

ZANIM USTALISZ ROZPOZNANIE, ZINTERPRETUJ TO BADANIE

RADA NAUKOWA DZIAŁU



Dr n. med.
Anna Turska-Kmieć
(przewodnicząca)



Dr hab. n. med.
Teresa Jackowska



Dr hab. n. med.
Henryk Mazurek



Dr hab. n. med.
Magda Rutkowska



Dr hab. n. med.
Piotr Socha

Badanie gazometryczne u dziecka z niewydolnością oddechową

Małgorzata Manowska

Zinterpretuj badanie gazometryczne i ustal postępowanie diagnostyczne i lecznicze u każdego dziecka.

Wyniki badania gazometrycznego z krwi tętniczej

Badany parametr	Dziecko 1	Dziecko 2	Dziecko 3
pH	7,15	7,33	7,35
paCO ₂ (mm Hg)	80,3	65,4	41,7
paO ₂ (mm Hg)	52,1	46,3	93,8
HCO ₃ ⁻ (mmol/l)	25,9	27,8	24,9
BE (mmol/l)	2,8	5,7	-1,4
SaO ₂ (%)	79	88	96
Hematokryt (%)	37	32	38

P.o. kierownika Kliniki Anestezjologii
i Intensywnej Terapii, Instytut
„Pomnik-Centrum Zdrowia Dziecka”
w Warszawie

Interpretacja wyników badania gazometrycznego

Przypadek 1. Kwasica oddechowa ostra, nieskompensowana (tab. 3)

Przypadek 2. Kwasica oddechowa przewlekła, w pełni skompensowana.

Przypadek 3. Wyniki badania gazometrycznego prawidłowe, w granicach normy.

Omówienie przypadków

Opis przypadku 1

Dwuletni chłopiec przywieziony do szpitala przez karetkę pogotowia z powodu szczekającego kaszlu, który pojawił się w nocy, i szybko narastającej duszności. Rano gorączka z tendencją do wzrostu, w czasie badania – mierzona pod pachą, powyżej 38°C. Przy przyjęciu niespokojny, blady, spocony, widoczne zasinienie wokół ust, zwracająca uwagę duszność o charakterze wdechowym – wciąganie przestrzeni międzybrowowych, nasilony ruch skrzydełek nosa, słyszalny świst krtaniowy. Osluchowo nad polami płucnymi liczne świsty. Saturacja mierzona przezskórnie poniżej 90%. Klinicznie stan dziecka oceniono jako poważny, podano domięśniowo leki sedacyjne (mieszaną lityczną), zmierzono gazometrię z nakłucia tętnicy i podjęto decyzję o intubacji dziecka oraz przekazaniu go na oddział intensywnej terapii.

W badaniu gazometrycznym wyniki wskazują na ostrą niewydolność oddechową i potwierdzają słuszność decyzji o intubacji dziecka – pH znacznie poniżej normy, hipoksja z hiperkardią. Niskie wartości SaO_2 .

Dziecko zaintubowano w sedacji i zwiotczeniu, przez usta, rurką o średnicy 3,5 mm (rozmiar rurki właściwej dla wieku dziecka to 4,5 mm). W czasie intubacji zaobserwowano silny obrzęk i przekrwienie błony śluzowej poniżej fałdów głosowych krtani.

Zastosowano oddech wspomagany, tlenoterapię – FiO_2 , początkowo 1,0 a następnie po wzroście saturacji do 98% – 0,5 (stężenie tlenu w mieszaninie oddechowej wynoszące początkowo 100%, a następnie zmniejszone do 50%). Wykonano kontrolny rentgen płuc – położenie rurki nad rozwidleniem tchawicy; badanie nie wykazało zmian patologicznych w płucach.

Rozpoznanie: podgłośniałe zapalenie krtani.

Zastosowane leczenie:

1. Sedacja mieszaną lityczną – 0,1 ml/kg masy ciała/dawkę – podana domięśniowo
2. Intubacja – po dożylnym podaniu leków sedacyjnych, analgetycznych i zwiotczających mięśnie
 - a) tiopental – 5 mg/kg/dawkę
 - b) fentanyl – 2 mcg/kg/dawkę
 - c) bromek wecuronium – 0,1 mg/kg/dawkę
3. Wentylacja mechaniczna – oddech wspomagany w trybie SIMV
4. Glikokortykosteroidy – dożylnie.
5. Leki przeciwhistaminowe (klemastyna) – dożylnie

6. Inhalacje z adrenaliny i steroidów
7. Wlewy dożylnie nawadniające
8. Sedacja we wlewie dożylnym – midazolam – 0,05 mg/kg/h, przez pierwszą dobę leczenia
9. Po 24 h intubacji, jeżeli słyszalny jest przeciek wokół rurki intubacyjnej – próba ekstubacji dziecka pod osłoną steroidów.

Badania dodatkowe:

1. Morfologia + liczba płytek krwi
2. Białko ostrej fazy (CRP)
3. D-dimery
4. Gazometria – co 8 h lub po każdej istotnej zmianie parametrów wentylacji
5. Rentgen klatki piersiowej po intubacji oraz przed ekstubacją

Opis przypadku 2

Szesnastomiesięczny wcześniak urodzony w 28 tygodniu ciąży z masą ciała 1200 g, ostrą niewydolnością oddechową po urodzeniu, wymagającą intubacji i kilkutygodniowej wentylacji respiratorem. Wielokrotnie hospitalizowany z powodu nawracających zakażeń dróg oddechowych, w tym dwukrotnego zapalenia płuc wymagającego leczenia respiratorem. W wypisach ze szpitala w rubryce rozpoznanie widnieje: dysplazja oskrzelowo-płucna.

Od kilku dni dziecko kaszle, matka obserwuje nasilenie duszności, gorsze łaknienie, dziecko jest niespokojne, szybciej się męczy, zaczęło gorączkować $>38^\circ\text{C}$, z objawami nieżyty nosa i kaszlem. Matka zgłosiła się do rejonowej poradni dziecięcej, z której skierowano dziecko do szpitala z powodu podejrzenia zapalenia płuc.

W szpitalu wykonano RTG klatki piersiowej, w którym stwierdzono zmiany miąższowo-niedomowe w płucach, powiększoną sylwetkę serca. W kontrolnym ECHO serca stwierdzono nieznacznie powiększoną prawą komorę serca, bez cech nadciśnienia płucnego.

Wyniki badania gazometrycznego, w którym pH było w normie, a nieznacznie podwyższone paCO_2 i nieco obniżone paO_2 , świadczyły o zaadaptowaniu się organizmu dziecka do tych wartości tlenu i dwutlenku węgla we krwi. Wykluczono konieczność intubacji dziecka i leczenia na oddziale intensywnej terapii. Skierowano je do leczenia na oddziale pediatrycznym.

Rozpoznanie: przewlekła choroba płuc, powikłana zapaleniem płuc.

Zastosowane leczenie:

1. Tlenoterapia bierna
2. Inhalacje i intensywna fizjoterapia
3. Antybiotykoterapia – empiryczna
4. Leki mukolityczne i sterydowe, rozszerzające oskrzela
5. Leki diuretyczne
6. Dieta wysokokaloryczna

Badania dodatkowe:

1. Morfologia + liczba płytek krwi
2. Białko ostrej fazy
3. D-dimery we krwi
4. Badanie gazometryczne – minimum raz/12 h
5. Rentgen klatki piersiowej
6. ECHO serca z oceną ciśnienia w prawej komorze
7. Posiew krwi i wymazu z gardła

Opis przypadku 3

Czteroletnia dziewczynka z objawami zakażenia – katar i mokry, męczący kaszel – skarży się na ból gardła, z objawami ostrego nieżytu górnych dróg oddechowych, gorączkująca $>38^{\circ}\text{C}$, dzień wcześniej zakrztusiła się jedzeniem i wymiotowała, została skierowana do szpitala w celu diagnostyki ewentualnego zachłystowego zapalenia płuc. Dziecko jest apatyczne, nie chce jeść. Wynik wykonanego badania gazometrycznego nie odbiegał od normy. W kontrolnym RTG klatki piersiowej nie stwierdzono zmian zapalnych w płucach. Wykluczono zapalenie płuc. Badaniem klinicznym stwierdzono ostry stan zapalny gardła i migdałków. W leczeniu zalecono klindamycynę i odesłano dziecko do domu z zaleceniem kontroli w rejonowej przychodni dziecięcej za kilka dni.

Podsumowanie

Niewydolność oddechową możemy zdefiniować jako stan, w którym dochodzi do zakłócenia prawidłowych czynności życiowych ustroju w następstwie zaburzeń wymiany gazowej w płucach, niezależnie od mechanizmu jego powstawania (tab. 1). Układ oddechowy spełnia dwie zasadnicze funkcje: zapewnia utlenowanie krwi i utrzymanie prawidłowego pH.

Do niewydolności oddechowej mogą prowadzić zaburzenia wentylacji, spowodowane stanami chorobowymi płuc oraz zaburzeniami centralnej regulacji oddychania, zaburzenia perfuzji płuc, spowodowane przeciekami wewnątrzplucnymi, pierwotnymi chorobami naczyń płucnych czy przekrwieniem niewentylowanych części płuc oraz zaburzenia dyfuzji gazów, powstające wskutek różnych stanów chorobowych, prowadzących do zwiększenia przestrzeni między światłem pęcherzyków a naczyniami włosowatymi płuc (obrzęk, zastój, zapalenie).

Niewydolność oddechową rozpoznajemy na podstawie kompleksowej oceny klinicznej, biochemicznej i radiologicznej.

Gazometria krwi jest testem, dzięki któremu możliwy jest pomiar ilości tlenu (O_2) i dwutlenku węgla (CO_2) we krwi oraz kwasowość krwi (pH). Najbardziej obiektywnym i dokładnym badaniem oceniającym wydolność oddechową pacjenta jest gazometria krwi tętniczej. Badając krew pobraną z tętnicy, sprawdza się dokładnie ciśnienie parcjalne tlenu (paO_2) i dwutlenku węgla (paCO_2), nasycenie tlenem (SaO_2), zawartość wodorowęglanów we krwi (HCO_3) oraz jej kwasowość (pH) (tab. 2).

TABELA 1. Przyczyny i podział niewydolności oddechowej

Podział	Niewydolność oddechowa
W zależności od czasu	Ostra – rozwija się nagle i jest potencjalnie odwracalna Przewlekła – rozwija się stopniowo i nie jest w pełni odwracalna
W zależności od etiologii	Płucna Pozapłucna
W zależności od objawów klinicznych	Hiperdynamiczna Hipodynamiczna
W zależności od badania RKZ	Częściowa – tylko hipoksemia Całkowita – hipoksemia + hiperkapnia
W okresie noworodkowym (1-28 dzień życia)	ZZO, TTN, MAS, PPHN, zapalenie płuc, bezdech, posocznica, wady wrodzone układu oddechowego i krążenia
W okresie niemowlęcym (1-12 miesiąc życia)	Zapalenie płuc, zapalenie oskrzelików, posocznica, choroby nerwowo-mięśniowe, zapalenie podgłośnia krtani, ciąża obce w drogach oddechowych, urazy
Dziecko >1 roku życia	ARDS, urazy, posocznica, astma, zapalenie nagłośni, choroby nerwowo-mięśniowe, obrzęk płuc, zator tętnicy płucnej

TABELA 2. Parametry mierzone badaniem gazometrycznym, zakresy normy

Parametry	Zakres normy	Komentarz
pH	7,35-7,45	Obrazuje kwasowość/zasadowość krwi, układ oddechowy utrzymuje pH krwi przez regulację pCO_2
paCO_2	35-45 mm Hg	Mierzy zawartość dwutlenku węgla we krwi, wartość ciśnienia dwutlenku węgla wskazuje, jak skutecznie organizm eliminuje go, po zużyciu tlenu
paO_2	75-100 mm Hg	Mierzy zawartość tlenu we krwi, wartość ciśnienia tlenu mówi nam, jak skutecznie płuca pobierają tlen oraz z jaką łatwością dostaje się on do krwi
HCO_3	22-26 mmol/l	Poziom wodorowęglanów – jest to stężenie HCO_3^- w osoczu próbki krwi w pełni utlenowanej, przy prawidłowym pCO_2 i temperaturze 37°C
BE (base excess)	-3 do +3 mmol/l	Zasób zasad – nadmiar lub niedobór zasad, mierzy ile kwasu lub zasady jest potrzebne do osiągnięcia przez krew prawidłowej wartości pH (nie jest zależny od pCO_2 i Hb we krwi)
SaO_2	94-100%	Saturacja krwi tlenem

TABELA 3. Zaburzenia równowagi kwasowo-zasadowej i stan po zadziałaniu mechanizmów kompensacyjnych

	pH	pCO ₂	HCO ₃ ⁻	BE
Kwasica oddechowa				
Ostra nieskompensowana	↓	↑	Prawidłowe	Prawidłowe
Podostra, częściowo skompensowana	↓	↑	↑	↑
Przewlekła, w pełni skompensowana	Prawidłowe	↑	↑	↑
Zasadowica oddechowa				
Ostra nieskompensowana	↑	↓	Prawidłowe	Prawidłowe
Podostra, częściowo skompensowana	↑	↓	↓	↓
Przewlekła, w pełni skompensowana	Prawidłowe	↓	↓	↓
Kwasica metaboliczna				
Ostra nieskompensowana	↓	Prawidłowe	↓	↓ (-)
Podostra, częściowo skompensowana	↓	↓	↓	↓ (-)
Przewlekła, w pełni skompensowana	Prawidłowe	↓	↓	↓ (-)
Zasadowica metaboliczna				
Ostra nieskompensowana	↑	prawidłowe	↑	↑ (-)
Podostra, częściowo skompensowana	↑	↑	↑	↑ (-)
Przewlekła, w pełni skompensowana	Prawidłowe	↑	↑	↑ (+)
↑ – wzrost				
↓ – spadek				
(+) i (-) – odchylenie dodatnie lub ujemne				

Badanie gazometryczne jest tylko jedną z metod rozpoznawania niewydolności oddechowej u chorego. Aby jednak rozpoznać niewydolność oddechową na podstawie objawów gazometrycznych, trzeba przede wszystkim znać normy parametrów badania gazometrycznego krwi (pH, pCO₂, pO₂), jak również rozumieć zasady równowagi kwasowo-zasadowej. Zawsze też trzeba uwzględnić aktualną sytuację kliniczną chorego.

U chorego oddychającego samodzielnie niedostateczna kompensacja kwasicy metabolicznej może wskazywać na niewystarczającą rezerwę wentylacyjną, jeśli nawet paCO₂ pozostaje w granicach normy. U chorych na przewlekłą zaporową chorobę płuc ze współistnieniem hipoksyicznego napędu oddechowego bardzo trudno podjąć decyzję o sposobie terapii oddechowej dopóty, dopóki nie dysponuje się wynikiem pełnego badania gazometrycznego. Wobec utraty wrażliwości ośrodka oddechowego na dwutlenek węgla istotne jest monitorowanie w tych warunkach pH krwi, wodorowęglanów i zasad buforujących oraz wysycenia tlenem (saturacji) hemoglobiny; wartość pCO₂, chociaż nadal istotna, nabiera drugorzędного znaczenia (patrz przypadek 2).

U chorych z niewydolnością oddechową pochodzenia kardiogenego (wrodzone wady serca, niewydolność krążenia) ocena wydolności oddechowej na podstawie badania gazometrycznego również podlega innym regułom. Tolerowane są niższe wartości pH krwi – do 7,2 przy saturacji powyżej 80% i wyższe pCO₂ – nawet powy-

żej 60 mm Hg. Istotne jest, jaką mieszaniną gazów oddycha pacjent, czyli stosowane w czasie pobierania gazometrii – FiO₂.

Umiejętność oceny wyników badania gazometrycznego jest bardzo przydatna w diagnostyce, pozwala na szybką ocenę wydolności oddechowej dziecka i równie szybkie podjęcie decyzji co do planowanego leczenia zaburzeń oddychania. Ale tylko pełne badanie kliniczne, dobrze zebrany wywiad i uzupełniające badania dodatkowe – biochemiczne i radiologiczne – pozwolą nam na ustalenie właściwego rozpoznania choroby będącej m.in. przyczyną omawianej niewydolności oddechowej.

Zalecane piśmiennictwo

- Story David A, Kellum Johi A. Acide base balance revisited: Steward and strong ions. *Seminars and anesthesia. Perioperative Medicine and Pain.* 2005;24:9-16.
- Durward A, Murdach J. Tytuł *Current Paediatric.* 2003;13:513-519.
- Larsen R. *Anestezjologia.* Red. Andrzej Kübler. Urban & Partner, Wrocław 2001:276-287.
- Bilan N, Behbahan AG, Khoshroshahi AJ. Validity of venous blood gas analysis for diagnosis of acid-base imbalance in children to pediatric intensive care unit. *World J Pediatr.* 2008;4(2):114-117.
- Moses JM, Alexander JL, Agus MS. The correlation and level of agreement between end-tidal and blood gas pCO₂ in children with respiratory distress: a retrospective analysis. *BMC Pediatr.* 2009;12 (9):20.
- Pifferi M, Caramella D, Pietrobelli A, Ragazzo V, Boner AL. Blood gas analysis and chest x-ray findings in infants and preschool children with acute airway obstruction. *Respiration.* 2005;72(2):176-181.
- Thomas NJ, Shaffer ML, Willson DF, Shih MC, Curley MA. Defining acute lung disease in children with the oxygenation saturation index. *Pediatr Crit Care Med.* 2010;1 (1):12-17.