze na sobie odpowiednich środków ochrony indywidualnej<sup>7</sup>. Przy zastosowaniu strategii trzech pierwszych wyładowań amidaron dożylnie podaje się natychmiast po trzech wstępnych defibrylacjach, natomiast adrenalinę podaje się dopiero po czterech minutach (po następujących potem dwóch pętlach RKO – przyp. tłum.).

## Energia i moment wykonania defibrylacji

Rytmy do defibrylacji nie są rzadkie u dzieci (4–10%), a ich rokowanie jest lepsze niż w przypadku innych rytmów<sup>679</sup>. Podstawowym czynnikiem warunkującym przeżycie po zatrzymaniu krążenia w rytmach VF/pVT jest czas, jaki upływa do momentu wykonania defibrylacji. Wtórne migotanie komór jest obecne nawet w 27% przypadków resuscytacji szpitalnej i ma znacznie gorsze rokowanie niż pierwotne VF.

**Dawka energii:** Istnieją niespójne dane dotyczące optymalnej dawki energii dla rytmów do defibrylacji u dzieci. Przegląd ILCOR PLS 405 nie zidentyfikował wystarczających nowych dowodów, aby zmienić dotychczasowe zalecenia<sup>143</sup>. W przeglądzie systematycznym przeprowadzonym przez Mercier i wsp. ROCS

uzyskiwano często ( $\geq 85\%$ ), gdy używano energii w zakresie od 2 J/kg do 7 J/kg<sup>680</sup>. Idealna dawka energii pod względem bezpieczeństwa i skuteczności defibrylacji pozostaje nieznaną. Próg defibrylacji u dzieci różni się w zależności od masy ciała i wydaje się wyższy u niemowląt. Niedawne badanie oparte na rejestrach sugerowało lepsze wyniki w pediatrycznym wewnątrzszpitalnym zatrzymaniu krążenia z pierwotnym rytmem do defibrylacji, gdy stosowano dawkę pierwszego wyładowania około 2 J/kg<sup>681</sup>. W badaniu nie podano jednak wielu ważnych zmiennych, które mogły mieć wpływ na wynik, takich jak przyczyny odstępstw od protokołu, jakość i czas trwania RKO, czas bez przepływu czy liczba wyładowań. Badane populacje były również zbyt małe, aby wyciągnąć rzetelne wnioski.

Dawki wyższe niż 4 J/kg są skuteczne w defibrylacji u dzieci, nie powodując istotnych działań niepożądanych<sup>680</sup>. Badania na zwierzętach sugerują uszkodzenie mięśnia sercowego z późniejszym pogorszeniem jego funkcji przy dawkach powyżej 10 J/kg. Dane i wytyczne dotyczące dorosłych sugerują pierwszą dawkę w wysokości 120–200 J (w zależności od rodzaju fali) wraz ze zwiększaniem dawki w przypadku opornego lub nawracającego VF. Wytyczne dla dorosłych sugerują również próbę defibrylacji w każdym VF, niezależnie od amplitudy, nawet jeśli zostanie ono ocenione jako „drobnofaliste” lub bliskie asystolii<sup>678</sup>.

Ze względu na brak dowodów oraz biorąc pod uwagę kwestie związane z wdrożeniem i edukacją, kontynuujemy zalecanie 4 J/kg jako standardowej dawki energii. Wydaje się rozsądne, aby nie stosować dawek większych niż zalecane dla dorosłych i rozważyć stopniowe zwiększanie dawek w przypadku opornego na leczenie VF/pVT (tj. braku odpowiedzi na wstępną defibrylację i leki przeciwaritmiczne)<sup>682</sup>. Niższa dawka energii dla pierwszego wyładowania (2 J/kg) może być rozsądną alternatywą dla pierwotnego rytmu do defibrylacji. Jeśli defibrylator manualny nie jest dostępny, należy użyć AED, które umożliwią rozpoznanie rytmów do defibrylacji u dzieci.

**Moment ładowania** defibrylatora i oceny rytmu: u dorosłych nie jest jasne, czy lepsza jest natychmiastowa defibrylacja, czy krótki okres RKO przed defibrylacją<sup>683</sup>. Grupa Robocza ILCOR ds. BLS sugeruje krótki okres RKO, zanim defibrylator będzie gotowy do analizy i/lub defibrylacji w przypadku niemonitorowanego pacjenta z zatrzymaniem krążenia (słabe zalecenie, dowody o niskiej jakości)<sup>657</sup>. Sugeruje także natychmiastowe wznowienie ucisknięć klatki piersiowej po wyładowaniu (słabe zalecenie, bardzo niskiej jakości dowody). Jeżeli pojawiają się alternatywne, fizjologiczne dowody na ROSC, ucisknięcia klatki piersiowej można na krótko przerwać w celu analizy rytmu.

Odstęp między próbami defibrylacji ustalono na dwie minuty, zgodnie z *Wytycznymi ERC 2015*<sup>667</sup>. Zalecenie oparte jest na opinii ekspertów. Istnieją badania, które pokazują lepszy wynik leczenia, gdy druga próba wyładowania została wykonana wcześniej, ale nie są wystarczające, aby zmienić obecne wytyczne, zwłaszcza biorąc pod uwagę wpływ na edukację i wdrażanie wytycznych<sup>684,685</sup>.

### Zatrzymanie krążenia w przebiegu hipotermii

Standardowe procedury pediatrycznego ALS należy dostosować do stopnia hipotermii, w jakiej znajduje się poszkodowany. Po szczegóły odsyłamy do rozdziału wytycznych poświęconego sytuacjom szczególnym<sup>405</sup>. W tworzeniu wytycznych uwzględniono 2020 COSTR BLS dotyczący utonięcia<sup>657</sup>, a także jedne wytyczne<sup>686</sup>, cztery przeglądy systematyczne<sup>687-690</sup>, dwa przeglądy opisowe<sup>691,692</sup> i dwa badania obserwacyjne<sup>693,694</sup>.

Określenie szans na przeżycie z dobrym wynikiem neurologicznym u dzieci po zatrzymaniu krążenia w hipotermii jest trudne. Nie istnieje żaden pojedynczy parametr o wystarczającej mocy testu, umożliwiający rokowanie. Stwierdzenie „żadne dziecko nie może zostać uznane za zmarłe, dopóki jest ciepłe”, niekoniecznie odnosi się do dzieci, u których czas zanurzenia/zasypania był długi, które mają obrażenia śmiertelne, mają całkowicie zamrożone ciało lub u których niemożliwe jest udrożnienie dróg oddechowych. Niemniej żadna z tych sytuacji sama w sobie nie wystarcza, aby w 100% przewidywać zły wynik. Szczególnie w przypadku dzieci długo zanurzonych w lodowatej wodzie opisywano przeżycia. Co ważne, istniejące dowody sugerują znacznie gorsze rokowanie w przypadku dzieci, u których przed lub w trakcie zdarzenia doszło do asfiksji. Chociaż nie zawsze jest to łatwe do zweryfikowania w postępowaniu przedszpitalnym, należy wziąć pod uwagę mechanizm i okoliczności zdarzenia, a także pierwszą zmierzoną temperaturę centralną ciała ( $< 24^{\circ}\text{C}$  wskazuje na większe prawdopodobieństwo wystąpienia hipotermii jako przyczyny pierwotnej). Ponadto zespół powinien również uwzględnić potencjalne ryzyko dla ratowników, spodziewane zapotrzebowanie na zasoby oraz możliwość działania na niekorzyść poszkodowanego<sup>695</sup>.

Najlepiej, jeśli każde dziecko z ciężką hipotermią, które w ocenie personelu ma jakąkolwiek szansę na pomyślny wynik leczenia (niezależnie czy ma zatrzymanie krążenia, czy nie), zostanie jak najszybciej przetransportowane do ośrodka z możliwością wdrożenia pozaustrojowych technik podtrzymywania funkcji narządów lub krążenia pozaustrojowego u pacjentów pediatrycznych. U dzieci w hipotermii pilna sternotomia pośrodkowa wydaje się preferowaną techniką dostępu naczyniowego w tym celu. Jeżeli powyższe leczenie nie jest dostępne, alternatywą może być ciągła hemofiltracja żyłno-żylna lub płukanie otrzewnej, ale wydaje się, że wiążą się one z dużo mniej korzystnymi wynikami leczenia.

### FiO<sub>2</sub> podczas RKO

W dokumencie PLS 396 ILCOR COSTR 2020 nie zidentyfikowano wystarczających dowodów, aby zmienić zalecenie z 2005 stosowania 100% FiO<sub>2</sub><sup>143</sup>. Chociaż istnieje coraz więcej dowodów na szkodliwy wpływ hiperoksji na przeżycie krytycznie chorych dorosłych (w tym osób z ROSC po resuscytacji), brakuje jednak badań oceniających wpływ miareczkowania tlenu podczas RKO u pacjentów w każdym wieku. Nie wykazano wyraźnego związku między hiperoksją podczas RKO a zwiększoną śmiertelnością<sup>696</sup>.

### Zaawansowane udrożnienie dróg oddechowych podczas RKO

Biorąc pod uwagę dokument COSTR 2019 i dwa dodatkowe przeprowadzone ostatnio badania obserwacyjne<sup>697-699</sup>, w resuscytacji dzieci z pozaszpitalnym zatrzymaniem krążenia zalecamy standardową wentylację workiem samorozprężalnym z maską twarzą. Intubacja dotchawicza lub metoda nadgłośniowa mogą zostać wykonane po uzyskaniu ROSC. Ratownik kompetentny w udrożnianiu dróg oddechowych może rozważyć zaawansowane udrożnienie dróg oddechowych, jeżeli przewiduje konieczność prowadzenia RKO podczas transportu lub długotrwałą resuscytację. Pomimo braku dowodów, w celu zachowania spójności zaleceń podobne podejście zalecamy w przypadku resuscytacji w wa-

runkach szpitalnych. Jednak w przypadku wewnątrzszpitalnego zatrzymania krążenia kompetentny specjalista może rozważyć wczesne zaawansowane udrożnienie dróg oddechowych.

### Strategia wentylacji podczas ALS

Poza związanym z tym tematem uaktualnieniem dowodów ILCOR 2020<sup>143</sup>, włączono cztery badania obserwacyjne i kilka artykułów z dowodami pośrednimi<sup>588,699-701</sup>.

Ogólnie ujmując, dowody przemawiające za „niższymi niż fizjologiczne” częstościami wentylacji są słabe i w istotnej części pochodzą z dowodów pośrednich. Wcześniejsze badania podkreślały potencjalną szkodliwość związaną z nadmierną wentylacją podczas RKO u dorosłych<sup>702,703</sup>, jednak częstości wentylacji wykorzystywane do zdefiniowania hiperwentylacji w badaniach i wytycznych dla dorosłych mogą nie mieć zastosowania do dzieci.

Znaczenie wentylacji jako części algorytmu RKO u dzieci zostało omówione w RR 19.4 i RR 20. Ponadto jedno badanie obserwacyjne – chociaż obejmujące tylko 47 pacjentów – sugeruje, że niskie częstości wentylacji mogą wiązać się z mniej korzystnymi wynikami leczenia, zwłaszcza u dzieci z bradykardią i złą perfuzją<sup>567</sup>. W jednym badaniu pediatrycznym na modelach zwierzęcych nie stwierdzono różnic w częstości ROSC dla częstości wentylacji 10, 20 i 30/min, ale najwyższy odsetek osiągnięto przy wyższych poziomach PaO<sub>2</sub><sup>700</sup>. Praca ta przyniosła obawy, że niższe wartości PaCO<sub>2</sub> mogą powodować zmniejszone dostarczanie tlenu do mózgu, ponieważ zaobserwowano tendencję do niższych wartości w pomiarach spektroskopii w bliskiej podczerwieni (*Near InfraRed Spectroscopy* – NIRS) w grupie pacjentów wentylowanych z częstością 30 oddechów na minutę. Z patofizjologicznego punktu widzenia istnieje obawa, że wentylacja dodatnimi ciśnieniami może zmniejszać bierny powrót żylny do klatki piersiowej w wyniku zwiększonego ciśnienia w klatce piersiowej i/lub niezamierzonego PEEP. Jednak nie wiadomo przy jakich częstościach wentylacji dla danego wieku mogłoby to stanowić problem u dzieci. Niedawna praca wykorzystująca świński model asfiksji u niemowląt z zatrzymaniem krążenia wykazała, że wentylacja kontrolowana ciśnieniem z częstością 20/minutę przy FIO<sub>2</sub> 1,0 zapewniała odpowiednie utlenowanie i przywracała normokapnię<sup>704</sup>.

Biorąc pod uwagę powyższe, a także kwestie związane z nauczaniem i wdrażaniem wytycznych, zalecamy stosowanie objętości minutowych zbliżonych do tych używanych do wentylacji każdego krytycznie chorego dziecka.

Nie ma badań dotyczących optymalnej strategii wentylacji u dzieci. Dowody pochodzą z badań na zwierzętach, badań symulacyjnych na manekinach i ankiet. Badania na zwierzętach wykorzystywały głównie świński model zatrzymania krążenia w mechanizmie migotania komór, a więc nie obejmowały swoim zakresem patofizjologii asfiksji obecnej w pediatrycznej resuscytacji. Jedno badanie na modelu zatrzymania krążenia w VF wykazało, że utlenowanie bez wentylacji (*apnoeic oxygenation*) przyniosło podobne wyniki w zakresie utrzymywania utlenowania krwi jak wentylacja dodatnim ciśnieniem za pomocą respiratora<sup>705</sup>. W innym badaniu oceniającym wpływ ustawień respiratora na gazometrię krwi i ciśnienie perfuzji wieńcowej podczas RKO wykazano, że podczas resuscytacji należy dezaktywować tryb wyzwiania urządzenia<sup>706</sup>. W trzech badaniach z udziałem pacjentów dorosłych przeanalizowano tryby wentylacji zsynchronizowanej z uciskaniem klatki piersiowej i stwierdzono, że zapewniają one

korzyści podczas RKO, ale nie jest jasne, w jaki sposób mogłoby się to przełożyć na postępowanie u dzieci<sup>707-709</sup>. Bardziej powiązane z resuscytacją pediatryczną jest badanie u nowo narodzonych prosiąt, które wykazało, że zarówno użycie worka samorozprężalnego, resuscytatora z układem T, jak i wentylacji mechanicznej miało podobny wpływ na wymianę gazową<sup>710</sup>. Ta sama grupa badaczy zwróciła uwagę na przeciek wokół rurki intubacyjnej (bez mankieta) podczas RKO, który wzrastał wraz ze wzrostem PEEP<sup>711</sup>. Różne badania na manekinach wykazały, że korzystanie z urządzeń do wentylacji podczas RKO u dorosłych uwalnia ręce ratownika do wykonywania innych niezbędnych czynności<sup>712-714</sup>.

Brakuje danych dostarczających informacji o korzystaniu z PEEP. Wiadomo, że podczas RKO dochodzi do zapadania się dróg oddechowych wewnątrz klatki piersiowej i że zastosowanie PEEP może potencjalnie odwracać to zjawisko<sup>715</sup>. Istnieje jednak również obawa, że PEEP może podnosić ciśnienie wewnątrz klatki piersiowej i utrudniać powrót żylny podczas uciśnięć klatki. Niska wartość PEEP prawdopodobnie zmniejszy utlenowanie u dzieci, które wymagały wysokiego PEEP jeszcze przed zatrzymaniem krążenia.

Kończącą kwestią może być brak potrzeby wykonywania pięciu wstępnych oddechów ratowniczych u dzieci, które były wentylowane przed zatrzymaniem krążenia. Przed podjęciem decyzji o pominięciu pierwszych oddechów ratowniczych personel powinien sprawdzić, czy wentylacja przed zatrzymaniem krążenia była odpowiednia i na przykład sama w sobie nie była przyczyną zatrzymania krążenia.

### Adrenalina podczas ALS

W niniejszym skróconym przeglądzie uwzględniono dokument PLS 1541 COSTR 2020<sup>143</sup>, a także kilka innych dodatkowych nierandomizowanych badań kontrolnych<sup>716-726</sup>. Krótszy czas do pierwszego podania adrenaliny wiąże się z korzystniejszymi wynikami u dzieci zarówno w przypadku poza-, jak wewnątrzszpitalnych zatrzymań krążenia, przy czym najkorzystniej jest, gdy czas do pierwszej dawki adrenaliny wynosi mniej niż trzy minuty. Nie można było przeprowadzić analizy podgrup pacjentów z zatrzymaniem krążenia w rytmach do defibrylacji i nie do defibrylacji. Zastosowanie wartości odcięcia wynoszącej pięć minut dla przerw pomiędzy dawkami adrenaliny w pediatrycznym zatrzymaniu krążenia w warunkach szpitalnych wykazało korzyści w zakresie ROSC, przeżycia do wypisu ze szpitala i przeżycia 12-miesięcznego. Natomiast gdy przedział odcięcia ustalono na trzy minuty, częstsze podawanie adrenaliny działało niekorzystnie na 12-miesięczne przeżycie.

Podobnie jak w przypadku danych u dorosłych, czas do podania pierwszej dawki adrenaliny w zatrzymaniu krążenia w przebiegu urazów wydaje się mieć różne skutki: krótszy czas (<15 min) do podania pierwszej dawki w porównaniu z dłuższym czasem wiązał się ze znacznie częstszym ROSC, ale nie z poprawą przeżycia do wypisu ze szpitala lub z lepszym wynikiem neurologicznym. Ponadto wczesne podanie adrenaliny było czynnikiem ryzyka zgonu w podgrupie pacjentów ze wstrząsem krwotocznym.

Zgodnie z dokumentem PLS 1541 COSTR w rytmach nie do defibrylacji zalecamy podanie pierwszej dawki adrenaliny jak najszybciej od zatrzymania krążenia, jeśli to możliwe – w czasie pierwszych trzech minut. Biorąc pod uwagę brak dowodów dotyczących odstępów między dawkami, nadal zalecamy odstęp 3–5 minut. Należy unikać przerw krótszych niż trzy minuty pomiędzy dawkami. W przypadku urazu mniejszy nacisk położono na wczesne podanie



adrenaliny i zaleca się, aby ratownicy najpierw rozważyli leczenie odwracalnych przyczyn. Zgodnie z wytycznymi pediatrycznymi 2015 w rytmach do defibrylacji zalecamy podanie pierwszej dawki adrenaliny po trzecim wyładowaniu (około 4–5 minut po rozpoczęciu RKO)<sup>667</sup>. Chociaż jest to rzadka choroba, należy unikać adrenaliny w katecholaminergicznym polimorficznym VT, ponieważ powoduje to nasilenie arytmii i pogorszenie wyników leczenia<sup>727</sup>.

Na koniec warto dodać, że wszystkie inne leki wazoaktywne (takie jak wazopresyna, terlipresyna, milrinon lub noradrenalina) były stosowane w zatrzymaniu krążenia zarówno w badaniach, jak i w praktyce klinicznej. Dowody przemawiające za lub przeciw ich stosowaniu pozostają bardzo słabe i obecnie zalecamy ich użycie jedynie w ramach prowadzenia badań naukowych.

### Amiodaron lub lidokaina podczas ALS

Temat ten został omówiony w dokumencie PLS 825 ILCOR COSTR 2018 i opublikowany w aktualizacji wytycznych ERC 2018<sup>728</sup>. Zalecenia z 2015 roku dotyczące stosowania amiodaronu lub lidokainy pozostały niezmienione. W leczeniu opornego na defibrylację VF/pVT u dzieci można stosować amiodaron lub lidokainę. Ratownik powinien stosować znany mu lek. Niedawne retrospektywne porównawcze badanie kohortowe (GWTG-R) nie wykazało żadnej różnicy w wynikach leczenia dla żadnego z tych leków<sup>729</sup>.

### Atropina podczas ALS

Nie zidentyfikowano żadnych odpowiednich badań u dzieci lub opublikowanych w ostatnim czasie pośrednich dowodów wspierających stosowanie atropiny u dzieci z zatrzymaniem krążenia. W przypadku innych wskazań i dawkowania odsyłamy do odpowiedniego przeglądu.

### Magnez

Nie zidentyfikowano żadnych odpowiednich badań u dzieci lub opublikowanych w ostatnim czasie pośrednich dowodów sugerujących zmianę w *Wytycznych ERC 2015*, które nie zalecały rutynowego podawania magnezu w zatrzymaniu krążenia<sup>667</sup>. Leczenie z użyciem magnezu jest wskazane u dzieci z udokumentowaną hipomagnezemią lub z częstoskurczem komorowym typu *tor-sade de pointes* niezależnie od przyczyny.

### Wapń

Zidentyfikowano dwa badania obserwacyjne<sup>730,731</sup>, które nie dały powodu do zmiany zaleceń wydanych w 2010: *nie zaleca się rutynowego stosowania wapnia u niemowląt i dzieci z zatrzymaniem krążenia w przypadku niewystępowania hipokalcemii, przedawkowania blokerów kanału wapniowego, hipermagnezemii lub hiperkaliemii*<sup>143</sup>.

### Wodorowęglan sodu

Od 2010 opublikowano jeden przegląd opisowy<sup>732</sup> i dziewięć badań obserwacyjnych opisujących związek pomiędzy podawaniem wodorowęglanu sodu (lub trometanolu – THAM) a wynikami leczenia zatrzymania krążenia u dzieci<sup>14,730,733-738</sup>. Chociaż analiza wyników tych

badania może być zakłócona przez związek podania wodorowęglanu sodu z dłuższym czasem trwania RKO, żadne nie dostarcza dowodów na zmianę zalecenia, aby wodorowęglanu nie podawać rutynowo u dzieci z zatrzymaniem krążenia.

Poprzednie wytyczne zalecały rozważenie wodorowęglanu w przypadkach przedłużającej się resuscytacji, ciężkiej kwasicy metabolicznej, niestabilności hemodynamicznej, współistniejącej hiperkaliemii i przedawkowania trójpierścieniowych leków przeciwdepresyjnych. Nie znaleziono jednak żadnych dowodów na poparcie stosowania wodorowęglanu sodu w przypadku przedłużającego się zatrzymania krążenia poza dwoma ostatnimi wskazaniami.

### Parametry w trakcie zatrzymania krążenia mające wpływ na RKO

Zalecenia oparto głównie na powiązaniem z tym tematem przeglądzie literatury PLS ILCOR 2020<sup>143</sup>. Biorąc pod uwagę ograniczone dowody, w przeglądzie uwzględniono również dane z badań z udziałem pacjentów dorosłych i na zwierzętach, pamiętając o ich bardzo pośrednim charakterze.

#### ETCO<sub>2</sub>

Przegląd literatury PLS ILCOR 2020 zidentyfikował dwa badania obserwacyjne<sup>739,740</sup>. Uważa się, że ETCO<sub>2</sub> ma związek z rzutem serca i perfuzją. Jednak w jednym badaniu nie wykazano jego związku z rozkurczowym ciśnieniem krwi ani z żadnym z góry określonym wynikiem końcowym<sup>739</sup>. Może to wynikać z tego, że na ETCO<sub>2</sub> wpływa również objętość minutowa i stosunek wentylacji do perfuzji. Badanie to miało charakter wyłącznie opisowy, prowadzone było w bardzo wybranej populacji pacjentów i w żadnym momencie nie oceniało wyników leczenia po RKO opartej o wartości ETCO<sub>2</sub>.

Jakość dostępnych dowodów z badań u dzieci jest zbyt mała, aby formułować jakiegokolwiek zalecenie za lub przeciw stosowaniu ETCO<sub>2</sub> do kierowania działaniami resuscytacyjnymi u dzieci z zatrzymaniem krążenia. Mówiąc dokładniej, nie ma pojedynczej wartości ETCO<sub>2</sub>, której można by użyć jako wskaźnika do zakończenia RKO, ani pojedynczej wartości, której można by użyć jako celu podczas prowadzenia RKO lub wskaźnika do kontynuowania lub zaprzestania resuscytacji.

#### Ciężenie krwi

W przeglądzie literatury PLS ILCOR 2020 zidentyfikowano trzy badania obserwacyjne<sup>735,741,742</sup>. Odpowiednia perfuzja mięśnia sercowego i tkanki mózgowej ma fundamentalne znaczenie dla wyniku, a (rozkurczowe) ciśnienie krwi mogłoby być przydatne jako klinicznie mierzalny zamiennik tego celu. Dostępne obecnie dowody cechuje bardzo mała jakość ze względu na projekt badań, wielkość próby i błąd selekcji, ale sugerują możliwy związek między rozkurczowym ciśnieniem krwi a wynikami leczenia u dzieci. Badaniom poddano tylko przypadki wewnątrzszpitalnych zatrzymań krążenia ze względu na konieczność inwazyjnego monitorowania ciśnienia tętniczego. Chociaż w jednym badaniu określono optymalne wartości progów krzywej oceny jakości klasyfikatora (*Receiver Operating Characteristic* – ROC) dla działania testu oraz progi, poniżej których żadne dziecko nie przeżyło<sup>742</sup>, to dowody są zbyt ograniczone, aby uznać rozkurczowe ciśnienie tętnicze samo w sobie za wystarczające do stwierdzenia bezcelowości RKO lub do przewidzenia korzystnego wyniku. Jakość dostęp-

nych danych naukowych jest zbyt mała, aby sformułować jakiegokolwiek zalecenie za lub przeciw stosowaniu rozkurczowego ciśnienia krwi do kierowania działaniami resuscytacyjnymi u dzieci z zatrzymaniem krążenia. Jednak w przypadku dzieci z wewnątrzszpitalnym zatrzymaniem krążenia, u których linia tętnicza jest już założona, i w warunkach, które pozwalają na właściwe wprowadzenie tej techniki, można rozważyć prowadzenie RKO w oparciu o parametry hemodynamiczne.

### Ultrasonografia przy łóżku pacjenta (POCUS)

W przeglądzie PLS 814 ILCOR 2020 Grupa Robocza ostrzegła przed szybkim wdrożeniem POCUS do praktyki pediatrycznej bez wystarczających dowodów, pomimo jego dużego potencjału i powszechnej akceptacji. Pozyskiwanie i interpretacja obrazów u dzieci jest bardziej złożona, szczególnie u dzieci z chorobą serca obecną jeszcze przed zatrzymaniem krążenia. Ponadto technika ta wiąże się ze znacznymi kosztami materiałów i szkoleń, które mogą być istotne w systemach o niskich zasobach. Sugerujemy stosowanie POCUS przez kompetentny personel dla zidentyfikowania odwracalnych przyczyn zatrzymania krążenia (4H4T), jeśli jest to możliwe. POCUS może również odgrywać rolę w rozpoznawaniu obecności perfuzji, ale aktualnie takie wykorzystanie POCUS powinno znajdować zastosowanie wyłącznie w ramach prowadzenia badań naukowych. Aktualnie POCUS nie powinna być używana do prognozowania wyników leczenia.

### Spektroskopia bliskiej podczerwieni (Near-Infrared Spectroscopy – NIRS)

W związany z tym tematem dokumencie PLS ILCOR 2020 zidentyfikowano dwa małe badania obserwacyjne<sup>743,744</sup>. Więcej badań opisuje użycie tej techniki u dorosłych, ale jakość dowodów nadal jest mała (domniemanie o bardzo pośrednim charakterze dowodów). Obecnie nie ma zgody co do progowej wartości regionalnej saturacji mózgowej tlenem ( $rSO_2$ ), którą można by wykorzystać jako wskaźnik daremności, ani też nie ma pojedynczej wartości  $rSO_2$ , którą można by wykorzystać jako cel podczas RKO lub argument za tym, aby kontynuować RKO. Badania u dorosłych sugerują, że trend  $rSO_2$  jest najbardziej użytecznym wskaźnikiem prognostycznym, chociaż nie zostało to jeszcze potwierdzone ani u dorosłych, ani u dzieci.

### Mleczany czy potas

Zidentyfikowano dwa przeglądy systematyczne<sup>687,688</sup>, jedno wytyczne<sup>686</sup> i siedem badań nierandomizowanych<sup>694,745-750</sup>.

Pomiar stężenia potasu w trakcie zatrzymania krążenia jest wskazany, aby wykluczyć hiperkaliemię jako potencjalną odwracalną przyczynę zatrzymania krążenia. Nie ma jednak wystarczających dowodów, aby sformułować zalecenie dotyczące użycia stężenia potasu jako czynnika prognostycznego w zatrzymaniu krążenia u dzieci. Nawet ekstremalnie ciężka hiperkaliemia nie powinna powstrzymać od RKO i ECLS u dzieci. Podwyższone stężenie mleczanów jest związane z gorszymi wynikami krótko- i długoterminowymi u dzieci krytycznie chorych, dzieci z wewnątrzszpitalnym zatrzymaniem krążenia, a także dzieci leczonych z użyciem ECLS. Samo w sobie jednak nie umożliwia wczesnego prognozowania. Należy zauważyć, że wartości stężenia mleczanów uzyskane podczas zatrzymania krążenia z próbek pobranych z dostępu doszypikowego mogą być wyższe niż te pobrane z tętnicy i żyły (dowody tylko z badań na zwierzętach).

## Odwracalne przyczyny zatrzymania krążenia u dzieci: 4H4T

W przypadku większości tematów odnosimy się do odpowiedniego przeglądu w tym dokumencie. W tym akapicie zwracamy uwagę na potencjalną „odwracalność” i/lub sposoby leczenia niektórych patologii. W tym celu zidentyfikowano dwie wytyczne<sup>677,751</sup>, jeden przegląd systematyczny<sup>752</sup>, osiem badań obserwacyjnych i kilka artykułów uzupełniających<sup>485-487,738,753-756</sup>.

Chociaż mogą istnieć inne przyczyny zatrzymania krążenia, które można by uznać za odwracalne – niektóre źródła proponują 5 H i T lub nawet 6 H i T – wolimy zachować mnemotechniczny skrót „4H4T” zarówno ze względu na spójność z wytycznymi dla dorosłych, jak i w celu ułatwienia nauczania<sup>678</sup>. Do odwracalnych przyczyn dodano hipertermię i hipoglikemię i usunięto kwasicy. Szczególne okoliczności, takie jak zabieg kardiochirurgiczny, neurochirurgiczny, uraz, posocznica i nadciśnienie płucne, wymagają szczególnego podejścia, a co ważniejsze, szersze zastosowanie metod eCPR zmienia koncepcję odwracalności przyczyny.

Placówki wykonujące operacje kardiochirurgiczne u dzieci powinny opracować specyficzne dla danego miejsca algorytmy postępowania w zatrzymaniu krążenia u dzieci po zabiegach kardiochirurgicznych. Jest wysoce prawdopodobne, że ta bardzo szczególna grupa pacjentów odniesie korzyści z innej sekwencji działań. Istnieją dwie najnowsze wytyczne, które mogą służyć jako przykład dla stworzenia takiego algorytmu, opracowane przez Towarzystwo Torakochirurgiczne (*Society of Thoracic Surgeons – STS*) Europejskie Towarzystwo Kardio-Torakochirurgii (*European Association for Cardio-Thoracic Surgery – EASTS*)<sup>677</sup>.

### Zatrzymanie krążenia u dziecka z posocznicą

Wzięliśmy pod uwagę jeden przegląd systematyczny<sup>757</sup> i 10 badań nierandomizowanych<sup>734,758-764</sup>. Ciężka posocznica i wstrząs septyczny są znanymi czynnikami ryzyka wystąpienia zatrzymania krążenia u dzieci. Wewnątrzszpitalne zatrzymanie krążenia związane z posocznicą ma złe rokowanie, a profilaktyka jest najważniejszym krokiem. W zapobieganiu wewnątrzszpitalnemu zatrzymaniu krążenia związanemu z sepsą można stosować różne strategie, w tym stosować ECMO w opornym wstrząsie septycznym. Na podstawie obecnie dostępnych dowodów nie można sformułować żadnych zaleceń dotyczących odstępstw od standardowego algorytmu PALS. Zdecydowanie zachęca się do wczesnego rozważenia i leczenia możliwych „przyczyn odwracalnych”. Wewnątrzszpitalne zatrzymanie krążenia występujące na krótko przed lub w trakcie kaniulacji do ECMO nie powinno wykluczać rozpoczęcia ECMO u dzieci z opornym na leczenie wstrząsem septycznym, ponieważ badania sugerują, że te dzieci mogą odnieść największe korzyści z ECLS. Stosowanie dużych przepływów (większych niż 150 ml/kg/min) może poprawić wyniki. Jeśli eCPR ma być terapią ratunkową w przypadku wewnątrzszpitalnego zatrzymania krążenia w przebiegu sepsy, zespół ECMO musi zostać aktywowany wcześniej po rozpoczęciu PALS, w oparciu o protokoły stworzone na potrzeby danej instytucji.

### Zatrzymanie krążenia w przebiegu urazu (Traumatic Cardiac Arrest – TCA)

Nasz skrócony przegląd zidentyfikował 2 wytyczne<sup>765,766</sup>, 10 przeglądów systematycznych<sup>767-776</sup>, 17 badań obserwacyjnych<sup>450,571,777-790</sup> i wiele artykułów z dowodami „pośrednimi”.

Pediatryczne TCA ma złe rokowanie. Dzieci z TCA, u których do zatrzymania krążenia doszło po przyjęciu na SOR, mają lepsze wyniki niż te, które doznały zatrzymania krążenia na miejscu zdarzenia. Strategie mające na celu usprawnienie wczesnej resuscytacji mogą potencjalnie zmienić wynik. W przypadku TCA u dzieci resuscytację należy rozpocząć, gdy nie ma oznak nieodwracalnej śmierci. U dzieci po urazie tęnym, u których RKO trwała dłużej niż 15 minut przed przybyciem na SOR (lub u których w opiece przedszpitalnej rozpoczęto zaawansowane techniki RKO) i u których stwierdza się brak reakcji źrenic na światło, przedłużanie próby resuscytacji prawdopodobnie nie przyniesie korzyści i można rozważyć jej zakończenie.

Nie ma wystarczających dowodów, aby zalecić lub odradzać jakąkolwiek określoną sekwencję działań w pediatrycznym TCA, niemniej wczesne leczenie niektórych odwracalnych przyczyn może skutkować większą częstością ROSC w opiece przedszpitalnej. Mając na uwadze powyższe oraz to, że w przypadku TCA u dzieci, u których stosuje się standardowe środki lecznicze, rokowanie jest złe, w opiece przedszpitalnej zalecamy niemal natychmiastowe wykonanie pakietu interwencji skupiających się w szczególności na leczeniu przyczyn odwracalnych. Uciśnięcia klatki piersiowej należy w miarę możliwości prowadzić jednocześnie z innymi interwencjami w zależności od liczby dostępnego personelu. Leczenie przyczyny odwracalnej, którą podejrzewa się na podstawie mechanizmu urazu, może poprzedzać podanie adrenaliny.

U dzieci i młodzieży z zatrzymaniem krążenia spowodowanym urazem penetrującym należy rozważyć przeprowadzenie torakotomii na oddziale ratunkowym niezależnie od tego, czy po przybyciu na SOR u pacjenta występowały oznaki życia czy nie, ponieważ takie postępowanie może poprawić przeżywalność wśród tych dzieci. Wysoce kompetentni specjaliści pracujący w ośrodkach, w których taka procedura została już wdrożona, mogą u tych dzieci rozważyć również wykonanie torakotomii w warunkach przedszpitalnych.

Aktualne dowody nie wskazują na korzyści (a nawet sugerują gorsze wyniki) torakotomii u dzieci po urazach tęnych i generalnie się jej nie zaleca. U indywidualnych pacjentów z urazami tęnymi wysoce kompetentni specjaliści mogą jednak – na podstawie dokładnej oceny – zidentyfikować wskazania do pilnej torakotomii. Dzieci z TCA najlepiej transportować bezpośrednio do dużych centrów urazowych przeznaczonych dla dzieci (lub zarówno dla dzieci, jak i dorosłych) w oparciu o miejscowy plan opieki nad pacjentami po urazach (konsensus ekspertów).

### Nadciśnienie płucne

Odnosimy się do uaktualnienia dowodów PLS 56 ILCOR 2020<sup>143</sup> i wysokiej jakości stanowiska naukowego Amerykańskiego Towarzystwa Kardiologicznego na temat RKO u dzieci z chorobami serca, a także do szczegółowych wytycznych dotyczących intensywnej opieki nad dziećmi z nadciśnieniem płucnym (*Pulmonary Hypertension* – PHT), wydanych przez Europejskie Stowarzyszenie Chorób Naczyń Płucnych u Dzieci (*European Pediatric Pulmonary Vascular Disease Network*)<sup>791,792</sup>. U dzieci z wewnątrzszpitalnym zatrzymaniem krążenia, u których wcześniej stwierdzono ryzyko wystąpienia nadciśnienia płucnego, należy rozważyć możliwość wystąpienia PHT<sup>793</sup>. W przypadku zatrzymania krążenia u dziecka z PHT uciśnięcia klatki piersiowej i leki resuscytacyjne mogą być nieskuteczne w generowaniu przepływu krwi przez tętnice płucne, zapewnianiu napełniania lewej komory i rzutu serca. Niezwykle

ważne jest poszukiwanie i leczenie możliwych odwracalnych przyczyn zwiększonego oporu naczyniowego płuc, w tym nieumyślnego przerwania podaży specyficznych leków na PHT, hiperkarbii, hipoksji, zaburzeń rytmu serca, tamponady serca lub toksycznego wpływu leków. Należy utrzymywać normokarbię i zapewnić odpowiednie utlenowanie. We wstępnym leczeniu przełomu nadciśnienia płucnego podczas podaży specyficznych leków rozszerzających łożysko płucne przydatne może być podawanie tlenu oraz wywołanie zasadowicy poprzez hiperwentylację lub podanie zasad. Nie ma wysokiej jakości dowodów na to, że podawanie zasad poprawia wyniki, a nadmierna wentylacja podczas resuscytacji może również być szkodliwa – wentylacja dodatkim ciśnieniem zmniejsza systemowy powrót żylny, wypełnienie prawej komory i rzut serca generowany podczas uciśnięć klatki piersiowej. Jeśli wysokiej jakości RKO jest nieskuteczna, pomimo zastosowania terapii specyficznej, w tym leków rozszerzających naczynia płucne, szybkie rozważenie ECLS może dać szansę na przeżycie albo stanowić postępowanie pomostowe do przeszczepu serca/płuc, albo umożliwić opanowanie czynnika przyczyniającego się do wystąpienia nadciśnienia płucnego.

### Pozaustrojowa RKO (*extracorporeal CPR* – **eCPR**)

Zgodnie z aktualizacją ILCOR COSTR 2019 dotyczącą stosowania eCPR u dzieci zalecamy rozważenie eCPR u dzieci z zatrzymaniem krążenia na oddziale ratunkowym lub w szpitalu, z odwracalną lub przypuszczalnie odwracalną przyczyną zatrzymania krążenia, kiedy konwencjonalne zabiegi resuscytacyjne nie prowadzą szybko do ROSC (słabe zalecenie, bardzo niskiej jakości dowody)<sup>697</sup>. Istotnym warunkiem wstępnym są uwarunkowania organizacyjne, tj. *silne zaangażowanie instytucji w utrzymanie systemu resuscytacji, który obejmuje eCPR i odpowiednie systemy poprawy jakości*. Aby dokonać realistycznego wyboru co do stosowania eCPR, systemy powinny również uwzględniać dowody dotyczące finansowej opłacalności procedury (zob. rozdział wytycznych dotyczący etyki)<sup>695</sup>. Biorąc pod uwagę duże zaangażowanie zasobów oraz fakt, że wynik leczenia jest związany z czasem, jaki upływa do momentu rozpoczęcia RKO, oraz jakością resuscytacji, wskazania do eCPR w pozaszpitalnym zatrzymaniu krążenia są bardzo ograniczone<sup>794-798</sup>.

### Postępowanie po ROSC

Dowody na wpływ charakterystyki ośrodka leczącego (lub szerzej – regionalnej organizacji opieki zdrowotnej) na wyniki leczenia dzieci z ROSC po poza- i wewnątrzszpitalnym zatrzymaniu krążenia są sprzeczne i trudne do interpretacji z powodu wielu zmiennych zakłócających<sup>129,799-801</sup>. Poszukiwania takiego związku powinny stać się priorytetem w badaniach. W oczekiwaniu na dalsze dowody preferowanym postępowaniem jest, aby dzieci, u których udało się przywrócić spontaniczne krążenie, kierowane były do placówki posiadającej niezbędne kompetencje i zasoby do właściwej opieki neuroprotektynowej po ROSC, leczenia wspomagającego narządy i/lub życie, kompleksowej oceny neurologicznej i wsparcia psychospołecznego<sup>802</sup>.

### Ciśnienie tętnicze

Grupa Robocza ILCOR do spraw resuscytacji dzieci przeprowadziła uaktualnienie dowodów (EvUp PLS 820) na temat monitorowa-

nia ciśnienia tętniczego krwi w okresie poresuscytacyjnym<sup>143</sup>. Autorzy zidentyfikowali pięć badań obserwacyjnych potwierdzających, że obniżenie ciśnienia tętniczego poniżej 5. centyla dla wieku po zatrzymaniu krążenia wiąże się z gorszymi wynikami<sup>803-807</sup>. W jednej pracy wykazano, że nadciśnienie bezpośrednio po zatrzymaniu krążenia wiąże się z poprawą przeżycia. Natomiast dzieci, które wymagają podawania wyższych dawek leków naczynioskurczowych, mają niższy wskaźnik przeżycia do wypisu ze szpitala.

### Utlonowanie i wentylacja

Grupa Robocza ILCOR do spraw PLS przeprowadziła skrócony przegląd danych na temat celów w prowadzeniu utlenowania i wentylacji po ROSC<sup>143</sup> i sugeruje, aby ratownicy mierzyli PaO<sub>2</sub> po ROSC i dążyli do wartości odpowiedniej dla indywidualnego pacjenta. W przypadku braku szczegółowych danych dotyczących pacjenta ratownicy powinni dążyć do uzyskania normoksemii po ROSC (słabe zalecenia, dowody o bardzo niskiej jakości). Po ROSC ratownicy powinni również mierzyć PaCO<sub>2</sub> i dążyć do uzyskania normokapnii (słabe zalecenia, dowody o bardzo niskiej jakości). Należy rozważyć dostosowanie docelowej wartości PaCO<sub>2</sub> w określonych populacjach, w których normokapnia może być niepożądana (np. przewlekła choroba płuc z przewlekłą hiperkapnią, fizjologia serca jednokomorowego). Nie jest jasne, czy strategia łagodnej permissywnej hiperkapnii może być korzystna u wentylowanych dzieci z niewydolnością oddechową.

### Postępowanie w oparciu o kontrolę temperatury docelowej

Zgodnie z aktualizacją ILCOR COSTR 2019 dotyczącą postępowania w oparciu o kontrolę temperatury docelowej (*Targeted Temperature Management* – TTM) u dzieci po ROSC<sup>997</sup> TTM powinno być stosowane u dzieci, u których osiągnięto ROSC. Chociaż niższe wartości docelowe temperatury dla TTM (np. 34°C) mogą przynieść potencjalne korzyści, ich zastosowanie wymaga odpowiednich systemów intensywnej opieki pediatrycznej ukierunkowanych na neuroprotekcję i tylko w takich placówkach powinny być wdrażane. To, czy określone wartości docelowe temperatury są bardziej odpowiednie dla pewnych podgrup, nie jest poparte dowodami naukowymi, a zatem ich ustalenie pozostaje w gestii zespołu prowadzącego. Dotyczy to również czasu trwania TTM (od 24 do 72 godzin).

### Prognozowanie

W uaktualnieniu dowodów ILCOR 2020 oceniono rolę EEG w prognozowaniu wyniku neurologicznego<sup>143</sup>. Chociaż czynność podstawowa EEG wydaje się związana z wynikiem neurologicznym, autorzy podsumowali, że ani obecność, ani brak jakiegokolwiek pojedynczego czynnika nie przewidyje z dużą dokładnością przeżycia lub przeżycia z korzystnym wynikiem neurologicznym. Markery biologiczne mierzone w ciągu pierwszych 24 godzin, takie jak podwyższony poziom mleczanu we krwi, pH krwi lub nadmiar zasad, mogą stanowić taki wskaźnik, ale wartości odcięcia pozostają nieznanne. W przyszłości mogą być obiecujące obrazowanie neurologiczne przy użyciu TK, EEG lub badanie poziomu markerów biologicznych.

### Konflikt interesów

FH deklaruje otrzymywanie honorarium od firmy Zoll za wygłoszenie wykładów. IM deklaruje pełnienie funkcji redaktora współpracującego z czasopiśmie *BMJ Open Paediatrics*.

### Podziękowania

Dziękujemy Alexander Moylan z Imperial College London w Wielkiej Brytanii za pomoc w przygotowaniu niektórych arkuszy dowodowych, a także Nele Pauwels, specjalistce ds. informacji z Uniwersytetu w Gandawie w Belgii, za wsparcie w opracowaniu niezbędnych strategii wyszukiwania.

Dziękujemy również Sophie Skellett z Great Ormond Street Hospital w Londynie za jej krytyczną recenzję i sugestie dotyczącej prawie ostatecznej wersji dokumentu.

### Załącznik A. Dane uzupełniające

Dane uzupełniające dla tego artykułu dostępne są w wersji online <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2021.02.015>.

### Piśmiennictwo

- Soreide E, Morrison L, Hillman K, et al. The formula for survival in resuscitation. *Resuscitation* 2013;84:1487-93, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2013.07.020>.
- Brouwers MC, Kho ME, Browman GP, et al. AGREE II: advancing guideline development, reporting and evaluation in health care. *J Clin Epidemiol* 2010;63:1308-11, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclinepi.2010.07.001>.
- Shea BJ, Hamel C, Wells GA, et al. AMSTAR is a reliable and valid measurement tool to assess the methodological quality of systematic reviews. *J Clin Epidemiol* 2009;62:1013-20.
- Perkins GD, Olasveengen TM, Maconochie I, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation: 2017 update. *Resuscitation* 2018;123:43-50, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2017.12.007>.
- Perkins GD, Graesner JT, Semeraro F, et al. European Resuscitation Council Guidelines 2021 executive summary. *Resuscitation* 2021;161:1-60.
- Edwards-Jackson N, North K, Chieme M, et al. Outcomes of in-hospital paediatric cardiac arrest from a tertiary hospital in a low-income African country. *Paediatr Int Child Health* 2020;40:11-5, doi: <http://dx.doi.org/10.1080/20469047.2019.1570443>.
- Nolan JP, Monsieurs KG, Bossaert L, et al. European Resuscitation Council COVID-19 guidelines executive summary. *Resuscitation* 2020;153:45-55, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.06.001>.
- Shen J, Sun J, Zhao D, et al. Characteristics of nosocomial infections in children screened for SARS-CoV-2 infection in China. *Med Sci Monit* 2020;26:e928835, doi:<http://dx.doi.org/10.12659/MSM.928835>.
- Ludvigsson JF. Systematic review of COVID-19 in children shows milder cases and a better prognosis than adults. *Acta Paediatr* 2020;109:1088-95, doi:<http://dx.doi.org/10.1111/apa.15270>.
- Dong Y, Mo X, Hu Y, et al. Epidemiology of COVID-19 among children in China. *Pediatrics* 2020;145, doi:<http://dx.doi.org/10.1542/peds.2020-0702>.
- Rauf A, Abu-Izneid T, Olatunde A, et al. COVID-19 pandemic: epidemiology, etiology, conventional and non-conventional therapies. *Int J Environ Res Public Health* 2020;17, doi:<http://dx.doi.org/10.3390/ijerph17218155>.
- Chao JY, Derespina KR, Herold BC, et al. 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* 2020;223:e2.14-19, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2020.05.006>.
- Garcia-Salido A, Leoz-Gordillo I, Martinez de Azagra-Garde A, et al. Children in critical care due to severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 infection: experience in a Spanish Hospital. *Pediatr Crit Care Med* 2020;21:e57680, doi:<http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000002475>.
- Nehme Z, Namachivayam S, Forrest A, Butt W, Bernard S, Smith K. Trends in the incidence and outcome of paediatric out-of-hospital cardiac arrest: a 17-year observational study. *Resuscitation* 2018;128:43-50, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2018.04.030>.
- Phillips RS, Scott B, Carter SJ, et al. Systematic review and meta-analysis of outcomes after cardiopulmonary arrest in childhood. *PLOS ONE* 2015;10:e0130327, doi:<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0130327>.
- Gerein RB, Osmond MH, Stiell IG, Nesbitt LP, Burns S. What are the etiology and epidemiology of out-of-hospital pediatric cardiopulmonary arrest in Ontario, Canada? *Acad Emerg Med* 2006;13:653-8 ([http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list\\_uids=16670256](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=16670256)).
- Lee J, Yang WC, Lee EP, et al. Clinical survey and predictors of outcomes of pediatric out-of-hospital cardiac arrest admitted to the emergency department. *Sci Rep* 2019;9:7032, doi:<http://dx.doi.org/10.1038/s41598-019-43020-0>.
- Goto Y, Funada A, Goto Y. Duration of prehospital cardiopulmonary resuscitation and favorable neurological outcomes for pediatric out-of-hospital cardiac ar-

- rests: a nationwide, population-based cohort study. *Circulation* 2016;134:2046-59, doi:http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.116.023821.
19. Matsui S, Sobue T, Irisawa T, et al. Poor long-term survival of out-of-hospital cardiac arrest in children. *Int Heart J* 2020;61:254-62, doi: http://dx.doi.org/10.1536/ihj.19-574.
  20. Okubo M, Chan HK, Callaway CW, Mann NC, Wang HE. Characteristics of paediatric out-of-hospital cardiac arrest in the United States. *Resuscitation* 2020;153:227-33, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.04.023.
  21. Holmberg MJ, Ross CE, Fitzmaurice GM, et al. Annual incidence of adult and pediatric in-hospital cardiac arrest in the United States. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes* 2019;12:e005580 (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31545574).
  22. Skellett S, Orzechowska I, Thomas K, Fortune PM. The landscape of paediatric in-hospital cardiac arrest in the United Kingdom National Cardiac Arrest Audit. *Resuscitation* 2020;155:165-71, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.07.026.
  23. Booth A, Moylan A, Hodgson J, et al. Resuscitation registers: how many active registers are there and how many collect data on paediatric cardiac arrests? *Resuscitation* 2018;129:70-5, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2018.03.029.
  24. Hamid MA, Chandna A, Siddiqui S, Fayyaz J. Pulse oximetry: a reliable and cost effective screening tool in children with pneumonia for developing countries. *J Pak Med Assoc* 2016;66:1015-8 (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27524539).
  25. Bamber AR, Mifsud W, Wolfe I, et al. Potentially preventable infant and child deaths identified at autopsy; findings and implications. *Forensic Sci Med Pathol* 2015;11:35864, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s12024-015-9681-9.
  26. Hansmann A, Morrow BM, Lang HJ. Review of supplemental oxygen and respiratory support for paediatric emergency care in sub-Saharan Africa. *Afr J Emerg Med* 2017;7:S10-9, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.afjem.2017.10.001.
  27. Mendelson J. Emergency department management of pediatric shock. *Emerg Med Clin North Am* 2018;36:427-40, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.emc.2017.12.010.
  28. Davis AL, Carcillo JA, Aneja RK, et al. American college of critical care medicine clinical practice parameters for hemodynamic support of pediatric and neonatal septic shock. *Crit Care Med* 2017;45:1061-93, doi:http://dx.doi.org/10.1097/CCM.0000000000002425.
  29. Rambaud-Althaus C, Althaus F, Genton B, D'Acremont V. Clinical features for diagnosis of pneumonia in children younger than 5 years: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Infect Dis* 2015;15:439-50, doi:http://dx.doi.org/10.1016/S1473-3099(15)70017-4.
  30. Popyo N, English M. What clinical signs best identify severe illness in young infants aged 0-59 days in developing countries? A systematic review. *Arch Dis Child* 2011;96:1052-9, doi:http://dx.doi.org/10.1136/adc.2010.186049.
  31. Acker SN, Ross JT, Patrick DA, Tong S, Bensard DD. Pediatric specific shock index accurately identifies severely injured children. *J Pediatr Surg* 2015;50:331-4, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2014.08.009.
  32. Rousseaux J, Grandbastien B, Dorkenoo A, Lampin ME, Leteurtre S, Leclerc F. Prognostic value of shock index in children with septic shock. *Pediatr Emerg Care* 2013;29:1055-9, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PEC.0b013e3182a5c99c.
  33. Strutt J, Flood A, Kharbanda AB. Shock index as a predictor of morbidity and mortality in pediatric trauma patients. *Pediatr Emerg Care* 2019;35:132-7, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PEC.0000000000001733.
  34. Shah S, Kaul A, Jadhav Y, Shiwarkar G. Clinical outcome of severe sepsis and septic shock in critically ill children. *Trop Doct* 2020;50:186-90, doi:http://dx.doi.org/10.1177/0049475520914831.
  35. G.K.F S, Wong HC, Ganapathy S, Ong GY. Oximetry-detected pulsus paradoxus predicts for severity in paediatric asthma. *Arch Dis Child* 2020;105:533-8, doi:http://dx.doi.org/10.1136/archdischild-2019-318043.
  36. Fleming S, Gill P, Jones C, et al. The diagnostic value of capillary refill time for detecting serious illness in children: a systematic review and meta-analysis. *PLOS ONE* 2015;10:e0138155, doi:http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0138155.
  37. Scott HF, Deakynne SJ, Woods JM, Bajaj L. The prevalence and diagnostic utility of systemic inflammatory response syndrome vital signs in a pediatric emergency department. *Acad Emerg Med* 2015;22:3819, doi:http://dx.doi.org/10.1111/acem.12610.
  38. Brissaud O, Botte A, Cambonie G, et al. Experts' recommendations for the management of cardiogenic shock in children. *Ann Intensive Care* 2016;6:14, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s13613-016-0111-2.
  39. Paul R. Recognition, diagnostics, and management of pediatric severe sepsis and septic shock in the emergency department. *Pediatr Clin North Am* 2018;65:1107-18, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.pcl.2018.07.012.
  40. Blacklock C, Mayon-White R, Coad N, Thompson M. Which symptoms and clinical features correctly identify serious respiratory infection in children attending a paediatric assessment unit? *Arch Dis Child* 2011;96:708-14, doi:http://dx.doi.org/10.1136/adc.2010.206243.
  41. Daw WJ, Kingshott RN, Elphick HE. Poor inter-observer agreement in the measurement of respiratory rate in children: a prospective observational study. *BMJ Paediatr Open* 2017;1:e000173, doi:http://dx.doi.org/10.1136/bmpjo-2017-000173.
  42. Wang EE, Law BJ, Stephens D, et al. Study of interobserver reliability in clinical assessment of RSV lower respiratory illness: a Pediatric Investigators Collaborative Network for Infections in Canada (PICNIC) study. *Pediatr Pulmonol* 1996;22:23-7, doi:http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1099-0496(199607)22:1<23::AID-PPUL4>3.0.CO;2-L.
  43. Kemper KJ, Benson MS, Bishop MJ. Interobserver variability in assessing pediatric postextubation stridor. *Clin Pediatr (Phila)* 1992;31:405-8, doi:http://dx.doi.org/10.1177/000992289203100705.
  44. de Groot MG, de Neef M, Otten MH, van Woensel JBM, Bem RA. Interobserver agreement on clinical judgment of work of breathing in spontaneously breathing children in the pediatric intensive care unit. *J Pediatr Intensive Care* 2020;9:34-9, doi:http://dx.doi.org/10.1055/s-0039-1697679.
  45. Balamuth F, Alpern ER, Grundmeier RW, et al. Comparison of two sepsis recognition methods in a pediatric emergency department. *Acad Emerg Med* 2015;22:1298-306, doi:http://dx.doi.org/10.1111/acem.12814.
  46. Despina LA. Automated detection of sepsis using electronic medical record data: a systematic review. *J Healthc Qual* 2017;39:322-33, doi:http://dx.doi.org/10.1097/JHQ.0000000000000066.
  47. Potes C, Conroy B, Xu-Wilson M, Newth C, Inwald D, Frassica J. A clinical prediction model to identify patients at high risk of hemodynamic instability in the pediatric intensive care unit. *Crit Care* 2017;21:282, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s13054-017-1874-z.
  48. Weiss SL, Peters MJ, Alhazzani W, et al. Surviving sepsis campaign international guidelines for the management of septic shock and sepsis-associated organ dysfunction in children. *Pediatr Crit Care Med* 2020;21:e52-106, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000002198.
  49. Fernandez A, Benito J, Mintegi S. Is this child sick? Usefulness of the Pediatric Assessment Triangle in emergency settings. *J Pediatr* 2017;93:60-7, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2017.07.002.
  50. Horeczko T, Enriquez B, McGrath NE, Gausche-Hill M, Lewis RJ. The Pediatric Assessment Triangle: accuracy of its application by nurses in the triage of children. *J Emerg Nurs* 2013;39:182-9, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jen.2011.12.020.
  51. Gausche-Hill M, Eckstein M, Horeczko T, et al. Paramedics accurately apply the pediatric assessment triangle to drive management. *Prehosp Emerg Care* 2014;18:520-30, doi:http://dx.doi.org/10.3109/10903127.2014.912706.
  52. Fernandez A, Ares MI, Garcia S, Martinez-Indart L, Mintegi S, Benito J. The validity of the pediatric assessment triangle as the first step in the triage process in a pediatric emergency department. *Pediatr Emerg Care* 2017;33:234-8, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PEC.0000000000000717.
  53. Fleming S, Thompson M, Stevens R, et al. Normal ranges of heart rate and respiratory rate in children from birth to 18 years of age: a systematic review of observational studies. *Lancet* 2011;377:1011-8, doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(10)62226-X.
  54. O'Leary F, Hayden A, Lockie F, Peat J. Defining normal ranges and centiles for heart and respiratory rates in infants and children: a cross-sectional study of patients attending an Australian tertiary hospital paediatric emergency department. *Arch Dis Child* 2015;100:733-7, doi:http://dx.doi.org/10.1136/archdischild-2014-307401.
  55. Sepanski RJ, Godambe SA, Zaritsky AL. Pediatric vital sign distribution derived from a multi-centered emergency department database. *Front Pediatr* 2018;6:66, doi:http://dx.doi.org/10.3389/fped.2018.00066.
  56. Nijman RG, Thompson M, van Veen M, Perera R, Moll HA, Oostenbrink R. Derivation and validation of age and temperature specific reference values and centile charts to predict lower respiratory tract infection in children with fever: prospective observational study. *BMJ* 2012;345:e4224, doi:http://dx.doi.org/10.1136/bmj.e4224.
  57. Hagedoorn NN, Zachariasse JM, Moll HA. A comparison of clinical paediatric guidelines for hypotension with population-based lower centiles: a systematic review. *Crit Care* 2019;23:380, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s13054-019-2653-9.
  58. Haque IU, Zaritsky AL. Analysis of the evidence for the lower limit of systolic and mean arterial pressure in children. *Pediatr Crit Care Med* 2007;8:138-44, doi:http://dx.doi.org/10.1097/01.PCC.0000257039.32593.DC [in Eng].
  59. Eytan D, Goodwin AJ, Greer R, Guerguerian AM, Laussen PC. Heart rate and blood pressure centile curves and distributions by age of hospitalized critically ill children. *Front Pediatr* 2017;5:52, doi:http://dx.doi.org/10.3389/fped.2017.00052.
  60. Jackson LV, Thalange NK, Cole TJ. Blood pressure centiles for Great Britain. *Arch Dis Child* 2007;92:298-303, doi:http://dx.doi.org/10.1136/adc.2005.081216.
  61. Xi B, Zong X, Kelishadi R, et al. Establishing international blood pressure references among nonoverweight children and adolescents aged 6 to 17 years. *Circulation* 2016;133:398-408, doi:http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.115.017936.
  62. Duke T, Blaschke AJ, Sialis S, Bonkowsky JL. Hypoxaemia in acute respiratory and non-respiratory illnesses in neonates and children in a developing country. *Arch Dis Child* 2002;86:108-12, doi:http://dx.doi.org/10.1136/adc.86.2.108.
  63. Salyer JW. Neonatal and pediatric pulse oximetry. *Respir Care* 2003;48:386-96 [discussion 3978]. (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12667266).
  64. Tobin MJ, Laghi F, Jubran A. Why COVID-19 silent hypoxemia is baffling to physicians. *Am J Respir Crit Care Med* 2020;202:356-60, doi:http://dx.doi.org/10.1164/rccm.202006-2157CP.
  65. Weber MW, Usen S, Palmer A, Jaffer S, Mulholland EK. Predictors of hypoxaemia in hospital admissions with acute lower respiratory tract infection in a developing country. *Arch Dis Child* 1997;76:310-4, doi: http://dx.doi.org/10.1136/adc.76.4.310.
  66. Auberlin G, Marguet C, Delacourt C, et al. Recommendations for pediatric oxygen therapy in acute and chronic settings: needs assessment, implementation criteria, prescription practices and follow-up. *Arch Pediatr* 2012;19:528-36, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.arcped.2012.02.016.
  67. Carruthers DM, Harrison BD. Arterial blood gas analysis or oxygen saturation in the assessment of acute asthma? *Thorax* 1995;50:186-8, doi:http://dx.doi.org/10.1136/thx.50.2.186.
  68. Kobayashi M, Fukuda S, Takano KI, Kamizono J, Ichikawa K. Can a pulse oxygen saturation of 95% to 96% help predict further vital sign destabilization in school-aged children? A retrospective observational study. *Medicine (Baltimore)* 2018;97:e11135, doi: http://dx.doi.org/10.1097/MD.0000000000001135.
  69. Shah SN, Bachur RG, Simel DL, Neuman MI. Does this child have pneumonia? The rational clinical examination systematic review. *JAMA* 2017;318:462-71, doi:http://dx.doi.org/10.1001/jama.2017.9039.
  70. Ozdemir A, Dogruel D, Yilmaz O. Oxygen saturation/minute heart rate index: simple lung function test for children. *Pediatr Int* 2017;59:209-12, doi:http://dx.doi.org/10.1111/ped.13081.

71. Crocker ME, Hossen S, Goodman D, et al. Effects of high altitude on respiratory rate and oxygen saturation reference values in healthy infants and children younger than 2 years in four countries: a cross-sectional study. *Lancet Glob Health* 2020;8:e362-73, doi:http://dx.doi.org/10.1016/S2214-109X(19)30543-1.
72. Abramo TJ, Wiebe RA, Scott S, Goto CS, McIntire DD. Noninvasive capnometry monitoring for respiratory status during pediatric seizures. *Crit Care Med* 1997;25:1242-6, doi:http://dx.doi.org/10.1097/00003246-199707000-00029.
73. Langhan ML, Shabanova V, Li FY, Bernstein SL, Shapiro ED. A randomized controlled trial of capnography during sedation in a pediatric emergency setting. *Am J Emerg Med* 2015;33:25-30, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ajem.2014.09.050.
74. Moses JM, Alexander JL, Agus MS. The correlation and level of agreement between end-tidal and blood gas pCO<sub>2</sub> in children with respiratory distress: a retrospective analysis. *BMC Pediatr* 2009;9:20, doi:http://dx.doi.org/10.1186/1471-2431-9-20.
75. Abramo TJ, Wiebe RA, Scott SM, Primm PA, McIntyre D, Mydler T. Noninvasive capnometry in a pediatric population with respiratory emergencies. *Pediatr Emerg Care* 1996;12:252-4, doi:http://dx.doi.org/10.1097/00006565-199608000-00004.
76. Langhan ML, Emerson BL, Nett S, et al. End-tidal carbon dioxide use for tracheal intubation: analysis from the national emergency airway registry for children (NEAR4KIDS) registry. *Pediatr Crit Care Med* 2018;19:98-105, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000001372.
77. Phillips JS, Pangliinan LP, Mangalindan ER, Booze JL, Kallet RH. A comparison of different techniques for interfacing capnography with adult and pediatric supplemental oxygen masks. *Respir Care* 2017;62:78-85, doi:http://dx.doi.org/10.4187/respcare.05111.
78. Saunders R, Struys M, Pollock RF, Mestek M, Lightdale JR. Patient safety during procedural sedation using capnography monitoring: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open* 2017;7:e013402, doi: http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2016-013402.
79. Langhan ML, Chen L, Marshall C, Santucci KA. Detection of hypoventilation by capnography and its association with hypoxia in children undergoing sedation with ketamine. *Pediatr Emerg Care* 2011;27:394-7, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PEC.0b013e318217b538.
80. Yang JT, Erickson SL, Killien EY, Mills B, Lele AV, Vavilala MS. Agreement between arterial carbon dioxide levels with end-tidal carbon dioxide levels and associated factors in children hospitalized with traumatic brain injury. *JAMA Netw Open* 2019;2:e1.9944-8, doi:http://dx.doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2019.9448.
81. Scott HF, Brou L, Deakynne SJ, Kempe A, Fairclough DL, Bajaj L. Association between early lactate levels and 30-day mortality in clinically suspected sepsis in children. *JAMA Pediatr* 2017;171:249-55, doi:http://dx.doi.org/10.1001/jamapediatrics.2016.3681.
82. Scott HF, Donoghue AJ, Gaijeski DF, Marchese RF, Mistry RD. The utility of early lactate testing in undifferentiated pediatric systemic inflammatory response syndrome. *Acad Emerg Med* 2012;19:1276-80, doi:http://dx.doi.org/10.1111/ajem.12014.
83. Miescier MJ, Lane RD, Sheng X, Larsen GY. Association between initial emergency department lactate and use of vasoactive medication in children with septic shock. *Pediatr Emerg Care* 2019;35:455-60, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PEC.0000000000000981.
84. Yan HP, Lu XL, Qiu J, Liu PP, Zuo C, Zhu YM. Value of blood lactic acid in evaluating disease severity and prognosis in children with sepsis. *Zhongguo Dang Dai Er Ke Za Zhi* 2016;18:506-10 (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27324538).
85. Scott HF, Brou L, Deakynne SJ, Fairclough DL, Kempe A, Bajaj L. Lactate clearance and normalization and prolonged organ dysfunction in pediatric sepsis. *J Pediatr* 2016;170:e1-4. 149-55, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2015.11.071.
86. Britton PN, Eastwood K, Paterson B, et al. Consensus guidelines for the investigation and management of encephalitis in adults and children in Australia and New Zealand. *Intern Med J* 2015;45:563-76, doi:http://dx.doi.org/10.1111/imj.12749.
87. Kneen R, Michael BD, Menson E, et al. Management of suspected viral encephalitis in children. Association of British Neurologists and British Paediatric Allergy, Immunology and Infection Group national guidelines. *J Infect* 2012;64:449-77, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jinf.2011.11.013.
88. Thompson M, Van den Bruel A, Verbaekel J, et al. Systematic review and validation of prediction rules for identifying children with serious infections in emergency departments and urgent-access primary care. *Health Technol Assess* 2012;16:1-100, doi:http://dx.doi.org/10.3310/hta16150.
89. Da Dalt L, Parri N, Amigoni A, et al. Italian guidelines on the assessment and management of pediatric head injury in the emergency department. *Ital J Pediatr* 2018;44:7, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s13052-017-0442-0.
90. Medley TL, Miteff C, Andrews I, et al. Australian Clinical Consensus Guideline: the diagnosis and acute management of childhood stroke. *Int J Stroke* 2019;14:94-106, doi:http://dx.doi.org/10.1177/1747493018799958.
91. Chou R, Totten AM, Carney N, et al. Predictive utility of the total glasgow coma scale versus the motor component of the glasgow coma scale for identification of patients with serious traumatic injuries. *Ann Emerg Med* 2017;70:e6.143-157, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.annemergmed.2016.11.032.
92. Nuttall AG, Paton KM, Kemp AM. To what extent are GCS and AVPU equivalent to each other when assessing the level of consciousness of children with head injury? A cross-sectional study of UK hospital admissions. *BMJ Open* 2018;8:e023216, doi:http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2018-023216.
93. Hoffmann F, Schmalhofer M, Lehner M, Zimatschek S, Grote V, Reiter K. Comparison of the AVPU scale and the pediatric GCS in prehospital setting. *Prehosp Emerg Care* 2016;20:493-8, doi:http://dx.doi.org/10.3109/10903127.2016.1139216.
94. Van de Voorde P, Sabbe M, Rizopoulos D, et al. Assessing the level of consciousness in children: a plea for the Glasgow Coma Motor subscore. *Resuscitation* 2008;76:175-9, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2007.07.007.
95. Borgianni DA, Mahajan P, Hoyle Jr. JD, et al. Performance of the pediatric glasgow coma scale score in the evaluation of children with blunt head trauma. *Acad Emerg Med* 2016;23:878-84, doi:http://dx.doi.org/10.1111/ajem.13014.
96. DiBrito SR, Cerullo M, Goldstein SD, Ziegfeld S, Stewart D, Nasr IW. Reliability of Glasgow Coma Score in pediatric trauma patients. *J Pediatr Surg* 2018;53:1789-94, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2017.12.027.
97. Ladner TR, Mahdi J, Gindville MC, et al. Pediatric acute stroke protocol activation in a children's hospital emergency department. *Stroke* 2015;46:2328-31, doi:http://dx.doi.org/10.1161/STROKEAHA.115.009961.
98. DeLaroché AM, Sivaswamy L, Farooqi A, Kannikeswaran N. Pediatric stroke clinical pathway improves the time to diagnosis in an emergency department. *Pediatr Neurol* 2016;65:39-44, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2016.09.005.
99. Yock-Corrales A, Mackay MT, Mosley I, Maixner W, Babl FE. Acute childhood arterial ischemic and hemorrhagic stroke in the emergency department. *Ann Emerg Med* 2011;58:156-63, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.annemergmed.2010.10.013.
100. Gumer LB, Del Vecchio M, Aronoff S. Strokes in children: a systematic review. *Pediatr Emerg Care* 2014;30:660-4, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PEC.0000000000000218.
101. Mackay MT, Monagle P, Babl FE. Brain attacks and stroke in children. *J Paediatr Child Health* 2016;52:15863, doi:http://dx.doi.org/10.1111/jpc.13086.
102. Guedj R, Chappuy H, Titomanlio L, et al. Risk of bacterial meningitis in children 6 to 11 months of age with a first simple febrile seizure: a retrospective, cross-sectional, observational study. *Acad Emerg Med* 2015;22:1290-7, doi:http://dx.doi.org/10.1111/ajem.12798.
103. Najaf-Zadeh A, Dubos F, Hue V, Pruvost I, Benour A, Martinot A. Risk of bacterial meningitis in young children with a first seizure in the context of fever: a systematic review and meta-analysis. *PLOS ONE* 2013;8:e55270, doi:http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0055270.
104. Joffe AR, Anton NR, Burkholder SC. Reduction in hospital mortality over time in a hospital without a pediatric medical emergency team: limitations of before-and-after study designs. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2011;165:419-23, doi:http://dx.doi.org/10.1001/archpediatrics.2011.47.
105. Thomas-Jones E, Lloyd A, Roland D, et al. A prospective, mixed-methods, before and after study to identify the evidence base for the core components of an effective Paediatric Early Warning System and the development of an implementation package containing those core recommendations for use in the UK: Paediatric early warning system utilisation and mortality avoidance – the PUMA study protocol. *BMC Pediatr* 2018;18:244, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s12887-018-1210-z.
106. Bortcosh W, Shaahinfar A, Sojar S, Klug JE. New directions in point-of-care ultrasound at the crossroads of paediatric emergency and critical care. *Curr Opin Pediatr* 2018;30:350-8, doi:http://dx.doi.org/10.1097/MOP.0000000000000621.
107. Singh Y, Tissot C, Fraga MV, et al. International evidence-based guidelines on Point of Care Ultrasound (POCUS) for critically ill neonates and children issued by the POCUS Working Group of the European Society of Paediatric and Neonatal Intensive Care (ESPNIC). *Crit Care* 2020;24:65, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s13054-020-2787-9.
108. Marin JR, Abo AM, Arroyo AC, et al. Pediatric emergency medicine point-of-care ultrasound: summary of the evidence. *Crit Ultrasound J* 2016;8:16, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s13089-016-0049-5.
109. Balk DS, Lee C, Schafer J, et al. Lung ultrasound compared to chest X-ray for diagnosis of pediatric pneumonia: a meta-analysis. *Pediatr Pulmonol* 2018;53:1130-9, doi:http://dx.doi.org/10.1002/ppul.24020.
110. Orso D, Ban A, Guglielmo N. Lung ultrasound in diagnosing pneumonia in childhood: a systematic review and meta-analysis. *J Ultrasound* 2018;21:183-95, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s40477-018-0306-5.
111. Potter SK, Griksaitis MJ. The role of point-of-care ultrasound in pediatric acute respiratory distress syndrome: emerging evidence for its use. *Ann Transl Med* 2019;7:507, doi:http://dx.doi.org/10.21037/atm.2019.07.76.
112. Ozkaya AK, Baskan Vuralcan F, Ardıc S. Point-of-care lung ultrasound in children with non-cardiac respiratory distress or tachypnea. *Am J Emerg Med* 2019;37:2102-6, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ajem.2019.05.063.
113. Lissaman C, Kanjanaptom P, Ong C, Tessaro M, Long E, O'Brien A. Prospective observational study of point-of-care ultrasound for diagnosing pneumonia. *Arch Dis Child* 2019;104:12-8, doi:http://dx.doi.org/10.1136/archdischild-2017-314496.
114. Harel-Sterling M, Diallo M, Santhirakumar S, Maxim T, Tessaro M. Emergency department resource use in pediatric pneumonia: point-of-care lung ultrasonography versus chest radiography. *J Ultrasound Med* 2019;38:407-14, doi:http://dx.doi.org/10.1002/jum.14703.
115. Jones BP, Tay ET, Elikashvili I, et al. Feasibility and safety of substituting lung ultrasonography for chest radiography when diagnosing pneumonia in children: a randomized controlled trial. *Chest* 2016;150:131-8, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.chest.2016.02.643.
116. Berce V, Tomazin M, Gorenjak M, Berce T, Lovrencic B. The usefulness of lung ultrasound for the aetiological diagnosis of community-acquired pneumonia in children. *Sci Rep* 2019;9:17957, doi:http://dx.doi.org/10.1038/s41598-019-54499-y.
117. Lovrenski J, Petrovic S, Balj-Barbir S, Jokic R, Vilotijevic-Dautovic G. Stethoscope vs. ultrasound probe which is more reliable in children with suspected pneumonia? *Acta Med Acad* 2016;45:39-50, doi: http://dx.doi.org/10.5644/ama2006-124.155.
118. Gravel CA, Monuteaux MC, Levy JA, Miller AF, Vieira LR, Bachur RG. Interrater reliability of pediatric point-of-care lung ultrasound findings. *Am J Emerg Med* 2020;38:1-6, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ajem.2019.01.047.
119. Lin MJ, Gurley K, Hoffmann B. Bedside ultrasound for tracheal tube verification in pediatric emergency department and ICU patients: a systematic review. *Pediatr Crit Care Med* 2016;17:e469-76, doi: http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000000907.

120. Mori T, Nomura O, Hagiwara Y, Inoue N. Diagnostic accuracy of a 3-point ultrasound protocol to detect esophageal or endobronchial mainstem intubation in a pediatric emergency department. *J Ultrasound Med* 2019;38:2945-54, doi:http://dx.doi.org/10.1002/jum.15000.
121. Klugman D, Berger JT. Echocardiography and focused cardiac ultrasound. *Pediatr Crit Care Med* 2016;17:S222-4, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000000815.
122. Long E, Oakley E, Duke T, Babi FE. Paediatric Research in Emergency Departments International C. Does respiratory variation in inferior vena cava diameter predict fluid responsiveness: a systematic review and meta-analysis. *Shock* 2017;47:550-9, doi: http://dx.doi.org/10.1097/SHK.0000000000000801.
123. Orso D, Paoli I, Piani T, Cilenti FL, Cristiani L, Guglielmo N. Accuracy of ultrasonographic measurements of inferior vena cava to determine fluid responsiveness: a systematic review and meta-analysis. *J Intensive Care Med* 2020;35:354-63, doi:http://dx.doi.org/10.1177/0885066617752308.
124. Long E, O'Brien A, Duke T, Oakley E, Babi FE. Pediatric Research in Emergency Departments International C. Effect of fluid bolus therapy on extravascular lung water measured by lung ultrasound in children with a presumptive clinical diagnosis of sepsis. *J Ultrasound Med* 2019;38:1537-44, doi:http://dx.doi.org/10.1002/jum.14842.
125. Ricci F, Aquilani R, Radico F, et al. Role and importance of ultrasound lung comets in acute cardiac care. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care* 2015;4:103-12, doi:http://dx.doi.org/10.1177/2048872614553166.
126. Holmes JF, Gladman A, Chang CH. Performance of abdominal ultrasonography in pediatric blunt trauma patients: a meta-analysis. *J Pediatr Surg* 2007;42:1588-94, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2007.04.023.
127. Holmes JF, Kelley KM, Wootton-Gorges SL, et al. Effect of abdominal ultrasound on clinical care, outcomes, and resource use among children with blunt torso trauma: a randomized clinical trial. *JAMA* 2017;317:2290-6, doi:http://dx.doi.org/10.1001/jama.2017.6322.
128. Schoneberg C, Tampier S, Hussmann B, Lendemans S, Waydhas C. Diagnostic management in paediatric blunt abdominal trauma a systematic review with metaanalysis. *Zentralbl Chir* 2014;139:584-91, doi:http://dx.doi.org/10.1055/s-0032-1328645.
129. Greif R, Bhanji F, Bigham BL, et al. Education, implementation, and teams: 2020 international consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations. *Resuscitation* 2020;156:A188-239, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.09.014.
130. Weinstock P, Halamek LP. Teamwork during resuscitation. *Pediatr Clin North Am* 2008;55:1011-24, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.pcl.2008.04.001 xixii.
131. Cheng A, Duff JP, Kessler D, et al. Optimizing CPR performance with CPR coaching for pediatric cardiac arrest: a randomized simulation-based clinical trial. *Resuscitation* 2018;132:33-40, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2018.08.021.
132. Sherman JM, Chang TP, Ziv N, Nager AL. Barriers to effective teamwork relating to pediatric resuscitations: perceptions of pediatric emergency medicine staff. *Pediatr Emerg Care* 2020;36:e146-50, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PEC.0000000000001275.
133. Coolen E, Draaisma J, Loeffen J. Measuring situation awareness and team effectiveness in pediatric acute care by using the situation global assessment technique. *Eur J Pediatr* 2019;178:837-50, doi: http://dx.doi.org/10.1007/s00431-019-03358-z.
134. Lammers RL, Willoughby-Byrma M, Fales WD. Errors and error-producing conditions during a simulated, prehospital, pediatric cardiopulmonary arrest. *Simul Healthc* 2014;9:174-83, doi:http://dx.doi.org/10.1097/SIH.0000000000000013.
135. Taylor KL, Ferri S, Yavorska T, Everett T, Parshuram C. A description of communication patterns during CPR in ICU. *Resuscitation* 2014;85:1342-7, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2014.06.027.
136. Grimsley EA, Cochrane NH, Keane RR, Sumner BD, Mullan PC, O'Connell KJ. A pulse check on leadership and teamwork: an evaluation of the first 5 minutes of emergency department resuscitation during pediatric cardiopulmonary arrests. *Pediatr Emerg Care* 2019, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PEC.0000000000001923.
137. AlSohime F, NurHussen A, Tamsah MH, et al. Factors that influence the self-reported confidence of pediatric residents as team leaders during cardiopulmonary resuscitation: a national survey. *Int J Pediatr Adolesc Med* 2018;5:116-21, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpam.2018.07.001.
138. Delaloye NJ, Tobler K, O'Neill T, et al. Errors during resuscitation: the impact of perceived authority on delivery of care. *J Patient Saf* 2020;16:73-8, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PTS.0000000000000359.
139. Fernandez Castela E, Russo SG, Riethmuller M, Boos M. Effects of team coordination during cardiopulmonary resuscitation: a systematic review of the literature. *J Crit Care* 2013;28:504-21, doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrr.2013.01.005.
140. Riskin A, Bamberger P, Erez A, et al. Expressions of gratitude and medical team performance. *Pediatrics* 2019;143, doi:http://dx.doi.org/10.1542/peds.2018-2043.
141. Krage R, Zwaan L, Tjon Soei Len L, et al. Relationship between non-technical skills and technical performance during cardiopulmonary resuscitation: does stress have an influence? *Emerg Med* 2017; 34:728-33, doi:http://dx.doi.org/10.1136/emmermed-2016-205754.
142. Johnson SL, Haerling KA, Yuwen W, Huynh V, Le C. Incivility and clinical performance, teamwork, and emotions: a randomized controlled trial. *J Nurs Care Qual* 2020;35:70-6, doi:http://dx.doi.org/10.1097/NCQ.0000000000000407.
143. Maconochie IK, Aickin R, Hazinski MF, et al. Pediatric life support: 2020 international consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations. *Resuscitation* 2020;156:A120-55, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.09.013.
144. Wells M, Goldstein LN, Bentley A, Basnett S, Monteith I. The accuracy of the Broselow tape as a weight estimation tool and a drug-dosing guide a systematic review and meta-analysis. *Resuscitation* 2017;121:9-33, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2017.09.026.
145. Wells M, Goldstein LN, Bentley A. The accuracy of emergency weight estimation systems in children a systematic review and meta-analysis. *Int J Emerg Med* 2017;10:29, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s12245-017-0156-5.
146. Young KD, Korotzer NC. Weight estimation methods in children: a systematic review. *Ann Emerg Med* 2016;68:e10.441-51, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.annemergmed.2016.02.043.
147. Matson KL, Horton ER, Capino AC. Advocacy committee for the pediatric pharmacy advocacy g. medication dosage in overweight and obese children. *J Pediatr Pharmacol Ther* 2017;22:81-3, doi: http://dx.doi.org/10.5863/1551-6776-22.1.81.
148. Rodriguez JJ, Higuera-Gutierrez LF, Carrillo Garcia EA, Castano Betancur E, Luna Londono M, Restrepo Vargas S. Meta-analysis of failure of prehospital endotracheal intubation in pediatric patients. *Emerg Med Int* 2020;2020:7012508, doi:http://dx.doi.org/10.1155/2020/7012508.
149. Harshman J, Roy M, Cartotto R. Emergency care of the burn patient before the burn center: a systematic review and meta-analysis. *J Burn Care Res* 2019;40:166-88, doi:http://dx.doi.org/10.1093/jbcr/iry060.
150. Garner AA, Bennett N, Weatherall A, Lee A. Success and complications by team composition for prehospital paediatric intubation: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care* 2020;24:149, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s13054-020-02865-y.
151. Miller KA, Nagler J. Advances in emergent airway management in pediatrics. *Emerg Med Clin North Am* 2019;37:473-91, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.emc.2019.03.006.
152. Stein ML, Park RS, Kovatsis PG. Emerging trends, techniques, and equipment for airway management in pediatric patients. *Paediatr Anaesth* 2020;30:269-79, doi:http://dx.doi.org/10.1111/pan.13814.
153. Sun F, Wang Y, Ma S, et al. Clinical consensus of emergency airway management. *J Thorac Dis* 2017;9:4599-606, doi:http://dx.doi.org/10.21037/jtd.2017.10.79.
154. Engelhardt T, Fiadjo JE, Weiss M, et al. A framework for the management of the pediatric airway. *Paediatr Anaesth* 2019;29:985-92, doi:http://dx.doi.org/10.1111/pan.13716.
155. Scott A, Chua O, Mitchell W, Vlok R, Melhuish T, White L. Apneic oxygenation for pediatric endotracheal intubation: a narrative review. *J Pediatr Intensive Care* 2019;8:117-21, doi:http://dx.doi.org/10.1055/s-0039-1678552.
156. Youngquist S, Gausche-Hill M, Burbulys D. Alternative airway devices for use in children requiring prehospital airway management: update and case discussion. *Pediatr Emerg Care* 2007;23:250-8,quiz 259-61, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PEC.0b013e31803f7552.
157. Else SDN, Kovatsis PG. A narrative review of oxygenation during pediatric intubation and airway procedures. *Anesth Analg* 2020;130:831-40, doi:http://dx.doi.org/10.1213/ANE.0000000000004403.
158. Long E, Barrett MJ, Peters C, Sabato S, Lockie F. Emergency intubation of children outside of the operating room. *Paediatr Anaesth* 2020;30:319-30, doi:http://dx.doi.org/10.1111/pan.13784.
159. Fiadjo J, Nishisaki A. Normal and difficult airways in children: "What's New" current evidence. *Paediatr Anaesth* 2020;30:257-63, doi:http://dx.doi.org/10.1111/pan.13798.
160. Schreiber S, Ronfani L, Ghirardo S, et al. Nasal irrigation with saline solution significantly improves oxygen saturation in infants with bronchiolitis. *Acta Paediatr* 2016;105:292-6, doi:http://dx.doi.org/10.1111/apa.13282.
161. Sun J, Li XH, Zuo YX. Comparison of incidence of hypoxia during modified rapid sequence induction and an alternative technique: a prospective randomized controlled trial. *Int J Clin Exp Med* 2015;8:16231-7 (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26629138).
162. Heschl S, Meadley B, Andrew E, Butt W, Bernard S, Smith K. Efficacy of pre-hospital rapid sequence intubation in paediatric traumatic brain injury: a 9-year observational study. *Injury* 2018;49:916-20, doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.injury.2018.02.013.
163. Lawrason Hughes A, Murray N, Valdez TA, Kelly R, Kavanagh K. Development of the Connecticut Airway Risk Evaluation (CARE) system to improve handoff communication in pediatric patients with tracheotomy. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg* 2014;140:29-33, doi:http://dx.doi.org/10.1001/jamaoto.2013.5550.
164. Matetore A, Ramnarayan P, Jones A, et al. Adverse tracheal intubation-associated events in pediatric patients at nonspecialist centers: a multicenter prospective observational study. *Pediatr Crit Care Med* 2019;20:518-26, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000001923.
165. Hernandez MC, Antiel RM, Balakrishnan K, Zielinski MD, Klinkner DB. Definitive airway management after prehospital supraglottic rescue airway in pediatric trauma. *J Pediatr Surg* 2018;53:352-6, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2017.10.004.
166. Simons T, Soderlund T, Handolin L. Radiological evaluation of tube depth and complications of prehospital endotracheal intubation in pediatric trauma: a descriptive study. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2017;43:797-804, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s00068-016-0758-2.
167. Hansen M, Meckler G, Lambert W, et al. Patient safety events in out-of-hospital paediatric airway management: a medical record review by the CSI-EMS. *BMJ Open* 2016;6:e012259, doi:http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2016-012259.
168. Goto T, Gibo K, Hagiwara Y, et al. Factors associated with first-pass success in pediatric intubation in the emergency department. *West J Emerg Med* 2016;17:129-34, doi:http://dx.doi.org/10.5811/westjem.2016.1.28685.
169. Mortimer T, Burzynski J, Kesselman M, Vallance J, Hansen G. Apneic oxygenation during rapid sequence intubation in critically ill children. *J Pediatr Intensive Care* 2016;5:28-31, doi:http://dx.doi.org/10.1055/s-0035-1568149.

170. Fiaidjoe JE, Nishisaki A, Jagannathan N, et al. Airway management complications in children with difficult tracheal intubation from the Pediatric Difficult Intubation (PeDI) registry: a prospective cohort analysis. *Lancet Respir Med* 2016;4:37-48, doi:http://dx.doi.org/10.1016/S2213-2600(15)00508-1.
171. Li S, Rehder KJ, Giuliano Jr JS, et al. Development of a quality improvement bundle to reduce tracheal intubation-associated events in pediatric ICUs. *Am J Med Qual* 2016;31:47-55, doi:http://dx.doi.org/10.1177/1062860614547259.
172. Johnson M, Miskovic A, Ray S, et al. The nasopharyngeal airway: estimation of the nares-to-mandible and nares-to-tragus distance in young children to assess current clinical practice. *Resuscitation* 2019;140:50-4, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.04.039.
173. Garcia-Marcinkiewicz AG, Adams HD, Gurnaney H, et al. A retrospective analysis of neuromuscular blocking drug use and ventilation technique on complications in the pediatric difficult intubation registry using propensity score matching. *Anesth Analg* 2020;131:469-79, doi:http://dx.doi.org/10.1213/ANE.0000000000004393.
174. Ramgopal S, Button SE, Owusu-Ansah S, et al. Success of pediatric intubations performed by a critical care transport service. *Prehosp Emerg Care* 2020;24:683-92, doi:http://dx.doi.org/10.1080/10903127.2019.1699212.
175. Hansen M, Lambert W, Guise JM, Warden CR, Mann NC, Wang H. Out-of-hospital pediatric airway management in the United States. *Resuscitation* 2015;90:104-10, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2015.02.018.
176. Conway JA, Kharayat P, Sanders Jr RC, et al. Ketamine use for tracheal intubation in critically ill children is associated with a lower occurrence of adverse hemodynamic events. *Crit Care Med* 2020;48:e4.89-97, doi:http://dx.doi.org/10.1097/CCM.00000000000004314.
177. Galvez JA, Acquah S, Ahumada L, et al. Hypoxemia, bradycardia, and multiple laryngoscopy attempts during anesthetic induction in infants: a single-center, retrospective study. *Anesthesiology* 2019;131:830-9, doi:http://dx.doi.org/10.1097/ALN.0000000000002847.
178. Overmann KM, Boyd SD, Zhang Y, Kerrey BT. Apneic oxygenation to prevent oxyhemoglobin desaturation during rapid sequence intubation in a pediatric emergency department. *Am J Emerg Med* 2019;37:1416-21, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ajem.2018.10.030.
179. Crulli B, Loron G, Nishisaki A, Harrington K, Essouri S, Emeriaud G. Safety of paediatric tracheal intubation after non-invasive ventilation failure. *Pediatr Pulmonol* 2016;51:165-72, doi:http://dx.doi.org/10.1002/ppul.23223.
180. Neubrand TL, Alletag M, Woods J, Mendenhall M, Leonard J, Schmidt SK. Breathing easier: decreasing tracheal intubation-associated adverse events in the pediatric ED and urgent care. *Pediatr Qual Saf* 2019;4:e230, doi:http://dx.doi.org/10.1097/pq9.0000000000000230.
181. Mokhteb-Rafii T, Bakar A, Gangadharan S, et al. Hemodynamic impact of oxygen desaturation during tracheal intubation among critically ill children with cyanotic and noncyanotic heart disease. *Pediatr Crit Care Med* 2019;20:19-26, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000001766.
182. Parker MM, Nuthall G, Brown 3rd C, et al. Relationship between adverse tracheal intubation associated events and PICU outcomes. *Pediatr Crit Care Med* 2017;18:310-8, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000001074.
183. van Sambeeck SJ, van Kuijk SMJ, Kramer BW, Vermeulen PM, Vos GD. Endotracheal intubation skills of pediatricians versus anesthesiologists in neonates and children. *Eur J Pediatr* 2019;178:1219-27, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s00431-019-03395-8.
184. Li S, Hsieh TC, Rehder KJ, et al. Frequency of desaturation and association with hemodynamic adverse events during tracheal intubations in PICUs. *Pediatr Crit Care Med* 2018;19:e41-50, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000001384.
185. Daigle CH, Fiaidjoe JE, Laverriere EK, et al. Difficult bag-mask ventilation in critically ill children is independently associated with adverse events. *Crit Care Med* 2020;48:e744-52, doi:http://dx.doi.org/10.1097/CCM.0000000000004425.
186. Emami P, Czozlich P, Fritzsche FS, et al. Observed versus expected mortality in pediatric patients intubated in the field with Glasgow Coma Scale scores, 9. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2019;45:769-76, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s00068-018-01065-2.
187. Vukovic AA, Hanson HR, Murphy SL, Mercurio D, Sheedy CA, Arnold DH. Apneic oxygenation reduces hypoxemia during endotracheal intubation in the pediatric emergency department. *Am J Emerg Med* 2019;37:27-32, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ajem.2018.04.039.
188. Lee JH, Nuthall G, Ikeyama T, et al. Tracheal intubation practice and safety across international PICUs: a report from national emergency airway registry for children. *Pediatr Crit Care Med* 2019;20:1-8, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000001782.
189. Algie CM, Mahar RK, Tan HB, Wilson G, Mahar PD, Wasiaik J. Effectiveness and risks of cricoid pressure during rapid sequence induction for endotracheal intubation. *Cochrane Database Syst Rev* 2015;CD011656, doi:http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD011656.pub2.
190. Kojima T, Harwayne-Gidansky I, Shenoi AN, et al. Cricoid pressure during induction for tracheal intubation in critically ill children: a report from national emergency airway registry for children. *Pediatr Crit Care Med* 2018;19:528-37, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000001531.
191. Kojima T, Laverriere EK, Owen EB, et al. Clinical impact of external laryngeal manipulation during laryngoscopy on tracheal intubation success in critically ill children. *Pediatr Crit Care Med* 2018;19:106-14, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000001373.
192. Sun Y, Lu Y, Huang Y, Jiang H. Pediatric video laryngoscope versus direct laryngoscope: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Paediatr Anaesth* 2014;24:1056-65, doi:http://dx.doi.org/10.1111/pan.12458.
193. Lingappan K, Arnold JL, Fernandes CJ, Pammi M. Videolaryngoscopy versus direct laryngoscopy for tracheal intubation in neonates. *Cochrane Database Syst Rev* 2018;6:CD009975, doi:http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD009975.pub3.
194. Abdelgadir IS, Phillips RS, Singh D, Moncreiff MP, Lumsden JL. Videolaryngoscopy versus direct laryngoscopy for tracheal intubation in children (excluding neonates). *Cochrane Database Syst Rev* 2017;5:CD011413, dx.doi.org/10.1002/14651858.CD011413.pub2.
195. Sola C, Saour AC, Macq C, Bringuier S, Raux O, Dadure C. Children with challenging airways: what about GlideScope(R) video-laryngoscopy? *Anaesth Crit Care Pain Med* 2017;36:267-71, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.accpm.2016.10.005.
196. Grunwell JR, Kamat PP, Miksa M, et al. Trend and outcomes of video laryngoscopy use across PICUs. *Pediatr Crit Care Med* 2017;18:741-9, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000001175.
197. Park R, Peyton JM, Fiaidjoe JE, et al. The efficacy of GlideScope(R) videolaryngoscopy compared with direct laryngoscopy in children who are difficult to intubate: an analysis from the paediatric difficult intubation registry. *Br J Anaesth* 2017;119:984-92, doi:http://dx.doi.org/10.1093/bja/ae3344.
198. Kaji AH, Shover C, Lee J, et al. Video versus direct and augmented direct laryngoscopy in pediatric tracheal intubations. *Acad Emerg Med* 2020;27:394-402, doi:http://dx.doi.org/10.1111/acem.13869.
199. Gupta A, Kamal G, Gupta A, Sehgal N, Bhatia S, Kumar R. Comparative evaluation of CMAC and Truview picture capture device for endotracheal intubation in neonates and infants undergoing elective surgeries: a prospective randomized control trial. *Paediatr Anaesth* 2018;28:1148-53, doi:http://dx.doi.org/10.1111/pan.13524.
200. Sinha R, Ray BR, Sharma A, et al. Comparison of the C-MAC video laryngoscopy and endotracheal intubation in children with simulated cervical spine injury: a prospective randomized crossover study. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol* 2019;35:509-14, doi:http://dx.doi.org/10.4103/joacp.JOACP\_106\_18.
201. Vadi MG, Roddy KJ, Ghazal EA, Um M, Neihsel AJ, Applegate 2nd RL. Comparison of the GlideScope Cobalt(R) and Storz DC(R) video laryngoscopes in children younger than 2 years of age during manual in-line stabilization: a randomized trainee evaluation study. *Pediatr Emerg Care* 2017;33:467-73, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PEC.0000000000000607.
202. Kim JE, Kwak HJ, Jung WS, Chang MY, Lee SY, Kim JY. A comparison between McGrath MAC videolaryngoscopy and Macintosh laryngoscopy in children. *Acta Anaesthesiol Scand* 2018;62:3128, doi:http://dx.doi.org/10.1111/aas.13043.
203. Jones P. The therapeutic value of atropine for critical care intubation. *Arch Dis Child* 2016;101:77-80, doi:http://dx.doi.org/10.1136/archdischild-2014-308137.
204. Quintard H, l'Her E, Pottecher J, et al. Experts' guidelines of intubation and extubation of the ICU patient of French Society of Anaesthesia and Intensive Care Medicine (SFAR) and French-speaking Intensive Care Society (SRLF): In collaboration with the pediatric Association of French-speaking Anaesthesiologists and Intensivists (ADARPEF), French-speaking Group of Intensive Care and Paediatric emergencies (GFRUP) and Intensive Care physiotherapy society (SKR). *Ann Intensive Care* 2019;9:13, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s13613-019-0483-1.
205. Jones P, Peters MJ, Pinto da Costa N, et al. Atropine for critical care intubation in a cohort of 264 children and reduced mortality unrelated to effects on bradycardia. *PLOS ONE* 2013;8:e57478, doi:http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0057478.
206. Jones P, Ovenden N, Dauger S, Peters MJ. Estimating 'lost heart beats' rather than reductions in heart rate during the intubation of critically-ill children. *PLOS ONE* 2014;9:e86766, doi:http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0086766.
207. Gill H, Thoresen M, Smit E, et al. Sedation management during therapeutic hypothermia for neonatal encephalopathy: atropine premedication for endotracheal intubation causes a prolonged increase in heart rate. *Resuscitation* 2014;85:1394-8, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2014.07.002.
208. Litman RS, Weissend EE, Shibata D, Westesson PL. Developmental changes of laryngeal dimensions in unparalyzed, sedated children. *Anesthesiology* 2003;98:41-5, doi:http://dx.doi.org/10.1097/0000542-200301000-00010.
209. Kneyber MCJ, de Luca D, Calderini E, et al. Recommendations for mechanical ventilation of critically ill children from the Paediatric Mechanical Ventilation Consensus Conference (PEMVECC). *Intensive Care Med* 2017;43:1764-80, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s00134-017-4920-z.
210. Tosif S, Duke T. Evidence to support oxygen guidelines for children with emergency signs in developing countries: a systematic review and physiological and mechanical analysis. *J Trop Pediatr* 2017;63:402-13, doi:http://dx.doi.org/10.1093/tropej/fmw100.
211. Rojas-Reyes MX, Granados Rugeles C, Charry-Anzola LP. Oxygen therapy for lower respiratory tract infections in children between 3 months and 15 years of age. *Cochrane Database Syst Rev* 2014; CD005975, doi:http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD005975.pub3.
212. Grandville B, Petak F, Albu G, Bayat S, Pichon I, Habre W. High inspired oxygen fraction impairs lung volume and ventilation heterogeneity in healthy children: a double-blind randomised controlled trial. *Br J Anaesth* 2019;122:682-91, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.bja.2019.01.036.
213. Patel B, Khine H, Shah A, Sung D, Medar S, Singer L. Randomized clinical trial of high concentration versus titrated oxygen use in pediatric asthma. *Pediatr Pulmonol* 2019;54:970-6, doi:http://dx.doi.org/10.1002/ppul.24329.
214. Peters MJ, Jones GAL, Wiley D, et al. Conservative versus liberal oxygenation targets in critically ill children: the randomised multiple-centre pilot Oxy-PICU trial. *Intensive Care Med* 2018;44:1240-8, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s00134-018-5232-7.
215. von der Weid L, Gehri M, Camara B, Thiongane A, Pascual A, Pauchard JY. Clinical signs of hypoxaemia in children aged 2 months to 5 years with acute respiratory



- ry distress in Switzerland and Senegal. *Paediatr Int Child Health* 2018;38:113-20, doi:http://dx.doi.org/10.1080/20469047.2017.1390828.
216. Jones GAL, Ramnarayan P, Raman S, et al. Protocol for a randomised pilot multiple centre trial of conservative versus liberal oxygenation targets in critically ill children (Oxy-PICU). *BMJ Open* 2017;7:e019253, doi:http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2017-019253.
  217. Maitland K, Kiguli S, Opoka RO, et al. Children's Oxygen Administration Strategies Trial (COAST): a randomised controlled trial of high flow versus oxygen versus control in African children with severe pneumonia. *Wellcome Open Res* 2017;2:100, doi:http://dx.doi.org/10.12688/wellcomeopenres.12747.2.
  218. Ramnarayan P, Lister P, Dominguez T, et al. FIRST-line support for Assistance in Breathing in Children (FIRST-ABC): a multicentre pilot randomised controlled trial of high-flow nasal cannula therapy versus continuous positive airway pressure in paediatric critical care. *Crit Care* 2018;22:144, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s13054-018-2080-3.
  219. Durand P, Guiddir T, Kyheng C, et al. A randomised trial of high-flow nasal cannula in infants with moderate bronchiolitis. *Eur Respir J* 2020;56, doi:http://dx.doi.org/10.1183/13993003.01926-2019.
  220. Williams AM, Abramo TJ, Shah MV, et al. Safety and clinical findings of BiPAP utilization in children 20kg or less for asthma exacerbations. *Intensive Care Med* 2011;37:1338-43, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s00134-011-2238-9.
  221. Essouri S, Laurent M, Chevret L, et al. Improved clinical and economic outcomes in severe bronchiolitis with pre-emptive nCPAP ventilatory strategy. *Intensive Care Med* 2014;40:84-91, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s00134-013-3129-z.
  222. Abadeso C, Nunes P, Silvestre C, Matias E, Loureiro H, Almeida H. Non-invasive ventilation in acute respiratory failure in children. *Pediatr Rep* 2012;4:e16, doi:http://dx.doi.org/10.4081/pr.2012.e16.
  223. Vitaliti G, Vitaliti MC, Finocchiaro MC, et al. Randomized comparison of helmet CPAP versus high-flow nasal cannula oxygen in pediatric respiratory distress. *Respir Care* 2017;62:1036-42, doi:http://dx.doi.org/10.4187/respcare.05384.
  224. Korang SK, Feinberg J, Wetterslev J, Jakobsen JC. Non-invasive positive pressure ventilation for acute asthma in children. *Cochrane Database Syst Rev* 2016;9:CD012067, doi:http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD012067.pub2.
  225. Combret Y, Prieur G, Roux PLE, Medrinal C. Non-invasive ventilation improves respiratory distress in children with acute viral bronchiolitis: a systematic review. *Minerva Anesthesiol* 2017;83:624-37, doi:http://dx.doi.org/10.23736/S0375-9393.17.11708-6.
  226. Ballesteros Y, De Pedro J, Portillo N, Martinez-Mugica O, Arana-Arri E, Benito J. Pilot clinical trial of high-flow oxygen therapy in children with asthma in the emergency service. *J Pediatr* 2018;194:e3.204-10, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2017.10.075.
  227. Luo J, Duke T, Chisti MJ, Kepreotes E, Kalinowski V, Li J. Efficacy of high-flow nasal cannula vs standard oxygen therapy or nasal continuous positive airway pressure in children with respiratory distress: a meta-analysis. *J Pediatr* 2019;215:e8.199-208, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2019.07.059.
  228. O'Brien S, Craig S, Babl FE, et al. 'Rational use of high-flow therapy in infants with bronchiolitis. What do the latest trials tell us?.' A paediatric research in emergency departments international collaborative perspective. *J Paediatr Child Health* 2019;55:746-52, doi:http://dx.doi.org/10.1111/jpc.14496.
  229. Mikalsen IB, Davis P, Oymar K. High flow nasal cannula in children: a literature review. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2016;24:93, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s13049-016-0278-4.
  230. Vahlkivist S, Jurgensen L, la Cour A, Markoew S, Petersen TH, Kofoed PE. High flow nasal cannula and continuous positive airway pressure therapy in treatment of viral bronchiolitis: a randomized clinical trial. *Eur J Pediatr* 2020;179:513-8, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s00431-019-03533-2.
  231. Gc VS, Franklin D, Whitty JA, et al. First-line oxygen therapy with high-flow in bronchiolitis is not cost saving for the health service. *Arch Dis Child* 2020;105:975-80, doi:http://dx.doi.org/10.1136/archdischild-2019-318427.
  232. Figueroa L, Laffaye F. Early use of continuous positive airway pressure in the treatment of moderate to severe acute lower respiratory tract infections among patients younger than 2 years old. *Arch Argent Pediatr* 2017;115:277-81, doi:http://dx.doi.org/10.5546/aap.2017.eng.277.
  233. Chisti MJ, Salam MA, Smith JH, et al. Bubble continuous positive airway pressure for children with severe pneumonia and hypoxaemia in Bangladesh: an open, randomised controlled trial. *Lancet* 2015;386:1057-65, doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60249-5.
  234. Mandelzweig K, Leligowicz A, Murthy S, Lalitha R, Fowler RA, Adhikari NKJ. Non-invasive ventilation in children and adults in low and low-middle income countries: a systematic review and meta-analysis. *J Crit Care* 2018;47:310-9, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrc.2018.01.007.
  235. Balfour-Lynn RE, Marsh G, Gorayi D, Elahi E, LaRovere J. Non-invasive ventilation for children with acute respiratory failure in the developing world: literature review and an implementation example. *Paediatr Respir Rev* 2014;15:181-7, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.prrv.2014.02.002.
  236. Richards M, Le Roux D, Cooke L, Argent A. The influence of high flow nasal cannulae on the outcomes of severe respiratory disease in children admitted to a regional hospital in South Africa. *J Trop Pediatr* 2020;66:61220, doi:http://dx.doi.org/10.1093/tropej/fmaa024.
  237. Yurtseven A, Turan C, Erseven E, Saz EU. Comparison of heated humidified high-flow nasal cannula flow rates (1-L.kg.min(-1) vs 2-L.kg.min(-1)) in the management of acute bronchiolitis. *Pediatr Pulmonol* 2019;54:894-900, doi:http://dx.doi.org/10.1002/ppul.24318.
  238. Kotoda M, Hishiyama S, Mitsui K, et al. Assessment of the potential for pathogen dispersal during high-flow nasal therapy. *J Hosp Infect* 2020;104:534-7, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jhin.2019.11.010.
  239. Kobayashi H, Takimoto T, Kitaoka H, Kijima T. Aerosol spread with use of high-flow nasal cannulae: a computational fluid dynamics analysis. *J Hosp Infect* 2020;106:204-5, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jhin.2020.06.010.
  240. Kochanek PM, Tasker RC, Bell MJ, et al. Management of pediatric severe traumatic brain injury: 2019 consensus and guidelines-based algorithm for first and second tier therapies. *Pediatr Crit Care Med* 2019;20:269-79, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000001737.
  241. Kim GJ, Newth CJL, Khemani RG, Wong SL, Coates AL, Ross PA. Does size matter when calculating the "correct" tidal volume for pediatric mechanical ventilation? A hypothesis based on FVC. *Chest* 2018;154:77-83, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.chest.2018.04.015.
  242. Bilharz JR, Wheeler CR, Walsh BK, Smallwood CD. A comparative analysis of ideal body weight methods for pediatric mechanical ventilation. *Respir Care* 2018;63:1079-84, doi:http://dx.doi.org/10.4187/respcare.06021.
  243. Lee JH, Jung H, Jang YE, et al. Manual vs pressure-controlled facemask ventilation during the induction of general anesthesia in children: a prospective randomized controlled study. *Paediatr Anaesth* 2019;29:331-7, doi:http://dx.doi.org/10.1111/pan.13594.
  244. Mumma JM, Durso FT, Dyes M, Dela Cruz R, Fox VP, Hoey M. Bag valve mask ventilation as a perceptual-cognitive skill. *Hum Factors* 2018;60:212-21, doi:http://dx.doi.org/10.1177/0018720817744729.
  245. Kroll M, Das J, Siegler J. Can altering grip technique and bag size optimize volume delivered with bag-valve-mask by emergency medical service providers? *Prehosp Emerg Care* 2019;23:210-4, doi:http://dx.doi.org/10.1080/10903127.2018.1489020.
  246. Becker HJ, Langhan ML. Can providers use clinical skills to assess the adequacy of ventilation in children during bag-valve mask ventilation? *Pediatr Emerg Care* 2020;36:e695-9, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PEC.0000000000001314.
  247. Williams DC, Cheifetz IM. Emerging approaches in pediatric mechanical ventilation. *Expert Rev Respir Med* 2019;13:327-36, doi:http://dx.doi.org/10.1080/17476348.2019.1586536.
  248. Smallwood CD, Davis MD. Year in review 2018: pediatric mechanical ventilation. *Respir Care* 2019;64:855-63, doi:http://dx.doi.org/10.4187/respcare.07029.
  249. Conti G, Piastra M. Mechanical ventilation for children. *Curr Opin Crit Care* 2016;22:60-6, doi:http://dx.doi.org/10.1097/MCC.0000000000000271.
  250. Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference G. Pediatric acute respiratory distress syndrome: consensus recommendations from the pediatric acute lung injury consensus conference. *Pediatr Crit Care Med* 2015;16:428-39, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000000350.
  251. Pearsall MF, Feldman JM. When does apparatus dead space matter for the pediatric patient? *Anesth Analg* 2014;118:776-80, doi:http://dx.doi.org/10.1213/ANE.0000000000000148.
  252. Siegler J, Kroll M, Wojcik S, Moy HP. Can EMS providers provide appropriate tidal volumes in a simulated adult-sized patient with a pediatric-sized bag-valve-mask? *Prehosp Emerg Care* 2017;21:74-8, doi:http://dx.doi.org/10.1080/10903127.2016.1227003.
  253. van Vonderen JJ, Witlox RS, Kraaij S, te Pas AB. Two-minute training for improving neonatal bag and mask ventilation. *PLOS ONE* 2014;9:e109049, doi:http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0109049.
  254. Khoury A, Hugonnot S, Cossus J, et al. From mouth-to-mouth to bag-valve-mask ventilation: evolution and characteristics of actual devices—a review of the literature. *Biomed Res Int* 2014;2014:762053, doi:http://dx.doi.org/10.1155/2014/762053.
  255. Balamuth F, Kittick M, McBride P, et al. Pragmatic pediatric trial of balanced versus normal saline fluid in sepsis: the PROMPT BOLUS randomized controlled trial pilot feasibility study. *Acad Emerg Med* 2019;26:1346-56, doi:http://dx.doi.org/10.1111/acem.13815.
  256. Parker MJ, Thabane L, Fox-Robichaud A, et al. A trial to determine whether septic shock-reversal is quicker in pediatric patients randomized to an early goal-directed fluid-sparing strategy versus usual care (SQUEEZE): study protocol for a pilot randomized controlled trial. *Trials* 2016;17:556, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s13063-016-1689-2.
  257. Inwald DP, Butt W, Tasker RC. Fluid resuscitation of shock in children: what, whence and whether? *Intensive Care Med* 2015;41:14579, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s00134-015-3905-z.
  258. Inwald DP, Canter R, Woolfall K, et al. Restricted fluid bolus volume in early septic shock: results of the fluids in shock pilot trial. *Arch Dis Child* 2019;104:426-31, doi:http://dx.doi.org/10.1136/archdischild-2018-314924.
  259. Gaensbauer JT, Birkholz M, Smit MA, Garcia R, Todd JK. Epidemiology and clinical relevance of toxic shock syndrome in US children. *Pediatr Infect Dis J* 2018;37:1223-6, doi:http://dx.doi.org/10.1097/INF.0000000000002002.
  260. Weiss SL, Fitzgerald JC, Pappachan J, et al. Global epidemiology of pediatric severe sepsis: the sepsis prevalence, outcomes, and therapies study. *Am J Respir Crit Care Med* 2015;191:1147-57, doi:http://dx.doi.org/10.1164/rccm.201412-2323OC.
  261. Maitland K, Kiguli S, Opoka RO, et al. Mortality after fluid bolus in African children with severe infection. *N Engl J Med* 2011;364:2483-95, doi:http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa1101549.
  262. Tripathi A, Kabra SK, Sachdev HP, Lodha R. Mortality and other outcomes in relation to first hour fluid resuscitation rate: a systematic review. *Indian Pediatr* 2015;52:965-72, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s13312-015-0754-3.
  263. Levin M, Cunningham AJ, Wilson C, et al. Effects of saline or albumin fluid bolus in resuscitation: evidence from re-analysis of the FEAST trial. *Lancet Respir Med* 2019;7:581-93, doi:http://dx.doi.org/10.1016/S2213-2600(19)30114-6.

264. Long E, Babl FE, Oakley E, Sheridan B, Duke T, Pediatric Research in Emergency Departments International C. Cardiac index changes with fluid bolus therapy in children with sepsis-an observational study. *Pediatr Crit Care Med* 2018;19:513-8, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000001534.
265. Chang R, Holcomb JB. Choice of fluid therapy in the initial management of sepsis, severe sepsis, and septic shock. *Shock* 2016;46:17-26, doi:http://dx.doi.org/10.1097/SHK.0000000000000577.
266. Lewis SR, Pritchard MW, Evans DJ, et al. Colloids versus crystalloids for fluid resuscitation in critically ill people. *Cochrane Database Syst Rev* 2018;8:CD000567, doi:http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD000567.pub7.
267. Medeiros DN, Ferranti JF, Delgado AF, de Carvalho WB. Colloids for the initial management of severe sepsis and septic shock in pediatric patients: a systematic review. *Pediatr Emerg Care* 2015;31:e11-6, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PEC.0000000000000601.
268. Emrath ET, Fortenberry JD, Travers C, McCracken CE, Hebbar KB. Resuscitation with balanced fluids is associated with improved survival in pediatric severe sepsis. *Crit Care Med* 2017;45:1177-83, doi:http://dx.doi.org/10.1097/CCM.0000000000002365.
269. Weiss SL, Keele L, Balamuth F, et al. Crystalloid fluid choice and clinical outcomes in pediatric sepsis: a matched retrospective cohort study. *J Pediatr* 2017;182:e10.304-10, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2016.11.075.
270. Antequera Martin AM, Barea Mendoza JA, Muriel A, et al. Buffered solutions versus 0.9% saline for resuscitation in critically ill adults and children. *Cochrane Database Syst Rev* 2019;7:CD012247, doi:http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD012247.pub2.
271. Ranjit S, Ramanathan G, Ramakrishnan B, Kisson N. Targeted interventions in critically ill children with severe dengue. *Indian J Crit Care Med* 2018;22:154-61, doi:http://dx.doi.org/10.4103/ijccm.IJCCM\_413\_17.
272. Singh M, Sankar J, Kumar A, Kumar UV, Lodha R, Kabra SK. Predictors of mortality in children admitted to the pediatric intensive care unit with acute gastroenteritis with severe dehydration. *Indian J Pediatr* 2019;86:1142-5, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s12098-019-03094-0.
273. Qadori M, Flem E, Bekkevold T, et al. Hypoglycaemia was common in acute gastroenteritis in a prospective hospital-based study, but electrolyte imbalances were not. *Acta Paediatr* 2018;107:1455-60, doi:http://dx.doi.org/10.1111/apa.14318.
274. Vonasek BJ, Chiume M, Crouse HL, et al. Risk factors for mortality and management of children with complicated severe acute malnutrition at a tertiary referral hospital in Malawi. *Paediatr Int Child Health* 2020;40:148-57, doi:http://dx.doi.org/10.1080/20469047.2020.1747003.
275. Alam NH, Ashraf H, Ahmed T, Jahan N, Gyr N. Randomised trial showed that rapid rehydration of severely malnourished children with dehydrating diarrhoea was as safe and effective as slow rehydration. *Acta Paediatr* 2020;109:1473-84, doi:http://dx.doi.org/10.1111/apa.15134.
276. Houston KA, Gibb J, Olupot-Olupot P, et al. Gastroenteritis aggressive versus slow treatment for rehydration (GASTRO): a phase II rehydration trial for severe dehydration: WHO plan C versus slow rehydration. *BMC Med* 2019;17:122, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s12916-019-1356-z.
277. Iro MA, Sell T, Brown N, Maitland K. Rapid intravenous rehydration of children with acute gastroenteritis and dehydration: a systematic review and meta-analysis. *BMC Pediatr* 2018;18:44, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s12887-018-1006-1.
278. Polites SF, Moody S, Williams RF, et al. Timing and volume of crystalloid and blood products in pediatric trauma: An Eastern Association for the Surgery of Trauma multicenter prospective observational study. *J Trauma Acute Care Surg* 2020;89:3642, doi: http://dx.doi.org/10.1097/TA.0000000000002702.
279. Schauer SG, April MD, Becker TE, Cap AP, Borgman MA. High crystalloid volumes negate benefit of hemostatic resuscitation in pediatric wartime trauma casualties. *J Trauma Acute Care Surg* 2020;89:S185-91, doi:http://dx.doi.org/10.1097/TA.0000000000002590.
280. Elkbuli A, Zajd S, Ehrhardt Jr. JD, McKenney M, Boneva D. Aggressive crystalloid resuscitation outcomes in low-severity pediatric trauma. *J Surg Res* 2020;247:350-5, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jss.2019.10.009.
281. Polites SF, Nygaard RM, Reddy PN, et al. Multicenter study of crystalloid boluses and transfusion in pediatric trauma-When to go to blood? *J Trauma Acute Care Surg* 2018;85:108-12, doi:http://dx.doi.org/10.1097/TA.0000000000001897.
282. Magoteaux SR, Notrica DM, Langlais CS, et al. Hypotension and the need for transfusion in pediatric blunt spleen and liver injury: an ATOMAC+ prospective study. *J Pediatr Surg* 2017;52:979-83, doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2017.03.021.
283. Nadler R, Mozer-Glassberg Y, Gaines B, Glassberg E, Chen J. The Israel Defense Forces experience with freeze-dried plasma for the resuscitation of traumatized pediatric patients. *J Trauma Acute Care Surg* 2019;87:1315-20, doi:http://dx.doi.org/10.1097/TA.0000000000002477.
284. Haltmeier T, Benjamin E, Gruen JP, et al. Decreased mortality in patients with isolated severe blunt traumatic brain injury receiving higher plasma to packed red blood cells transfusion ratios. *Injury* 2018;49:62-6, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.injury.2017.07.035.
285. Long B, April MD. Does administration of hypertonic solutions improve mortality in hemorrhagic shock compared with isotonic solutions? *Ann Emerg Med* 2018;71:529-31, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.annemergmed.2017.11.025.
286. Phillips R, Acker SN, Shahi N, et al. The ABC-D score improves the sensitivity in predicting need for massive transfusion in pediatric trauma patients. *J Pediatr Surg* 2020;55:331-4, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2019.10.008.
287. Figueiredo S, Taconet C, Harrois A, et al. How useful are hemoglobin concentration and its variations to predict significant hemorrhage in the early phase of trauma? A multicentric cohort study. *Ann Intensive Care* 2018;8:76, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s13613-018-0420-8.
288. Brinck T, Handolin L, Lefering R. The effect of evolving fluid resuscitation on the outcome of severely injured patients: an 8-year experience at a tertiary trauma center. *Scand J Surg* 2016;105:109-16, doi:http://dx.doi.org/10.1177/1457496915586650.
289. Wang CH, Hsieh WH, Chou HC, et al. Liberal versus restricted fluid resuscitation strategies in trauma patients: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials and observational studies\*. *Crit Care Med* 2014;42:954-61, doi:http://dx.doi.org/10.1097/CCM.000000000000050.
290. Albreiki M, Voegeli D. Permissive hypotensive resuscitation in adult patients with traumatic haemorrhagic shock: a systematic review. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2018;44:191-202, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s00068-017-0862-y.
291. Tran A, Yates J, Lau A, Lampron J, Matar M. Permissive hypotension versus conventional resuscitation strategies in adult trauma patients with hemorrhagic shock: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Trauma Acute Care Surg* 2018;84:802-8, doi:http://dx.doi.org/10.1097/TA.0000000000001816.
292. Owattanapanich N, Chittawatanarat K, Benyakorn T, Sirikun J. Risks and benefits of hypotensive resuscitation in patients with traumatic hemorrhagic shock: a meta-analysis. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2018;26:107, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s13049-018-0572-4.
293. Ditttrich MHM, Hosni ND, de Carvalho WB. Association between fluid creep and infection in burned children: a cohort study. *Burns* 2020;46:1036-42, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.burns.2020.02.003.
294. Granfeldt A, Avis SR, Lind PC, et al. Intravenous vs. intraosseous administration of drugs during cardiac arrest: a systematic review. *Resuscitation* 2020;149:150-7, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.02.025.
295. Jousi M, Laukkanen-Nevala P, Nurmi J. Analysing blood from intraosseous access: a systematic review. *Eur J Emerg Med* 2019;26:77-85, doi:http://dx.doi.org/10.1097/MEJ.0000000000000569.
296. Ohchi F, Komazawa N, Mihara R, Minami T. Comparison of mechanical and manual bone marrow puncture needle for intraosseous access; a randomized simulation trial. *Springerplus* 2015;4:211, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s40064-015-0982-y.
297. El-Nawawy AA, Omar OM, Khalil M. Intraosseous versus intravenous access in pediatric septic shock patients admitted to Alexandria University pediatric intensive care unit. *J Trop Pediatr* 2018;64:132-40, doi:http://dx.doi.org/10.1093/tropej/fmx061.
298. Maxien D, Wirth S, Peschel O, et al. Intraosseous needles in pediatric cadavers: rate of malposition. *Resuscitation* 2019;145:1-7, doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.09.028.
299. Al-Shibli A, Lim R, Poonai N, Istasy V, Lin K, Kilgar J. Determination of the pretilibial soft tissue thickness in children: are intraosseous infusion needles long enough? *Pediatr Emerg Care* 2020;36:39-42, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PEC.0000000000002019.
300. Mori T, Takei H, Sasaoka Y, Nomura O, Ihara T. Semi-automatic intraosseous device (EZ-IO) in a paediatric emergency department. *J Paediatr Child Health* 2020;56:1376-81, doi:http://dx.doi.org/10.1111/jpc.14940.
301. Harcke HT, Curtin RN, Harty MP, et al. Tibial intraosseous insertion in pediatric emergency care: a review based upon postmortem computed tomography. *Prehosp Emerg Care* 2020;24:665-71, doi: http://dx.doi.org/10.1080/10903127.2019.1698682.
302. Szarpak L, Ladny JR, Dabrowski M, et al. Comparison of 4 pediatric intraosseous access devices: a randomized simulation study. *Pediatr Emerg Care* 2020;36:e568-72, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PEC.0000000000001587.
303. Hamed RK, Hartmans S, Gausche-Hill M. Anesthesia through an intraosseous line using an 18-gauge intravenous needle for emergency pediatric surgery. *J Clin Anesth* 2013;25:447-51, doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.jclinane.2013.03.013.
304. Kalechstein S, Permual A, Cameron BM, et al. Evaluation of a new pediatric intraosseous needle insertion device for low-resource settings. *J Pediatr Surg* 2012;47:974-9, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2012.01.055.
305. Isayama K, Nakatani T, Tsuda M, Hirakawa A. Current status of establishing a venous line in CPA patients by Emergency Life-Saving Technicians in the prehospital setting in Japan and a proposal for intraosseous infusion. *Int J Emerg Med* 2012;5:2, doi:http://dx.doi.org/10.1186/1865-1380-5-2.
306. Hansen M, Meckler G, Spiro D, Newgard C. Intraosseous line use, complications, and outcomes among a population-based cohort of children presenting to California hospitals. *Pediatr Emerg Care* 2011;27:928-32, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PEC.0b013e3182307a2f.
307. Sunde GA, Heradstveit BE, Vikenes BH, Heltna JK. Emergency intraosseous access in a helicopter emergency medical service: a retrospective study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2010;18:52, doi:http://dx.doi.org/10.1186/1757-7241-18-52.
308. Bielski K, Szarpak L, Smereka J, Ladny JR, Leung S, Ruetzler K. Comparison of four different intraosseous access devices during simulated pediatric resuscitation. a randomized crossover manikin trial. *Eur J Pediatr* 2017;176:865-71, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s00431-017-2922-z.
309. Pifko EL, Price A, Busch C, et al. Observational review of paediatric intraosseous needle placement in the paediatric emergency department. *J Paediatr Child Health* 2018;54:546-50, doi:http://dx.doi.org/10.1111/jpc.13773.
310. Johnson M, Inaba K, Byerly S, et al. Intraosseous infusion as a bridge to definitive access. *Am Surg* 2016;82:876-80 (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27779964).
311. Oksan D, Ayfer K. Powered intraosseous device (EZ-IO) for critically ill patients. *Indian Pediatr* 2013;50:689-91, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s13312-013-0192-z.
312. Reuter-Rice K, Patrick D, Kantor E, Nolin C, Foley J. Characteristics of children who undergo intraosseous needle placement. *Adv Emerg Nurs J* 2015;37:301-7, doi:http://dx.doi.org/10.1097/TME.0000000000000077.

313. Lee SH, Frey M, Kerrey BT, Zhang Y, Byczkowski T, Geis GL. A video-based, case-control study of factors associated with intraosseous catheterization during pediatric resuscitation. *Ann Emerg Med* 2020;75:755-61, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.annemergmed.2019.09.005.
314. Abramson TM, Alreshaid L, Kang T, Mailhot T, Omer T. Fasciotomy: ultrasound evaluation of an intraosseous needle causing compartment syndrome. *Clin Pract Cases Emerg Med* 2018;2:323-5, doi:http://dx.doi.org/10.5811/cpcem.2018.8.38854.
315. Tsung JW, Blaivas M, Stone MB. Feasibility of point-of-care colour Doppler ultrasound confirmation of intraosseous needle placement during resuscitation. *Resuscitation* 2009;80:665-8, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2009.03.009.
316. Oulego-Erroz I, Munoz-Lozon A, Alonso-Quintela P, Rodriguez-Nunez A. Comparison of ultrasound guided brachiocephalic and internal jugular vein cannulation in critically ill children. *J Crit Care* 2016;35:133-7, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jccr.2016.05.010.
317. Gallagher RA, Levy J, Vieira RL, Monuteaux MC, Stack AM. Ultrasound assistance for central venous catheter placement in a pediatric emergency department improves placement success rates. *Acad Emerg Med* 2014;21:981-6, doi:http://dx.doi.org/10.1111/acem.12460.
318. Stinson HR, Viteri S, Koetter P, et al. Early experience with a novel strategy for assessment of sepsis risk: the shock huddle. *Pediatr Qual Saf* 2019;4:e197, doi:http://dx.doi.org/10.1097/pq9.000000000000197.
319. Wulff A, Montag S, Marschollek M, Jack T. Clinical decision-support systems for detection of systemic inflammatory response syndrome, sepsis, and septic shock in critically ill patients: a systematic review. *Methods Inf Med* 2019;58:e43-57, doi:http://dx.doi.org/10.1055/s-0039-1695717.
320. Pepper DJ, Natanson C, Eichacker PQ. Evidence underpinning the centers for medicare & medicaid services' severe sepsis and septic shock management bundle (SEP-1). *Ann Intern Med* 2018;168:610-2, doi:http://dx.doi.org/10.7326/L18-0140.
321. Barboza CL, Valette CO, da Silva AR. Bundle adherence of intravenous antibiotic fluid resuscitation and vasopressor in children with severe sepsis or septic shock. *Indian J Crit Care Med* 2020;24:128-32, doi:http://dx.doi.org/10.5005/jp-journals-10071-23336.
322. Balamuth F, Weiss SL, Fitzgerald JC, et al. Protocolized treatment is associated with decreased organ dysfunction in pediatric severe sepsis. *Pediatr Crit Care Med* 2016;17:817-22, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000000858.
323. Workman JK, Ames SG, Reeder RW, et al. Treatment of pediatric septic shock with the surviving sepsis campaign guidelines and PICU patient outcomes. *Pediatr Crit Care Med* 2016;17:e451-8, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000000906.
324. Lane RD, Funai T, Reeder R, Larsen GY. High reliability pediatric septic shock quality improvement initiative and decreasing mortality. *Pediatrics* 2016;138, doi:http://dx.doi.org/10.1542/peds.2015-4153.
325. Hebert A, Boucher MP, Guimont C, Weiss M. Effect of measuring vital signs on recognition and treatment of septic children. *Paediatr Child Health* 2017;22:13-6, doi:http://dx.doi.org/10.1093/pch/pxw003.
326. Paul R, Melendez E, Wathen B, et al. A quality improvement collaborative for pediatric sepsis: lessons learned. *Pediatr Qual Saf* 2018;3:e051, doi:http://dx.doi.org/10.1097/pq9.000000000000051.
327. Evans IVR, Phillips GS, Alpern ER, et al. Association between the New York sepsis care mandate and in-hospital mortality for pediatric sepsis. *JAMA* 2018;320:358-67, doi:http://dx.doi.org/10.1001/jama.2018.9071.
328. Samransamruajkit R, Limprayoon K, Lertbunriang R, et al. The utilization of the surviving sepsis campaign care bundles in the treatment of pediatric patients with severe sepsis or septic shock in a resource-limited environment: a prospective multicenter trial. *Indian J Crit Care Med* 2018;22:846-51, doi:http://dx.doi.org/10.4103/ijccm. IJCCM\_367\_18.
329. Kortz TB, Axelrod DM, Chisti MJ, Kache S. Clinical outcomes and mortality before and after implementation of a pediatric sepsis protocol in a limited resource setting: a retrospective cohort study in Bangladesh. *PLOS ONE* 2017;12:e0181160, doi:http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0181160.
330. Lane RD, Olson J, Reeder R, et al. Antibiotic timing in pediatric septic shock. *Hosp Pediatr* 2020;10:311-7, doi:http://dx.doi.org/10.1542/hpeds.2019-0250.
331. Kyo M, Ohshimo S, Kosaka T, Fujita N, Shime N. Impact of inappropriate empiric antimicrobial therapy on mortality in pediatric patients with bloodstream infection: a retrospective observational study. *J Chemother* 2019;31:388-93, doi:http://dx.doi.org/10.1080/1120009X.2019.1623362.
332. van Paridon BM, Sheppard C, GG G, Joffe AR, Alberta Sepsis N. Timing of antibiotics, volume, and vasoactive infusions in children with sepsis admitted to intensive care. *Crit Care* 2015;19:293, doi: http://dx.doi.org/10.1186/s13054-015-1010-x.
333. Carapetis JR, Jacoby P, Carville K, Ang SJ, Curtis N, Andrews R. Effectiveness of clindamycin and intravenous immunoglobulin, and risk of disease in contacts, in invasive group A streptococcal infections. *Clin Infect Dis* 2014;59:358-65, doi:http://dx.doi.org/10.1093/cid/ciu304.
334. Weiss SL, Fitzgerald JC, Balamuth F, et al. Delayed antimicrobial therapy increases mortality and organ dysfunction duration in pediatric sepsis. *Crit Care Med* 2014;42:2409-17, doi:http://dx.doi.org/10.1097/CCM.0000000000000509.
335. Fusco NM, Parbuoni KA, Morgan JA. Time to first antimicrobial administration after onset of sepsis in critically ill children. *J Pediatr Pharmacol Ther* 2015;20:37-44, doi:http://dx.doi.org/10.5863/1551-6776-20.1.37.
336. Han M, Fitzgerald JC, Balamuth F, et al. Association of delayed antimicrobial therapy with one-year mortality in pediatric sepsis. *Shock* 2017; 48:29-35, doi:http://dx.doi.org/10.1097/SHK.0000000000000833.
337. Li Q, Cheng J, Wu Y, et al. Effects of delayed antibiotic therapy on outcomes in children with streptococcus pneumoniae sepsis. *Antimicrob Agents Chemother* 2019;63, doi:http://dx.doi.org/10.1128/AAC.00623-19.
338. Tran P, Dowell E, Hamilton S, et al. Two blood cultures with age-appropriate volume enhance suspected sepsis decision-making. *Open Forum Infect Dis* 2020;7:ofaa028, doi:http://dx.doi.org/10.1093/ofid/ofaa028.
339. Ventura AM, Shieh HH, Bouso A, et al. Double-blind prospective randomized controlled trial of dopamine versus epinephrine as first-line vasoactive drugs in pediatric septic shock. *Crit Care Med* 2015;43:2292-302, doi:http://dx.doi.org/10.1097/CCM.0000000000001260.
340. Ramaswamy KN, Singhi S, Jayashree M, Bansal A, Nallasamy K. Double-blind randomized clinical trial comparing dopamine and epinephrine in pediatric fluid-refractory hypotensive septic shock. *Pediatr Crit Care Med* 2016;17:e502-12, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000000954.
341. Wen L, Xu L. The efficacy of dopamine versus epinephrine for pediatric or neonatal septic shock: a meta-analysis of randomized controlled studies. *Ital J Pediatr* 2020;46:6, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s13052-019-0768-x.
342. Masarwa R, Paret G, Perlman A, Reif S, Raccach BH, Matok I. Role of vasopressin and terlipressin in refractory shock compared to conventional therapy in the neonatal and pediatric population: a systematic review, meta-analysis, and trial sequential analysis. *Crit Care* 2017;21:1, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s13054-016-1589-6.
343. Lampin ME, Rousseaux J, Botte A, Sadik A, Cremer R, Leclerc F. Noradrenaline use for septic shock in children: doses, routes of administration and complications. *Acta Paediatr* 2012;101:e426-30, doi:http://dx.doi.org/10.1111/j.1651-2227.2012.02725.x.
344. Michel J, Hofbeck M, Spiller G, Renk H, Kumpf M, Neunhoeffer F. Safety and efficacy of terlipressin in pediatric distributive shock: a retrospective analysis in 20 children. *Paediatr Drugs* 2017;19:35-41, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s40272-016-0199-8.
345. Patregnani JT, Sochet AA, Klugman D. Short-term peripheral vasoactive infusions in pediatrics: where is the harm? *Pediatr Crit Care Med* 2017;18:e378-81, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000001230.
346. Morin L, Kneyber M, Jansen NJG, et al. Translational gap in pediatric septic shock management: an ESPNIC perspective. *Ann Intensive Care* 2019;9:73, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s13613-019-0545-4.
347. Ranjit S, Natraj R, Kandath SK, Kisson N, Ramakrishnan B, Marik PE. Early norepinephrine decreases fluid and ventilatory requirements in pediatric vasodilatory septic shock. *Indian J Crit Care Med* 2016;20:561-9, doi:http://dx.doi.org/10.4103/0972-5229.192036.
348. Ferguson LP, Thiru Y, Staffa SJ, Guillen Ortega M. Reducing cardiac arrests in the PICU: initiative to improve time to administration of prearrest bolus epinephrine in patients with cardiac disease. *Crit Care Med* 2020;48:e542-9, doi:http://dx.doi.org/10.1097/CCM.0000000000004349.
349. Gamper G, Havel C, Arrich J, et al. Vasopressors for hypotensive shock. *Cochrane Database Syst Rev* 2016;2:CD003709, doi:http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD003709.pub4.
350. Misir A, Mehrotra S. Fluid and medication considerations in the traumatized patient. *Curr Pediatr Rev* 2018;14:9-27, doi:http://dx.doi.org/10.2174/1573396313666170815101504.
351. Health RCoPaC. Major trauma and the use of tranexamic acid in children Evidence statement Royal College of Paediatrics and Child Health. 2012 (<https://www.rcem.ac.uk/docs/ExternalGuidance/>).
352. Patel J, Prajapati M, Patel H, Gandhi H, Deodhar S, Pandya H. Topical and low-dose intravenous tranexamic acid in cyanotic cardiac surgery. *Asian Cardiovasc Thorac Ann* 2017;25:118-22, doi: http://dx.doi.org/10.1177/0218492316688416.
353. O'Neil ER, Schmees LR, Resendiz K, Justino H, Anders MM. Inhaled tranexamic acid as a novel treatment for pulmonary hemorrhage in critically ill pediatric patients: an observational study. *Crit Care Explor* 2020;2:e0075, doi:http://dx.doi.org/10.1097/CCE.0000000000000075.
354. Maeda T, Michihata N, Sasabuchi Y, et al. Safety of tranexamic acid during pediatric trauma: a nationwide database study. *Pediatr Crit Care Med* 2018;19:e637-42, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000001724.
355. Eckert MJ, Wertin TM, Tyner SD, Nelson DW, Izenberg S, Martin MJ. Tranexamic acid administration to pediatric trauma patients in a combat setting: the pediatric trauma and tranexamic acid study (PED-TRAX). *J Trauma Acute Care Surg* 2014;77:852-8, doi:http://dx.doi.org/10.1097/TA.0000000000000443 [discussion 858].
356. Lin CY, Shuhaiber JH, Loyola H, et al. The safety and efficacy of antifibrinolytic therapy in neonatal cardiac surgery. *PLOS ONE* 2015;10:e0126514, doi:http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0126514.
357. Zhang Y, Wang R, Wang YH, et al. Effects of tranexamic acid on the blood conservation and the long-term prognosis in pediatric patients undergoing repair for tetralogy of fallot. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi* 2019;99:3564-7, doi:http://dx.doi.org/10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2019.45.007.
358. Crash-trial collaborators, Shakur I, Roberts I, et al. Effects of tranexamic acid on death, vascular occlusive events, and blood transfusion in trauma patients with significant haemorrhage (CRASH-2): a randomised, placebo-controlled trial. *Lancet* 2010;376:23-32, doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(10)60835-5.
359. collaborators C-t. Effects of tranexamic acid on death, disability, vascular occlusive events and other morbidities in patients with acute traumatic brain injury (CRASH-3): a randomised, placebo-controlled trial. *Lancet* 2019;394:1713-23, doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(19)32233-0.
360. Menon K, McNally D, Choong K, Sampson M. A systematic review and meta-analysis on the effect of steroids in pediatric shock. *Pediatr Crit Care Med* 2013;14:474-80, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0b013e31828a8125.
361. El-Nawawy A, Khater D, Omar H, Wali Y. Evaluation of early corticosteroid therapy in management of pediatric septic shock in pediatric intensive care patients:

- a randomized clinical study. *Pediatr Infect Dis J* 2017;36:155-9, doi:http://dx.doi.org/10.1097/INF.0000000000001380.
362. Wong HR, Cvijanovich NZ, Anas N, et al. Endotype transitions during the acute phase of pediatric septic shock reflect changing risk and treatment response. *Crit Care Med* 2018;46:e242-9, doi:http://dx.doi.org/10.1097/CCM.0000000000002932.
363. Wong HR, Atkinson SJ, Cvijanovich NZ, et al. Combining prognostic and predictive enrichment strategies to identify children with septic shock responsive to corticosteroids. *Crit Care Med* 2016;44:e1000-3, doi:http://dx.doi.org/10.1097/CCM.0000000000001833.
364. Nichols B, Kubis S, Hewlett J, Yehya N, Srinivasan V. Hydrocortisone therapy in catecholamine-resistant pediatric septic shock: a pragmatic analysis of clinician practice and association with outcomes. *Pediatr Crit Care Med* 2017;18:e406-14, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000001237.
365. Menon K, McNally JD, Choong K, et al. A cohort study of pediatric shock: frequency of corticosteroid use and association with clinical outcomes. *Shock* 2015;44:402-9, doi:http://dx.doi.org/10.1097/SHK.0000000000000355.
366. Atkinson SJ, Cvijanovich NZ, Thomas NJ, et al. Corticosteroids and pediatric septic shock outcomes: a risk stratified analysis. *PLOS ONE* 2014;9:e112702, doi:http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0112702.
367. Cooney L, Hawcutt D, Sinha I. The evidence for intravenous theophylline levels between 1020mg/l in children suffering an acute exacerbation of asthma: a systematic review. *PLOS ONE* 2016;11:e0153877, doi:http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0153877.
368. Cooney L, Sinha I, Hawcutt D. Aminophylline dosage in asthma exacerbations in children: a systematic review. *PLOS ONE* 2016;11: e0159965, doi:http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0159965.
369. Mathew JL. Systematic review on efficacy of magnesium (intravenous or nebulized) for acute asthma episodes in children: evidence-based medicine viewpoint. *Indian Pediatr* 2017;54:133-6, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s13312-017-1016-3.
370. Vezina K, Chauhan BF, Ducharme FM. Inhaled anticholinergics and short-acting beta(2)-agonists versus short-acting beta2-agonists alone for children with acute asthma in hospital. *Cochrane Database Syst Rev* 2014;CD010283, doi:http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD010283.pub2.
371. Knightly R, Milan SJ, Hughes R, et al. Inhaled magnesium sulfate in the treatment of acute asthma. *Cochrane Database Syst Rev* 2017;11:CD003898, doi:http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD003898.pub6.
372. Keeney GE, Gray MP, Morrison AK, et al. Dexamethasone for acute asthma exacerbations in children: a meta-analysis. *Pediatrics* 2014;133:493-9, doi:http://dx.doi.org/10.1542/peds.2013-2273.
373. Silva Pde S, Barreto SS. Noninvasive ventilation in status asthmaticus in children: levels of evidence. *Rev Bras Ter Intensiva* 2015;27:390-6, doi:http://dx.doi.org/10.5935/0103-507X.20150065.
374. Liu X, Yu T, Rower JE, Campbell SC, Sherwin CM, Johnson MD. Optimizing the use of intravenous magnesium sulfate for acute asthma treatment in children. *Pediatr Pulmonol* 2016;51:1414-21, doi:http://dx.doi.org/10.1002/ppul.23482.
375. Hon KLE, Leung AKC. Medications and recent patents for status asthmaticus in children. *Recent Pat Inflamm Allergy Drug Discov* 2017;11: 12-21, doi:http://dx.doi.org/10.2174/1872213X11666170130143524.
376. Pardue Jones B, Fleming GM, Otillio JK, Asokan I, Arnold DH. Pediatric acute asthma exacerbations: evaluation and management from emergency department to intensive care unit. *J Asthma* 2016; 53:607-17, doi:http://dx.doi.org/10.3109/02770903.2015.1067323.
377. Tiwari A, Gugliani V, Jat KR. Ketamine versus aminophylline for acute asthma in children: a randomized, controlled trial. *Ann Thorac Med* 2016;11:283-8, doi:http://dx.doi.org/10.4103/1817-1737.191874.
378. Cronin JJ, McCoy S, Kennedy U, et al. A randomized trial of single-dose oral dexamethasone versus multidose prednisolone for acute exacerbations of asthma in children who attend the emergency department. *Ann Emerg Med* 2016;67:e3.593-601, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.annemergmed.2015.08.001.
379. Paniagua N, Lopez R, Munoz N, et al. Randomized trial of dexamethasone versus prednisone for children with acute asthma exacerbations. *J Pediatr* 2017;191:e1.190-6, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2017.08.030.
380. Alangari AA, Malhis N, Mubasher M, et al. Budesonide nebulization added to systemic prednisolone in the treatment of acute asthma in children: a double-blind, randomized, controlled trial. *Chest* 2014;145:772-8, doi:http://dx.doi.org/10.1378/chest.13-2298.
381. Muchao FP, Souza JM, Torres HC, et al. Albuterol via metered-dose inhaler in children: lower doses are effective, and higher doses are safe. *Pediatr Pulmonol* 2016;51:1122-30, doi:http://dx.doi.org/10.1002/ppul.23469.
382. Arulparithi CS, Babu TA, Ravichandran C, et al. Efficacy of nebulised budesonide versus oral prednisolone in acute severe asthma. *Indian J Pediatr* 2015;82:328-32, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s12098-014-1498-0.
383. Iramain R, Castro-Rodriguez JA, Jara A, et al. Salbutamol and ipratropium by inhaler is superior to nebulizer in children with severe acute asthma exacerbation: randomized clinical trial. *Pediatr Pulmonol* 2019;54:372-7, doi:http://dx.doi.org/10.1002/ppul.24244.
384. Cundiff KM, Gerard JM, Flood RG. Critical care interventions for asthmatic patients admitted from the emergency department to the pediatric intensive care unit. *Pediatr Emerg Care* 2018;34:385-9, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PEC.0000000000001163.
385. Hudgins JD, Neuman MI, Monuteaux MC, Porter J, Nelson KA. Provision of guideline-based pediatric asthma care in US emergency departments. *Pediatr Emerg Care* 2019, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PEC.0000000000001706.
386. Golden C, Xu M, Estrada CM, Arnold DH. Clinical outcomes after bilevel positive airway pressure treatment for acute asthma exacerbations. *JAMA Pediatr* 2015;169:186-8, doi:http://dx.doi.org/10.1001/jamapediatrics.2014.2767.
387. Rehder KJ. Adjunct therapies for refractory status asthmaticus in children. *Respir Care* 2017;62:849-65, doi:http://dx.doi.org/10.4187/respcare.05174.
388. Wisecup S, Eades S, Hashmi SS, Samuels C, Mosquera RA. Diastolic hypotension in pediatric patients with asthma receiving continuous albuterol. *J Asthma* 2015;52:6938, doi:http://dx.doi.org/10.3109/02770903.2014.1002566.
389. Male I, Richter H, Seddon P. Children's perception of breathlessness in acute asthma. *Arch Dis Child* 2000;83:325-9, doi:http://dx.doi.org/10.1136/adc.83.4.325.
390. Cates CJ, Welsh EJ, Rowe BH. Holding chambers (spacers) versus nebulisers for beta-agonist treatment of acute asthma. *Cochrane Database Syst Rev* 2013;CD000052, doi:http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD000052.pub3.
391. Watts K, Chavasse RJ. Leukotriene receptor antagonists in addition to usual care for acute asthma in adults and children. *Cochrane Database Syst Rev* 2012;CD006100, doi:http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD006100.pub2.
392. Griffiths B, Ducharme FM. Combined inhaled anticholinergics and short-acting beta2-agonists for initial treatment of acute asthma in children. *Cochrane Database Syst Rev* 2013;CD000060, doi:http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD000060.pub2.
393. Edmonds ML, Milan SJ, Camargo Jr. CA, Pollack CV, Rowe BH. Early use of inhaled corticosteroids in the emergency department treatment of acute asthma. *Cochrane Database Syst Rev* 2012;12: CD002308, doi:http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD002308.pub2.
394. Jat KR, Chawla D. Ketamine for management of acute exacerbations of asthma in children. *Cochrane Database Syst Rev* 2012;11:CD009293, doi: http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD009293.pub2.
395. Le Conte P, Terzi N, Mortamet G, et al. Management of severe asthma exacerbation: guidelines from the Societe Francaise de Medecine d'Urgence, the societe de reanimation de langue francaise and the french group for pediatric intensive care and emergencies. *Ann Intensive Care* 2019;9:115, doi: http://dx.doi.org/10.1186/s13613-019-0584-x.
396. Wei J, Lu Y, Han F, Zhang J, Liu L, Chen Q. Oral dexamethasone vs. oral prednisone for children with acute asthma exacerbations: a systematic review and meta-analysis. *Front Pediatr* 2019;7:503, doi: http://dx.doi.org/10.3389/fped.2019.00503.
397. Murphy KR, Hong JG, Wandalsen G, et al. Nebulized inhaled corticosteroids in asthma treatment in children 5 years or younger: a systematic review and global expert analysis. *J Allergy Clin Immunol Pract* 2020;8:1815-27, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jaip.2020.01.042.
398. Liedtke AG, Lava SAG, Milani GP, et al. Selective ss2-adrenoceptor agonists and relevant hyperlactatemia: systematic review and meta-analysis. *J Clin Med* 2019;9:71, doi:http://dx.doi.org/10.3390/jcm9010071.
399. Kwon JW. High-flow nasal cannula oxygen therapy in children: a clinical review. *Clin Exp Pediatr* 2020;63:3-7, doi:http://dx.doi.org/10.3345/kjp.2019.00626.
400. Katsunuma T, Fujisawa T, Maekawa T, et al. Low-dose l-isoproterenol versus salbutamol in hospitalized pediatric patients with severe acute exacerbation of asthma: a double-blind, randomized controlled trial. *Allergol Int* 2019;68:335-41, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.allit.2019.02.001.
401. Graff DM, Stevenson MD, Berkenbosch JW. Safety of prolonged magnesium sulfate infusions during treatment for severe pediatric status asthmaticus. *Pediatr Pulmonol* 2019;54:1941-7, doi:http://dx.doi.org/10.1002/ppul.24499.
402. Messer AF, Sampayo EM, Mothner B, et al. Continuous albuterol in pediatric acute care: study demonstrates safety outside the intensive care unit. *Pediatr Qual Saf* 2019;4:e225, doi:http://dx.doi.org/10.1097/pq9.0000000000000225.
403. Boeschoten S, de Hoog M, Kneyber M, Merkus P, Boehmer A, Buysse C. Current practices in children with severe acute asthma across European PICUs: an ESP-NIC survey. *Eur J Pediatr* 2020;179:455-61, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s00431-019-03502-9.
404. Kapuscinski CA, Stauber SD, Hutchinson DJ. Escalation in therapy based on intravenous magnesium sulfate dosing in pediatric patients with asthma exacerbations. *J Pediatr Pharmacol Ther* 2020;25:314-9, doi:http://dx.doi.org/10.5863/1551-6776-25.4.314.
405. Loit CT, Alfonso AA, Barelli A, González-Salvado V, Hinkelbein J, Nolan JP, et al. European resuscitation council guidelines 2021: cardiac arrest in special circumstances. *Resuscitation* 2021;161:152-219.
406. Muraro A, Roberts G, Worm M, et al. Anaphylaxis: guidelines from the European academy of allergy and clinical immunology. *Allergy: Eur J Allergy Clin Immunol* 2014;69:1026-45, doi:http://dx.doi.org/10.1111/all.12437.
407. Simons FE, Arduoso LR, Bilo MB, et al. International consensus on (ICON) anaphylaxis. *World Allergy Organ J* 2014;7:9, doi:http://dx.doi.org/10.1186/1939-4551-7-9.
408. Simons FE, Ebisawa M, Sanchez-Borges M, et al. 2015 update of the evidence base: World Allergy Organization anaphylaxis guidelines. *World Allergy Organ J* 2015;8:32, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s40413-015-0080-1.
409. Shaker MS, Wallace DV, Golden DBK, et al. Anaphylaxis-a 2020 practice parameter update, systematic review, and Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluation (GRADE) analysis. *J Allergy Clin Immunol* 2020;145:1082-123, doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.jaci.2020.01.017.
410. Sicherer SH, Simons FER. Section on a, immunology. epinephrine for first-aid management of anaphylaxis. *Pediatrics* 2017;139: e20164006, doi: http://dx.doi.org/10.1542/peds.2016-4006.
411. Halbrich M, Mack DP, Carr S, Watson W, Kim H. CSACI position statement: epinephrine auto-injectors and children <15kg. *Allergy Asthma Clin Immunol* 2015;11:20, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s13223-015-0086-9.
412. Lieberman P, Nicklas RA, Randolph C, et al. Anaphylaxis—a practice parameter update 2015. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2015;115:341-84, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.anaai.2015.07.019.

413. Campbell RL, Li JT, Nicklas RA, Sadosty AT, Members of the Joint Task F, Practice Parameter W. Emergency department diagnosis and treatment of anaphylaxis: a practice parameter. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2014;113:599-608, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.anaai.2014.10.007.
414. Atanaskovic-Markovic M, Gomes E, Cernadas JR, et al. Diagnosis and management of drug-induced anaphylaxis in children: an EAACI position paper. *Pediatr Allergy Immunol* 2019;30:269-76, doi:http://dx.doi.org/10.1111/pai.13034.
415. Turner PJ, Worm M, Ansotegui IJ, et al. Time to revisit the definition and clinical criteria for anaphylaxis? *World Allergy Organ J* 2019;12:100066, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.waojou.2019.100066.
416. Resuscitation AaNCcO. First Aid Management of Anaphylaxis. Australian Resuscitation Council. (<https://resus.org.au/editorial-changes-guidelines/>).
417. Liyanage CK, Galappathy P, Seneviratne SL. Corticosteroids in management of anaphylaxis; a systematic review of evidence. *Eur Ann Allergy Clin Immunol* 2017;49:196-207, doi:http://dx.doi.org/10.23822/EurAnnACI.1764-1489.15.
418. Pourmand A, Robinson C, Syed W, Mazer-Amirshahi M. Biphasic anaphylaxis: a review of the literature and implications for emergency management. *Am J Emerg Med* 2018;36:1480-5, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ajem.2018.05.009.
419. Alqurashi W, Ellis AK. Do corticosteroids prevent biphasic anaphylaxis? *J Allergy Clin Immunol Pract* 2017;5:1194-205, doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.jaip.2017.05.022.
420. Wang Y, Allen KJ, Suaini NHA, McWilliam V, Peters RL, Koplin JJ. The global incidence and prevalence of anaphylaxis in children in the general population: a systematic review. *Allergy: Eur J Allergy Clin Immunol* 2019;74:1063-80, doi:http://dx.doi.org/10.1111/all.13732.
421. Posner LS, Camargo Jr. CA. Update on the usage and safety of epinephrine auto-injectors, 2017. *Drug Healthc Patient Saf* 2017;9:9-18, doi:http://dx.doi.org/10.2147/DHPS.S121733.
422. Tanno LK, Alvarez-Perea A, Pouessel G. Therapeutic approach of anaphylaxis. *Curr Opin Allergy Clin Immunol* 2019;19:393-401, doi: http://dx.doi.org/10.1097/ACI.0000000000000539.
423. Anagnostou K. Anaphylaxis in children: epidemiology, risk factors and management. *Curr Pediatr Rev* 2018;14:180-6, doi:http://dx.doi.org/10.2174/1573396314666180507115115.
424. Farbman KS, Michelson KA. Anaphylaxis in children. *Curr Opin Pediatr* 2016;28:294-7, doi:http://dx.doi.org/10.1097/MOP.0000000000000340.
425. Simons FE, Sampson HA. Anaphylaxis: unique aspects of clinical diagnosis and management in infants (birth to age 2 years). *J Allergy Clin Immunol* 2015;135:1125-31, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jaci.2014.09.014.
426. Gabrielli S, Clarke A, Morris J, et al. Evaluation of prehospital management in a Canadian emergency department anaphylaxis cohort. *J Allergy Clin Immunol Pract* 2019;7:2232-8.e3, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jaip.2019.04.018.
427. Krmpotic K, Weisser C, O'Hanley A, Soder C. Incidence and outcomes of severe anaphylaxis in paediatric patients in Atlantic Canada. *J Pediatr Intensive Care* 2019;8:113-6, doi:http://dx.doi.org/10.1055/s-0039-1683869.
428. Maa T, Scherzer DJ, Harwayne-Gidansky I, et al. Prevalence of Errors in Anaphylaxis in Kids (PEAK): a multicenter simulation-based study. *J Allergy Clin Immunol Pract* 2020;8:1239-46.e3, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jaip.2019.11.013.
429. Choi YJ, Kim J, Jung JY, Kwon H, Park JW. Underuse of epinephrine for pediatric anaphylaxis victims in the emergency department: a population-based study. *Allergy Asthma Immunol Res* 2019;11:529-37, doi:http://dx.doi.org/10.4168/air.2019.11.4.529.
430. Cohen N, Capua T, Pivko D, Ben-Shoshan M, Benor S, Rimon A. Trends in the diagnosis and management of anaphylaxis in a tertiary care pediatric emergency department. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2018;121:348-52, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.anaai.2018.06.033.
431. Ruiz Oropeza A, Lassen A, Halken S, Bindslev-Jensen C, Mortz CG. Anaphylaxis in an emergency care setting: a one year prospective study in children and adults. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2017;25:111, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s13049-017-0402-0.
432. Michelson KA, Monuteaux MC, Neuman MI. Glucocorticoids and hospital length of stay for children with anaphylaxis: a retrospective study. *J Pediatr* 2015;167:719-24.e1, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2015.05.0333.
433. Fleming JT, Clark S, Camargo Jr. CA, Rudders SA. Early treatment of food-induced anaphylaxis with epinephrine is associated with a lower risk of hospitalization. *J Allergy Clin Immunol Pract* 2015;3:57-62, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jaip.2014.07.004.
434. van der Valk JPM, Berends I, Gerth van Wijk R, et al. Small percentage of anaphylactic reactions treated with epinephrine during food challenges in Dutch children. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2018;120:300-3, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.anaai.2017.08.018.
435. Ninchoji T, Iwatani S, Nishiyama M, et al. Current situation of treatment for anaphylaxis in a Japanese pediatric emergency center. *Pediatr Emerg Care* 2018;34:e64-7, dx.doi.org/10.1097/PEC.0000000000000691.
436. Dubus JC, Le MS, Vitte J, et al. Use of epinephrine in emergency department depends on anaphylaxis severity in children. *Eur J Pediatr* 2019;178:69-75, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s00431-018-3246-3.
437. Sidhu N, Jones S, Perry T, et al. Evaluation of anaphylaxis management in a pediatric emergency department. *Pediatr Emerg Care* 2016;32:508-13, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PEC.0000000000000864.
438. Robinson M, Greenhawt M, Stukus DR. Factors associated with epinephrine administration for anaphylaxis in children before arrival to the emergency department. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2017;119:164-9, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.anaai.2017.06.001.
439. Latimer AJ, Husain S, Nolan J, et al. Syringe administration of epinephrine by emergency medical technicians for anaphylaxis. *Prehosp Emerg Care* 2018;22:319-25, doi:http://dx.doi.org/10.1080/10903127.2017.1392667.
440. Cristiano LM, Hiestand B, Caldwell JW, et al. Prehospital administration of epinephrine in pediatric anaphylaxis: a statewide perspective. *Prehosp Emerg Care* 2018;22:452-6, doi:http://dx.doi.org/10.1080/10903127.2017.1399184.
441. Carrillo E, Hern HG, Barger J. Prehospital administration of epinephrine in pediatric anaphylaxis. *Prehosp Emerg Care* 2016;20:239-44, doi:http://dx.doi.org/10.3109/10903127.2015.1086843.
442. Andrew E, Nehme Z, Bernard S, Smith K. Pediatric anaphylaxis in the prehospital setting: incidence, characteristics, and management. *Prehosp Emerg Care* 2018;22:445-51, doi:http://dx.doi.org/10.1080/10903127.2017.1402110.
443. Kim L, Nevis IF, Tsai G, et al. Children under 15kg with food allergy may be at risk of having epinephrine auto-injectors administered into bone. *Allergy Asthma Clin Immunol* 2014;10:40, doi:http://dx.doi.org/10.1186/1710-1492-10-40.
444. Topal E, Bakirtas A, Yilmaz O, et al. Anaphylaxis in infancy compared with older children. *Allergy Asthma Proc* 2013;34:233-8, doi:http://dx.doi.org/10.2500/aap.2013.34.3658.
445. Grabenhenrich LB, Dolle S, Moneret-Vautrin A, et al. Anaphylaxis in children and adolescents: the European anaphylaxis registry. *J Allergy Clin Immunol* 2016;137:e1.1128-37, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jaci.2015.11.015.
446. Loprinzi Brauer CE, Motosue MS, Li JT, et al. Prospective validation of the NIAID/FAAN criteria for emergency department diagnosis of anaphylaxis. *J Allergy Clin Immunol Pract* 2016;4:1220-6, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jaip.2016.06.003.
447. Mintegi S, Azkunaga B, Prego J, et al. International epidemiological differences in acute poisonings in pediatric emergency departments. *Pediatr Emerg Care* 2019;35:50-7, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PEC.0000000000001031.
448. Avau B, Borra V, Vanhove AC, Vandekerckhove P, De Paepe P, De Buck E. First aid interventions by laypeople for acute oral poisoning. *Cochrane Database Syst Rev* 2018;12:CD013230, doi:http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD013230.
449. Mintegi S, Dalziel SR, Azkunaga B, et al. International variability in gastrointestinal decontamination with acute poisonings. *Pediatrics* 2017;140: e20170006, doi:http://dx.doi.org/10.1542/peds.2017-0006.
450. Quinn N, Palmer CS, Bernard S, Noonan M, Teague WJ. Thoracostomy in children with severe trauma: an overview of the paediatric experience in Victoria, Australia. *EMA Emerg Med Australas* 2020;32:117-26, doi:http://dx.doi.org/10.1111/1742-6723.13392.
451. Terboven T, Leonhard G, Wessel L, et al. Chest wall thickness and depth to vital structures in paediatric patients implications for prehospital needle decompression of tension pneumothorax. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2019;27:45, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s13049-019-0623-5.
452. Leonhard G, Overhoff D, Wessel L, et al. Determining optimal needle size for decompression of tension pneumothorax in children: a CT-based study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2019;27:90, doi: http://dx.doi.org/10.1186/s13049-019-0671-x.
453. Pelland-Marcotte MC, Tucker C, Klaassen A, et al. Outcomes and risk factors of massive and submassive pulmonary embolism in children: a retrospective cohort study. *Lancet Haematol* 2019;6:e144-53, doi:http://dx.doi.org/10.1016/S2352-3026(18)30224-2.
454. Morgan JK, Brown J, Bray RM. Resilience as a moderating factor between stress and alcohol-related consequences in the Army National Guard. *Addict Behav* 2018;80:22-7, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.addbeh.2018.01.002.
455. Belsky J, Warren P, Stanek J, Kumar R. Catheter-directed thrombolysis for submassive pulmonary embolism in children: a case series. *Pediatr Blood Cancer* 2020;67:e28144, doi:http://dx.doi.org/10.1002/psc.28144.
456. Akam-Venkata J, Forbes TJ, Schreiber T, et al. Catheter-directed therapy for acute pulmonary embolism in children. *Cardiol Young* 2018;1-7, doi:http://dx.doi.org/10.1017/S104795118002135.
457. Kayashima K. Factors affecting survival in pediatric cardiac tamponade caused by central venous catheters. *J Anesth* 2015;29:944-52, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s00540-015-2045-5.
458. Jat KR, Lodha R, Kabra SK. Arrhythmias in children. *Indian J Pediatr* 2011;78:211-8, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s12098-010-0276-x.
459. Baruteau AE, Perry JC, Sanatani S, Horie M, Dubin AM. Evaluation and management of bradycardia in neonates and children. *Eur J Pediatr* 2016;175:151-61, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s00431-015-2689-z.
460. Eisa L, Passi Y, Lerman J, Raczka M, Heard C. Do small doses of atropine (<0.1mg) cause bradycardia in young children? *Arch Dis Child* 2015;100:684-8, doi:http://dx.doi.org/10.1136/archdischild-2014-307868.
461. Brugada J, Blom N, Sarquella-Brugada G, et al. Pharmacological and non-pharmacological therapy for arrhythmias in the pediatric population: EHRA and AEPIC-Arhythmia Working Group joint consensus statement. *Europace* 2013;15:1337-82, doi:http://dx.doi.org/10.1093/europace/eut082.
462. Brugada J, Katritsis DG, Arbelo E, et al. 2019 ESC Guidelines for the management of patients with supraventricular tachycardia: the task force for the management of patients with supraventricular tachycardia of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J* 2020;41:655-720, doi:http://dx.doi.org/10.1093/eurheartj/ehz467.
463. BET 1: Intraosseous adenosine for the termination of paroxysmal supraventricular tachycardia in children. *Emerg Med* 2014;31:604-5, doi:http://dx.doi.org/10.1136/emmed-2014-203947.1.
464. Quail MA, Till J. Question 3 Does a higher initial dose of adenosine improve cardioversion rates in supraventricular tachycardia? *Arch Dis Child* 2012;97:177-9, doi:http://dx.doi.org/10.1136/archdischild-2011-301079.

465. Campbell M, Buitrago SR. BET 2: Ice water immersion, other vagal manoeuvres or adenosine for SVT in children. *Emerg Med* 2017;34:58-60, doi:http://dx.doi.org/10.1136/emered-2016-206487.2.
466. Richardson C, Silver ES. Management of supraventricular tachycardia in infants. *Paediatr Drugs* 2017;19:539-51, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s40272-017-0254-0.
467. Bronzetti G, Brighenti M, Mariucci E, et al. Upside-down position for the out of hospital management of children with supraventricular tachycardia. *Int J Cardiol* 2018;252:106-9, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ijcard.2017.10.120.
468. Gill BU, Bukhari SN, Rashid MA, Saleemi MS, Zaffar MZ. Comparing the efficacy of intravenous adenosine and verapamil in termination of acute paroxysmal supra ventricular tachycardia. *J Ayub Med Coll Abbottabad* 2014;26:29-31 (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25358211).
469. Clausen H, Theophilos T, Jackno K, Babl FE. Paediatric arrhythmias in the emergency department. *Emerg Med* 2012;29:732-7, doi: http://dx.doi.org/10.1136/emered-2011-200242.
470. Chrysostomou C, Morell VO, Wearden P, Sanchez-de-Toledo J, Jooste EH, Beerman L. Dexmedetomidine: therapeutic use for the termination of reentrant supraventricular tachycardia. *Congenit Heart Dis* 2013;8:48-56, doi:http://dx.doi.org/10.1111/j.1747-0803.2012.00669.x.
471. Moffett BS, Lupo PJ, delaUz CM, et al. Efficacy of digoxin in comparison with propranolol for treatment of infant supraventricular tachycardia: analysis of a large, national database. *Cardiol Young* 2015;25:10805, doi:http://dx.doi.org/10.1017/S1047951114001619.
472. Qureshi AU, Hyder SN, Sheikh AM, Sadiq M. Optimal dose of adenosine effective for supraventricular tachycardia in children. *J Coll Physicians Surg Pak* 2012;22:64851, doi:http://dx.doi.org/10.2012/JCPS.648651.
473. Chu PY, Hill KD, Clark RH, Smith PB, Hornik CP. Treatment of supraventricular tachycardia in infants: analysis of a large multicenter database. *Early Hum Dev* 2015;91:345-50, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2015.04.001.
474. Diaz-Parra S, Sanchez-Yanez P, Zabala-Arguelles I, et al. Use of adenosine in the treatment of supraventricular tachycardia in a pediatric emergency department. *Pediatr Emerg Care* 2014;30:388-93, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PEC.000000000000144.
475. Morello ML, Khoury PR, Knilians TK, et al. Risks and outcomes of direct current cardioversion in children and young adults with congenital heart disease. *Pacing Clin Electrophysiol* 2018;41:472-9, doi:http://dx.doi.org/10.1111/pace.13315.
476. Lewis J, Arora G, Tudorascu DL, Hickey RW, Saladino RA, Manole MD. Acute management of refractory and unstable pediatric supraventricular tachycardia. *J Pediatr* 2017;181:177-82.e2, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2016.10.051.
477. Kim JH, Jung JY, Lee SU, Park JW, Choi JY. Delayed adenosine therapy is associated with the refractory supraventricular tachycardia in children. *Am J Emerg Med* 2020;38:2291-6, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ajem.2019.10.018.
478. Weberding NT, Saladino RA, Minnigh MB, et al. Adenosine administration with a stopcock technique delivers lower-than-intended drug doses. *Ann Emerg Med* 2018;71:220-4, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.annemergmed.2017.09.002.
479. Palatinus JA, Lieber SB, Joyce KE, Richards JB. Extracorporeal membrane oxygenation support for hypokalemia-induced cardiac arrest: a case report and review of the literature. *J Emerg Med* 2015;49:159-64, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jemermed.2015.02.046.
480. Rehman Siddiqui NU, Merchant Q, Hasan BS, et al. Comparison of enteral versus intravenous potassium supplementation in hypokalaemia in paediatric patients in intensive care post cardiac surgery: open-label randomised equivalence trial (EIPS). *BMJ Open* 2017;7:e011179, doi:http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2016-011179.
481. Amirmovin R, Lieu P, Imperial-Perez F, Taketomo C, Markovitz BP, Moromisato DY. Safety, efficacy, and timeliness of intravenous potassium chloride replacement protocols in a pediatric cardiothoracic intensive care unit. *J Intensive Care Med* 2020;35:371-7, doi:http://dx.doi.org/10.1177/0885066617752659.
482. Knudson JD, Lowry AW, Price JF, Moffett BS. Response to intravenous potassium chloride supplementation in pediatric cardiac intensive care patients. *Pediatr Cardiol* 2013;34:887-92, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s00246-012-0565-4.
483. Varallo FR, Trombott V, Lucchetta RC, Mastroianni PC. Efficacy and safety of the pharmacotherapy used in the management of hyperkalemia: a systematic review. *Pharm Pract (Granada)* 2019;17:1361, doi:http://dx.doi.org/10.18549/Pharm-Pract.2019.1.1361.
484. Depret F, Peacock WF, Liu KD, Rafique Z, Rossignol P, Legrand M. Management of hyperkalemia in the acutely ill patient. *Ann Intensive Care* 2019;9:32, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s13613-019-0509-8.
485. Chime NO, Luo X, McNamara L, Nishisaki A, Hunt EA. A survey demonstrating lack of consensus on the sequence of medications for treatment of hyperkalemia among pediatric critical care providers. *Pediatr Crit Care Med* 2015;16:404-9, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000000384.
486. Howard-Quijano KJ, Stiegler MA, Huang YM, Canales C, Steadman RH. Anesthesiology residents' performance of pediatric resuscitation during a simulated hyperkalemic cardiac arrest. *Anesthesiology* 2010; 112:993-7, doi:http://dx.doi.org/10.1097/ALN.0b013e3181d31f3e.
487. Arnholt AM, Duval-Arnould JM, McNamara LM, Rosen MA, Singh K, Hunt EA. Comparatively evaluating medication preparation sequences for treatment of hyperkalemia in pediatric cardiac arrest: a prospective, randomized, simulation-based study. *Pediatr Crit Care Med* 2015;16:e224-30, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000000497.
488. Lee J, Moffett BS. Treatment of pediatric hyperkalemia with sodium polystyrene sulfonate. *Pediatr Nephrol* 2016;31:2113-7, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s00467-016-3414-5.
489. Abraham MB, Jones TW, Naranjo D, et al. ISPAD clinical practice consensus guidelines 2018: assessment and management of hypoglycemia in children and adolescents with diabetes. *Pediatr Diabetes* 2018;19:178-92, doi:http://dx.doi.org/10.1111/pedi.12698.
490. Weston PJ, Harris DL, Battin M, Brown J, Hegarty JE, Harding JE. Oral dextrose gel for the treatment of hypoglycaemia in newborn infants. *Cochrane Database Syst Rev* 2016;CD011027, doi:http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD011027.pub2.
491. De Buck E, Borra V, Carlson JN, Zideman DA, Singletary EM, Djarv T. First aid glucose administration routes for symptomatic hypoglycaemia. *Cochrane Database Syst Rev* 2019;4:CD013283, doi:http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD013283.pub2.
492. Kim SY. Endocrine and metabolic emergencies in children: hypocalcemia, hypoglycemia, adrenal insufficiency, and metabolic acidosis including diabetic ketoacidosis. *Ann Pediatr Endocrinol Metab* 2015;20:179-86, doi:http://dx.doi.org/10.6065/apem.2015.20.4.179.
493. Rostykyus P, Kennel J, Adair K, et al. Variability in the treatment of prehospital hypoglycemia: a structured review of EMS protocols in the United States. *Prehosp Emerg Care* 2016;20:524-30, doi:http://dx.doi.org/10.3109/10903127.2015.1128031.
494. Remick K, Redgate C, Ostermayer D, Kaji AH, Gausche-Hill M. Prehospital glucose testing for children with seizures: a proposed change in management. *Prehosp Emerg Care* 2017;21:216-21, doi: http://dx.doi.org/10.1080/10903127.2016.1218979.
495. Walsh BM, Gangadharan S, Whitfill T, et al. Safety threats during the care of infants with hypoglycemic seizures in the emergency department: a multicenter, simulation-based prospective cohort study. *J Emerg Med* 2017;53:467-74.e7, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jemermed.2017.04.028.
496. Sherr JL, Ruedy KJ, Foster NC, et al. Glucagon nasal powder: a promising alternative to intramuscular glucagon in youth with type 1 diabetes. *Diabetes Care* 2016;39:555-62, doi:http://dx.doi.org/10.2337/dc15-1606.
497. Singletary EM, Zideman DA, Bendall JC, et al. 2020 international consensus on first aid science with treatment recommendations. *Resuscitation* 2020;156:A240-82, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.09.016.
498. Lipman GS, Gaudio FG, Eifling KP, Ellis MA, Otten EM, Grissom CK. Wilderness medical society clinical practice guidelines for the prevention and treatment of heat illness: 2019 update. *Wilderness Environ Med* 2019;30:S33-46, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.wem.2018.10.004.
499. Tate RC, Selde W. Heat trap. How to treat vehicular hyperthermia in children. *JEMS* 2013;38:36-8,40,42 (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24159737).
500. Rosenberg H, Pollock N, Schiemann A, Bulger T, Stowell K. Malignant hyperthermia: a review. *Orphanet J Rare Dis* 2015;10:93, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s13023-015-0310-1.
501. Jardine DS. Heat illness and heat stroke. *Pediatr Rev* 2007;28:249-58, doi:http://dx.doi.org/10.1542/pir.28-7-249.
502. Nelson P, Litman RS. Malignant hyperthermia in children: an analysis of the North American malignant hyperthermia registry. *Anesth Analg* 2014;118:369-74, doi:http://dx.doi.org/10.1213/ANE.0b013e3182a8fad0.
503. Adato B, Dubnov-Raz G, Gips H, Heled Y, Epstein Y. Fatal heat stroke in children found in parked cars: autopsy findings. *Eur J Pediatr* 2016;175:1249-52, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s00431-016-2751-5.
504. Natsume J, Hamano SI, Iyoda K, et al. New guidelines for management of febrile seizures in Japan. *Brain Dev* 2017;39:29, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.braindev.2016.06.003.
505. Glauser T, Shinnar S, Gloss D, et al. Evidence-based guideline: treatment of convulsive status epilepticus in children and adults: report of the guideline committee of the American epilepsy society. *Epilepsy Curr* 2016;16:48-61, doi:http://dx.doi.org/10.5698/1535-7597-16.1.48.
506. Health NSW. Infants and Children Acute Management of Seizures. New South Wales Health (dostep: 7.06.2018, https://www1.health.nsw.gov.au/pds/ActivePDS-Documents/GL20\_18\_015.pdf).
507. Li L, Zhang Y, Jia L, et al. Levetiracetam versus phenytoin for the treatment of established status epilepticus: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Seizure* 2020;78:43-8, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.seizure.2020.03.002.
508. Chen D, Bian H, Zhang L. A meta-analysis of levetiracetam for randomized placebo-controlled trials in patients with refractory epilepsy. *Neuropsychiatr Dis Treat* 2019;15:905-17, doi:http://dx.doi.org/10.2147/NDT.S188111.
509. Sanchez Fernandez I, Gainza-Lein M, Lamb N, Loddenkemper T. Meta-analysis and cost-effectiveness of second-line antiepileptic drugs for status epilepticus. *Neurology* 2019;92:e2339-48, doi: http://dx.doi.org/10.1212/WNL.00000000000007503.
510. Brigo F, Bragazzi NL, Bacigaluppi S, Nardone R, Trinka E. Is intravenous lorazepam really more effective and safe than intravenous diazepam as first-line treatment for convulsive status epilepticus? A systematic review with meta-analysis of randomized controlled trials. *Epilepsy Behav* 2016;64:29-36, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.yebeh.2016.09.020.
511. Ortiz de la Rosa JS, Ladino LD, Rodriguez PJ, Rueda MC, Polania JP, Castaneda AC. Efficacy of lacosamide in children and adolescents with drug-resistant epilepsy and refractory status epilepticus: a systematic review. *Seizure* 2018;56:34-40, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.seizure.2018.01.014.
512. Uppal P, Cardamone M, Lawson JA. Outcomes of deviation from treatment guidelines in status epilepticus: a systematic review. *Seizure* 2018;58:147-53, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.seizure.2018.04.005.
513. Au CC, Branco RG, Tasker RC. Management protocols for status epilepticus in the pediatric emergency room: systematic review article. *J Pediatr* 2017;93:84-94, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2017.08.004.

514. Zhao ZY, Wang HY, Wen B, Yang ZB, Feng K, Fan JC. A Comparison of Midazolam, Lorazepam, and Diazepam for the treatment of status epilepticus in children: a network meta-analysis. *J Child Neuro* 2016; 31:1093-107, doi:http://dx.doi.org/10.1177/0883073816638757.
515. Trinka E, Hoffer J, Zerbs A, Brigo F. Efficacy and safety of intravenous valproate for status epilepticus: a systematic review. *CNS Drugs* 2014;28:623-39, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s40263-014-0167-1.
516. Strzelczyk A, Zollner JP, Willems LM, et al. Lacosamide in status epilepticus: systematic review of current evidence. *Epilepsia* 2017;58:933-50, doi:http://dx.doi.org/10.1111/epi.13716.
517. Jain P, Sharma S, Dua T, Barbui C, Das RR, Aneja S. Efficacy and safety of anti-epileptic drugs in patients with active convulsive seizures when no IV access is available: systematic review and meta-analysis. *Epilepsy Res* 2016;122:47-55, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.epilepsyres.2016.02.006.
518. McTague A, Martland T, Appleton R. Drug management for acute tonic-clonic convulsions including convulsive status epilepticus in children. *Cochrane Database Syst Rev* 2018;1:CD001905, doi:http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD001905.pub3.
519. Alshehri A, Abulaban A, Bokhari R, et al. Intravenous versus nonintravenous benzodiazepines for the cessation of seizures: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Acad Emerg Med* 2017;24:875-83, doi:http://dx.doi.org/10.1111/acem.13190.
520. Sanchez Fernandez I, Goodkin HP, Scott RC. Pathophysiology of convulsive status epilepticus. *Seizure* 2019;68:16-21, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.seizure.2018.08.002.
521. Ciccone O, Mathews M, Birbeck GL. Management of acute seizures in children: a review with special consideration of care in resource-limited settings. *Afr J Emerg Med* 2017;7:S3-9, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.afjem.2017.09.003.
522. Silverman EC, Sporer KA, Lemieux JM, et al. Prehospital care for the adult and pediatric seizure patient: current evidence-based recommendations. *West J Emerg Med* 2017;18:419-36, doi:http://dx.doi.org/10.5811/westjem.2016.12.32066.
523. Lawton B, Davis T, Goldstein H, Tagg A. An update in the initial management of paediatric status epilepticus. *Curr Opin Pediatr* 2018;30:359-63, doi:http://dx.doi.org/10.1097/MOP.0000000000000616.
524. Stredny CM, Abend NS, Lodenkemper T. Towards acute pediatric status epilepticus intervention teams: do we need "Seizure Codes"? *Seizure* 2018;58:133-40, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.seizure.2018.04.011.
525. Smith DM, McGinnis EL, Walleigh DJ, Abend NS. Management of status epilepticus in children. *J Clin Med* 2016;5:47, doi:http://dx.doi.org/10.3390/jcm5040047.
526. Kapur J, Elm J, Chamberlain JM, et al. Randomized trial of three anticonvulsant medications for status epilepticus. *N Engl J Med* 2019;381:2103-13, doi:http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa1905795.
527. Alansari K, Barkat M, Mohamed AH, Al Jawala SA, Othman SA. Intramuscular versus buccal midazolam for pediatric seizures: a randomized double-blind trial. *Pediatr Neurol* 2020;109:28-34, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2020.03.011.
528. Vignesh V, Rameshkumar R, Mahadevan S. Comparison of Phenytoin, Valproate and Levetiracetam in pediatric convulsive status epilepticus: a randomized double-blind controlled clinical trial. *Indian Pediatr* 2020;57:222-7 (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32198861).
529. Chamberlain JM, Kapur J, Shinnar S, et al. Efficacy of levetiracetam, fosphenytoin, and valproate for established status epilepticus by age group (ES-ETT): a double-blind, responsive-adaptive, randomised controlled trial. *Lancet* 2020;395:1217-24, doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30611-5.
530. Chamberlain DB, Chamberlain JM. Making sense of a negative clinical trial result: a bayesian analysis of a clinical trial of lorazepam and diazepam for pediatric status epilepticus. *Ann Emerg Med* 2017;69:117-24, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.annemergmed.2016.08.449.
531. Portela JL, Garcia PC, Piva JP, et al. Intramuscular midazolam versus intravenous diazepam for treatment of seizures in the pediatric emergency department: a randomized clinical trial. *Med Intensiva* 2015;39:160-6, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.medin.2014.04.003.
532. Singh K, Aggarwal A, Faridi MMA, Sharma S. IV Levetiracetam versus IV phenytoin in childhood seizures: a randomized controlled trial. *J Pediatr Neurosci* 2018;13:158-64, doi:http://dx.doi.org/10.4103/jpn.JPN\_126\_17.
533. Khajeh A, Yaghoobinia F, Yaghoobi S, Fayyazi A, Miri Aliabad G. Comparison of the effect of phenobarbital versus sodium valproate in management of children with status epilepticus. *Iran J Child Neuro* 2018;12:85-93 (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30279711).
534. Lytle MD, Rainford NEA, Gamble C, et al. Levetiracetam versus phenytoin for second-line treatment of paediatric convulsive status epilepticus (EclIPSE): a multicentre, open-label, randomised trial. *Lancet* 2019;393:2125-34, doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(19)30724-X.
535. Birbeck GL, Herman ST, Capparelli EV, et al. A clinical trial of enteral Levetiracetam for acute seizures in pediatric cerebral malaria. *BMC Pediatr* 2019;19:399, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s12887-019-1766-2.
536. Wani G, Imran A, Dhawan N, Gupta A, Giri JJ. Levetiracetam versus phenytoin in children with status epilepticus. *J Family Med Prim Care* 2019;8:3367-71, doi:http://dx.doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc\_750\_19.
537. Silbergleit R, Elm JJ. Levetiracetam no better than phenytoin in children with convulsive status epilepticus. *Lancet* 2019;393:2101-2, doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(19)30896-7.
538. Momen AA, Azizi Malamiri R, Nikkhah A, et al. Efficacy and safety of intramuscular midazolam versus rectal diazepam in controlling status epilepticus in children. *Eur J Paediatr Neurol* 2015;19:149-54, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ejpn.2014.11.007.
539. Welch RD, Nicholas K, Durkalski-Mauldin VL, et al. Intramuscular midazolam versus intravenous lorazepam for the prehospital treatment of status epilepticus in the pediatric population. *Epilepsia* 2015;56:254-62, doi:http://dx.doi.org/10.1111/epi.12905.
540. Burman RJ, Ackermann S, Shapson-Coe A, Ndong A, Buys H, Wilmschurst JM. A comparison of parenteral phenobarbital vs. parenteral phenytoin as second-line management for pediatric convulsive status epilepticus in a resource-limited setting. *Front Neurol* 2019;10:506, doi:http://dx.doi.org/10.3389/fneur.2019.00506.
541. Noureen N, Khan S, Khurshed A, et al. Clinical efficacy and safety of injectable levetiracetam versus phenytoin as second-line therapy in the management of generalized convulsive status epilepticus in children: an open-label randomized controlled trial. *J Clin Neuro* 2019;15:468-72, doi:http://dx.doi.org/10.3988/jcn.2019.15.4.468.
542. Dalziel SR, Borland ML, Furyk J, et al. Levetiracetam versus phenytoin for second-line treatment of convulsive status epilepticus in children (ConSEPT): an open-label, multicentre, randomised controlled trial. *Lancet* 2019;393:2135-45, doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(19)30722-6.
543. Chiarello D, Duranti F, Lividini A, et al. Clinical characterization of status epilepticus in childhood: a retrospective study in 124 patients. *Seizure* 2020;78:127-33, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.seizure.2020.03.019.
544. Wang T, Wang J, Dou Y, et al. Clinical characteristics and prognosis in a large paediatric cohort with status epilepticus. *Seizure* 2020;80:5-11, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.seizure.2020.04.001.
545. Sanchez Fernandez I, Abend NS, Agadi S, et al. Time from convulsive status epilepticus onset to anticonvulsant administration in children. *Neurology* 2015;84:2304-11, doi:http://dx.doi.org/10.1212/WNL.0000000000001673.
546. Lee YJ, Yum MS, Kim EH, Ko TS. Intravenous levetiracetam versus phenobarbital in children with status epilepticus or acute repetitive seizures. *Korean J Pediatr* 2016;59:35-9, doi:http://dx.doi.org/10.3345/kjp.2016.59.1.35.
547. Incecik F, Horoz OO, Herguner OM, et al. Intravenous levetiracetam in critically ill children. *Ann Indian Acad Neurol* 2016;19:79-82, doi:http://dx.doi.org/10.4103/0972-2327.167702.
548. Johnson PN, Nguyen A, Neely SB, Johnson M. Intramuscular lorazepam for status epilepticus in children with complex medical and physical disabilities. *Ann Pharmacother* 2017;51:656-62, doi:http://dx.doi.org/10.1177/1060028017706522.
549. Santhanam I, Yoganathan S, Sivakumar VA, Ramakrishnamurugan R, Sathish S, Thanadarayan M. Predictors of outcome in children with status epilepticus during resuscitation in pediatric emergency department: a retrospective observational study. *Ann Indian Acad Neurol* 2017;20:142-8, doi:http://dx.doi.org/10.4103/aijn. AIAN\_369\_16.
550. Nishiyama M, Nagase H, Tomioka K, et al. Fosphenytoin vs. continuous midazolam for pediatric febrile status epilepticus. *Brain Dev* 2018;40:884-90, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.braindev.2018.08.001.
551. Ulusoy E, Duman M, Turker HD, et al. The effect of early midazolam infusion on the duration of pediatric status epilepticus patients. *Seizure* 2019;71:50-5, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.seizure.2019.06.011.
552. Theusinger OM, Schenk P, Dette-Oltmann K, Mariotti S, Baulig W. Treatment of seizures in children and adults in the emergency medical system of the city of Zurich, Switzerland Midazolam vs. Diazepam a retrospective analysis. *J Emerg Med* 2019;57:345-53, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jemermed.2019.05.036.
553. Tasker RC, Goodkin HP, Sanchez Fernandez I, et al. Refractory status epilepticus in children: intention to treat with continuous infusions of Midazolam and Pentobarbital. *Pediatr Crit Care Med* 2016;17:968-75, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000000900.
554. Shtull-Leber E, Silbergleit R, Meurer WJ. Pre-hospital midazolam for benzodiazepine-treated seizures before and after the rapid anticonvulsant medication prior to arrival trial: a national observational cohort study. *PLOS ONE* 2017;12:e0173539, doi:http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0173539.
555. Gurcharan K, Grinspan ZM. The burden of pediatric status epilepticus: epidemiology, morbidity, mortality, and costs. *Seizure* 2019;68:3-8, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.seizure.2018.08.021.
556. Isguder R, Guzel O, Ceylan G, Yilmaz U, Agin H. A comparison of intravenous levetiracetam and valproate for the treatment of refractory status epilepticus in children. *J Child Neuro* 2016;31:1120-6, doi:http://dx.doi.org/10.1177/0883073816641187.
557. Olasveengen TM, Mancini ME, Perkins GD, et al. Adult basic life support: international consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations. *Resuscitation* 2020;156:A35-79, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.09.010.
558. Zhan L, Yang LJ, Huang Y, He Q, Liu GJ. Continuous chest compression versus interrupted chest compression for cardiopulmonary resuscitation of non-asphyxial out-of-hospital cardiac arrest. *Cochrane Database Syst Rev* 2017;3:CD010134, doi:http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD010134.pub2.
559. Maeda T, Yamashita A, Myojo Y, Wato Y, Inaba H. Augmented survival of out-of-hospital cardiac arrest victims with the use of mobile phones for emergency communication under the DA-CPR protocol getting information from callers beside the victim. *Resuscitation* 2016;107:80-7, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2016.08.010.
560. Steensberg AT, Eriksen MM, Andersen LB, et al. Bystander capability to activate speaker function for continuous dispatcher assisted CPR in case of suspected cardiac arrest. *Resuscitation* 2017;115:52-5, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2017.04.002.
561. Mortensen RB, Hoyer CB, Pedersen MK, Brindley PG, Nielsen JC. Comparison of the quality of chest compressions on a dressed versus an undressed manikin: a controlled, randomised, cross-over simulation study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2010;18:16, doi:http://dx.doi.org/10.1186/1757-7241-18-16.

562. Birkenes TS, Myklebust H, Kramer-Johansen J. Time delays and capability of elderly to activate speaker function for continuous telephone CPR. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2013;21:40. doi:http://dx.doi.org/10.1186/1757-7241-21-40.
563. Eisenberg Chavez D, Meischke H, Painter I, Rea TD. Should dispatchers instruct lay bystanders to undress patients before performing CPR? A randomized simulation study. *Resuscitation* 2013;84:979-81. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2012.12.010.
564. Tobin JM, Ramos WD, Greenshields J, et al. Outcome of conventional bystander cardiopulmonary resuscitation in cardiac arrest following drowning. *Prehosp Disaster Med* 2020;35:141-7. doi:http://dx.doi.org/10.1017/S1049023X20000060.
565. Naim MY, Burke RV, McNally BF, et al. Association of bystander cardiopulmonary resuscitation with overall and neurologically favorable survival after pediatric out-of-hospital cardiac arrest in the united states: a report from the cardiac arrest registry to enhance survival surveillance registry. *JAMA Pediatr* 2017;171:133-41. doi: http://dx.doi.org/10.1001/jamapediatrics.2016.3643.
566. Fukuda T, Ohashi-Fukuda N, Kobayashi H, et al. Conventional versus compression-only versus non-bystander cardiopulmonary resuscitation for pediatric out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation* 2016;134:2060-70. doi:http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.116.023831.
567. Sutton RM, Reeder RW, Landis WP, et al. Ventilation rates and pediatric in-hospital cardiac arrest survival outcomes. *Crit Care Med* 2019; 47:1627-36. doi:http://dx.doi.org/10.1097/CCM.00000000000003898.
568. Derkenne C, Just D, Thabouillot O, et al. Improving emergency call detection of out-of-hospital cardiac arrests in the greater paris area: efficiency of a global system with a new method of detection. *Resuscitation* 2020;146:34-42. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.10.038.
569. Donoghue AJ, Kou M, Good GL, et al. Impact of personal protective equipment on pediatric cardiopulmonary resuscitation performance: a controlled trial. *Pediatr Emerg Care* 2020;36:267-73. doi:http://dx.doi.org/10.1097/PEC.0000000000002109.
570. De Maio VJ, Osmond MH, Stiell IG, et al. Epidemiology of out-of-hospital pediatric cardiac arrest due to trauma. *Prehosp Emerg Care* 2012;16:230-6. doi:http://dx.doi.org/10.3109/10903127.2011.640419.
571. Vassallo J, Webster M, Barnard EBG, Lyttle MD, Smith JE, Peruki. Epidemiology and aetiology of paediatric traumatic cardiac arrest in England and Wales. *Arch Dis Child* 2019;104:437-43. doi:http://dx.doi.org/10.1136/archdischild-2018-314985.
572. Deasy C, Bray J, Smith K, et al. Paediatric traumatic out-of-hospital cardiac arrests in Melbourne, Australia. *Resuscitation* 2012;83:471-5. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2011.11.009.
573. Barnard EBG, Sandbach DD, Nicholls TL, Wilson AW, Ercole A. Prehospital determinants of successful resuscitation after traumatic and non-traumatic out-of-hospital cardiac arrest. *Emerg Med* 2019;36:333-9. doi:http://dx.doi.org/10.1136/emmered-2018-208165.
574. Lu CH, Fang PH, Lin CH. Dispatcher-assisted cardiopulmonary resuscitation for traumatic patients with out-of-hospital cardiac arrest. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2019;27:97. doi:http://dx.doi.org/10.1186/s13049-019-0679-2.
575. Balhara KS, Bustamante ND, Selvam A, et al. Bystander assistance for trauma victims in low- and middle-income countries: a systematic review of prevalence and training interventions. *Prehosp Emerg Care* 2019;23:389-410. doi:http://dx.doi.org/10.1080/10903127.2018.1513104.
576. Lin CH, Chiang WC, Ma MH, Wu SY, Tsai MC, Chi CH. Use of automated external defibrillators in patients with traumatic out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2013;84:586-91. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2012.09.028.
577. Tibballs J, Weeraratna C. The influence of time on the accuracy of healthcare personnel to diagnose paediatric cardiac arrest by pulse palpation. *Resuscitation* 2010;81:671-5. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2010.01.030 [in Eng].
578. O'Connell KJ, Keane RR, Cochrane NH, et al. Pauses in compressions during pediatric CPR: Opportunities for improving CPR quality. *Resuscitation* 2019;145:158-65. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.08.015.
579. Donoghue A, Berg RA, Hazinski MF, Praestgaard AH, Roberts K, Nadkarni VM. Cardiopulmonary resuscitation for bradycardia with poor perfusion versus pulseless cardiac arrest. *Pediatrics* 2009;124:1541-8. doi:http://dx.doi.org/10.1542/peds.2009-0727 [in Eng]. *peds.2009-0727* [pii].
580. Considine J, Gazmuri RJ, Perkins GD, et al. Chest compression components (rate, depth, chest wall recoil and leaning): a scoping review. *Resuscitation* 2020;146:188-202. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.08.042.
581. Manrique G, Gonzalez A, Iguiniz M, et al. Quality of chest compressions during pediatric resuscitation with 15:2 and 30:2 compressions-to-ventilation ratio in a simulated scenario. *Sci Rep* 2020;10:6828. doi:http://dx.doi.org/10.1038/s41598-020-63921-9.
582. Gregson RK, Cole TJ, Skellett S, Bagkeris E, Welsby D, Peters MJ. Randomised crossover trial of rate feedback and force during chest compressions for paediatric cardiopulmonary resuscitation. *Arch Dis Child* 2017;102:403-9. doi:http://dx.doi.org/10.1136/archdischild-2016-310691.
583. Kandasamy J, Theobald PS, Maconochie IK, Jones MD. Can real-time feedback improve the simulated infant cardiopulmonary resuscitation performance of basic life support and lay rescuers? *Arch Dis Child* 2019;104:793-801. doi:http://dx.doi.org/10.1136/archdischild-2018-316576.
584. Cheng A, Hunt EA, Grant D, et al. Variability in quality of chest compressions provided during simulated cardiac arrest across nine pediatric institutions. *Resuscitation* 2015;97:13-9. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2015.08.024.
585. Zimmerman E, Cohen N, Maniacci V, Pena B, Lozano JM, Linares M. Use of a metronome in cardiopulmonary resuscitation: a simulation study. *Pediatrics* 2015;136:905-11. doi:http://dx.doi.org/10.1542/peds.2015-1858.
586. Lin Y, Cheng A, Grant VJ, Currie GR, Hecker KG. Improving CPR quality with distributed practice and real-time feedback in pediatric healthcare providers a randomized controlled trial. *Resuscitation* 2018; 30: 6-12. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2018.06.025.
587. Haque IU, Udassi JP, Udassi S, Theriaque DW, Shuster JJ, Zaritsky AL. Chest compression quality and rescuer fatigue with increased compression to ventilation ratio during single rescuer pediatric CPR. *Resuscitation* 2008;79:82-9. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2008.04.026 [in Eng]. S0300-9572(08)00463-2 [pii].
588. Sutton RM, Reeder RW, Landis W, et al. Chest compression rates and pediatric in-hospital cardiac arrest survival outcomes. *Resuscitation* 2018;130:159-66. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2018.07.015.
589. Braga MS, Dominguez TE, Pollock AN, et al. Estimation of optimal CPR chest compression depth in children by using computer tomography. *Pediatrics* 2009;124:e69-74. doi:http://dx.doi.org/10.1542/peds.2009-0153 [in Eng]. 124/1/e69 [pii].
590. Kao PC, Chiang WC, Yang CW, et al. What is the correct depth of chest compression for infants and children? A radiological study. *Pediatrics* 2009;124:49-55. doi:http://dx.doi.org/10.1542/peds.2008-2536 [in Eng]. 124/1/49 [pii].
591. Skogvoll E, Nordseth T, Sutton RM, et al. Factors affecting the course of resuscitation from cardiac arrest with pulseless electrical activity in children and adolescents. *Resuscitation* 2020;152:116-22. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.05.013.
592. Lin CY, Hsia SH, Lee EP, Chan OW, Lin JJ, Wu HP. Effect of audiovisual cardiopulmonary resuscitation feedback device on improving chest compression quality. *Sci Rep* 2020;10:398. doi: http://dx.doi.org/10.1038/s41598-019-57320-y.
593. Donoghue AJ, Myers S, Kerrey B, et al. Analysis of CPR quality by individual providers in the pediatric emergency department. *Resuscitation* 2020;153:37-44. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.05.026.
594. Jones SI, Jeffers JM, Perretta J, et al. Closing the gap: optimizing performance to reduce interruptions in cardiopulmonary resuscitation. *Pediatr Crit Care Med* 2020;21:e592-8. doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000002345.
595. Rodriguez SA, Sutton RM, Berg MD, et al. Simplified dispatcher instructions improve bystander chest compression quality during simulated pediatric resuscitation. *Resuscitation* 2014;85:119-23. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2013.09.003.
596. Kim YH, Lee JH, Cho KW, et al. Verification of the optimal chest compression depth for children in the 2015 American Heart Association guidelines: computed tomography study. *Pediatr Crit Care Med* 2018; 19:e1-6. doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000001369.
597. Austin AL, Spalding CN, Landa KN, et al. A randomized control trial of cardiopulmonary feedback devices and their impact on infant chest compression quality: a simulation study. *Pediatr Emerg Care* 2020;36:e79-84. doi:http://dx.doi.org/10.1097/PEC.0000000000001312.
598. Enriquez D, Firenza L, Fernandez Diaz J, et al. Changes in the depth of chest compressions during cardiopulmonary resuscitation in a pediatric simulator. *Arch Argent Pediatr* 2018;116:e730-5. doi:http://dx.doi.org/10.5546/aap.2018.eng.e730.
599. Oh JH, Kim SE, Kim CW, Lee DH. Should we change chest compression providers every 2min when performing one-handed chest compressions? *EMA Emerg Med Australas* 2015;27:108-12. doi:http://dx.doi.org/10.1111/1742-6723.12364.
600. Niles DE, Nishisaki A, Sutton RM, et al. Improved retention of chest compression psychomotor skills with brief "Rolling Refresher" training. *Simul Healthc* 2017;12:213-9. doi:http://dx.doi.org/10.1097/SIH.0000000000000228.
601. Morgan RW, Landis WP, Marquez A, et al. Hemodynamic effects of chest compression interruptions during pediatric in-hospital cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 2019;139:1-8. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.03.032.
602. Dezfalian C, Fink EL. How bad is it to fail at pushing hard and fast in pediatric cardiopulmonary resuscitation? *Pediatr Crit Care Med* 2018;19: 495-6. doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000001529.
603. Kim MJ, Lee HS, Kim S, Park YS. Optimal chest compression technique for paediatric cardiac arrest victims. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2015;23:36. doi:http://dx.doi.org/10.1186/s13049-015-0118-y.
604. Mayrand KP, Fischer EJ, Ten Eyck RP. A simulation-based randomized controlled study of factors influencing chest compression depth. *West J Emerg Med* 2015;16:1135-40. doi:http://dx.doi.org/10.5811/westjem.2015.9.28167.
605. Millin MG, Bogumil D, Fische JN, Burke RV. Comparing the two-finger versus two-thumb technique for single person infant CPR: a systematic review and meta-analysis. *Resuscitation* 2020;148:161-72. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.12.039.
606. Lee JE, Lee J, Oh J, et al. Comparison of two-thumb encircling and two-finger technique during infant cardiopulmonary resuscitation with single rescuer in simulation studies: a systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)* 2019;98:e17853. doi:http://dx.doi.org/10.1097/MD.00000000000017853.
607. Douvanas A, Koulouglioti C, Kalafati M. A comparison between the two methods of chest compression in infant and neonatal resuscitation. A review according to 2010 CPR guidelines. *J Matern Fetal Neonatal Med* 2018;31:805-16. doi:http://dx.doi.org/10.1080/14767058.2017.1295953.
608. Lee KH, Kim EY, Park DH, et al. Evaluation of the 2010 American Heart Association Guidelines for infant CPR finger/thumb positions for chest compression: a study using computed tomography. *Resuscitation* 2013;84:766-9. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2012.11.005 [in Eng].
609. Lee SH, Cho YC, Ryu S, et al. A comparison of the area of chest compression by the superimposed-thumb and the alongside-thumb techniques for infant cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 2011; 82:1214-7. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2011.04.016.



610. Park M, Oh WS, Chon SB, Cho S. Optimum chest compression point for cardiopulmonary resuscitation in children revisited using a 3D coordinate system imposed on CT: a retrospective, cross-sectional study. *Pediatr Crit Care Med* 2018;19:e576-84, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000001679.
611. Jang HY, Wolfe H, Hsieh TC, et al. Infant chest compression quality: a video-based comparison of two-thumb versus one-hand technique in the emergency department. *Resuscitation* 2018;122:36-40, doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2017.11.044.
612. Lim JS, Cho Y, Ryu S, et al. Comparison of overlapping (OP) and adjacent thumb positions (AP) for cardiac compressions using the encircling method in infants. *Emerg Med* 2013;30:139-42, doi:http://dx.doi.org/10.1136/emered-2011-200978 [in Eng].
613. Jung JY, Kwak YH, Kwon H, et al. Effectiveness of finger-marker for maintaining the correct compression point during paediatric resuscitation: a simulation study. *Am J Emerg Med* 2017;35:1303-8, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ajem.2017.04.003.
614. Jiang J, Zou Y, Shi W, et al. Two-thumb-encircling hands technique is more advisable than 2-finger technique when lone rescuer performs cardiopulmonary resuscitation on infant manikin. *Am J Emerg Med* 2015;33:531-4, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ajem.2015.01.025.
615. Yang D, Kim KH, Oh JH, Son S, Cho J, Seo KM. Development and evaluation of a new chest compression technique for cardiopulmonary resuscitation in infants. *Pediatr Cardiol* 2019;40:1217-23, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s00246-019-02135-x.
616. Ladny JR, Smereka J, Rodriguez-Nunez A, Leung S, Ruetzler K, Szarpak L. Is there any alternative to standard chest compression techniques in infants? A randomized manikin trial of the new "2-thumb-fist" option. *Medicine (Baltimore)* 2018;97:e9386, doi:http://dx.doi.org/10.1097/MD.00000000000009386.
617. Rodriguez-Ruiz E, Martinez-Puga A, Carballo-Fazanes A, Abelairas-Gomez C, Rodriguez-Nunez A. Two new chest compression methods might challenge the standard in a simulated infant model. *Eur J Pediatr* 2019;178:1529-35, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s00431-019-03452-2.
618. Rodriguez-Ruiz E, Guerra Martin V, Abelairas-Gomez C, et al. A new chest compression technique in infants. *Med Intensiva* 2019;43:346-51, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.medin.2018.04.010.
619. Jo CH, Cho GC, Lee CH. Two-thumb encircling technique over the head of patients in the setting of lone rescuer infant CPR occurred during ambulance transfer: a crossover simulation study. *Pediatr Emerg Care* 2017;33:462-6, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PEC.0000000000000833.
620. Na JU, Choi PC, Lee HJ, Shin DH, Han SK, Cho JH. A vertical two-thumb technique is superior to the two-thumb encircling technique for infant cardiopulmonary resuscitation. *Acta Paediatr* 2015;104:e70-5, doi:http://dx.doi.org/10.1111/apa.12857.
621. Pellegrino JL, Bogumil D, Epstein JL, Burke RV. Two-thumb-encircling advantageous for lay responder infant CPR: a randomised manikin study. *Arch Dis Child* 2019;104:530-4, doi:http://dx.doi.org/10.1136/archdischild-2018-314893.
622. Tsou JY, Kao CL, Chang CJ, Tu YF, Su FC, Chi CH. Biomechanics of two-thumb versus two-finger chest compression for cardiopulmonary resuscitation in an infant manikin model. *Eur J Emerg Med* 2020;27:132-6, doi:http://dx.doi.org/10.1097/MEJ.0000000000000631.
623. Kim YS, Oh JH, Kim CW, Kim SE, Lee DH, Hong JY. Which fingers should we perform two-finger chest compression technique with when performing cardiopulmonary resuscitation on an infant in cardiac arrest? *J Korean Med Sci* 2016;31:997-1002, doi:http://dx.doi.org/10.3346/jkms.2016.31.6.997.
624. Nasiri E, Nasiri R. A comparison between over-the-head and lateral cardiopulmonary resuscitation with a single rescuer by bag-valve mask. *Saudi J Anaesth* 2014;8:30-7, doi:http://dx.doi.org/10.4103/1658-354X.125923.
625. Cheong SA, Oh JH, Kim CW, Kim SE, Lee DH. Effects of alternating hands during in-hospital one-handed chest compression: a randomised cross-over manikin trial. *EMA Emerg Med Australas* 2015;27:567-72, doi:http://dx.doi.org/10.1111/1742-6723.12492.
626. Oh JH, Kim CW, Kim SE, Lee DH, Lee SJ. One-handed chest compression technique for paediatric cardiopulmonary resuscitation: dominant versus non-dominant hand. *Emerg Med* 2015;32:544-6, doi:http://dx.doi.org/10.1136/emered-2014-203932.
627. Lee SY, Hong JY, Oh JH, Son SH. The superiority of the two-thumb over the two-finger technique for single-rescuer infant cardiopulmonary resuscitation. *Eur J Emerg Med* 2018;25:372-6, doi:http://dx.doi.org/10.1097/MEJ.0000000000000461.
628. Lee SS, Lee SD, Oh JH. Comparison between modified and conventional one-handed chest compression techniques for child cardiopulmonary resuscitation: a randomised, non-blind, cross-over simulation trial. *J Paediatr Child Health* 2019;55:1361-6, doi:http://dx.doi.org/10.1111/jpc.14422.
629. Kherbeche H, Exer N, Schuhwerk W, Ummenhofer W, Osterwalder J. Chest compression using the foot or hand method: a prospective, randomized, controlled manikin study with school children. *Eur J Emerg Med* 2017;24:262-7, doi:http://dx.doi.org/10.1097/MEJ.0000000000000335.
630. Smereka J, Szarpak L, Ladny JR, Rodriguez-Nunez A, Ruetzler K. A novel method of newborn chest compression: a randomized crossover simulation study. *Front Pediatr* 2018;6:159, doi:http://dx.doi.org/10.3389/fped.2018.00159.
631. Park JW, Jung JY, Kim J, et al. A novel infant chest compression assist device using a palm rather than fingers: a randomized crossover trial. *Prehosp Emerg Care* 2019;23:74-82, doi:http://dx.doi.org/10.1080/10903127.2018.1471559.
632. Jung WJ, Hwang SO, Kim HI, et al. 'Knocking-fingers' chest compression technique in infant cardiac arrest: single-rescuer manikin study. *Eur J Emerg Med* 2019;26:2615, doi:http://dx.doi.org/10.1097/MEJ.0000000000000539.
633. Smereka J, Szarpak L, Rodriguez-Nunez A, Ladny JR, Leung S, Ruetzler K. A randomized comparison of three chest compression techniques and associated hemodynamic effect during infant CPR: a randomized manikin study. *Am J Emerg Med* 2017;35:1420-5, doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.ajem.2017.04.024.
634. Lopez-Herce J, Almonte E, Alvarado M, et al. Latin American Consensus for Pediatric Cardiopulmonary Resuscitation 2017: Latin American Pediatric Critical Care Society Pediatric Cardiopulmonary Resuscitation Committee. *Pediatr Crit Care Med* 2018;19:e152-6, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000001427.
635. Rossano JW, Jones WE, Lerakis S, et al. The use of automated external defibrillators in infants: a report from the American Red Cross Scientific Advisory Council. *Pediatr Emerg Care* 2015;31:526-30, doi:http://dx.doi.org/10.1097/PEC.0000000000000490.
636. Hoyt Jr. WJ, Fish FA, Kannankeril PJ. Automated external defibrillator use in a previously healthy 31-day-old infant with out-of-hospital cardiac arrest due to ventricular fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2019;30:2599-602, doi:http://dx.doi.org/10.1111/jce.14125.
637. Johnson MA, Graham BJ, Haukoos JS, et al. Demographics, bystander CPR, and AED use in out-of-hospital pediatric arrests. *Resuscitation* 2014;85:920-6, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2014.03.044.
638. Mitani Y, Ohta K, Yodoya N, et al. Public access defibrillation improved the outcome after out-of-hospital cardiac arrest in school-age children: a nationwide, population-based, Utstein registry study in Japan. *Europace* 2013;15:1259-66, doi:http://dx.doi.org/10.1093/europace/eut053.
639. Swor R, Grace H, McGovern H, Weiner M, Walton E. Cardiac arrests in schools: assessing use of automated external defibrillators (AED) on school campuses. *Resuscitation* 2013;84:426-9, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2012.09.014.
640. Nagata T, Abe T, Noda E, Hasegawa M, Hashizume M, Hagihara A. Factors associated with the clinical outcomes of paediatric out-of-hospital cardiac arrest in Japan. *BMJ Open* 2014;4:e003481, doi: http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2013-003481.
641. Hunt EA, Duval-Arnould JM, Bembea MM, et al. Association between time to defibrillation and survival in pediatric in-hospital cardiac arrest with a first documented shockable rhythm. *JAMA Netw Open* 2018;1:e182643, doi:http://dx.doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2018.2643.
642. Tsuda T, Geary EM, Temple J. Significance of automated external defibrillator in identifying lethal ventricular arrhythmias. *Eur J Pediatr* 2019; 178:1333-42, doi:http://dx.doi.org/10.1007/s00431-019-03421-9.
643. El-Assaad I, Al-Kindi SG, McNally B, et al. Automated external defibrillator application before EMS arrival in pediatric cardiac arrests. *Pediatrics* 2018;142, doi:http://dx.doi.org/10.1542/peds.2017-1903.
644. Goto Y, Funada A, Goto Y. Subsequent shockable rhythm during out-of-hospital cardiac arrest in children with initial non-shockable rhythms: a nationwide population-based observational study. *J Am Heart Assoc* 2016;5, doi:http://dx.doi.org/10.1161/JAHA.116.003589.
645. Pundi KN, Bos JM, Cannon BC, Ackerman MJ. Automated external defibrillator rescues among children with diagnosed and treated long QT syndrome. *Heart Rhythm* 2015;12:776-81, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.hrthm.2015.01.002.
646. Griffis H, Wu L, Naim MY, et al. Characteristics and outcomes of AED use in pediatric cardiac arrest in public settings: the influence of neighborhood characteristics. *Resuscitation* 2020;146:126-31, doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.09.038.
647. Rehn M, Hyldmo PK, Magnusson V, et al. Scandinavian SSAI clinical practice guideline on pre-hospital airway management. *Acta Anaesthesiol Scand* 2016;60:852-64, doi:http://dx.doi.org/10.1111/aas.12746.
648. Borra V, Avau B, De Paepe P, Vandekerckhove P, De Buck E. Is placing a victim in the left lateral decubitus position an effective first aid intervention for acute oral poisoning? A systematic review. *Clin Toxicol (Phila)* 2019;57:603-16, doi:http://dx.doi.org/10.1080/15563650.2019.1574975.
649. Hyldmo PK, Vist GE, Feyling AC, et al. Is the supine position associated with loss of airway patency in unconscious trauma patients? A systematic review and meta-analysis. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2015;23:50, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s13049-015-0116-0.
650. Hyldmo PK, Vist GE, Feyling AC, et al. Does turning trauma patients with an unstable spinal injury from the supine to a lateral position increase the risk of neurological deterioration? – A systematic review. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2015;23:65, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s13049-015-0143-x.
651. Freire-Tellado M, Navarro-Paton R, Pavon-Prieto MDP, Fernandez-Lopez M, Mateos-Lorenzo J, Lopez-Forneas I. Does lying in the recovery position increase the likelihood of not delivering cardiopulmonary resuscitation? *Resuscitation* 2017;115:173-7, doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2017.03.008.
652. Navarro-Paton R, Freire-Tellado M, Fernandez-Gonzalez N, Basanta-Camino S, Mateos-Lorenzo J, Lago-Ballesteros J. What is the best position to place and re-evaluate an unconscious but normally breathing victim? A randomised controlled human simulation trial on children. *Resuscitation* 2019;134:104-9, doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2018.10.030.
653. Fukushima H, Imanishi M, Iwami T, et al. Abnormal breathing of sudden cardiac arrest victims described by laypersons and its association with emergency medical service dispatcher-assisted cardiopulmonary resuscitation instruction. *Emerg Med* 2015;32:314-7, doi:http://dx.doi.org/10.1136/emered-2013-203112.
654. Hyldmo PK, Horodyski M, Conrad BP, et al. Does the novel lateral trauma position cause more motion in an unstable cervical spine injury than the logroll maneuver? *Am J Emerg Med* 2017;35:1630-5, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ajem.2017.05.002.
655. Hyldmo PK, Horodyski MB, Conrad BP, et al. Safety of the lateral trauma position in cervical spine injuries: a cadaver model study. *Acta Anaesthesiol Scand* 2016;60:1003-11, doi:http://dx.doi.org/10.1111/aas.12714.
656. Julliard S, Desmarest M, Gonzalez L, et al. Recovery position significantly associated with a reduced admission rate of children with loss of consciousness. *Arch Dis Child* 2016;101:521-6, doi:http://dx.doi.org/10.1136/archdischild-2015-308857.

657. Del Rossi G, Dubose D, Scott N, et al. Motion produced in the unstable cervical spine by the HAINES and lateral recovery positions. *Prehosp Emerg Care* 2014;18:539-43. doi:http://dx.doi.org/10.3109/10903127.2014.916019.
658. Cheng J, Liu B, Farjat AE, Routh J. National estimations of airway foreign bodies in children in the United States, 2000 to 2009. *Clin Otolaryngol* 2019;44:235-9. doi:http://dx.doi.org/10.1111/coa.13261.
659. Redding JS. The choking controversy: critique of evidence on the Heimlich maneuver. *Crit Care Med* 1979;7:475-9 (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/477356).
660. Langhelle A, Sunde K, Wik L, Steen PA. Airway pressure with chest compressions versus Heimlich manoeuvre in recently dead adults with complete airway obstruction. *Resuscitation* 2000;44:105-8.
661. Vilke GM, Smith AM, Ray LU, Steen PJ, Murrin PA, Chan TC. Airway obstruction in children aged less than 5 years: the prehospital experience. *Prehosp Emerg Care* 2004;8:196-9.
662. Heimlich HJ, Patrick EA. The Heimlich maneuver. Best technique for saving any choking victim's life. *Postgrad Med* 1990;87:38-48,53. doi:http://dx.doi.org/10.1080/00325481.1990.11716329.
663. Chillag S, Krieg J, Bhargava R. The Heimlich maneuver: breaking down the complications. *South Med J* 2010;103:147-50. doi:http://dx.doi.org/10.1097/SMJ.0b013e3181c99140.
664. Dunne CL, Peden AE, Queiroga AC, Gomez Gonzalez C, Valesco B, Szpilman D. A systematic review on the effectiveness of anti-choking suction devices and identification of research gaps. *Resuscitation* 2020;153:219-26. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.02.021.
665. Kleinman ME, Chameides L, Schexnayder SM, et al. Part 14: pediatric advanced life support: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2010;122:S876-908. doi:http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.110.971101.
666. de Caen AR, Maconochie IK, Aickin R, et al. Part 6: Pediatric basic life support and pediatric advanced life support: 2015 international consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations. *Circulation* 2015;132:S177-203. doi:http://dx.doi.org/10.1161/CIR.0000000000000275.
667. Maconochie IK, Bingham R, Eich C, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 6. Paediatric life support. *Resuscitation* 2015;95:223-48. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2015.07.028.
668. Nadkarni VM, Larkin GL, Peberdy MA, et al. First documented rhythm and clinical outcome from in-hospital cardiac arrest among children and adults. *JAMA* 2006;295:50-7.
669. Gilhooley C, Burnhill G, Gardiner D, Vyas H, Davies P. Oxygen saturation and haemodynamic changes prior to circulatory arrest: implications for transplantation and resuscitation. *J Intensive Care Soc* 2019;20:27-33. doi:http://dx.doi.org/10.1177/1751143718764541.
670. Morgan RW, Reeder RW, Meert KL, et al. Survival and hemodynamics during pediatric cardiopulmonary resuscitation for bradycardia and poor perfusion versus pulseless cardiac arrest. *Crit Care Med* 2020 48:881-9. doi:http://dx.doi.org/10.1097/CCM.0000000000004308.
671. Khera R, Tang Y, Girotra S, et al. Pulselessness after initiation of cardiopulmonary resuscitation for bradycardia in hospitalized children. *Circulation* 2019;140:370-8. doi:http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.118.039048.
672. Fraser J, Sidebotham P, Frederick J, Covington T, Mitchell EA. Learning from child death review in the USA, England, Australia, and New Zealand. *Lancet* 2014;384:894-903. doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(13)61089-2.
673. Bhalala US, Balakumar N, Zamora M, Appachi E. Hands-on defibrillation skills of pediatric acute care providers during a simulated ventricular fibrillation cardiac arrest scenario. *Front Pediatr* 2018;6:107. doi:http://dx.doi.org/10.3389/fped.2018.00107.
674. Tibballs J, Carter B, Kiraly NJ, Ragg P, Clifford M. External and internal biphasic direct current shock doses for pediatric ventricular fibrillation and pulseless ventricular tachycardia. *Pediatr Crit Care Med* 2011; 12:14-20. doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0b013e3181dbb4fc.
675. Ristagno G, Yu T, Quan W, Freeman G, Li Y. Comparison of defibrillation efficacy between two pads placements in a pediatric porcine model of cardiac arrest. *Resuscitation* 2012;83:755-9. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2011.12.010.
676. Weisfeldt ML. A three phase temporal model for cardiopulmonary resuscitation following cardiac arrest. *Trans Am Clin Climatol Assoc* 2004;115:115-22 [discussion 122]. (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17060961).
677. Society of Thoracic Surgeons Task Force on Resuscitation After Cardiac S. The society of thoracic surgeons expert consensus for the resuscitation of patients who arrest after cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 2017;103:1005-20. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2016.10.033.
678. Soar JBB, Carli P, Couper K, Deakin CD, Djarv T, Lott C, et al. European Resuscitation Council Guidelines 2021: advanced life support. *Resuscitation* 2021;161.
679. Fukuda T, Ohashi-Fukuda N, Kobayashi H, et al. Public access defibrillation and outcomes after pediatric out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2017;111:1-7. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2016.11.010.
680. Mercier E, Laroche E, Beck B, et al. Defibrillation energy dose during pediatric cardiac arrest: Systematic review of human and animal model studies. *Resuscitation* 2019;139:241-52. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.04.028.
681. Hoyme DB, Zhou Y, Girotra S, et al. Improved survival to hospital discharge in pediatric in-hospital cardiac arrest using 2Joules/kilogram as first defibrillation dose for initial pulseless ventricular arrhythmia. *Resuscitation* 2020;153:88-96. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.05.048.
682. Deakin CD, Morley P, Soar J, Drennan IR. Double (dual) sequential defibrillation for refractory ventricular fibrillation cardiac arrest: a systematic review. *Resuscitation* 2020;155:24-31. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.06.008.
683. Huang Y, He Q, Yang LJ, Liu GJ, Jones A. Cardiopulmonary resuscitation (CPR) plus delayed defibrillation versus immediate defibrillation for out-of-hospital cardiac arrest. *Cochrane Database Syst Rev* 2014;9:CD009803. doi:http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD009803.pub2.
684. Bradley SM, Liu W, Chan PS, et al. Defibrillation time intervals and outcomes of cardiac arrest in hospital: retrospective cohort study from Get With The Guidelines-Resuscitation registry. *BMJ* 2016;353:i1653. doi:http://dx.doi.org/10.1136/bmj.i1653.
685. Roh YI, Jung WJ, Hwang SO, et al. Shorter defibrillation interval promotes successful defibrillation and resuscitation outcomes. *Resuscitation* 2019;143:100-5. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.08.022.
686. Brugger H, Durrer B, Elsensohn F, et al. Resuscitation of avalanche victims: evidence-based guidelines of the international commission for mountain emergency medicine (ICAR MEDCOM): intended for physicians and other advanced life support personnel. *Resuscitation* 2013;84:539-46. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2012.10.020 [Practice Guideline Review].
687. Saczkowski RS, Brown DJA, Abu-Laban RB, Fradet G, Schulze CJ, Kuzak ND. Prediction and risk stratification of survival in accidental hypothermia requiring extracorporeal life support: an individual patient data meta-analysis. *Resuscitation* 2018;127:51-7. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2018.03.028.
688. Bauman BD, Louiselle A, Nygaard RM, et al. Treatment of hypothermic cardiac arrest in the pediatric drowning victim, a case report, and systematic review. *Pediatr Emerg Care* 2019. doi:http://dx.doi.org/10.1097/PEC.0000000000001735.
689. Sepehrpour AH, Gupta S, Lall KS. When should cardiopulmonary bypass be used in the setting of severe hypothermic cardiac arrest? *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2013;17:564-9. doi:http://dx.doi.org/10.1093/icvts/ivt208.
690. Dunne B, Christou E, Duff O, Merry C. Extracorporeal-assisted rewarming in the management of accidental deep hypothermic cardiac arrest: a systematic review of the literature. *Heart Lung Circ* 2014;23:1029-35. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.hlc.2014.06.011.
691. Paal P, Gordon L, Strapazzon G, et al. Accidental hypothermia-an update: the content of this review is endorsed by the International Commission for Mountain Emergency Medicine (ICAR MEDCOM). *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2016;24:111. doi:http://dx.doi.org/10.1186/s13049-016-0303-7.
692. Best RR, Harris BHL, Walsh JL, Manfield T. Pediatric drowning: a standard operating procedure to aid the prehospital management of pediatric cardiac arrest resulting from submersion. *Pediatr Emerg Care* 2020;36:143-6. doi:http://dx.doi.org/10.1097/PEC.0000000000001169.
693. Strapazzon G, Plankensteiner J, Mair P, et al. Prehospital management and outcome of avalanche patients with out-of-hospital cardiac arrest: a retrospective study in Tyrol, Austria. *Eur J Emerg Med* 2017;24:398-403. doi:http://dx.doi.org/10.1097/MEJ.0000000000000390.
694. Svendsen OS, Grong K, Andersen KS, Husby P. Outcome after rewarming from accidental hypothermia by use of extracorporeal circulation. *Ann Thorac Surg* 2017;103:920-5. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2016.06.093.
695. Mentzelopoulos SD, Couper K, Van de Voorde P, et al. European Resuscitation Council Guidelines 2021: ethics of resuscitation and end of life decisions. *Resuscitation* 2021;161:408-432.
696. Patel JK, Kataya A, Parikh PB. Association between intra- and post-arrest hypoxia on mortality in adults with cardiac arrest: a systematic review and meta-analysis. *Resuscitation* 2018;127:83-8. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2018.04.008.
697. Soar J, Maconochie I, Wyckoff MH, et al. 2019 international consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations. *Resuscitation* 2019;145:95-150. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.10.016.
698. Okubo M, Komukai S, Izawa J, et al. Prehospital advanced airway management for paediatric patients with out-of-hospital cardiac arrest: a nationwide cohort study. *Resuscitation* 2019;145:175-84. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.09.007.
699. Fukuda T, Sekiguchi H, Taira T, et al. Type of advanced airway and survival after pediatric out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2020;150:145-53. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.02.005.
700. Lopez J, Fernandez SN, Gonzalez R, Solana MJ, Urbano J, Lopez-Herce J. Different respiratory rates during resuscitation in a pediatric animal model of asphyxial cardiac arrest. *PLOS ONE* 2016;11: e0162185. doi:http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0162185.
701. Gonzalez R, Pascual L, Sava A, TOLON S, Urbano J, Lopez-Herce J. Ventilation during cardiopulmonary resuscitation in children: a survey on clinical practice. *World J Pediatr* 2017;13:544-50. doi:http://dx.doi.org/10.1007/s12519-017-0061-2.
702. Aufderheide TP, Sigurdsson G, Pirralo RG, et al. Hyperventilation-induced hypotension during cardiopulmonary resuscitation. *Circulation* 2004;109:1960-5. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list\_uids=15066941.
703. Yannopoulos D, Tang W, Roussos C, Aufderheide TP, Idris AH, Lurie KG. Reducing ventilation frequency during cardiopulmonary resuscitation in a porcine model of cardiac arrest. *Respir Care* 2005;50:628-35 [in Engl].
704. Lapid FM, O'Brien CE, Kudchadkar SR, et al. The use of pressure-controlled mechanical ventilation in a swine model of intraoperative pediatric cardiac arrest. *Paediatr Anaesth* 2020;30:462-8. doi:http://dx.doi.org/10.1111/pan.13820.
705. Kjaergaard B, Bavarskis E, Magnussdottir SO, et al. Four ways to ventilate during cardiopulmonary resuscitation in a porcine model: a randomized study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2016;24:67. doi:http://dx.doi.org/10.1186/s13049-016-0262-z.

706. Tan D, Xu J, Shao S, et al. Comparison of different inspiratory triggering settings in automated ventilators during cardiopulmonary resuscitation in a porcine model. *PLOS ONE* 2017;12:e0171869, doi: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0171869>.
707. Kill C, Hahn O, Dietz F, et al. Mechanical ventilation during cardiopulmonary resuscitation with intermittent positive-pressure ventilation, bilevel ventilation, or chest compression synchronized ventilation in a pig model. *Crit Care Med* 2014;42:e89-95, doi: <http://dx.doi.org/10.1097/CCM.0b013e3182a63fa0>.
708. Kill C, Galbas M, Neuhaus C, et al. Chest compression synchronized ventilation versus intermittent positive pressure ventilation during cardiopulmonary resuscitation in a pig model. *PLOS ONE* 2015;10:e0127759, doi: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0127759>.
709. Schaller SJ, Altmann S, Unsworth A, et al. Continuous chest compressions with a simultaneous triggered ventilator in the Munich Emergency Medical Services: a case series. *Ger Med Sci* 2019;17: Doc06, doi: <http://dx.doi.org/10.3205/000272.z>.
710. Mendler MR, Maurer M, Hassan MA, et al. Different techniques of respiratory support do not significantly affect gas exchange during cardiopulmonary resuscitation in a newborn piglet model. *Neonatology* 2015;108:73-80, doi: <http://dx.doi.org/10.1159/000381416>.
711. Mendler MR, Weber C, Hassan MA, Huang L, Mayer B, Hummler HD. Tidal volume delivery and endotracheal tube leak during cardiopulmonary resuscitation in intubated newborn piglets with hypoxic cardiac arrest exposed to different modes of ventilatory support. *Neonatology* 2017;111:100-6, doi: <http://dx.doi.org/10.1159/000447663>.
712. Salas N, Wisor B, Agazio J, Branson R, Austin PN. Comparison of ventilation and cardiac compressions using the Impact Model 730 automatic transport ventilator compared to a conventional bag valve with a facemask in a model of adult cardiopulmonary arrest. *Resuscitation* 2007;74:94-101, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2006.01.023>.
713. Hurst Vt, West S, Austin P, Branson R, Beck G. Comparison of ventilation and chest compression performance by bystanders using the Impact Model 730 ventilator and a conventional bag valve with mask in a model of adult cardiopulmonary arrest. *Resuscitation* 2007; 73:123-30, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2006.07.027>.
714. Allen SG, Brewer L, Gillis ES, Pace NL, Sakata DJ, Orr JA. A turbine-driven ventilator improves adherence to advanced cardiac life support guidelines during a cardiopulmonary resuscitation simulation. *Respir Care* 2017;62:1166-70, doi: <http://dx.doi.org/10.4187/respcare.05368>.
715. Grieco DL, L JB, Drouet A, et al. Intrathoracic airway closure impacts CO<sub>2</sub> signal and delivered ventilation during cardiopulmonary resuscitation. *Am J Respir Crit Care Med* 2019;199:728-37, doi: <http://dx.doi.org/10.1164/rccm.201806-1111OC>.
716. Holmberg MJ, Nicholson T, Nolan JP, et al. Oxygenation and ventilation targets after cardiac arrest: a systematic review and meta-analysis. *Resuscitation* 2020;152:107-15, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.04.031>.
717. Andersen LW, Berg KM, Saindon BZ, et al. Time to epinephrine and survival after pediatric in-hospital cardiac arrest. *JAMA* 2015;314:802-10, doi: <http://dx.doi.org/10.1001/jama.2015.9678>.
718. Meert K, Telford R, Holubkov R, et al. Paediatric in-hospital cardiac arrest: factors associated with survival and neurobehavioural outcome one year later. *Resuscitation* 2018;124:96-105, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2018.01.013>.
719. Hoyme DB, Patel SS, Samson RA, et al. Epinephrine dosing interval and survival outcomes during pediatric in-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2017;117:18-23, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2017.05.023>.
720. Raymond TT, Praestgaard A, Berg RA, Nadkarni VM, Parshuram CS, American Heart Association's Get With The Guidelines – Resuscitation I. The association of hospital rate of delayed epinephrine administration with survival to discharge for pediatric nonshockable in-hospital cardiac arrest. *Pediatr Crit Care Med* 2019;20:405-16, doi: <http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000001863>.
721. Bellamy D, Nuthall G, Dalziel S, Skinner JR. Catecholaminergic polymorphic ventricular tachycardia: the cardiac arrest where epinephrine is contraindicated. *Pediatr Crit Care Med* 2019;20:262-8, doi: <http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000001847>.
722. Lin YR, Li CJ, Huang CC, et al. Early epinephrine improves the stabilization of initial post-resuscitation hemodynamics in children with non-shockable out-of-hospital cardiac arrest. *Front Pediatr* 2019;7:220, doi: <http://dx.doi.org/10.3389/fped.2019.00220>.
723. Lin YR, Wu MH, Chen TY, et al. Time to epinephrine treatment is associated with the risk of mortality in children who achieve sustained ROSC after traumatic out-of-hospital cardiac arrest. *Crit Care* 2019;23:101, doi: <http://dx.doi.org/10.1186/s13054-019-2391-z>.
724. Hansen M, Schmicker RH, Newgard CD, et al. Time to epinephrine administration and survival from nonshockable out-of-hospital cardiac arrest among children and adults. *Circulation* 2018;137:2032-40, doi: <http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATION-AHA.117.033067>.
725. Fukuda T, Kondo Y, Hayashida K, Sekiguchi H, Kukita I. Time to epinephrine and survival after paediatric out-of-hospital cardiac arrest. *Eur Heart J Cardiovasc Pharmacother* 2018;4:144-51, doi: <http://dx.doi.org/10.1093/ehjcvp/pxv023>.
726. Lin YR, Syue YJ, Buddhakosai W, et al. Impact of different initial epinephrine treatment time points on the early postresuscitative hemodynamic status of children with traumatic out-of-hospital cardiac arrest. *Medicine (Baltimore)* 2016;95:e3195, doi: <http://dx.doi.org/10.1097/MD.00000000000003195>.
727. Wall JJ, Iyer RV. Catecholaminergic polymorphic ventricular tachycardia. *Pediatr Emerg Care* 2017;33:427-31, doi: <http://dx.doi.org/10.1097/PEC.0000000000001156>.
728. Soar J, Perkins GD, Maconochie I, et al. European Resuscitation Council Guidelines for resuscitation: 2018 update antiarrhythmic drugs for cardiac arrest. *Resuscitation* 2019;134:99-103, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2018.11.018>.
729. Holmberg MJ, Ross CE, Atkins DL, et al. Lidocaine versus amiodarone for pediatric in-hospital cardiac arrest: an observational study. *Resuscitation* 2020;149:191-201, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.12.033>.
730. Mok YH, Loke AP, Loh TF, Lee JH. Characteristics and risk factors for mortality in paediatric in-hospital cardiac events in Singapore: retrospective single centre experience. *Ann Acad Med Singap* 2016;45:534-41 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28062881>).
731. Lasa JJ, Alalai A, Minard CG, et al. Cardiopulmonary resuscitation in the pediatric cardiac catheterization laboratory: a report from the American Heart Association's Get With the Guidelines-Resuscitation Registry. *Pediatr Crit Care Med* 2019;20:1040-7, doi: <http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000002038>.
732. Writer H. Cardiorespiratory arrest in children (out of hospital). *BMJ Clin Evid* 2010 2010 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21406131>).
733. Wu ET, Li MJ, Huang SC, et al. Survey of outcome of CPR in pediatric in-hospital cardiac arrest in a medical center in Taiwan. *Resuscitation* 2009;80:443-8, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2009.01.006> [in Eng]. S0300-9572(09)00017-3 [pii].
734. Del Castillo J, Lopez-Herce J, Canadas S, et al. Cardiac arrest and resuscitation in the pediatric intensive care unit: a prospective multicenter multinational study. *Resuscitation* 2014;85:1380-6, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2014.06.024>.
735. Wolfe HA, Sutton RM, Reeder RW, et al. Functional outcomes among survivors of pediatric in-hospital cardiac arrest are associated with baseline neurologic and functional status, but not with diastolic blood pressure during CPR. *Resuscitation* 2019;143:57-65, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.08.006>.
736. Matamoros M, Rodriguez R, Callejas A, et al. In-hospital pediatric cardiac arrest in Honduras. *Pediatr Emerg Care* 2015;31:31-5, doi: <http://dx.doi.org/10.1097/PEC.0000000000000323>.
737. Lopez-Herce J, del Castillo J, Canadas S, Rodriguez-Nunez A, Carrillo A, Spanish Study Group of Cardiopulmonary Arrest in C. In-hospital pediatric cardiac arrest in Spain. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)* 2014;67:189-95, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rec.2013.07.017>.
738. Raymond TT, Stromberg D, Stigall W, Burton G, Zaritsky A. American Heart Association's Get With The Guidelines – Resuscitation I. Sodium bicarbonate use during in-hospital pediatric pulseless cardiac arrest: a report from the American Heart Association Get With The Guidelines (R) – Resuscitation. *Resuscitation* 2015;89:106-13, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2015.01.007>.
739. Berg RA, Reeder RW, Meert KL, et al. End-tidal carbon dioxide during pediatric in-hospital cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 2018;133:173-9, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2018.08.013>.
740. Stine CN, Koch J, Brown LS, Chalak L, Kapadia V, Wyckoff MH. Quantitative end-tidal CO<sub>2</sub> can predict increase in heart rate during infant cardiopulmonary resuscitation. *Heliyon* 2019;5:e01871, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01871>.
741. Yates AR, Sutton RM, Reeder RW, et al. Survival and cardiopulmonary resuscitation hemodynamics following cardiac arrest in children with surgical compared to medical heart disease. *Pediatr Crit Care Med* 2019;20:1126-36, doi: <http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000002088>.
742. Berg RA, Sutton RM, Reeder RW, et al. Association between diastolic blood pressure during pediatric in-hospital cardiopulmonary resuscitation and survival. *Circulation* 2018;137:1784-95, doi: <http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.117.032270>.
743. Caglar A, Er A, Ulusoy E, et al. Cerebral oxygen saturation monitoring in pediatric cardiopulmonary resuscitation patients in the emergency settings: a small descriptive study. *Turk J Pediatr* 2017;59:642-7, doi: <http://dx.doi.org/10.24953/turkjped.2017.06.004>.
744. Abramo TJ, Meredith M, Jaeger M, et al. Cerebral oximetry with blood volume index in asystolic pediatric cerebrospinal fluid malfunctioning shunt patients. *Am J Emerg Med* 2014;32:1439.e1-7, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajem.2014.04.007>.
745. Pasquier M, Hugli O, Paal P, et al. Hypothermia outcome prediction after extracorporeal life support for hypothermic cardiac arrest patients: the HOPE score. *Resuscitation* 2018;126:58-64, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2018.02.026>.
746. Hilmo J, Naesheim T, Gilbert M. "Nobody is dead until warm and dead": prolonged resuscitation is warranted in arrested hypothermic victims also in remote areas – a retrospective study from northern Norway. *Resuscitation* 2014;85:1204-11, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2014.04.029>.
747. Wollenek G, Honarwar N, Golej J, Marx M. Cold water submersion and cardiac arrest in treatment of severe hypothermia with cardiopulmonary bypass. *Resuscitation* 2002;52:255-63.
748. Huang SC, Wu ET, Wang CC, et al. Eleven years of experience with extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for paediatric patients with in-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2012;83:710-4, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2012.01.031> [Research Support, Non-U.S. Gov't; in Eng].
749. De Mul A, Nguyen DA, Doell C, Perez MH, Cannizzaro V, Karam O. Prognostic evaluation of mortality after pediatric resuscitation assisted by extracorporeal life support. *J Pediatr Intensive Care* 2019;8:57-63, doi: <http://dx.doi.org/10.1055/s-0038-1667012>.
750. Pasquier M, Rousson V. Qualification for extracorporeal life support in accidental hypothermia: the HOPE score. *Ann Thorac Surg* 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2020.06.146>.
751. Dunning J, Fabbri A, Kolh PH, et al. Guideline for resuscitation in cardiac arrest after cardiac surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2009;36:3-28, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejcts.2009.01.033> [in Eng]. S1010-7940(09)00074-8 [pii].

752. Tsou PY, Kurbedin J, Chen YS, et al. Accuracy of point-of-care focused echocardiography in predicting outcome of resuscitation in cardiac arrest patients: a systematic review and meta-analysis. *Resuscitation* 2017;114:92-9. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2017.02.021.
753. Bhananker SM, Ramamoorthy C, Geiduschek JM, et al. Anesthesia-related cardiac arrest in children: update from the Pediatric Perioperative Cardiac Arrest Registry. *Anesth Analg* 2007;105:344-50. doi:http://dx.doi.org/10.1213/01.ane.0000268712.00756.dd.
754. Spyres MB, Farrugia LA, Kang AM, et al. The toxicology investigators consortium case registry – the 2018 annual report. *J Med Toxicol* 2019;15:228-54. doi:http://dx.doi.org/10.1007/s13181-019-00736-9.
755. Larach MG, Rosenberg H, Gronert GA, Allen GC. Hyperkalemic cardiac arrest during anesthesia in infants and children with occult myopathies. *Clin Pediatr (Phila)* 1997;36:9-16. doi:http://dx.doi.org/10.1177/00092289703600102.
756. Carreiro S, Miller S, Wang B, Wax P, Campleman S, Manini AF. Clinical predictors of adverse cardiovascular events for acute pediatric drug exposures. *Clin Toxicol (Phila)* 2020;58:183-9. doi:http://dx.doi.org/10.1080/15563650.2019.1634272.
757. Morgan RW, Fitzgerald JC, Weiss SL, Nadkarni VM, Sutton RM, Berg RA. Sepsis-associated in-hospital cardiac arrest: epidemiology, pathophysiology, and potential therapies. *J Crit Care* 2017;40:128-35. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jccr.2017.03.023.
758. Workman JK, Bailly DK, Reeder RW, et al. Risk factors for mortality in refractory pediatric septic shock supported with extracorporeal life support. *ASAIO J* 2020;66:1152-60. doi:http://dx.doi.org/10.1097/MAT.0000000000001147.
759. Sole A, Jordan I, Bobillo S, et al. Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation support for neonatal and pediatric refractory septic shock: more than 15 years of learning. *Eur J Pediatr* 2018;177:1191-200. doi:http://dx.doi.org/10.1007/s00431-018-3174-2.
760. Torres-Andres F, Fink EL, Bell MJ, Sharma MS, Yablonsky EJ, Sanchez-de-Toledo J. Survival and long-term functional outcomes for children with cardiac arrest treated with extracorporeal cardiopulmonary resuscitation. *Pediatr Crit Care Med* 2018;19:451-8. doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000001524.
761. Barbaro RP, Paden ML, Guner YS, et al. Pediatric extracorporeal life support organization registry international report 2016. *ASAIO J* 2017; 63:456-63. doi:http://dx.doi.org/10.1097/MAT.0000000000000603.
762. Shin HJ, Song S, Park HK, Park YH. Results of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in children. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg* 2016;49:151-6. doi:http://dx.doi.org/10.5090/kjtc.2016.49.3.151.
763. Oberender F, Ganeshalingham A, Fortenberry JD, et al. Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation versus conventional therapy in severe pediatric septic shock. *Pediatr Crit Care Med* 2018;19:965-72. doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000001660.
764. Weiss SL, Balamuth F, Hensley J, et al. The epidemiology of hospital death following pediatric severe sepsis: when, why, and how children with sepsis die. *Pediatr Crit Care Med* 2017;18:823-30. doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000001222.
765. Cunningham A, Auerbach M, Cicero M, Jafri M. Tourniquet usage in prehospital care and resuscitation of pediatric trauma patients – Pediatric Trauma Society position statement. *J Trauma Acute Care Surg* 2018;85:665-7. doi:http://dx.doi.org/10.1097/TA.0000000000001839.
766. American College of Surgeons Committee on T, American College of Emergency Physicians Pediatric Emergency Medicine C, National Association of Ems P, American Academy of Pediatrics Committee on Pediatric Emergency M, Fallat ME. Withholding or termination of resuscitation in pediatric out-of-hospital traumatic cardiopulmonary arrest. *Pediatrics* 2014;133:e1104-16. doi:http://dx.doi.org/10.1542/peds.2014-0176.
767. Zwingmann J, Mehlhorn AT, Hammer T, Bayer J, Sudkamp NP, Strohm PC. Survival and neurologic outcome after traumatic out-of-hospital cardiopulmonary arrest in a pediatric and adult population: a systematic review. *Crit Care* 2012;16:R117. doi:http://dx.doi.org/10.1186/cc11410.
768. Donoghue AJ, Nadkarni V, Berg RA, et al. Out-of-hospital pediatric cardiac arrest: an epidemiologic review and assessment of current knowledge. *Ann Emerg Med* 2005;46:512-22.
769. Alqudah Z, Nehme Z, Alrawashdeh A, Williams B, Oteir A, Smith K. Paediatric traumatic out-of-hospital cardiac arrest: a systematic review and meta-analysis. *Resuscitation* 2020;149:65-73. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.01.037.
770. Moore L, Champion H, Tardif PA, et al. Impact of trauma system structure on injury outcomes: a systematic review and meta-analysis. *World J Surg* 2018;42:1327-39. doi:http://dx.doi.org/10.1007/s00268-017-4292-0.
771. Puzio T, Murphy P, Gazzetta J, Phillips M, Cotton BA, Hartwell JL. Extracorporeal life support in pediatric trauma: a systematic review. *Trauma Surg Acute Care Open* 2019;4:e000362. doi:http://dx.doi.org/10.1136/tsaco-2019-000362.
772. Tan BK, Pothiwala S, Ong ME. Emergency thoracotomy: a review of its role in severe chest trauma. *Minerva Chir* 2013;68:241-50 (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23774089).
773. Allen CJ, Valle EJ, Thorson CM, et al. Pediatric emergency department thoracotomy: a large case series and systematic review. *J Pediatr Surg* 2015;50:177-81. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2014.10.042.
774. Moskowitz EE, Burlow CC, Kulungowski AM, Bensard DD. Survival after emergency department thoracotomy in the pediatric trauma population: a review of published data. *Pediatr Surg Int* 2018;34:857-60. doi:http://dx.doi.org/10.1007/s00383-018-4290-9.
775. Bennett M, Kissoon N. Is cardiopulmonary resuscitation warranted in children who suffer cardiac arrest post trauma? *Pediatr Emerg Care* 2007;23:267-72. doi:http://dx.doi.org/10.1097/PEC.0b013e3180403088.
776. Cameron A, Erdogan M, Lanteigne S, Hetherington A, Green RS. Organ donation in trauma victims: a systematic review and meta-analysis. *J Trauma Acute Care Surg* 2018;84:994-1002. doi:http://dx.doi.org/10.1097/TA.0000000000001886.
777. Shibahashi K, Sugiyama K, Hamabe Y. Pediatric out-of-hospital traumatic cardiopulmonary arrest after traffic accidents and termination of resuscitation. *Ann Emerg Med* 2020;75:57-65. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.annemergmed.2019.05.036.
778. Brindis SL, Gausche-Hill M, Young KD, Putnam B. Universally poor outcomes of pediatric traumatic arrest: a prospective case series and review of the literature. *Pediatr Emerg Care* 2011;27:616-21. doi: http://dx.doi.org/10.1097/PEC.0b013e31822255c9.
779. Matos RI, Watson RS, Nadkarni VM, et al. Duration of cardiopulmonary resuscitation and illness category impact survival and neurologic outcomes for in-hospital pediatric cardiac arrests. *Circulation* 2013;127:442-51. doi:http://dx.doi.org/10.1161/circulationaha.112.125625 [in Eng].
780. Duron V, Burke RV, Bliss D, Ford HR, Upperman JS. Survival of pediatric blunt trauma patients presenting with no signs of life in the field. *J Trauma Acute Care Surg* 2014;77:422-6. doi:http://dx.doi.org/10.1097/TA.0000000000000394.
781. Noje C, Bembe MM, Nelson McMillan KL, et al. A national survey on interhospital transport of children in cardiac arrest. *Pediatr Crit Care Med* 2019;20:e30-6. doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000001768.
782. Wieck MM, Cunningham AJ, Behrens B, et al. Direct to operating room trauma resuscitation decreases mortality among severely injured children. *J Trauma Acute Care Surg* 2018;85:659-64. doi: http://dx.doi.org/10.1097/TA.0000000000001908.
783. Michelson KA, Hudgins JD, Monuteaux MC, Bachur RG, Finkelstein JA. Cardiac arrest survival in pediatric and general emergency departments. *Pediatrics* 2018;141. doi:http://dx.doi.org/10.1542/peds.2017-2741.
784. Moore HB, Moore EE, Bensard DD. Pediatric emergency department thoracotomy: a 40-year review. *J Pediatr Surg* 2016;51:315-8. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2015.10.040.
785. Schauer SG, Hill GJ, Connor RE, Oh JS, April MD. The pediatric resuscitative thoracotomy during combat operations in Iraq and Afghanistan a retrospective cohort study. *Injury* 2018;49:911-5. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.injury.2018.01.034.
786. Flynn-O'Brien KT, Stewart BT, Fallat ME, et al. Mortality after emergency department thoracotomy for pediatric blunt trauma: analysis of the National Trauma Data Bank 2007–2012. *J Pediatr Surg* 2016;51:163-7. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2015.10.034.
787. Capizzani AR, Drongowski R, Ehrlich PF. Assessment of termination of trauma resuscitation guidelines: are children small adults? *J Pediatr Surg* 2010;45:903-7. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2010.02.014.
788. Zwingmann J, Lefering R, TraumaRegister DGU, et al. Outcome and risk factors in children after traumatic cardiac arrest and successful resuscitation. *Resuscitation* 2015;96:59-65. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2015.07.022.
789. McLaughlin C, Zagory JA, Fenlon M, et al. Timing of mortality in pediatric trauma patients: a National Trauma Data Bank analysis. *J Pediatr Surg* 2018;53:344-51. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2017.10.006.
790. Alqudah Z, Nehme Z, Williams B, Oteir A, Bernard S, Smith K. A descriptive analysis of the epidemiology and management of paediatric traumatic out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2019;140:127-34. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.05.020.
791. Kaestner M, Schranz D, Warnecke G, Apitz C, Hansmann G, Miera O. Pulmonary hypertension in the intensive care unit. Expert consensus statement on the diagnosis and treatment of paediatric pulmonary hypertension. The European Paediatric Pulmonary Vascular Disease Network, endorsed by ISHLT and DGPK. *Heart* 2016;102:ii57-66. doi:http://dx.doi.org/10.1136/heartjnl-2015-307774.
792. Marino BS, Tabbutt S, MacLaren G, et al. Cardiopulmonary resuscitation in infants and children with cardiac disease: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2018;137:e691-782. doi:http://dx.doi.org/10.1161/CIR.0000000000000524.
793. Morgan RW, Topjian AA, Wang Y, et al. Prevalence and outcomes of pediatric in-hospital cardiac arrest associated with pulmonary hypertension. *Pediatr Crit Care Med* 2020;21:305-13. doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000002187.
794. Loaec M, Himebauch AS, Kilbaugh TJ, et al. Pediatric cardiopulmonary resuscitation quality during intra-hospital transport. *Resuscitation* 2020;152:123-30. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.05.003.
795. Anton-Martin P, Moreira A, Kang P, Green ML. Outcomes of paediatric cardiac patients after 30minutes of cardiopulmonary resuscitation prior to extracorporeal support. *Cardiol Young* 2020;30:607-16. doi:http://dx.doi.org/10.1017/S1047951120000591.
796. Morell E, Rajagopal SK, Oishi P, Thiagarajan RR, Fineman JR, Steurer MA. Extracorporeal membrane oxygenation in pediatric pulmonary hypertension. *Pediatr Crit Care Med* 2020;21:256-66. doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000002127.
797. Melvan JN, Davis J, Heard M, et al. Factors associated with survival following extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in children. *World J Pediatr Congenit Heart Surg* 2020;11:265-74. doi:http://dx.doi.org/10.1177/2150135120902102.
798. Esangbedo ID, Brunetti MA, Campbell FM, Lasa JJ. Pediatric extracorporeal cardiopulmonary resuscitation: a systematic review. *Pediatr Crit Care Med* 2020;21:e934-43. doi:http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000002373.
799. Kido T, Iwagami M, Yasunaga H, et al. Outcomes of paediatric out-of-hospital cardiac arrest according to hospital characteristic defined by the annual number of paediatric patients with invasive mechanical ventilation: a nationwide study in Japan. *Resuscitation* 2020;148:49-56. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.12.020.
800. Amagasa S, Kashiura M, Moriya T, et al. Relationship between institutional case volume and one-month survival among cases of paediatric out-of-hospital

- tal cardiac arrest. Resuscitation 2019;137:161-7, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.02.021.
801. Gupta P, Tang X, Gall CM, Lauer C, Rice TB, Wetzel RC. Epidemiology and outcomes of in-hospital cardiac arrest in critically ill children across hospitals of varied center volume: a multi-center analysis. Resuscitation 2014;85:1473-9, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2014.07.016.
802. Stub D, Nichol G. Hospital care after resuscitation from out-of-hospital cardiac arrest: the emperor's new clothes? Resuscitation 2012; 83:793-4, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2012.03.034.
803. Topjian AA, Telford R, Holubkov R, et al. The association of early post-resuscitation hypotension with discharge survival following targeted temperature management for pediatric in-hospital cardiac arrest. Resuscitation 2019;141:24-34, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.05.032.
804. Laverriere EK, Polansky M, French B, Nadkarni VM, Berg RA, Topjian AA. Association of duration of hypotension with survival after pediatric cardiac arrest. Pediatr Crit Care Med 2020;21:143-9, doi: http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0000000000002119.
805. Topjian AA, Sutton RM, Reeder RW, et al. The association of immediate post cardiac arrest diastolic hypertension and survival following pediatric cardiac arrest. Resuscitation 2019;141:88-95, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.05.033.
806. Topjian AA, Telford R, Holubkov R, et al. Association of early postresuscitation hypotension with survival to discharge after targeted temperature management for pediatric out-of-hospital cardiac arrest: secondary analysis of a randomized clinical trial. JAMA Pediatr 2018;172:143-53, doi:http://dx.doi.org/10.1001/jamapediatrics.2017.4043.
807. Lopez-Herce J, del Castillo J, Matamoros M, et al. Post return of spontaneous circulation factors associated with mortality in pediatric in-hospital cardiac arrest: a prospective multicenter multinational observational study. Crit Care 2014;18:607, doi:http://dx.doi.org/10.1186/s13054-014-0607-9.
808. American College of Surgeons Committee on Trauma. Advanced Trauma Life Support1 Student Course Manual. 10th Edition Chicago, US: American College of Surgeons; 2018 ISBN 78-0-9968262-3-5.

## ZABIEGI RESUSCYTACYJNE U DZIECI\*



## PODSTAWY WYTYCZNYCH

\*0.–18. r.ż., poza noworodkami tuż po urodzeniu

### KLUCZOWE DOWODY

Idealnie, jeżeli wszystkie dzieci w wieku 0–18 lat z wyjątkiem noworodków tuż po urodzeniu są leczone według wytycznych dla dzieci. Dla tych pacjentów, którzy wyglądają na dorosłych, można użyć wytycznych dla dorosłych



Wykonuj lub prowadź wyłącznie te procedury, do których masz wystarczające kompetencje (autorefleksja – w oparciu o wiedzę, umiejętności, podejście, biegłość i ciągły trening)

Z każdym dzieckiem w stanie zagrożenia spowodowanym przez poważną chorobę lub uraz najlepiej postępować według podejścia ABCDE, opartego na patofizjologii

Podejście zespołowe poprawia skuteczność działań i wyniki. Konieczna jest zaplanowana strategia wprowadzania tego sposobu postępowania i jego ciągłej oceny

### KLUCZOWE ZALECENIA



W PLS u wszystkich dzieci (0–18 lat) stosuj ABCDE jako wspólne narzędzie – praca zespołowa – bądź kompetentny

## ZABIEGI RESUSCYTACYJNE U DZIECI\*



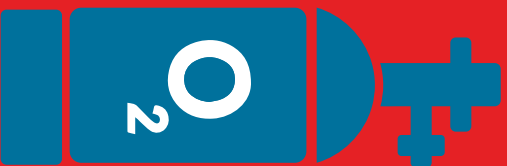
AB

\*0-18. r.ż., poza noworodkami tuż po urodzeniu

### KLUCZOWE DOWODY

Zbyt liberalne podejście do tlenoterapii niesie ze sobą nieokreślone zagrożenia i koszty, z drugiej strony przy bardziej konserwatywnym podjęciu istnieje ryzyko niezamierzonego niedotlenienia

Brak dowodów na poparcie stosowania tlenoterapii u dzieci bez objawów lub niezagrożonych niedotlenieniem lub wstrząsem



Miareczkuj do osiągnięcia normoksemii, jeżeli jest to możliwe. Konieczne może być dostosowanie wartości w przypadku niektórych stanów przewlekłych czy ciężkiego ARDS. Wysokie stężenia tlenu „na ślepo” u dzieci z objawami niewydolności oddechowej i krążeniowej

### KLUCZOWE ZALECENIA



Dostosuj leczenie tlenem do SpO<sub>2</sub> 94-98% – tylko gdy pomiar jest niemożliwy, rozpocznij tlenoterapię z wysokimi przepływami O<sub>2</sub>. Kierując się objawami niewydolności krążeniowej/oddechowej

C

## ZABIEGI RESUSCYTACYJNE U DZIECI\*



\*0-18. r.ż., poza noworodkami tuż po urodzeniu

### KLUCZOWE DOWODY

Niewydolność krążeniowa nie jest jedną chorobą – leczenie musi być dostosowane do indywidualnego pacjenta (etiologia, patofizjologia, wiek, okoliczności, choroby współistniejące, zasoby...)



Dla poprawy perfuzji u większości pacjentów we wstrząsie – nawet tych, u których przyczyną jest hipowolemia – konieczne jest wcześnie zastosowanie leków wazoaktywnych

Płynoterapia jest kluczowa u wielu pacjentów ze wstrząsem, ale nadmierne obciążenie płynami pogorszy wyniki leczenia. Konieczna jest okresowa ponowna ocena

### KLUCZOWE ZALECENIA



We „wstrząsie” podaj 1 lub więcej bolus(ów) o objętości 10 ml/kg (idealnie zbilansowanych) kryształoidów (lub preparatów krwiopochodnych). Ponownie oceń po każdym bolusie. Wczesnie rozpocznij stosowanie leków wazoaktywnych

## KLUCZOWE DOWODY



Właściwy dla dzieci algorytm PBLS nadal kładzie nacisk na znaczenie utlenowania i wentylacji w RKO.

Nie używamy sformułowania „z obowiązkiem reagowania”, ale „po przeszkoleniu w PBLS”. Osoby przeszkolone powinny używać algorytmu PBLS. Określone grupy docelowe powinny używać wentylacji workiem z maską prowadzonej przez 2 osoby



W celu ograniczenia czasu bez uciskania klatki piersiowej i ujednolicenia postępowania – natychmiast po 5 oddechach ratunkowych rozpocznij uciskanie klatki piersiowej, chyba że obecne są pewne oznaki życia. Pojedynczy ratownik, zanim wykona kolejne czynności, powinien najpierw zadzwonić po pomoc



Dobrej jakości uciskanie klatki piersiowej oznacza dobrą częstotliwość, głębokość i odkształcenie. Najlepiej, jeżeli przeszkolony pojedynczy ratownik do uciskania klatki piersiowej u niemowląt także używa techniki dwóch kciuków obejmujących klatkę piersiową, zwracając uwagę, aby unikać niepełnego odkształcenia

## KLUCZOWE ZALECENIA



W przypadku podstawowych zabiegów resuscytacyjnych użyj specyficznego algorytmu PBLS (ABC – 15:2), jeżeli jesteś w nim przeszkolony. Kluczowe są zarówno poprawa jakości RKO, jak i minimalizowanie przerw w RKO.  
Zwróć uwagę na bezpieczeństwo ratownika

## KLUCZOWE DOWODY



Właściwy dla dzieci algorytm PALS nadal podkreśla znaczenie wczesnej defibrylacji w przypadku rytmów do defibrylacji (elektrody samoprzylepne, 4 J/kg). Jeżeli nie jesteś pewien, traktuj rytm jako do defibrylacji. Rozważ stopniowe zwiększanie energii w przypadku opornego na defibrylację VF/pVT ( $\geq 6$  wyładowań). Strategia „3 kolejnych defibrylacji” jest zalecana tylko w przypadku zaobserwowanego początku zatrzymania krążenia w rytmie do defibrylacji, jeżeli defibrylator jest natychmiast dostępny (lub w przypadku, kiedy ratownicy nadal zakładają SOI)

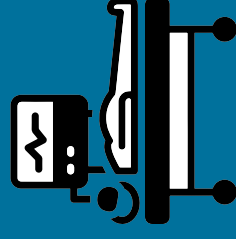


Obecnie nie istnieje żaden wskaźnik, który pojedynczo mógłby służyć jako cel leczenia lub prognozować jego wynik. Jednak na rokowanie można wyraźnie wpłynąć poprzez rozpoznanie i (intensywne) leczenie przyczyn odwracalnych



Wentylacja workiem z maską prowadzona przez 2 osoby jest preferowaną metodą postępowania z drogami oddechowymi podczas zaawansowanego RKO. Tylko w przypadkach, w których założona jest rurka dotchawicza, prowadź nieprzerwywane uciskanie klatki piersiowej i wentylację z częstotścią równą niższej wartości normalnej dla wieku: 10 ( $>12$  lat) – 15 (8–12 lat) – 20 (1–8 lat) – 25 ( $<1$  rok)

## KLUCZOWE ZALECENIA



Podczas zaawansowanych zabiegów resuscytacyjnych użyj specyficznego algorytmu PALS. Aktywnie poszukuj i lecz odwracalne przyczyny. Stosuj wentylację workiem z maską prowadzoną przez 2 osoby jako wspomaganie wentylacji pierwszego rzutu. Tylko po zainstabilowaniu prowadź asynchroniczną wentylację z częstotścią odpowiednią dla wieku (10–25/min)