

# Parametry równowagi kwasowo-zasadowej w przebiegu zespołu oddechowego u cieląt w trzecim tygodniu życia

PIOTR SŁAWUTA, JÓZEF NICPOŃ, ROLAND KOZDROWSKI\*,  
AGNIESZKA NOSZCZYK-NOWAK

Katedra Chorób Wewnętrznych i Pasożytniczych Wydziału Medycyny Weterynaryjnej AR,  
pl. Grunwaldzki 47, 50-366 Wrocław

\*Katedra i Klinika Rozrodu, Chorób Przeżuwaczy oraz Ochrony Zdrowia Zwierząt Wydziału Medycyny Weterynaryjnej AR,  
pl. Grunwaldzki 49, 50-366 Wrocław

Sławuta P., Nicpoń J., Kozdrowski R., Noszczyk-Nowak A.

## Parameters of acid-base equilibrium in the course of Bovine Respiratory Disease Complex in three-week-old calves

### Summary

The term Bovine Respiratory Disease Complex is used as a qualification of diseases of the respiratory system in cattle which are evoked by the co-operation of infection and environmental factors. The goal of this study was to determine the parameters of an acid-base equilibrium of calves at three weeks of age on the BRDC course and an investigation of the possibility of the use of urine pH analysis in respiratory acidosis diagnostic. 60 calves from 19 to 21-days-old were used in the study. Group I, the control group, included clinically healthy animals, group II included calves which had clinical signs of BRDC. From both groups arterial blood, venous blood and urine was collected. In arterial blood, the acid-base equilibrium parameters pH of blood,  $pCO_2$ ,  $HCO_3^-$  were determined. In the venous blood, WBC, RBC, HGB, AST, ALT, urea, creatinine and pH of urine that was collected from the urinary bladder, was determined. Partial pressure of  $CO_2$  from arterial blood in the group with signs of BRDC was significantly higher than in the control group. Concentration of  $HCO_3^-$  and pH of arterial blood in both groups was not significantly different. pH of urine in the group with BRDC amounted to a mean of  $6.94 \pm 0.42$ . During the course of BRDC three-week-old calves developed compensatory respiratory acidosis. Determination of pH of urine could be used as an element of diagnosis of respiratory acidosis in calves.

**Keywords:** calves, respiratory syndrome, acid-base equilibrium

Termin zespół oddechowy (BRDC – Bovine Respiratory Disease Complex) używany jest jako określenie występujących u bydła chorób zapalnych układu oddechowego, wywołanych współdziałaniem czynników zakaźnych i warunków środowiska obniżających odporność. U cieląt syndrom ten przebiega w postaci tzw. enzootycznej bronchopneumonii (EBC). Choroba ta, występująca przede wszystkim na fermach, objawia się zapaleniem oskrzeli, a następnie płuc (2). Na podstawie nasilenia objawów klinicznych chorobę można podzielić na: stadium subkliniczne (stopień I), choroba klinicznie wyrównana (stopień II), choroba klinicznie niewyrównana (stopień III), stadium klinicznie nieodwracalne (stopień IV). Wszystkie fazy zostały dokładnie opisane przez Bednarka. W drugim i trzecim stadium choroby następuje upośledzenie funkcji układu śluzowo-rzęskowego płuc, co objawia się nadprodukcją śluzu. Wydzielina jest gęsta, z czasem na-

biera charakteru śluzowo-ropnego i utrudniając wymianę gazową powoduje retencję  $CO_2$  (2, 3). W przypadku retencji  $CO_2$  – bezwodnika kwasu węglowego, organizm, broniąc się przed zakwaszeniem, uruchamia tzw. mechanizmy kompensacji związane z układem buforowym wodorowęglan/kwas węglowy –  $HCO_3^-/H_2CO_3$ . Zwiększenie ciśnienia cząsteczkowego  $CO_2$  –  $pCO_2$  stymuluje wydalanie jonów  $H^+$  przez nerki, w wyniku czego następuje regeneracja  $HCO_3^-$  i normalizacja pH. Zgodnie z podanym niżej, opisującym równowagę kwasowo-zasadową równaniem Hendersona-Hasselbacha (równanie H-H), pH krwi jest wypadkową składowej metabolicznej reprezentowanej przez stężenie wodorowęglanów ( $HCO_3^-$ ) i oddechowej, tj. przez ciśnienie cząsteczkowe dwutlenku węgla ( $pCO_2$ ). Wynika z tego, że do pełnej diagnostyki RKZ i jej zaburzeń konieczne jest oznaczenie w krwi tętniczej lub włośniczkowej pH,  $HCO_3^-$ ,  $pCO_2$ . Kwa-

sicę oddechową charakteryzuje wzrost pH krwi tętniczej i  $p\text{CO}_2$ , a w przypadku jej kompensacji również wzrost stężenia  $\text{HCO}_3^-$  i zakwaszenie moczu (11-13).

$$\text{pH} = 6,11 + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{p\text{CO}_2 \times 0,226}$$

Dotychczasowe badania równowagi kwasowo-zasadowej (RKZ) i jej parametrów u cieląt koncentrowały się na zwierzętach zdrowych (6, 7, 18-20). Zmiany RKZ cieląt w powiązaniu z chorobami układu oddechowego opisali Nagy i wsp. (17), Coghe i wsp. (5) oraz Berchtold i wsp. (4). Nagy i wsp. przeprowadzili badania na grupie zwierząt w wieku od 1 do 7 miesiąca życia, przebywających w klinice weterynaryjnej (17). Coghe i wsp. (5) zaproponowali wykorzystanie wzrostu stężenia kwasu mlekowego w osoczu krwi jako wskaźnika zakwaszenia organizmu cielęcia w przebiegu chorób układu oddechowego. Berchtold i wsp. (4) opisali zmiany RKZ u cieląt w wieku 4-10 dni w przebiegu wywołanej eksperymentalnie kwasicy oddechowej. Nie badano dotąd parametrów RKZ w przebiegu BRDC u cieląt przed ukończeniem 1. miesiąca życia. W piśmiennictwie brak jest również danych dotyczących wartości pH moczu u cieląt w wieku trzech tygodni w przebiegu chorób układu oddechowego.

Celem badań było oznaczenie parametrów RKZ w przebiegu BRDC u trzytygodniowych cieląt przebywających w warunkach fermowych oraz zbadanie możliwości wykorzystania pomiaru pH moczu w diagnostyce kwasicy oddechowej.

W związku z przeprowadzaniem badań w warunkach fermy krów mlecznych zaistniała również konieczność opracowania odmiennego od opisywanych sposobu (4, 6-8, 10, 14, 15, 17-20) pobierania krwi tętniczej.

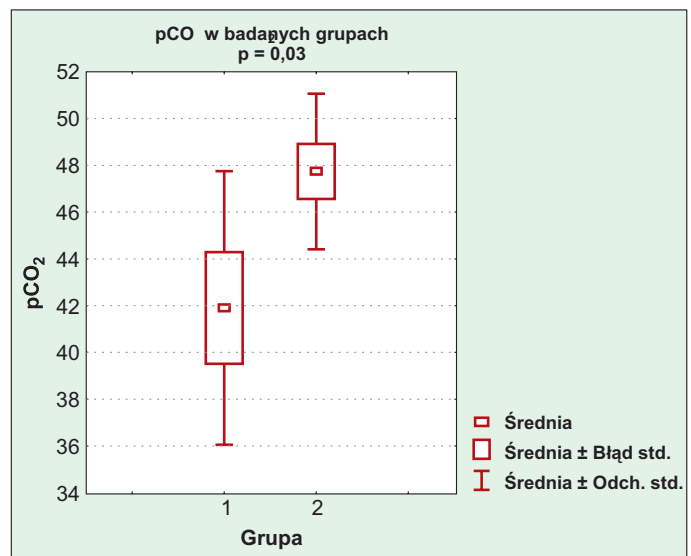
### Materiał i metody

Badaniami objęto 60 cieląt, rasy nizinnej czarno-białej, w wieku 19-21 dni, które podzielono na podstawie badania klinicznego na grupę I i II, liczące odpowiednio 20 i 40 cieląt. Grupę I – kontrolną stanowiły zwierzęta klinicznie zdrowe, natomiast do grupy II zakwalifikowano cielęta, u których stwierdzono występowanie objawów BRDC – wpływ z nosa i worków spojówkowych, kaszel, duszność mieszaną, rżenia suche lub wilgotne. Przyjęte kryteria kliniczne podziału były zgodne z zaproponowanymi przez innych badaczy (17, 21). Od zwierząt z obu grup pobierano: krew tętniczą i żylną oraz mocz. Dostęp do tętnicy usznej doogonowej (*a. auricularis caudalis*) uzyskano po zewnętrznej stronie małżowiny usznej. Po uwidocznieniu naczynia wprowadzano igłę o  $\phi$  0,7 mm. O tętnicznym charakterze pobranej krwi świadczyła jej jasna, żywo czerwona barwa. Krew pobierano do strzykawki z heparyną (*Heparinum natricum* 5000 j/m/ml), co umożliwiała aspirację bez dostępu powietrza. Badaną próbkę natychmiast po pobraniu umieszczano w termosie z lodem. W krwi tętniczej, przy pomocy aparatu Osmotech OPTI Blood Gas Analyser, oznaczano parametry RKZ – pH krwi, ciśnienie czę-

steczkowe  $\text{CO}_2$  ( $p\text{CO}_2$ ) i  $\text{HCO}_3^-$ . W krwi pobranej z żyły szyjnej zewnętrznej oznaczono liczbę leukocytów (WBC), erytrocytów (RBC) i stężenie hemoglobiny (HGB) oraz wykonano badania biochemiczne krwi – oznaczając aktywność AST, ALT, stężenie mocznika i kreatyniny, przy pomocy aparatu Animal Blood Counter abc Vet. Mocz pobierano bezpośrednio z pęcherza przy pomocy cewnika i oznaczano jego pH przy pomocy pasków Multistix 10 SG BAYER. Uzyskane dane analizowano obliczając średnią i wartość odchylenia standardowego. W celu stwierdzenia istotności wykonano analizę statystyczną przy pomocy testów: t-Studenta, U-Manna-Whitneya i R-Spearmana oraz testu korelacji. Jako poziom istotności statystycznej przyjęto  $p \leq 0,05$ .

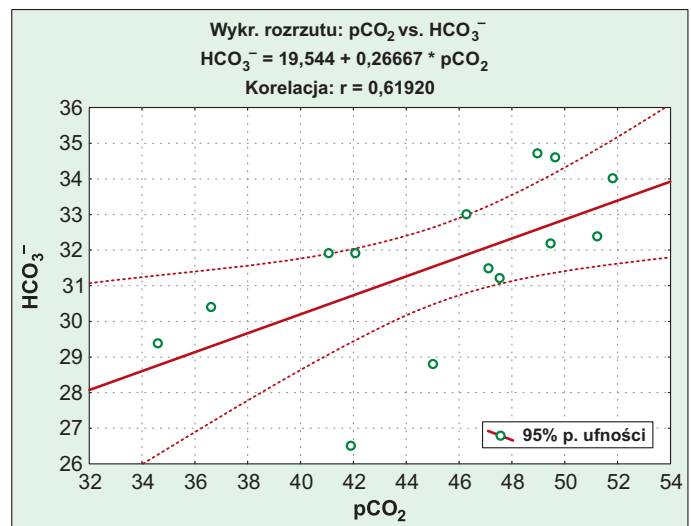
### Wyniki i omówienie

Ciśnienie cząsteczkowe  $\text{CO}_2$  we krwi tętniczej, u cieląt z objawami BRDC było istotnie wyższe



Ryc. 1. Porównanie ciśnienia cząsteczkowego  $p\text{CO}_2$  w grupach kontrolnej i badanej

Objaśnienia: 1 – grupa I (cielęta zdrowe); 2 – grupa II (cielęta z BRDC)



Ryc. 2. Korelacja pomiędzy ciśnieniem cząsteczkowym  $\text{CO}_2$  i stężeniem wodorowęglanów  $\text{HCO}_3^-$  u cieląt chorych

**Tab. 1.** Porównanie wartości parametrów RKZ – pH, ciśnienia cząsteczkowego CO<sub>2</sub> (pCO<sub>2</sub>) i stężenia wodorowęglanów (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), oznaczonych w krwi tętniczej cieląt zdrowych (gr. I) i cieląt z objawami zespołu oddechowego (gr. II) ( $\bar{x} \pm SD$ )

Grupa	pH	pCO <sub>2</sub> (mmHg)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mmol/l)
I n = 20	7,45 ± 0,04	41,90* ± 5,85	31,16 ± 1,08
II n = 40	7,44 ± 0,02	47,73* ± 3,32	31,93 ± 1,90

Objaśnienia: p ≤ 0,05

**Tab. 2.** Porównanie liczby leukocytów (WBC), erytrocytów (RBC) i stężenia hemoglobiny (HGB) krwi żyłnej cieląt zdrowych (gr. I) i cieląt z objawami zespołu oddechowego (gr. II) ( $\bar{x} \pm SD$ )

Grupa	WBC (G/l)	RBC (T/l)	HGB (mmol/l)
I n = 20	8,37* ± 1,16	8,20 ± 1,3	5,50 ± 1,06
II n = 40	13,79* ± 1,90	8,48 ± 1,1	6,13 ± 0,70

Objaśnienia: jak w tab. 1

**Tab. 3.** Porównanie wartości pH moczu cieląt zdrowych (gr. I) i cieląt z objawami zespołu oddechowego (gr. II) ( $\bar{x} \pm SD$ )

Grupa	pH
I n = 20	8,05 ± 0,39
II n = 40	6,94 ± 0,42

wzrostem pCO<sub>2</sub> a stężeniem wodorowęglanów (ryc. 2). Odczyn (pH) krwi tętniczej cieląt chorych i zdrowych nie różniły się (tab. 1). W wynikach badań hematologicznych krwi żyłnej stwierdzono istotny statystycznie wzrost liczby krwinek białych w grupie cieląt chorych w stosunku do grupy kontrolnej. Stężenie hemoglobiny nie różniło się w obu grupach w sposób istotny, ale było wyższe w grupie zwierząt z BRDC (tab. 2). RBC i badane parametry biochemiczne krwi w obu grupach cieląt nie różniły się między sobą.

Odczyn moczu w grupie zwierząt chorych był przesunięty w kierunku kwaśnego (tab. 3). Kwasicę oddechową i jej dość częste występowanie u cieląt w ciągu 36 godzin po urodzeniu opisali Dreyer i wsp. (8) i Varga i wsp. (23). Reece wykazał że parametry RKZ u cieląt zmieniają się wraz z wiekiem (18). Z badań wspomnianego autora wynika, że na skutek podawanej paszy organizm cielęcia w ciągu pierwszych 15 tygodni życia coraz bardziej się zakwasza (18, 19). Na podstawie cytowanych badań przyjąć można, że w wieku około trzech tygodni krew cielęcia jest już wolna od zakwaszenia poporodowego, a jej pH jeszcze nie przesunęło się w kierunku kwasicy metabolicznej. Stąd trzeci tydzień życia cieląt wydaje się najbardziej właściwym do przeprowadzenia badań RKZ. Oznaczone w krwi tętniczej cieląt zdrowych parametry RKZ są zgodne z wynikami innych autorów otrzy-

w stosunku do zwierząt z grupy kontrolnej (ryc. 1). Stężenie HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> w obu grupach zwierząt nie różniło się w sposób istotny, jednak w grupie zwierząt chorych było nieco wyższe. W grupie tej wykazano dodatnią korelację pomiędzy

manymi u cieląt w podobnym wieku (6, 7, 18-20). Obserwowany w grupie II istotny wzrost pCO<sub>2</sub>, nie zmienione pH krwi tętniczej świadczą o występowaniu skompensowanej kwasicy oddechowej. O wyrównaniu zakwaszenia świadczy również dodatnia korelacja w grupie cieląt z BRDC, czyli równoczesny wzrost pCO<sub>2</sub> i HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Nagy i wsp. (17) opisali występowanie kwasicy oddechowej u cieląt w przebiegu chorób układu oddechowego. Badacze ci stosowali metodykę odmienną niż przyjęta w prezentowanej pracy – badali i porównywali między sobą wyłącznie cielęta chore w wieku od 1 do 7 miesięcy. Berchtold i wsp. (4) opisali kwasicę oddechową u cieląt wywołaną eksperymentalnym upośledzeniem funkcji układu oddechowego. Elementy badania hematologicznego – RBC, WBC, HGB w grupie I, mieściły się w zakresie wartości referencyjnych (22, 24) oraz były zgodne z podanymi przez Reece'ego (18, 19). Obserwowana w prezentowanych wynikach różnica w stężeniu hemoglobiny pomiędzy cielętami zdrowymi a chorymi, jakkolwiek mieszcząca się w granicach normy, świadczy o próbie wyrównania istniejącego stanu niedotlenienia również ze strony układu czerwono-krwinkowego. Istotny wzrost WBC w grupie II świadczy o toczącym się procesie zapalnym.

Adroge i wsp. (1) oraz Moon i wsp. (16) opisali zakwaszenie moczu psów w wyniku retencji CO<sub>2</sub> i kwasicy metabolicznej. Mocz zwierząt roślinożernych ma charakter zasadowy (24). W prezentowanych wynikach pH moczu cieląt z grupy II przesunęło się bardzo wyraźnie w kierunku kwaśnym w stosunku do kontroli, co świadczy o „nerkowej” kompensacji kwasicy i zgodne jest z obserwacjami innych autorów (1, 16). W dotychczasowych badaniach krew tętniczą u cieląt pobierano z tętnicy: pachowej (17), szyjnej (4, 18-20), ramiennej (8, 14, 15), odpiszczelowej (7), ogonowej (10) oraz aorty (6). Autorzy, z uwagi na chęć przeprowadzenia badań w warunkach fermowych, pobierali krew z tętnicy usznej. Miejsce to wydaje się godne polecenia z uwagi na łatwość dostępu do tętnicy, angażowanie tylko jednego pomocnika i możliwość wykonania w warunkach terenowych. Ponadto jest bezpieczne dla zwierzęcia, gdyż w pobliżu miejsca wkucia igły nie ma dużych splotów nerwowych. Sposób ten nie był dotąd u cieląt opisany. Istotne jest również to, że, jak wykazali Fisher i wsp. (9), parametry RKZ krwi tętniczej otrzymanej z tętnicy ramiennej i usznej u dorosłego bydła są niemal identyczne.

Podsumowując można stwierdzić, że w przebiegu BRDC u cieląt w trzecim tygodniu życia rozwija się skompensowana kwasica oddechowa, którą należy uwzględnić, prowadząc postępowanie terapeutyczne. Pobranie krwi tętniczej w opisany w prezentowanej pracy sposób jest proste i możliwe do wykonania w warunkach fermowych. Oznaczenie pH moczu może być wykorzystywane jako jeden z elementów rozpoznawania kwasicy oddechowej u cieląt.

## Piśmiennictwo

1. *Adroge H. J., Stinebaugh B. J., Gougoux A., Lemieux G., Vinay P., Tam S. C., Goldstein M. B., Halperin M. L.*: Decreased distal acidification in acute hypercapnia in the dog. *Am. J. Physiol.* 1983, 244, F19-F27.
2. *Bednarek D.*: Aktualne poglądy na patofizjologię enzoptycznej bronchopneumonii cieląt (EBC). *Medycyna Wet.* 1998, 54, 372-377.
3. *Bednarek D.*: Ogólne zasady racjonalnej terapii enzoptycznej bronchopneumonii cieląt (EBC). *Medycyna Wet.* 1998, 54, 440-448.
4. *Berchtold J. E., Konstable P. D., Smith G. W., Mathur S. M., Morin D. E., Tranquilli W. J.*: Effects of intravenous hyperosmotic sodium bicarbonate on arterial and cerebrospinal fluid acid-base status and cardiovascular function in calves with experimentally induced respiratory and strong ion acidosis. *J. Vet. Intern Med.* 2005, 19, 240-251.
5. *Coghe J., Uystepuyt C. H., Bureau F., Detilleux J., Art T., Lekeux P.*: Validation and prognostic value of plasma lactate measurement in bovine respiratory disease. *Vet. J.* 2000, 160, 139-146.
6. *Constable P. D., Schmall L. M., Muir W. W., Hofsis G. F.*: Respiratory, renal, hematologic and serum biochemical effects of hypertonic saline solution in endotoxemic calves. *Am. J. Vet. Res.* 1991, 52, 990-998.
7. *Donawick W. J., Baue A. E.*: Blood gases balance and alveolar-arterial oxygen gradient in calves. *Am. J. Vet. Res.* 1968, 29, 561-567.
8. *Drewy J. J., Quigley J. D., Geiser D. R., Welborn M. G.*: Effect of high arterial carbon dioxide tension on efficiency of immunoglobulin G absorption in calves. *Am. J. Vet. Res.* 1999, 60, 609-614.
9. *Fisher E. W., Sibartie D., Grimshaw T. R.*: A comparison of the pH, pCO<sub>2</sub>, and total CO<sub>2</sub> content in blood from the brachial and caudal auricular arteries in normal cattle. *Br. Vet. J.* 1990, 136, 496-499.
10. *Genicot B., Close R., Lindsey J. K., Lekeux P.*: Pulmonary function changes induced by three regimens of bronchodilating agents in calves with acute respiratory distress syndrome. *Vet. Rec.* 1995, 137, 183-186.
11. *Haskins S. C.*: An overview of acid-base physiology. *JAVMA* 1977, 170, 423-428.
12. *Haskins S. C.*: Sampling and storage of blood for pH and blood gas analysis. *JAVMA* 1977, 170, 429-433.
13. *Kokot F.*: Gospodarka wodno-elektrolitowa i kwasowo-zasadowa w stanach fizjologii i patologii. Wyd. Lekarskie PZWL, Warszawa 1998.
14. *Lekeux P., Hajer R., Breukink H. J.*: Effect of somatic growth on pulmonary function values in healthy Friesian cattle. *Am. J. Vet. Res.* 1984, 45, 2003.
15. *Lekeux P., Hajer R., Breukink H. J.*: Pulmonary function testing in calves: technical data. *Am. J. Vet. Res.* 1984, 45, 343-345.
16. *Moon P. F., Gabor L., Gleed R. D., Erb H. N.*: Acid-base, metabolic and hemodynamic effects of sodium bicarbonate or tromethamine administration in anesthetized dogs with experimentally induced metabolic acidosis. *Am. J. Vet. Res.* 1997, 58, 771-776.
17. *Nagy O., Seidel H., Paulikova I., Mudron P.*: Use of blood gases and lactic acid analyses in diagnosis and prognosis of respiratory diseases in calves, [w:] Malinowski E., Bednarek D.: *Achievements and Prospects of Ruminants Medicine: Puławy 2005*, s. 107-112.
18. *Reece W. O.*: Acid-base balance and selected hematologic, electrolytic and blood chemical variables in calves nursing cows: One week through fifteen weeks. *Am. J. Vet. Res.* 1984, 45, 666-669.
19. *Reece W. O.*: Acid-base balance and selected hematologic, electrolytic and blood chemical variables in calves: milk-fed vs conventionally fed. *Am. J. Vet. Res.* 1980, 41, 109-113.
20. *Singh A., Randhawa S. S., Seita M. S.*: Alterations in acid-base status and blood gas dynamics during progressive hypercallaemia in neonatal calves. *Res. Vet. Sci.* 1989, 46, 277-279.
21. *Slanina L., Kuleta Z.*: Syndrom oddechowy cieląt. Część I etiopatogeneza, objawy, rozpoznanie. *Magazyn Wet.* 2001, 10, 57-59.
22. *Smith B. P.*: *Large Animal Internal Medicine*, Mosby-Year Book, Saint Louis 1996.
23. *Varga J., Mester I., Borzsonvi L., Lekeux P., Szenci O.*: Improved pulmonary adaptation in newborn calves with postnatal acidosis. *Vet. J.* 2001, 162, 226-232.
24. *Winnicka A.*: Wartości referencyjne podstawowych badań laboratoryjnych w weterynarii. Wyd. SGGW, Warszawa 1997.

**Adres autora: dr Piotr Sławuta, plac Grunwaldzki 47, 50-366 Wrocław; e-mail: nicpon@ozi.ar.wroc.pl**