

PORÓWNANIE REAKCJI UKŁADÓW BUFORUJĄCYCH KRWI NA ZAKWASZENIE WYWOŁANE MAKSYMALNYM WYSIŁKIEM U MŁODYCH PIŁKARZY I PŁYWKÓW

THE COMPARISON, OF THE REACTION OF BUFFERING BLOOD SYSTEMS ON ACIDIFICATION CAUSED BY MAXIMAL FISCAL EXERCISE IN YOUNG FOOTBALL PLAYERS AND SWIMMERS

Wanda Pilch, Wojciech Kobosko, Adam Żuchowicz

Instytut Fizjologii Człowieka, Zakład Fizjologii i Biochemii, Akademia Wychowania Fizycznego, Kraków

Streszczenie

Celem pracy było sprawdzenie czy młodzi piłkarze i pływacy jednakowo reagują na intensywną pracę fizyczną zmianą wskaźników obrazujących gospodarkę kwasowo-zasadową i przyrostem mleczanów. Obydwie grupy poddano temu samemu długotrwałemu, progresywnemu testowi wysiłkowemu na bieżni mechanicznej. Większe przyrosty stężenia mleczanów zaobserwowano w grupie piłkarzy, natomiast parametry obrazujące równowagę kwasowo-zasadową mieściły się w obu grupach w podobnym przedziale. Z porównania przedstawionych wskaźników wynika, że lepsze buforowanie posiadają piłkarze, ponieważ przy większych przyrostach stężeń mleczanów posiadają podobnie obniżone wartości zasobu zasad buforujących, natomiast pływacy w większym stopniu wykorzystują metabolizm tlenowy.

Słowa kluczowe: *piłkarze, pływacy, intensywny wysiłek wytrzymałościowy, mleczany, równowaga kwasowo-zasadowa*

Abstract

The aim of the work was to check if both young swimmers and football players react similarly to intensive physical exercises by changes in acid-base system parameters and by the change in lactate level. Both groups underwent a test on a mechanical track. Bigger increase of lactate was observed in group of football players, on the other hand the acid-base parameters were similar in both groups. Analyzing the parameters it is significant that football players have better buffering abilities, because with the greater growth of lactate in blood they present similar lowered amount of buffering bases. Swimmers use oxygen metabolism more.

Key words: *football players, swimmers, intensive physical exercises, blood lactate, acid-base balance*

Wstęp

Intensywny wysiłek fizyczny powoduje znaczny wzrost stężenia kwasu mlekowego w organizmie oraz przesunięcie równowagi kwasowo-zasadowej w kierunku kwasicy metabolicznej. U dorosłego człowieka w warunkach normalnych pH krwi tętniczej mieści się w granicach od 7,35- 7,45. We krwi żyłnej jest ono nieco niższe o 0,04 do 0,05 jednostki pH. Ciśnienie cząstkowe CO_2 (pCO_2) we krwi zależy w głównej mierze od sprawności układu oddechowego, a ściślej od wielkości efektywnej wentylacji w pęcherzykach płucnych. Aktualne stężenie jonów HCO_3^- w osoczu krwi odzwierciedla nieoddechową komponentę równowagi kwasowo zasadowej i zależy także od pCO_2 . Wzrostowi pCO_2 towarzyszy wzrost HCO_3^- w osoczu krwi, poprzez buforowanie CO_2 przez inne niż wodorowęglanowy bu-

fory krwi. Namiar lub niedobór zasad buforujących (BE) mieści się w granicy od -2,5 do + 2,5 mmol/l. Zmiana wymienionych wskaźników równowagi kwasowo-zasadowej obrazuje kierunek przemian zachodzących w organizmie bądź w kierunku zakwaszania go bądź alkalizacji. Autorzy prac z zakresu fizjologii rozwojowej zajmują się najczęściej analizą reakcji ustroju na wysiłki oparte głównie na tlenowych źródłach energetycznych prowadzących do zaburzenia równowagi czynnościowej organizmu (1-7). Młode organizmy nie mają jeszcze w pełni usprawnionych mechanizmów eliminujących nadmiar jonów wodorowych tworzących się podczas intensywnej pracy fizycznej. Mechanizmy te usprawniają się wraz z wiekiem oraz intensywnością treningu. Dlatego celowym wydaje się sprawdzenie czy młodzi piłkarze i pływacy jednakowo reagują zmianą wskaźników obra-

zujących gospodarkę kwasowo–zasadową i przyrostem mleczanów na intensywną pracę fizyczną.

Materiał i metody

Badania przeprowadzono z udziałem 20 piłkarzy i 19 pływaków będących w tym samym przedziale wiekowym (17–18 lat), o podobnej budowie ciała. Obydwie grupy poddano temu samemu długotrwałemu, progresywnemu testowi wysiłkowemu na bieżni mechanicznej. Wysiłek rozpoczynano dwuminutową rozgrzewką, podczas której szybkość przesuwu taśmy wynosiła 2,3 m/s. Prędkość biegu sukcesywnie narastała w kolejnych sekwencjach dwuminutowych o 0,3 m/s. Test ten miał charakter wysiłku do odmowy. Przed rozpoczęciem próby oraz 3 minuty po jej zakończeniu pobierano krew z opuszki palca. We krwi oznaczano następujące wskaźniki biochemiczne: LA–stężenie mleczanów w osoczu testem enzymatycznym BioMerieux, w pełnej krwi żyłnej parametry równowagi kwasowo–zasadowej: pH, BE (nadmiar lub niedobór zasad buforujących) i HCO_3^- (stężenie molowe jonu wodorowęglanowego). Celem obliczenia zmian objętości osocza według formuły Dilla–Costilla w modyfikacji Harrisona oznaczano Hb (hemoglobinę) metodą Drabkina oraz liczbę hematokrytową, przy użyciu wirówki hematokrytovej. Stężenia parametrów powysiłkowych skorygowano uwzględniając zmiany objętości osocza.

Wyniki badań poddano analizie statystycznej. Do oceny istotności różnic w obrębie danej grupy stosowano test Wilcoxa. Do porównania poszczególnych wskaźników między grupami zastosowano analizę wariancji (ANOVA). Wszystkie wielkości zilustrowano graficznie oraz podano w tabelkach.

Wyniki

Badani chłopcy uprawiający pływanie i piłkę nożną byli w tym samym przedziale wiekowym (17–18 lat), i

posiadali podobną średnią masę ciała (piłkarze 67,8 kg pływacy 68,0 kg). Średnie spoczynkowe wartości parametrów obrazujących równowagę kwasowo–zasadową w obu grupach badawczych mieściły się w granicach norm fizjologicznych i były podobne z wyjątkiem (BE), którego większą wartość zaobserwowano u pływaków.

Średnie wartości powysiłkowe parametrów równowagi kwasowo–zasadowej w obu badanych grupach były bardzo podobne, co przedstawiono tabeli 1.

Dyskusja

Przeobrażenia zachodzące w trakcie pokwitania, mają wpływ na przebieg reakcji związanych z funkcjonowaniem młodego organizmu. Osiągnięcie szczytu pokwitaniowego u chłopców występuje między 13,6 a 14,8 rokiem życia (8–11). W niniejszych badaniach chłopcy uprawiający pływanie i piłkę nożną byli już po skoku pokwitaniowym, w popokwitaniowej fazie rozwoju, ale rozpoczynali treningi w swoich dyscyplinach sportowych przed dojrzewaniem. Największe różnice w zakresie podstawowych parametrów morfologicznych pomiędzy grupami chłopców będących w przed i popokwitaniowej fazie rozwoju wykazano we wzroście masy ciała, wysokości oraz w obrębie LBM (13). Powiększenie rozmiarów ciała jest przyczyną wzrostu pojemności życiowej płuc, która zwiększa się między 12 a 17 rokiem życia według Astranda (14) i Plachety (15). Wzrost pojemności życiowej wpływa dodatnio na poprawę parametrów oddechowych (14,16). Według Klimka (6), wcześniej wykształcają się ustrojowe predyspozycje do wysiłków opartych na aerobowym potencjale energetycznym. Organizm młodych chłopców nie jest dostatecznie przygotowany do rozwijania dużych mocy w zakresie wysiłków maksymalnych i supramaksymalnych, co objawia się mniejszym wzrostem mleczanów po ich wykonaniu. Natomiast po okresie pokwitaniowym stężenie mleczanów wzrasta po intensywnych wysiłkach,

Tabela 1. Zmiany wskaźników obrazujących równowagę kwasowo–zasadową oraz mleczanów u piłkarzy i pływaków podczas intensywnego wysiłku fizycznego

Parametr	Grupa sportowców	PRZED		PO		Δ	
		ŚR	SD	ŚR	SD	ŚR	SD
La [mmol/l]	pływacy	1,83	0,54	9,93	3,2	8,04*	3,4
	piłkarze	1,57	0,23	12,53	1,78	10,97	1,9
pH	pływacy	7,39	0,03	7,27	0,06	-0,12	0,06
	piłkarze	7,42	0,07	7,24	0,04	-0,18	0,08
pCO ₂ [mm Hg]	pływacy	41,21	3,06	33,61	1,29	-7,6	3,55
	piłkarze	40,55	1,69	31,2	2,06	-9,35	2,22
HCO ₃ ⁻ [mmol/l]	pływacy	25,09	1,96	14,83	1,82	-10,26	2,97
	piłkarze	25,14	1,07	13,43	1,63	-11,71	1,81
BE [mmol/l]	pływacy	0,47	2,17	-12,25	2,96	-12,73	3,9
	piłkarze	0,8	1,12	-12,33	1,97	-13,13	2,14

*p<0,005 – Różnica między grupą pływaków a piłkarzy

co świadczy o zwiększeniu możliwości wykonywania pracy anaerobowej (6,8,17,19). Podobne wyniki obserwuje się u osób dorosłych po wykonaniu wysiłku o charakterze maksymalnym (20,21). W niniejszym eksperymencie większe przyrosty mleczanów obserwowano w grupie piłkarzy, co świadczy o większym zaangażowaniu podczas ich pracy procesów o charakterze beztlenowym. Mniejszą zdolność do wykonywania wysiłku maksymalnego u dzieci wielu autorów tłumaczy w dwojaki sposób. Jedni uważają, iż dzieci posiadają mniejszą zdolność do utylizacji produktów glikolizy i resyntezy ATP (22,23) Inni uważają, iż większy u dzieci pobór tlenu, przeliczony na kilogram suchego mięśnia, może wskazywać większą możliwość utleniania mleczanu (24). Stwierdzono również, że trening fizyczny powoduje spadek wrażliwości na wzrost stężenia mleczanu we krwi (24), oraz wpływa na zwiększenie spoczynkowej zawartości substratów energetycznych (24). Zwiększona produkcja kwaśnych metabolitów podczas długotrwałych wysiłków powoduje zakwaszenie krwi obrazowane spadkiem pH, które w niniejszych badaniach po skończonym wysiłku było prawie identyczne w obu badanych grupach. Odpowiedzią organizmu na wzrost stężenia jonów wodorowych we krwi jest uruchomienie mechanizmów buforujących, a w pierwszej kolejności buforu wodorowęglanowego, czego obrazem jest obniżenie pCO_2 , HCO_3^- oraz BE. U badanych chłopców w obydwu grupach obserwowano podobne zmiany po wysiłku długotrwałym o podobnym obciążeniu.

Wniosek

Z porównania przedstawionych wskaźników obrazujących równowagę kwasowo-zasadową wynika, że sprawniejsze buforowanie krwi posiadają piłkarze, ponieważ przy podobnym obniżeniu wartości zasobu zasad buforujących obserwowano większe przyrosty stężenia mleczanów, natomiast pływacy w większym stopniu wykorzystują metabolizm tlenowy.

Piśmiennictwo

1. Åstrand P O. Determination studies of physical working capacity in relation to sex and age. Copenhagen: Munksgaard, 1952.
2. Baraldi E, Zanconato S, Santuz PA., Zacchello F. A comparison of two noninvasive methods in the determination of the anaerobic threshold in children. *Int J Sports Med* 1989; 10: 132-8.
3. Cempla J. Poziom i zmiany z wiekiem progów metabolicznych, maksymalnego poboru tlenu oraz zależności parametrów fizjologicznych od obciążenia wysiłkiem u 13-15 letnich dziewcząt i chłopców. Wydawnictwo Monograficzne nr 57. Kraków: AWF, 1993.
4. Conconi F, Ferrari M, Ziglio P G, Droghetti P, Codeca L. Determination of the anaerobic threshold by noninvasive field test in runners. *J Appl Physiol* 1982; 52: 869-75.
5. Gaisl G, Buchberger J. Determination of the aerobic and anaerobic threshold of 10-11 year – old boys using blood-gas analysis. Children and exercise IX, Baltimore: University Park Press, 1980: 93-105.
6. Klimek A Dynamika zmian cech motoryki wydolności aerobowej, funkcji układu oddechowego i krążeniowego oraz równowagi kwasowo-zasadowej w zależności od obciążenia wysiłkiem fizycznym 8-15 letnich chłopców. Wydawnictwo Monograficzne nr 12. Kraków: AWF, 1978.
7. Klimek AT, Cempla J, Pilch W. Exercise-induced changes in selected indices of acid balance in pre- and post- pubertal boys. *Biol Sport* 1998; 15(3): 151-6.
8. Bielicki T, Koniarek J, Malina RM. Interrelationships among certain measures of growth and maturation rate in boys during adolescence. *Ann Human Biol* 1984; 11: 201–10.
9. Chrzanowska M, Gołąb S, Panek S. Dziecko krakowskie. Wydawnictwo Monograficzne AWF Kraków 1988; nr.34.
10. Janczewski Z. Dojrzewanie płciowe chłopców. Warszawa: Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne, 1982.
11. Kopczyńska-Sikorska J. Diagnostyka rozwoju dzieci i młodzieży. Warszawa: PZWL, 1986.
12. Szopa J. Zmienność ontogenetyczna, zróżnicowanie środowiskowe oraz genetyczne uwarunkowania rozwoju komponentów ciała w populacji wielkomiejskiej w wieku 7-62 lat. Wydawnictwo Monograficzne nr 22. Kraków: AWF, 1985.
13. Cempla J. Dynamika rozwojowych zmian wydolności anaerobowej oraz wybranych reakcji fizjologicznych podczas wysiłków o różnej intensywności u dziewcząt chłopców w wieku 8 do 15 lat. Wydawnictwo Monograficzne nr 40. Kraków: AWF, 1990.
14. Astrand P O. Definitions, testing procedures, accuracy and reproducibility. *Acta Paediatr Scand* 1971; Suppl 217: S9-S13.
15. Placheta Z. Youth and physical activity. Brno: University of Purkyne, 1980.
16. Rutenfranz J, Lange A, Seliger V, Klimmer F. i wsp. Maximal aerobic power and body composition during the puberty growth period: similarities and differences between children of two European countries. *Eur J Pediatr* 1981; 136: 123-33.
17. Halicka-Ambroziak H O. Wpływ czynnika genetycznego na zmienność międzyosobniczą adaptacji do wysiłku fizycznego u dzieci w wieku 11-14 lat. *Wych Fiz Sport* 1983; 3: 13-21.
18. Raczek J. Uwarunkowania rozwojowe szkolenia sportowego dzieci i młodzieży. Katowice: Wydawnictwo AWF, 1987.
19. Saltin B. Metabolite and circulatory adjustment at onset of work. Symposium on onset of work. 1971 Toulouse.
20. Domański J, Stokłosa J, Plucińska G, Holańska A. Wpływ podawania środków alkalizujących na niektóre wskaźniki biochemiczne warunkujące wydolność wysiłkową. *Sport Wyczynowy* 1975; 7, 19-24.
21. Żołądź JA. Reakcje fizjologiczne wywołane przekroczeniem progu niekompensowanej kwasicy metabolicznej. Wydawnictwo Monograficzne nr 63. Kraków: AWF, 1994.
22. Bar-Or O. Pediatric sports medicine for the practitioners. New York: Springer-Verlag, 1983, 2-16.
23. Eriksson B O. Muscle metabolism in children- review. *Acta Paediatr Scand* 1980; suppl.283: S20-8
24. Eriksson BO. Physical training, oxygen supply and muscle metabolism in 11-13 years old boys. *Acta Physiol Scand* 1972; 86, suppl.: 384.

Otrzymano: 30 sierpień 2006

Zaakceptowano: 25 wrzesień 2006

Adres do korespondencji:

Dr Wanda Pilch
Zakład Fizjologii i Biochemii
Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie
al. Jana Pała II 78
31-571 Kraków
tel. (012) 683 11 49
e-mail: wfpilch@cyf-kr.edu.pl