

URSZULA SZMATLAN-GABRYŚ, ANNA MRÓZ, TOMASZ GABRYŚ

***Progressive and interval exercise in diagnosis anaerobic capacity –
compare analysis***

**Wysiłek progresywny i interwałowy w diagnostyce wydolności beztlenowej
-analiza porównawcza**

WSTĘP

Poziom maksymalnego zużycia tlenu (VO_2max) oraz wielkość obciążenia charakteryzowana parametrami mechanicznymi, fizjologicznymi i biochemicznymi odpowiadająca poziomowi progu anaerobowego należą do najczęściej stosowanych wskaźników oceny zdolności zawodnika do podjęcia wysiłku o charakterze beztlenowym. Badania nad przejściem od metabolizmu tlenowego do beztlenowego podejmowano już w początkach XX wieku (Douglass G., 1927). Ważnym parametrem wykorzystywanym do oceny poziomu aktywacji metabolizmu beztlenowego jest stężenie mleczanu we krwi (Heck H. i wsp. 1985). Dynamikę stężenia mleczanu podczas wysiłku o intensywności niższej niż odpowiadająca poziomowi niekompensowanej kwasicy metabolicznej charakteryzują dwa punkty. Pierwszy to moment istotnego wzrostu tego parametru ponad poziom spoczynkowy - określany jako „aerobic threshold (Wasserman K., McIlroy M. 1964), oraz drugi punkt, od którego następuje stały wzrost stężenia mleczanu powyżej wartości 4 mmol/l „individual anaerobic threshold” (Stegmann H., i wsp. 1981). Wzrost koncentracji mleczanu we krwi jest wynikiem niedostatecznego w stosunku do zapotrzebowania, zaopatrzenia komórek tkanki mięśniowej w tlen przy równoczesnym spadku szybkości utylizacji mleczanu, towarzyszącym jego nadmiernej produkcji (Brooks G., Fahey T. 1984). Wzrost stężenia mleczanu wg Jeukendrupa A. i wsp. (1998) jest związany z szybkością oksydacji tłuszczów. W przypadku jej spadku, po przekroczeniu intensywności odpowiadającej 50% VO_2max , następuje nasilenie glikolizy beztlenowej przejmującej równoległe ze wzrostem intensywności pracy, rolę wiodącego źródła energii. Powiększające się stężenie ADP podczas pracy o wysokiej intensywności jest katalizatorem na glikolitycznej drodze metabolicznej. Efektem jest nasilenie glikolizy beztlenowej przejawiające się wzmożoną produkcją mleczanu pomimo, że prężność tlenu w komórkach jest jeszcze wystarczającą dla podtrzymania metabolizmu tlenowego. Jednocześnie nadmierna akumulacja mleczanu podczas wysiłku jest czynnikiem mogą-

cym obniżyć intensywność przebiegu glikolizy beztlenowej przy malejących zasobach PCr i pojemności buforowej krwi. Optymalnym stanem przygotowania zawodnika jest stan, w którym wzrost intensywności pracy nie prowadzi do zahamowania metabolizmu tlenowego w wyniku nasilonej glikolizy beztlenowej.

Celem podjętych badań było przeprowadzenie analizy porównawczej między wybranymi parametrami charakteryzującymi pracę o intensywności powyżej progu przemian beztlenowych podczas wysiłku progresywnego oraz submaksymalnego wysiłku interwałowego.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badaniami objęto 5 zawodników w wieku 17-18 lat, członków kadry narodowej Polski w biegach narciarskich. Staż zawodniczy badanych zawierał się w przedziale 5-7 lat. Protokół testów wysiłkowych:

- Wysiłek progresywny. Po 10 min rozgrzewce, badany wykonuje 6 wysiłków w czasie 6 min z przerwą 2 min. Częstość skurczów serca w pierwszym biegu jest o 50 ud/min poniżej wartości maksymalnej. W każdym następnym wysiłku intensywność rośnie powodując przyrost częstości skurczów serca o 10 ud/min. Ostatni - szósty wysiłek wykonywany był z maksymalną intensywnością do odmowy. Przed, w przerwach oraz po zakończeniu wysiłku pobierano krew w 4, 8 i 12 minucie.
- Wysiłek interwałowy - po 20 min rozgrzewce, zawodnik wykonuje trzy wysiłki na nartorolkach. Są to podbiegi o kącie nachylenia $30^{\circ} \pm 2^{\circ}$ na odcinku 450 m. Między wysiłkami zachowana była stała 2 min przerwa. Krew pobierano podczas przerw między wysiłkami oraz po ich zakończeniu w 4, 8, 12 min.

Pomiaru stężenia mleczanu (LA) dokonano za pomocą fotometru Dr. Lange i odczynników LKM 140 Dr. Lange, Niemcy). Krew pobierano z opuszka palca w wielkości 10 μ l. Pomiar zużycia tlenu (VO_2) prowadzono za pomocą gazometru przenośnego K-4 f. Cosmed (Włochy). Na podstawie rejestrowanych wartości rzeczywistego zużycia tlenu wyznaczono wartość zużycia tlenu na minutę i kilogram masy ciała badanego. Do pomiaru częstości skurczów serca wykorzystano Sport Tester f. Polar (Finlandia).

REZULTATY BADAŃ

Poziom intensyfikacji procesów metabolicznych oraz zakres aktywacji systemów energetycznych u badanych poddanych wysiłkowi progresywnemu i interwałowemu wyznaczono na podstawie wartości wybranych parametrów rejestrowanych podczas obydwu wysiłków. Stwierdzono, że intensywność wysiłku progresywnego na poziomie częstości skurczów serca $\text{HR}_{\text{max}} - 10$ ud/min (± 3 ud/min) odpowiada pod względem poziomu VO_2 intensywności charakterystycznej dla I wysiłku w wysiłku interwałowym. Podczas II wysiłku w kompleksie interwałowym, VO_2 wykazuje tendencje do obniżenia wartości tak w stosunku do wartości maksymalnej z wysiłku progresywnego jak i wartości z I wysiłku (tabela 1). Każdy z badanych, za wyjątkiem badanego nr 5, wykonywał wysiłki interwałowe z intensywnością przekraczającą $\text{VO}_{2\text{AT}}$. Odwrotną do obserwowanej w charakterystykach dynamiki VO_2 zależność, stwierdzono w dynamice częstości skurczów serca. Wartości maksymalne rejestrowane podczas wysiłku progresywnego, badani osiągnęli podczas III wysiłku interwałowego. Nikt z badanych podczas I interwału nie uzyskał maksymalnej częstości skurczów serca. Wszyscy natomiast przekroczyli poziom odpowiadający wartościom wy-

znaczonym dla HR_{AT} . Od początku pracy uzyskano, zatem intensywność przekraczającą poziom VO_{2AT} . Analizując na podstawie LA we krwi stopień aktywacji glikolizy beztlenowej stwierdzono, że już pierwszy wysiłek interwałowy spowodował koncentracje LA zbliżoną do maksymalnych wartości rejestrowanych po zakończeniu wysiłku progresywnego. Najwyższe wartości zarejestrowano u badanych, których VO_2 podczas III wysiłku interwałowego obniżyło się do poziomu poniżej wartości VO_{2AT} . Obserwowano przy silnej intensyfikacji glikolizy ograniczenie sprawności metabolizmu tlenowego. Energetyczne zabezpieczenie pracy przejmują wówczas w znacznym stopniu metabolizm beztlenowy kwasomlekowy. Obniżenie zużycia tlenu w kolejnym wysiłku przyspieszało intensyfikację glikolizy beztlenowej, a późniejsze uzyskanie VO_{2max} odsuwa w czasie narastanie koncentracji LA we krwi, (ryc.1, 3.). Dynamika obydwu parametrów tj. VO_2 i LA rejestrowana podczas wysiłku interwałowego nie wykazała różnic między badanymi. Można, zatem przyjąć, iż badani nie różnili się pod względem sprawności mechanizmu beztlenowego (ryc.2 i 4), natomiast różnica między nimi ograniczała się do mechanizmu tlenowego, a szczególnie jego pojemności, pozwalającej na długą kontynuację pracy w oparciu o metabolizm tlenowy (ryc.1). Wysiłek progresywny nie tworzy zatem warunków dla rzeczywistej diagnozy wydolności beztlenowej. Nie jest to wysiłek obciążający w równym stopniu każdego z badanych pod względem aktywacji glikolizy beztlenowej. U badanego nr 3 stwierdzono L_{Amax} po wysiłku progresywnym 11.5 mmol/l, a u badanego nr 4, 16.1 mmol/l. Po wysiłku interwałowym poziom L_{Amax} wynosił odpowiednio 19.5 i 20.4 mmol/l (tabela 1). Są to w przypadku wysiłku interwałowego wielkości zbieżne (różnica 0.9 mmol/l), podczas gdy w przypadku wysiłku progresywnego różnica wyniosła 4.6 mmol/l.

WNIOSKI

1. Analiza porównawcza wykazała że: wielkości VO_{2max} rejestrowane podczas wysiłku progresywnego odpowiadają wartościom tego parametru rejestrowanym podczas I wysiłku interwałowego. W kolejnych wysiłkach interwałowych, wartości $maxVO_2$ ulegają obniżeniu; maksymalne wartości HR i LA osiągane są podczas III wysiłku interwałowego, (wartości L_{Amax} są wyższe od rejestrowanych podczas wysiłku progresywnego o 10-20%). Wysiłek progresywny nie stwarza warunków do pełnej oceny wydolności beztlenowej, pomimo, iż w znacznej swej części odbywa się z intensywnością przekraczającą poziom progu przemian beztlenowych.
2. Analiza rezultatów wykazała brak zależności między częstością skurczów serca i poziomem VO_{2max} rejestrowanymi podczas wysiłku progresywnego i interwałowego. Potwierdzono w badaniach terenowych brak zależności liniowej między tymi dwoma parametrami w obszarze intensywności wysiłku przekraczającym 85% VO_{2max} i kontynuowanym do odmowy, którą zaobserwowano podczas badań laboratoryjnych (Chwalbińska-Moneta J. i współ. 1986, Żołądź J. 1994).

PIŚMIENNICTWO

1. Brooks G., Fahey T. [1984]: Exercise physiology: Human bioenergetics its application. N.Y., John Wiley and Sons. Inc. :208-215.
2. Chwalbińska-Moneta J. i wsp. [1986]: Comparison of three methods of anaerobic threshold determination. Evaluation of physical performance capacity and training in alpine skiing. Ed. J.Karvonen, Kuopio, :49-55.

3. Douglass G., [1927]: Coordination of respiration and circulation with variations in bodily activity. *Lancet*, 213-218.
4. Heck H., i wsp. [1985]: Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *Int. J. Sports Med.*, 6:117-130.
5. Jeukendrup A. I wsp. [1998]: Fat metabolism during exercise: Part 1: Fatty acid mobilization and muscle metabolism. *Inter. J. Sports Med.* 19: 231-244.
6. Stegmann H., i wsp. [1981]: Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *Int. J. Sports Med.*, 2: 160-165.
7. Wasserman K., McIlroy M. [1964]: Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *Am. J. Cardiol.*, 14: 844-859.
8. Zoladz J. [1994]: Physiological reactions during incremental exercise in relation to the threshold of decompensated metabolic acidosis. *Wyd. Mon. nr 63, AWF, Kraków.*

STRESZCZENIE

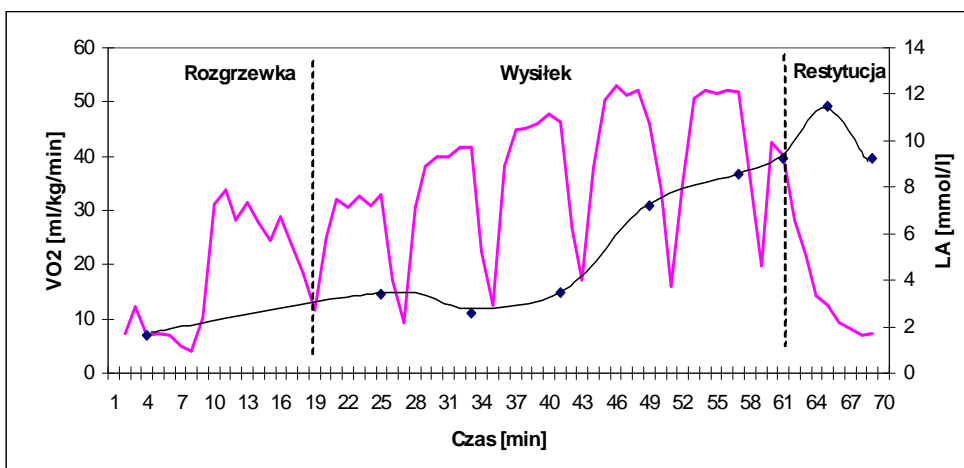
Celem badań było porównanie wybranych parametrów charakteryzujących pracę o intensywności powyżej progu przemian beztlenowych podczas wysiłku progresywnego oraz submaksymalnego wysiłku interwałowego. Badaniami objęto 5 narciarzy biegowych w wieku 17-18 lat. Badane osoby wykonały dwa testy wysiłkowe: progresywny i interwałowy, podczas których dokonano pomiaru częstości skurczów serca (HR), zużycia tlenu (VO_2) oraz stężenia mleczanu (LA). Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że wielkości VO_{2max} rejestrowane podczas wysiłku progresywnego odpowiadają wartościom tego parametru rejestrowanym podczas I wysiłku interwałowego, natomiast w kolejnych wysiłkach interwałowych, wartości $maxVO_2$ ulegają obniżeniu. Maksymalne wartości HR i LA osiągnięte są podczas III wysiłku interwałowego. Wysiłek progresywny nie stwarza warunków do pełnej oceny wydolności beztlenowej, pomimo, iż w znacznej części intensywność przekracza poziom progu przemian beztlenowych. Podczas wysiłku progresywnego i interwałowego stwierdzono brak zależności liniowej między HR i VO_2 w obszarze intensywności wysiłku przekraczającym 85% VO_{2max} .

SUMMARY

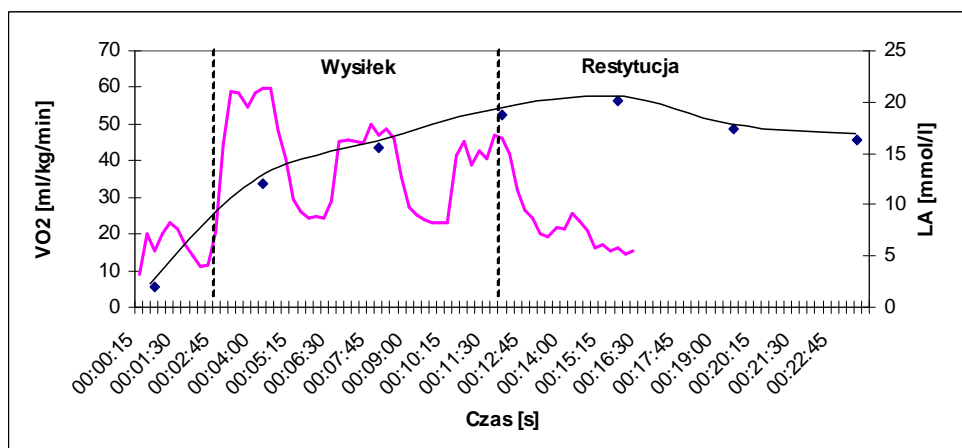
The aim of the study was to compare a progressive exercise above the anaerobic threshold, and an interval exercise of submaximal intensity, with respect to selected measures of work output. Five male cross-country skiers, aged 17 – 18 years, were subjected to progressive and interval exercises. Heart rate (HR), oxygen uptake (VO_2) and lactate concentration (LA) were recorded. VO_{2max} determined from the progressive exercise corresponded to that recorded in the 1st bout of interval exercise. In consequent bouts of that latter exercise, VO_2 values decreased. maximum values of HR and LA were recorded in the 3rd bout of interval exercise. A full assessment of anaerobic capacity is not possible from progressive exercise, despite the fact that its intensity is for the most part above the anaerobic threshold. When exercise intensity exceeded 85% VO_{2max} , no correlation was observed between HR and VO_2 in both types of exercise.

Tabela 1. Wartości wybranych wskaźników fizjologicznych i biochemicznych rejestrowanych podczas wysiłku progresywnego oraz kolejnych trzech powtórzeń w wysiłku interwałowym

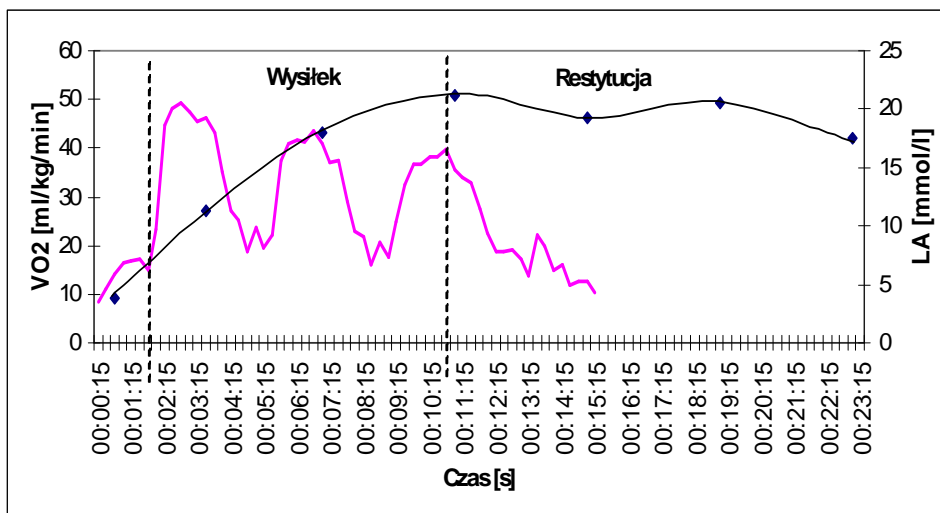
Ba-dany	Wybrane wskaźniki fizjologiczne i biochemiczne													
	VO ₂ [ml/min/kg]					HRmax [ud/min]					LAmax [mmol/l]			
	Wysiłek progresywny		Wysiłek interwałowy			Wysiłek progresywny		Wysiłek interwałowy			Wysiłek progresywny		Wysiłek interwałowy	
	Max	AT	I	II	III	Max	AT	I	II	III	Max	I	II	III
1	54	47	59	53	51	196	185	187	187	188	11,5	13,9	16,5	19,5
2	62	48	61	59	51	199	176	183	189	196	12,3	8,8	11,2	14,2
3	53	47	59	50	48	188	180	185	196	196	13,4	15,5	18,7	20,1
4	51	48	53	50	50	192	181	184	189	188	16,1	12,8	16,0	20,4
.5	49	46	49	42	38	186	185	183	187	186	15,0	11,3	18,0	21,1



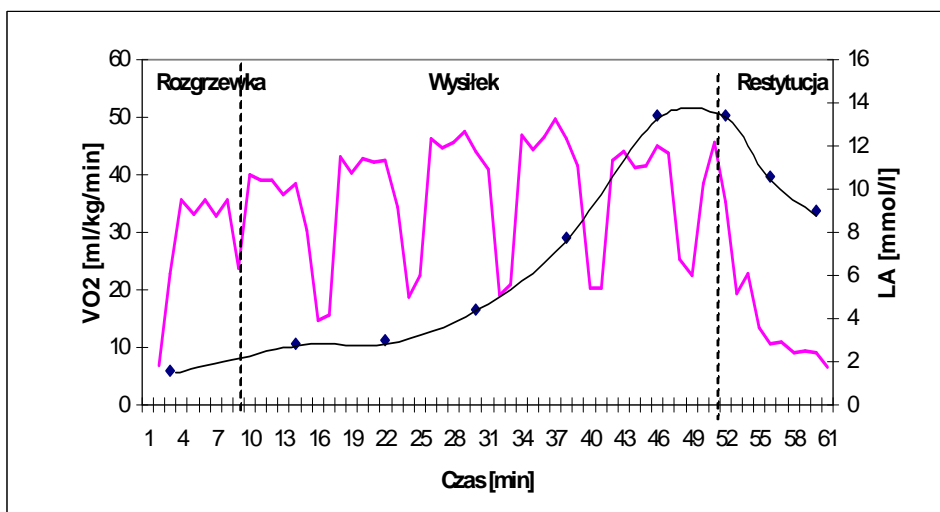
Ryc1. Dynamika VO₂max i LA podczas wysiłku progresywnego u badanego nr 3



Ryc. 2. Dynamika V²max. i LA podczas wysiłku interwałowego u badanego nr 3



Ryc.3. Dynamika VO_2 max i LA podczas wysiłku interwałowego u badanego nr 5



Ryc.4. Dynamika VO_2 max i LA podczas wysiłku progresywnego u badanego nr 5

Badania finansowano z środków AWF Warszawa, DS.-53