
ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN - POLONIA

VOL.LX, SUPPL. XVI, 505

SECTIO D

2005

Akademia Wychowania Fizycznego w Katowicach¹,
Akademia Wychowania Fizycznego w Warszawie²,
Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie³
Academy of Physical Education in Katowice¹,
Academy of Physical Education in Warsaw²,
Academy of Physical Education in Krakow³

ARKADIUSZ STANULA¹, TOMASZ GABRYŚ²,
URSZULA SZMATLAN-GABRYŚ², MARIUSZ OZIMEK³

The dynamic of the levels and characteristic of the relationships between aerobic metabolism and heart rate during an interval training of cyclists

Dynamika poziomu i charakterystyka związków parametrów metabolizmu tlenowego i HR podczas wysiłku interwałowego u kolarzy

Wysiłek interwałowy to jeden z najbardziej efektywnych środków treningowych wykorzystywanych w przygotowaniach sportowców wielu dyscyplin sportu. Stosowanie treningu interwałowego niesie jednak za sobą liczne zagrożenia dla stanu zdrowia sportowca. Powtarzanie wysiłku w warunkach niepełnego wypoczynku sprzyja kumulowaniu zmęczenia. Duży wpływ na sumaryczny efekt treningowy, będący wynikiem pracy interwałowej, ma ilość powtórzeń i ogólna objętość wykonanej pracy (Gabryś 2000). Podczas treningu interwałowego ukierunkowanego na kształtowanie wydolności beztlenowej kwasomlekowej, w trakcie którego zazwyczaj wykorzystywane są dłuższe ćwiczenia, jednym ze wskaźników oceny stanu zmęczenia sportowca, będącego efektem kumulacji stosowanego wielokrotnie obciążenia, jest kinetyka zużycia tlenu (VO_2 , przy założeniu, że intensywność wysiłku będzie na tyle wysoka, iż zapewni osiągnięcie wartości zbliżonych lub równych VO_{2max}). Podczas pracy interwałowej, zmniejszenie zużycia tlenu, sygnalizuje zmniejszenie stopnia oddziaływania na poddawaną treningowi funkcję (Fox E. i wsp. 1969). Jednym z optymalnych wariantów stosunku czasu pracy do przerwy podczas treningu interwałowego łączącego kształtowanie mocy i pojemności beztlenowej kwasomlekowej jest czas wysiłku 60s i czas przerwy aktywnej 10 minut (Wołkow i wsp. 1995).

Celem podjętych badań była analiza dynamiki i zależności między całkowitym zużyciem tlenu i sumą częstości skurczów serca oraz długiem tlenowym i długiem częstości skurczów serca podczas wysiłku interwałowego u kolarzy.

Materiał badań. Badaniom poddano grupę 9 kolarzy w wieku 18-lat (c.ciała 67 ± 2.3 kg, wysokość ciała 181 ± 3.2 cm). Wszyscy badani posiadali 5 letni staż treningowy, a średni poziom VO_{2max} w grupie wynosił 71 ± 2.5 ml/kg/min.

METODA BADAŃ

Badani realizowali 5 krotny wysiłek 60s z 10 min przerwą, jadąc na rowerze kolarskim na bieżni ruchomej Saturn (HP Cosmed, Niemcy). Zasadnicze badania poprzedziła wykonana na 72 godz. wcześniej próba o stopniowo wzrastającej intensywności, która posłużyła wyznaczeniu wartości VO_{2max} oraz intensywności wysiłku na poziomie mocy krytycznej. Obciążenie zasadniczej próby ustalono na poziomie 150% mocy krytycznej. Dla kąta nachylenia bieżni odpowiadającego przy szybkości 20 km/h mocy krytycznej zastosowano w wysiłku interwałowym zwiększenie prędkości do 30 km/h.

Aktywna przerwa wypoczynkowa polegała na jeździe z prędkością 20 km/h przy 1.5% nachyleniu bieżni. Podczas próby prowadzono on-line pomiar zużycia tlenu (VO_2) za pomocą analizatora gazu Vmax 29 Spectra SensorMedics (USA) oraz pomiar częstości skurczów serca za pomocą monitora pracy serca Polar Team (Oy Kempele, Finlandia). Na podstawie zarejestrowanych wartości (odejmując od wartości rejestrowanych podczas wysiłku i restytucji poziom spoczynkowy), wyznaczono całkowite zużycie tlenu ($1.5\Sigma\text{VO}_2$) podczas każdego wysiłku oraz sumę skurczów serca (ΣHR_{1-5}), a także wielkość długu tlenowego ($\text{O}_2\text{-D}_{1-5}$) „splącanego” podczas przerwy wypoczynkowej oraz długu częstości skurczów serca ($\text{HR-D}_{1,5}$) w tym samym okresie czasu. Dla zarejestrowanych wartości wyznaczono wartości średnie, odchylenia standardowe oraz współczynniki korelacji między składowymi parametrami wyznaczonych dla każdego z powtórzeń.

REZULTATY BADAŃ

Charakterystykę wartości parametrów ΣVO_2 i ΣHR oraz $\text{VO}_2\text{-D}$ i HR-D zarejestrowanych w grupie 18-letnich kolarzy szosowych przedstawiono w tabeli 1.

Analiza wartości ΣVO_2 rejestrowanych podczas kolejnych pięciu 60s wysiłków o intensywności 150% mocy krytycznej wykazała statystycznie nieistotną zmienność tego parametru. Wielkość ΣVO_2 podczas wysiłku w badanej grupie kolarzy zawierała się w przedziale od 3.27 do 3.49 l, przy odchyleniu standardowym dla tego parametru w zakresie 0.39-0.62 l. Charakterystyka wartości średnich ΣHR podczas wysiłku w poddanej badaniom grupie kolarzy, podobnie jak w przypadku wartości ΣVO_2 nie wykazywała zmienności statystycznie istotnej. Wartości ΣHR zawierają się w przedziale 100.24-103.7 ud. Także stabilne wartości charakteryzowały wielkość $\text{VO}_2\text{-D}$ i HR-D w okresie 10 min restytucji między wysiłkami. Średnia wartość tego parametru w badanej grupie zawierała się w zakresie 10.67-11.70 l, przy odchyleniu standardowym 2.13-3.46 l. Wartość odchylenia standardowego wskazuje na znaczną zmienność tego parametru w badanej grupie. Największe różnice w wielkościach generowanego długu tlenowego obserwowano podczas I i IV wysiłku (odpowiednio 7,01-16,33 l oraz 4,75-15,23 l). Odmienne wartości obserwowano w poziomie HR-D , bowiem przy stabilnej wartości średniej, zawierającej się w przedziale 629,88-696,25 ud. w grupie badanych kolarzy, obserwujemy zmniejszanie się, pod względem wartości tego parametru, różnicowania wewnątrz grupy. Podczas 10 minutowej restytucji po I wysiłku, wartości HR-D_{10} zawierają się w przedziale 432,48-735,75 ud. Zmienność wartości tego parametru maleje z każdym kolejnym powtórzeniem, do zakresu 627,83-687,50 ud podczas 10-minutowej restytucji po V wysiłku.

Tabela 1. Dynamika $1.5\Sigma\text{VO}_2$ i $\text{O}_2\text{-D}_{1-5}$ oraz ΣHR_{1-5} i HR-D_{1-5} rejestrowana podczas 60s wysiłku interwałowego z 10 min przerwą wykonywanego przez kolarzy (n=9); [(3), (5), (10) – czas restytucji (min.)]

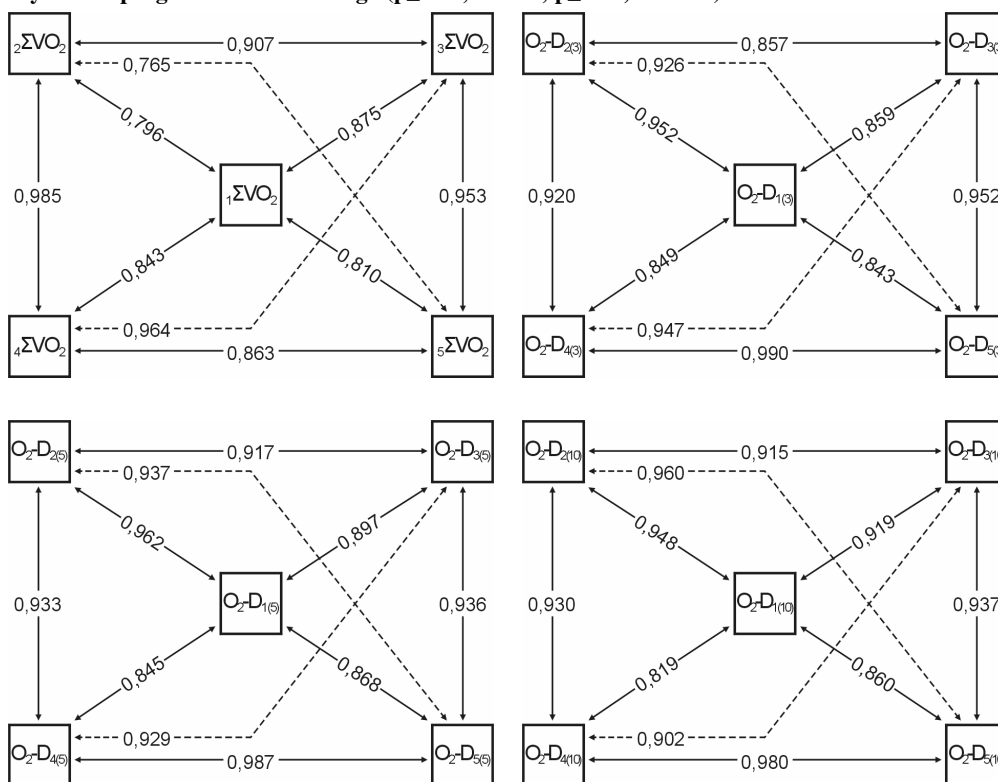
Wartości ΣVO_2 i $\text{O}_2\text{-D}$ (l/min)					Wartości ΣHR i HR-D (ud/min)				
Parametr	X	Min	Max	SD	Parametr	X	Min	Max	SD
$1\Sigma\text{VO}_2$	3,27	2,79	3,73	0,40	ΣHR_1	101,61	94,75	111,00	6,24
$\text{O}_2\text{-D}_{1(3)}$	6,23	3,75	9,77	1,89	$\text{HR-D}_{1(3)}$	251,58	197,33	280,67	26,93
$\text{O}_2\text{-D}_{1(5)}$	8,12	4,93	12,07	2,22	$\text{HR-D}_{1(5)}$	357,69	269,58	401,92	43,65
$\text{O}_2\text{-D}_{1(10)}$	11,70	7,01	16,33	2,97	$\text{HR-D}_{1(10)}$	629,88	432,58	735,75	96,81
$2\Sigma\text{VO}_2$	3,45	2,91	4,58	0,62	ΣHR_2	103,70	90,67	120,83	9,27
$\text{O}_2\text{-D}_{2(3)}$	6,25	4,34	8,35	1,30	$\text{HR-D}_{2(3)}$	265,62	234,17	292,33	21,86
$\text{O}_2\text{-D}_{2(5)}$	8,05	5,60	10,31	1,55	$\text{HR-D}_{2(5)}$	376,83	324,67	416,58	33,14
$\text{O}_2\text{-D}_{2(10)}$	11,54	7,90	14,12	2,13	$\text{HR-D}_{2(10)}$	667,90	545,67	760,92	71,70
$3\Sigma\text{VO}_2$	3,49	3,10	4,28	0,39	ΣHR_3	101,88	94,50	115,25	8,24
$\text{O}_2\text{-D}_{3(3)}$	6,38	4,60	7,66	1,13	$\text{HR-D}_{3(3)}$	269,19	242,75	295,50	22,05
$\text{O}_2\text{-D}_{3(5)}$	8,10	5,85	9,72	1,43	$\text{HR-D}_{3(5)}$	384,06	339,75	422,83	31,94
$\text{O}_2\text{-D}_{3(10)}$	11,32	8,04	14,18	2,29	$\text{HR-D}_{3(10)}$	686,30	570,50	755,75	59,96
$4\Sigma\text{VO}_2$	3,35	2,81	4,43	0,54	ΣHR_4	100,24	96,33	104,50	2,77
$\text{O}_2\text{-D}_{4(3)}$	5,89	2,87	7,77	1,80	$\text{HR-D}_{4(3)}$	263,02	232,67	282,92	17,64
$\text{O}_2\text{-D}_{4(5)}$	7,54	3,78	9,90	2,23	$\text{HR-D}_{4(5)}$	384,26	359,50	405,83	17,99

Wartości ΣVO_2 i O_2-D (l/min)				Wartości ΣHR i $HR-D$ (ud/min)					
Parametr	X	Min	Max	SD	Parametr	X	Min	Max	SD
$O_2-D_{4(10)}$	10,67	4,75	15,23	3,46	$HR-D_{4(10)}$	696,25	641,75	736,08	30,77
${}_5\Sigma VO_2$	3,32	2,89	4,18	0,50	ΣHR_5	101,06	91,58	106,17	5,82
$O_2-D_{5(3)}$	6,45	4,19	7,89	1,33	$HR-D_{5(3)}$	269,85	256,67	280,08	10,70
$O_2-D_{5(5)}$	8,31	5,46	10,34	1,67	$HR-D_{5(5)}$	390,07	371,08	408,25	14,16
$O_2-D_{5(10)}$	11,39	7,21	14,70	2,53	$HR-D_{5(10)}$	665,26	627,83	687,50	20,15

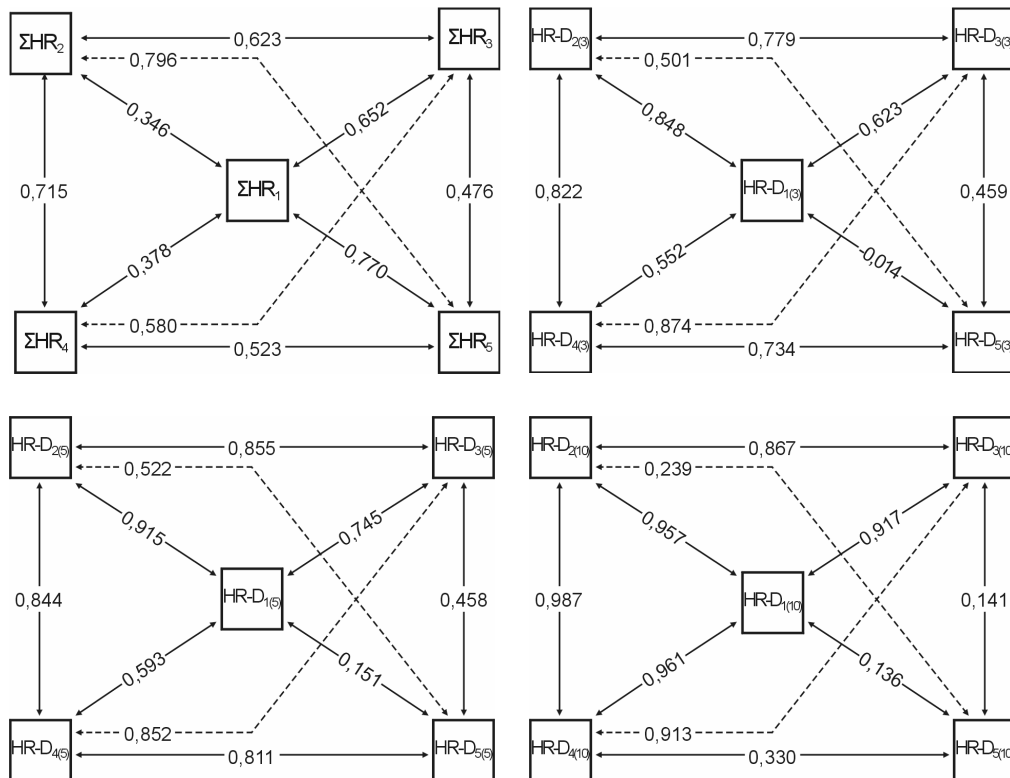
Na ryc. 1, 2 przedstawiono związki między tymi samymi parametrami ΣVO_2 , VO_2-D , ΣHR i $HR-D$ rejestrowanymi w kolejnych wysiłkach programu interwałowego.

Wysoki poziom statystycznej zależności między analogicznymi parametrami rejestrowanymi w kolejnych wysiłkach programu interwałowego (od $p \leq 0.05$ do $p \leq 0.001$) wskazuje na zbliżoną strukturę energetyczną kolejnych wysiłków. Najniższy poziom zależności występuje między parametrami I wysiłku i parametrami wysiłków pozostałych. Istotność zależności między parametrami rejestrowanymi w kolejnych wysiłkach wzrasta od wysiłku II do IV i maleje w przypadku wysiłku V. Powyższą zmienność charakteru zależności może tłumaczyć typ wiodącego lub mającego wysoki udział w zabezpieczeniu energetycznym źródła metaboliczne energii, uruchamianego podczas wysiłku.

Rycina 1. Charakterystyka zależności między ΣVO_2 , VO_2-D , rejestrowanymi w kolejnych wysiłkach programu interwałowego ($p \leq 0.05$, $r = 0.632$; $p \leq 0.01$, $r = 0.765$).



Rycina 2. Charakterystyka zależności między ΣHR i HR-D, rejestrowanymi w kolejnych wysiłkach programu interwałowego ($p \leq 0.05$, $r = 0.632$; $p \leq 0.01$, $r = 0.765$).



DYSKUSJA

Wielkość udziału energii pochodzącej z metabolizmu tlenowego podczas pracy interwałowej jest zbliżona do poziomu rejestrowanego podczas pracy ciągłej (Fox 1973). Zwiększanie mocy ćwiczenia podczas pracy interwałowej o dłuższym czasie trwania (60-180s) może szybko doprowadzić do odpowiedzi ze strony metabolizmu tlenowego, tj. osiągnięcia wartości maksymalnych. Wówczas kierunek oddziaływania treningowego ulega zmianie. Uzyskane w badaniach (Wołkow i wsp. 1995) dane wykazały, że największe całkowite zużycie tlenu oraz kumulacja długu tlenowego następowały podczas pracy złożonej z powtórzeń o czasie trwania 180s, mniejszą wartość tego wskaźnika rejestrowano podczas powtarzania 60s odcinków pracy. Według Gabryśia (2000), Wołkwa i wsp. (1995) wskaźnik pojemności tlenowej organizmu – całkowite zużycie tlenu (ΣVO_2), podczas pracy opartej na powtarzanych wysiłkach 60s wzrasta liniowo wraz ze wzrostem mocy we wszystkich przedziałach obciążenia. Charakter zmian wielkości długu tlenowego (O_2-D) służącego za parametr oceny całkowitej pojemności beztlenowej organizmu jest w tym przypadku czułym markerem rzeczywistego charakteru wysiłku. Rejestrowane wielkości O_2-D we wszystkich wariantach programów treningu interwałowego wykazują stały wzrost wraz z przyrostem sumy wykonanej pracy (Saltin i wsp. 1976, Wołkow i wsp. 1995). Największa szybkość tego rodzaju zmian, jest obserwowana podczas wysiłków 60s, co wskazywałoby na wpływ tego rodzaju obciążenia interwałowego na rozwój pojemności beztlenowej (Saltin i wsp. 1976). Również w badaniach własnych nie zaobserwowano wzrostu zużycia tlenu podczas kolejnych wysiłków 60s. Poziom tego parametru był stabilny od samego początku wykonywanego ćwiczenia. Nie stwierdzono także wzrostu wartości O_2-D , którego należało oczekiwać jako wskaźnika intensyfikacji wysiłku beztlenowego. Nie stwierdzono także istotnego związku parametrów metabolizmu tlenowego (VO_2 i O_2-D) z parametrem sprawności układu krążenia, jakim jest częstość skurczów

serca. Wskazuje to na niską wartość informacyjną tego wskaźnika w ocenie stopnia restytucji organizmu podczas wysiłków interwałowych.

WNIOSKI

1. Wielkość całkowitego zużycia tlenu (ΣVO_2) rejestrowana podczas kolejnych wysiłków programu treningu interwałowego złożonego z 60s pracy o intensywności 150% mocy krytycznej, przedzielonej 10min aktywnym wypoczynkiem jest stabilna i na przestrzeni całego treningu nie ulega istotnym statystycznie zmianom. Nie potwierdzono wyników badań innych autorów, które wskazywały na wzrost tego parametru wraz z narastaniem sumarycznej ilości wykonanej pracy.
2. Wielkość całkowitego długu tlenowego (O_2 -D) oraz jego składowych rejestrowanych w 3 i 5 min restytucji po kolejnych wysiłkach programu treningu interwałowego jest stabilna podczas realizacji całego programu i nie ulega istotnym statystycznie zmianom. Można zatem stwierdzić, że realizowany program treningowy oddziaływał przede wszystkim na wydolność tlenową (moc metabolizmu aerobowego) i mógł mieć stosunkowo niewielki udział na rozwój pojemności anaerobowej badanych kolarzy.
3. Zbieżna charakterystyka dynamiki wartości ΣHR oraz HR-D z rejestrowaną w przypadku ΣVO_2 oraz VO_2 -D, a także barak związku między tymi parametrami, wskazuje na niewielką przydatność pomiaru tętna w ocenie charakteru metabolicznego, zastosowanego w eksperymencie programu treningowego. Pomimo tego, że charakter zmian wartości HR i VO_2 jest podobny, to brak statystycznego związku między nimi wyklucza kierowanie się w doborze i kontroli obciążeń w treningu interwałowym tylko częstością skurczów serca.

PIŚMIENNICTWO

1. Fox E. i wsp. Intensity and distance interval training programs and changes in aerobic power. *Med.Sci.Sports*, 1973, v.5: 18-22.
2. Fox E. i wsp. Metabolic energy sources during continuous and interval running. *J.Appl.Physiol.* 1969, v.27: 174-176.
3. Gabryś T. Wydolność beztlenowa sportowców. AWF Katowice, 2000.
4. Saltin B. i wsp. Intermittent exercise: its physiology and some practical applications (w) *Advances exercise physiology*. red. Jokl E. i wsp. S. Karg, Basel 1976: 23-51.
5. Wołkow N. i wsp. Impulsna gipoksja i interwałna treniowka. *Hypoxia Med. J.* No. 3, 1993: 30-35.

Badania finansowano z środków AWF Warszawa, KBN, projekt DS.53.

STRESZCZENIE

Celem badań była analiza dynamiki i zależności między całkowitym parametrami metabolizmu tlenowego i HR podczas wysiłku interwałowego u kolarzy. Analiza wyników badań wykazała, że program treningu interwałowego złożony z 60s pracy powtarzanej 5-krotnie o intensywności 150% mocy krytycznej, przedzielonej 10 min aktywnym wypoczynkiem, oddziałuje przede wszystkim na rozwój metabolizmu tlenowego. Nie wykazano także związków między wielkością parametrów metabolizmu tlenowego i HR.

SUUMARY

The goal of the study was to analyze dynamics and correlation between aerobic metabolism parameters and heart rate during an interval training of cyclists. Analysis of results showed that interval training that consists of 60 seconds of workload at 150% VO_2 max repeated 5 times with 10 minutes of rest periods improves mainly parameters of aerobic metabolism. There was no correlation between the values of aerobic metabolism and heart rate.