

Przemysław KLUJ  
Tomasz GASZYŃSKI

Zakład Medycyny Ratunkowej i Medycyny  
Katastrof  
Katedra Anestezjologii i Intensywnej Terapii  
Uniwersytet Medyczny w Łodzi  
ul. Czechosłowacka 2b  
92-216 Łódź.  
Kierownik zakładu:  
dr hab. n. med. prof. UM Tomasz Gaszyński

**Słowa kluczowe:**  
krążenie, świadomość, masa ciała

**Key words:**  
circulation, consciousness, body weight

Adres do korespondencji:  
Przemysław Kluj  
ul. Łukasińskiego 5/29  
93-172 Łódź  
e-mail: przem.kluj@gmail.com

## **Różnicowanie wybranych odrębności anatomicznych i fizjologicznych dziecka w stanie zagrożenia życia: krążenie, świadomość, wiek i masa ciała**

**Differentiation of selected anatomical and physiological distinctiveness of a child in critical condition: circulation, consciousness, age and body weight**

Nie ma dziecka, które wcześniej czy później nie uległo by zachorowaniu czy kontuzji. Siniak lub mała powierzchowna rana nie zagrażają istotnie życiu i zdrowiu. Sytuacja znacznie się komplikuje, gdy dziecko nagle zaczyna się krztusić zabawką czy kęsem pokarmu, lub nieoczekiwanie spadło z dużej wysokości i straciło przytomność. Przyczyny stanów bezpośredniego zagrożenia życia są różne u dzieci i dorosłych. Odrębności wynikają z różnic fizjologicznych, anatomicznych i odmiennej patologii. Różnice te ulegają sukcesywnym zmianom i przekształceniom podczas dzieciństwa od momentu narodzin i okresu noworodkowego poprzez okres niemowlęctwa, dzieciństwa do momentu osiągnięcia dojrzałości. W przeciwieństwie do sytuacji występującej u osób dorosłych, najczęstszą przyczyną stanów zagrożenia życia i wtórnego zatrzymania krążenia u dzieci są zaburzenia oddechow, a dopiero na drugim miejscu niewydolność sercowo-naczyniowa powstała m.in. na skutek utraty płynów, wynaczynienia krwi, hipoglikemii, zatrucia, urazu, czy posocznicy. Postępowanie z chorym dzieckiem znacznie różni się od postępowania stosowanego u osób dorosłych. Choroby dziecka i ich przebieg wymagają zupełnie odmiennego diagnozowania i leczenia. Praca stanowi kompendium wiedzy dla personelu medycznego opiekującego się pacjentami pediatrycznymi w zakresie opieki przed-i-wczesnoszpitalnej.

There is no child which sooner or later has not getting sick or injured. Everything is fine, if it is a bruise or a small superficial wound not life-threatening. The situation is much more complicated when a child suddenly starts choking mouthful of food or a toy, or unexpectedly fell from a great height, and lost consciousness. Reasons for life threatening conditions are different in children and adults. Distinct differences result from physiological, anatomical and different pathology. These differences are changing during childhood since moment of birth and the neonatal period through infancy, childhood until further maturity. In contrast to the adults, the most common cause of life-threatening conditions and secondary cause of cardiac arrest in children are respiratory disorders, and the second is cardiovascular failure which occurs due to loss of fluid, extravasation, hypoglycemia, poisoning, trauma, and sepsis. Accordingly, treatment of sick child differs significantly from the procedure used for adults. Child's illnesses and it's course require a completely different diagnosis and treatment.

This article comprise a compendium of knowledge for health professionals caring pediatric patients in prehospital and earlyhospital medical care.

### **Krążenie**

#### **Adaptacja układu sercowo-naczyniowego**

Największe zmiany rozwojowe w układzie sercowo-naczyniowym, w porównaniu z okresem płodowym, dokonują się bezpośrednio po urodzeniu. Na przestrzeni pierwszych godzin i dni życia krążenie noworodkowe stanowi formę przejściową pomiędzy krążeniem płodowym, a krążeniem niemowlęcym, czy dorosłym.

Dzięki pierwszemu samodzielnemu oddechowi noworodka dochodzi do rozprężenia miąższu płuc, obniżenia stężenia dwutlenku węgla, zwiększenia prężności tlenu we krwi tętniczej oraz

wzrostu przepływu krwi w krążeniu płucnym. W następstwie powyższych zmian oraz występowania spontanicznej i efektywnej wymiany gazowej dochodzi do inicjacji samoczynnego zamknięcia się przewodu tętniczego (przewodu Botalla). U noworodków urodzonych o czasie już w ciągu 10-15 godzin po urodzeniu następuje jego czynnościowe zamknięcie. Anatomiczne zamknięcie natomiast (zarośnięcie światła z wytworzeniem więzadła tętniczego) zachodzi w pierwszych 4-8 tygodniach życia.

Na skutek zwiększenia napływu krwi żyłami płucnymi do lewego przedsionka oraz zredukowanego powrotu żylnego

do przedsionka prawego (wskutek oddzielenia krążenia łożyskowego) dochodzi do zmiany relacji ciśnień przedsionkowych i odwrócenia kierunku przepływu krwi przez otwór owalny z prawo-lewego na lewo-prawy, powodujących jego czynnościowe zamykanie się. Anatomiczne zamknięcie otworu owalnego następuje w pierwszych miesiącach życia, a nawet w 12 miesiącu życia. Powyższe przekształcenia powodują powstanie niezależnego od ustroju matki krwioobiegu.

W sytuacjach zagrażających zdrowiu i życiu noworodka oraz niemowlęcia (np. w przebiegu niedotlenienia czy kwasicy) może dojść do ponownego otwarcia przewodu tętniczego i otworu owalnego [1,2,3,4,5].

### **Odrębności budowy anatomicznej i czynności serca**

Serce noworodka i niemowlęcia jest strukturalnie i czynnościowo niedojrzałe. Bezpośrednio po urodzeniu stwierdza się anatomiczną i czynnościową przewagę komory prawej, a stosunek masy obydwu komór względem siebie wynosi 1:1. Zmieniające się sukcesywnie warunki hemodynamiczne sprawiają jednak, że na przestrzeni pierwszych miesięcy życia przewaga ta stopniowo ustępuje na korzyść komory lewej. W 6 roku życia dziecka, serce jest około 5-krotnie cięższe niż serce noworodka. Mimo to stanowi 1/3 masy serca człowieka dorosłego. Względem całkowitej masy ciała masa serca noworodka i niemowlęcia jest jednak większa niż u osoby dorosłej. Przegroda międzykomorowa jest grubsza od wolnej ściany komory lewej. W ciągu pierwszych 2 lat życia następuje normalizacja proporcji ich wymiarów. Koniuszek serca noworodka utworzony jest przez obydwie komory. Dopiero w wyniku zachodzących zmian na przestrzeni następnych kilku do kilkunastu tygodni życia, tworzy go wyłącznie komora lewa. Serce u noworodków i niemowląt z powodu zwiększonej pojemności przedsionków i rozrostu ściany komory prawej ma kształt kulisty, ponadto posiada zaokrąglony koniuszek, zatartą talię i jest położone wyżej na wysoko ustawionej przeponie [1,2,3,4,5].

Powyższe uwarunkowania anatomiczne i strukturalne serca, a także klatki piersiowej sprawiają, że wraz z wiekiem przekształceniom ulegają granice serca. Zmianom ulega również jego kształt, masa, wielkość i położenie. Głównym stymulatorem rozwoju jest zwiększający się wysiłek fizyczny. Dzięki wydłużaniu się aorty następuje

przesunięcie serca do środkowej i dolnej części klatki piersiowej, z nieznacznym jego przesunięciem w lewo. Uderzenie koniuszkowe przemieszcza się do V przestrzeni międzyżebrowej lewej, w linii sutkowej dopiero około 5 roku życia [4].

Wzrost zużycia tlenu w okresie noworodkowym i niemowlęcym kompensowany jest głównie poprzez przyspieszenie czynności serca. Przeciętna spoczynkowa częstość rytmu serca u noworodka wynosi 120-140 skurczów/min, u 12-miesięcznego niemowlęcia 110-120 skurczów/min. Częstość pracy serca człowieka dorosłego jest około dwukrotnie wolniejsza niż noworodka. Wartości stwierdzane u dorosłych występują od okresu dojrzewania.

Z wiekiem, ewolucji podlegają również wartości obwodowego ciśnienia tętniczego. U noworodków przeciętne ciśnienie skurczowe wynosi około 80, a rozkurczowe około 50 mmHg, u niemowląt wartości te są nieznacznie wyższe i wynoszą około 90/60 mmHg [1,5].

Do istotnych zjawisk fizjologicznych nie mających znaczenia klinicznego należy niemiarywość oddechowca. Zjawisko to polega na niewielkiej, cyklicznej zmianie częstości akcji serca – wdech przyspiesza, natomiast wydech zwalnia pracę serca. Niemiarywość oddechowca zazwyczaj nie wymaga diagnostyki, ani leczenia. Na przestrzeni różnych okresów rozwojowych dziecka, bez uchwytnego podłoża chorobowego i niewymagające leczenia, mogą występować także inne zaburzenia rytmu i przewodzenia np. proste rozkojarzenie przedsionkowo-komorowe, pojedyncze skurcze dodatkowe nadkomorowe i komorowe, czy wędrowanie rozrusznika [4,6,7,8].

### **Rozwój naczyń krwionośnych**

Wraz z rozwojem dziecka systematycznie rozrasta się system naczyń krwionośnych. W okresie noworodkowym i niemowlęcym tętnice, a w szczególności naczynia włosowate, są stosunkowo szerokie, co wynika z potrzeby intensywnego utleniania tkanek. Dopiero w okresie dojrzałości dwukrotnie większą objętość zyskują żyły.

U dzieci znacznie większa jest również elastyczność ścian naczyń i szybszy obieg krwi, co warunkuje sprawniejsze dostarczanie tlenu, substancji odżywczych oraz hormonów do tkanek docelowych, a także umożliwia szybsze usuwanie zbędnych produktów przemiany materii. Przez naczynia włosowate przepływa dwukrotnie więcej krwi u dzieci niż u osób dorosłych [3,4].

### **Zmiany hemodynamiczne układu sercowo-naczyniowego postępujące z rozwojem dziecka**

- > zwolnienie częstości akcji serca
- > wzrost ciśnienia skurczowego
- > zwiększenie pojemności minutowej
- > zmniejszenie elastyczności ścian naczyń tętnicznych
- > zmniejszenie oporu obwodowego

### **Zmiany w zapisie EKG**

Zmiany hemodynamiczne i czynnościowe zachodzące w sercu w zależności od okresu rozwojowego mają swoje odzwierciedlenie w badaniu elektrokardiograficznym (EKG).

W obrazie EKG widoczne są zmieniające się amplitudy załamków, napięcie i kształt zespołów QRS oraz stopniowe zwalnianie częstości rytmu serca. Zmienia się położenie osi elektrycznej serca z prawogramu u niemowląt i małych dzieci do normogramu u dzieci starszych i dorosłych [4,5].

### **Objętość krwi krążącej**

Po urodzeniu dochodzi do zmian w objętości krwi krążącej, które związane są z utratą płynów i zagęszczeniem krwi. Objętość krwi krążącej u noworodka wynosi 80 ml/kg i zmniejsza się wraz z wiekiem do 60-70 ml/kg u osoby dorosłej. Dla noworodka o wadze 3 kg objętość krwi krążącej wynosi 240 ml, dla 6-miesięcznego niemowlęcia o wadze 6 kg objętość ta wynosi 480 ml. Na objętość krwi krążącej wpływa również czas klemowania pepowiny – zbyt wczesne lub późniejsze podwiązanie pepowiny może zmniejszyć lub zwiększyć objętość krwi noworodka o około 100 ml. Liczby te pokazują jak bardzo dzieci są wrażliwe na utratę płynów, a całkowita ich objętość jest niewielka [4,5,6].

### **Świadomość**

Ocena zaburzeń świadomości u dzieci jest trudniejsza niż u dorosłych, w szczególności u noworodków i niemowląt. Wynika to z niedojrzałości ośrodkowego układu nerwowego i stopniowego kształtowania się wielu objawów i odruchów w miarę rozwoju dziecka. Pojęcie „świadomość” czasami jest uznawane za synonim pojęcia „przytomność”. Nie są to jednak terminy oznaczające to samo – „świadomość” jest pojęciem szerszym.

Zaburzenia świadomości mogą mieć charakter ilościowy lub jakościowy. Ilościowe zaburzenia świadomości to

różnego stopnia zmiany napięcia jasności i zwięzienia pola świadomości. Jakościowe zaburzenia świadomości polegają na osłabieniu reakcji na bodźce, zniekształceniu i zafałszowaniu spostrzegania. Utrata świadomości może wystąpić nagle i być krótkotrwała lub stopniowo i być przedłużona. Może być również płytka lub głęboka. W ocenie stanu neurologicznego dziecka, zawsze określa się stan świadomości (przytomne, reagujące na głos, reagujące na bodziec bólowy, głęboko nieprzytomne). Zaburzenia świadomości doprowadzające do przedłużonej i głębokiej utraty przytomności, z której nie można dziecka wybudzić są określane śpiączką.

Dziecko nie reaguje wówczas na bodźce dźwiękowe ani bólowe [1,5,8].

Prostym sposobem wstępnej oceny przytomności poszkodowanego dziecka jest czterostopniowa skala, zwana w skrócie „AVPU” [9,10] od pierwszych liter poszczególnych stanów (Alert, Verbal, Pain, Unresponsive):

**A** – przytomny, w kontakcie, prawidłowo reagujący;

**V** – reaguje na polecenia głosowe;

**P** – reaguje tylko na bodźce bólowe;

**U** – nieprzytomny, brak reakcji.

Przedłużająca się utrata przytomności może wymagać szybkiej interwencji leczniczej, niekiedy łącznie z resuscytacją, a także zastosowania bardziej dokładnej skali głębokości śpiączki. W praktyce w określeniu stanu przytomności pacjenta pediatrycznego kluczową rolę odgrywa punktowa ocena w zmodyfikowanej **skali Glasgow** (GCS – ang. *Glasgow Coma Scale*). Ocenie podlegają 3 parametry: otwieranie oczu, odpowiedź słowna oraz odpowiedź ruchowa. Łatwość jej wykonania i wymierna ocena punktowa, z możliwością wielokrotnego powtarzania w czasie i w różnych warunkach, przez kolejnych badających, daje możliwość dynamicznego śledzenia stanu dziecka. Jest ona używana między innymi dla oceny konieczności intubacji tchawicy (8 i mniej punktów) i wentylacji zastępczej. Punktacja jest sumowana z 3 kolumn. Zawiera się w przedziale od 3 do 15 punktów, gdzie 3 oznacza najgorsze rokowanie, a 15 najlepsze [11]. U dzieci do 3 roku życia, w II kolumnie (odpowiedź słowna) zalecana jest modyfikacja oceny [12]. Ocenie należy poddać wszystkie parametry porównując z normami dla danego okresu rozwojowego.

**Zalecana modyfikacja odpowiedzi słownej w pediatrycznej skali Glasgow u dzieci do 3 roku życia:**

5 – uśmiecha się, wodzi wzrokiem

4 – płacz ustępujący po przytuleniu

3 – niespokojne w odpowiedzi na bodźce

2 – pobudzone, niespokojne

1 – brak.

Znajomość przyczyn śpiączki umożliwia szybkie postawienie rozpoznania i wdrożenie odpowiedniego postępowania. Dlatego bardzo ważne jest zebranie wywiadu oraz dokładne badanie przedmiotowe. W celu ułatwienia zapamiętania stanów chorobowych doprowadzających do zaburzeń świadomości u dzieci, Amerykańska Akademia Pediatrii (AAP – ang. *American Academy of Pediatrics*) za pośrednictwem programu edukacyjnego PEPP (ang. – *Pediatric Education for Prehospital Professionals*) rozpowszechnia i zaleca stosowanie łatwego do zapamiętania akronimu „**ZUPA NIC**” [13], którego zadaniem jest przypomnienie w sytuacjach stresowych, podstawowych przyczyn utraty przytomności u dzieci:

**Zatrucie** (leki, trucizny, alkohol, narkotyki);

**Uraz;**

**Padaczka** (stan po wystąpieniu drgawek, przedawkowanie leków);

**Amoniak** (hiperamoniemia);

**Niedokrwienie, niedotlenienie** – wstrząs (hipowolemiczny, septyczny, kardiogeny);

**Infekcja** (posocznica);

**Cukier** (hipoglikemia, hiperglikemia).

Dziecko z zaburzeniami świadomości, niezależnie od ich etiologii zawsze wymaga pełnego monitorowania funkcji życiowych w warunkach oddziału intensywnej terapii.

### **Wiek i masa ciała**

Dzieci różnią się od osoby dorosłej przede wszystkim proporcjami masy ciała. Wraz z wiekiem zmienia się ich wielkość i ciężar. Ciężar ciała jest istotnym parametrem, ponieważ u pacjentów pediatrycznych leki dawkuje się w zależności od masy ciała. Ponadto do zaopatrywania dziecka trzeba mieć odpowiedni sprzęt. Bez tego sprzętu nie będzie możliwe udzielenie fachowej pomocy. W sytuacji zagrożenia życia nie ma czasu na ważenie pacjenta. Następujący wzór przewiduje przybliżoną masę ciała dziecka w zależności od wieku wyrażonego w latach pomiędzy 1 a 10 rokiem życia [6,14]:

**masa ciała (kg) = 2x [wiek w latach + 4]**

Z powodu nieuwzględnienia w powyższym wzorze noworodków i małych niemowląt, stosowane są również inne przyrządy ułatwiające ocenę masy ciała dziecka w każdym wieku. Rozwiązaniem

tego problemu może być np. zmierzenie długości ciała dziecka za pomocą taśmy Broselowa lub SPARC (Standard Pediatric Aid to Resuscitation Card system), co daje w przybliżeniu masę ciała dziecka, a następnie umożliwia odczytanie obliczonych odpowiednio do wielkości dziecka dawek leków i objętości płynów oraz rozmiarów najczęściej używanego sprzętu ratunkowego.

Powszechnie zalecane jest stosowanie tabeli lub taśm przeliczeniowych (Broselowa lub SPARC system) do obliczania dawek leków i rozmiarów sprzętu ratowniczego odpowiednich do długości i masy ciała dziecka. Obydwie metody są bardziej dokładne niż oszacowanie masy ciała dziecka niż powyższy wzór. Aczkolwiek zasadnicze znaczenie ma wystarczające zapoznanie się z jedną z nich, aby w sytuacji zagrożenia życia osoba udzielająca pomocy dziecku umiała daną metodę użyć szybko i poprawnie. Przewagą stosowania tabeli czy taśm jest natychmiastowe dostarczenie osobie udzielającej pomocy, informacji zwrotnych dotyczących odpowiedniej dawki leku czy rozmiaru rurki intubacyjnej [15,16,17].

W początkowej fazie zaburzeń organizm dziecka uruchamia fizjologiczne mechanizmy adaptacyjne, mające na celu ochronę mózgu i serca przed niedotlenieniem i prowadzące do skompensowania niewydolności oddechowo-kръżeniowej. Wraz z pogłębianiem się stopnia niewydolności lub uszkodzenia, organizm traci zdolność do utrzymania mechanizmów adaptacyjnych. Dochodzi wówczas do powstania zdekompensowanej niewydolności oddechowej lub krwężeniowej w zależności od tego, co było pierwotną przyczyną zaburzeń.

Po wstępnej stabilizacji stanu pacjenta pediatrycznego, powinien być on przekierowany do właściwego oddziału dysponującego całościowym systemem opieki medycznej (oddział intensywnej terapii noworodka, oddział intensywnej terapii dziecięcej, oddział intensywnej opieki kardiologicznej) celem dalszego monitorowania i leczenia.

### **Piśmiennictwo**

1. **Krawczyński M.** Propedeutyka pediatrii. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL; 2009.

2. **Traczyk WZ, Trzebski A.** Fizjologia Człowieka z Elementami Fizjologii Stosowanej i Klinicznej. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL; 2009.

3. **Bochenek A, Reicher M.** Anatomia człowieka – Tom I. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL; 2009.

4. **Aleszewicz-Baranowska J, Kubicka K, Kawalec W.** Kardiologia dziecięca. 1. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL; 2003.
5. **Pietrzyk JJ (red.).** Wybrane zagadnienia z pediatrii – Tom I. Kraków: Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego; 2004.
6. **Andres J (red.).** Zaawansowane Zabiegi Resuscytacyjne u Dzieci. Kraków: Wydawnictwo Polska Rada Resuscytacji; 2005.
7. **Kubicka K, Kawalec W.** Pediatria Tom I. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL; 2010.
8. **Szczeklik A.** Choroby Wewnętrzne – Stan Wiedzy na Rok 2012. Kraków: Wydawnictwo Medycyna Praktyczna; 2012.
9. **Teasdale G, Jennett B.** Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. *Lancet* 1974;13:81-84.
10. **Nolan JP (red.).** Wytoczne Resuscytacji 2010 (Andres J. – red. polskiego wydania). Kraków: Wydawnictwo Europejska Rada Resuscytacji i Polska Rada Resuscytacji; 2010.
11. **McNarry AF, Goldhill DR.** Simple bedside assessment of level of consciousness: comparison of two simple assessment scales with the Glasgow Coma scale. *Anaesthesia* 2004;59:34-37.
12. Children's Coma Scale; (Modified Glasgow Coma Scale, Adelaide Coma Scale, Paediatric Coma Scale); As PDF.: [http://www.patient.co.uk/doctor/Glasgow-Coma-Scale-\(GCS\).htm](http://www.patient.co.uk/doctor/Glasgow-Coma-Scale-(GCS).htm) dostępne w dniu 15.08.2014r.
13. **Zychowicz Cz.** Stany nieprzytomności u dzieci. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL; 1985.
14. **Chan GM, Moyer-Mileur L, Rallison L.** An easy and accurate method of estimating newborn birthweight for resuscitation. *Am J Perinatol* 1992;9:371–373.
15. **Campbell EJ (red.).** International Trauma Life Support For Prehospital Care Providers, Sixth Edition, published by Pearson Education, Inc, Upper Saddle River, New Jersey; 2008.
16. Study Packet for the Correct Use of the Broselow™ Pediatric Emergency Tape; As PDF. [http://www.ncdhhs.gov/dhsr/EMS/pdf/kids/DEPS\\_Broselow\\_Study.pdf](http://www.ncdhhs.gov/dhsr/EMS/pdf/kids/DEPS_Broselow_Study.pdf)
17. **Żebrowska M.** Psychologia rozwojowa dzieci i młodzieży. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe; 1966.