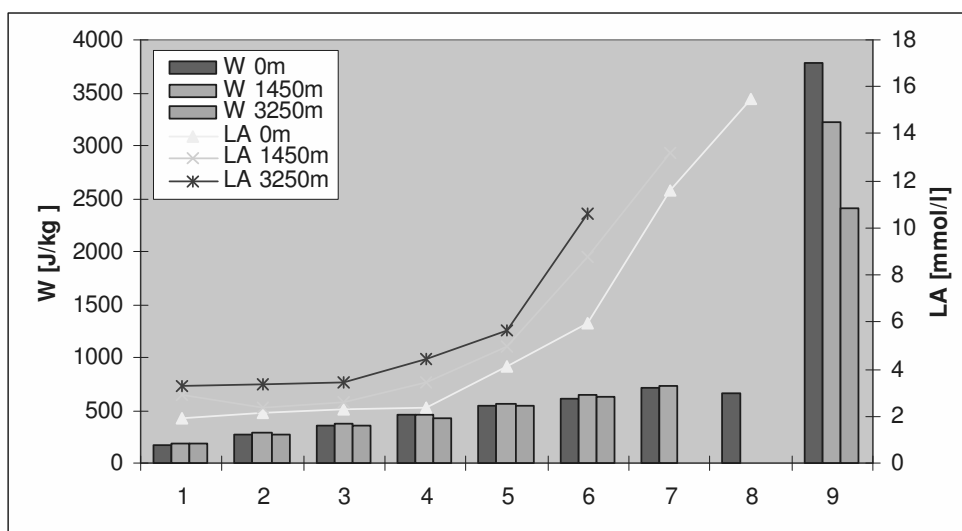


niu oraz stężenie mleczanu we krwi (LA) (fotometr Dr Lange LP 20, odczynniki LKM 140, Dr Lange, Germany), a także częstość skurczów serca (HR) (Sport Tester Polar 720i, OY Kempele, Finlandia). Badania przeprowadzono na trzech wysokościach : w Centralnym Laboratorium AWF Warszawa (wysokość 260 m n.p.m), oraz w Austrii, miejscowość Hintertux (wysokość 1450 m n.p.m) oraz lodowiec Hintertux (wysokość 3250 m n.p.m.). Rezultaty badań opracowano metodami statystyki matematycznej, posłużono się także analizą porównawczą pojedynczych przypadków.

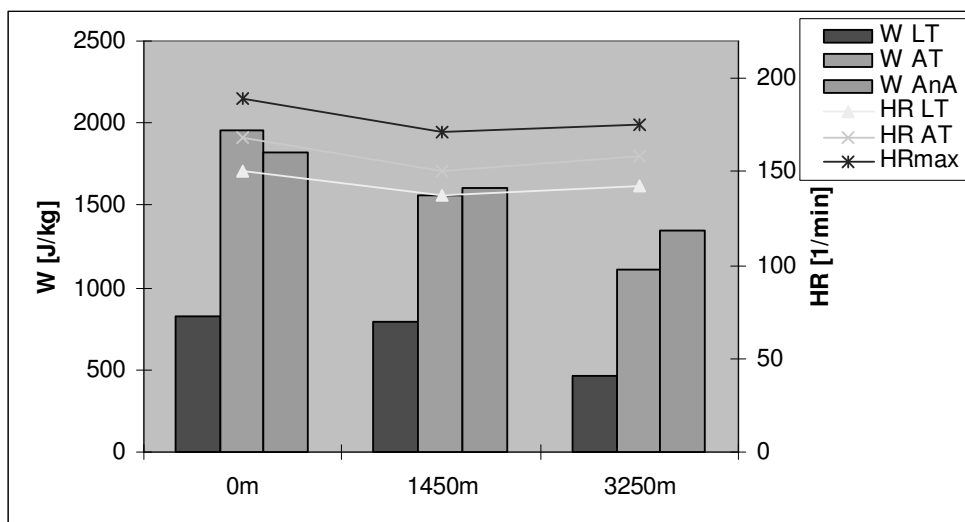
Wyniki. Parametrami, których charakterystykę oparto na analizie wartości odpowiadających poziomowi progów metabolicznych były praca i stężenie mleczanu we krwi. Próg LT wyznaczono w oparciu o metodę Beaver'a i wsp. (1985) natomiast AT stosując metodę 4 mmol Heck'a i wsp. (1985). Na ryc. 1 przedstawiono przykładową charakterystykę wpływu wysokości na przebieg stężenia mleczanu we krwi u jednego z badanych. W celu dokonania pełnej analizy dynamiki wartości HR oraz wielkości progowych wykonanej pracy (na poziomie LT i AT) dokonano podziału na trzy strefy. Strefę pracy opartą całkowicie na metabolizmie tlenowym (do LT), strefę pracy opartą na przeważającym udziale metabolizmu tlenowego (do AT) strefę pracy opartą na przeważającym udziale metabolizmu beztlenowego (powyżej AT). Charakterystykę dynamiki HR na progu LT i AT oraz wielkości wykonanej pracy przedstawiono na ryc. 2 a i b. Wpływ wysokości na dynamikę pracy w każdej z trzech stref był odmienny w grupie seniorów i juniorów. Grupę seniorów charakteryzuje obniżenie ilości wykonanej pracy w III strefie wraz ze wzrostem wysokości o 26% [z 1822 J/kg przez 1620 J/kg (1450 m n.p.m.) do 1346 J/kg (3250 m n.p.m.)]. W grupie juniorów obniżenie wielkości wykonanej pracy w III strefie jest dwukrotnie większe – 56% [od 1733 J/kg do 761 J/kg]. Dynamika pracy w I strefie zachowuje zbliżoną charakterystykę w obydwu grupach. U seniorów obniżenie analizowanej wartości sięga 44% (od 822 J/kg przez 787 J/kg do 461 J/kg), natomiast u juniorów jest nieznacznie mniejsze – 38% (od 829 J/kg do 513 J/kg). W grupie tej nie obserwuje się także istotnego statystycznie obniżenia wykonanej pracy między wysokością 200 m n.p.m. i 1450 m n.p.m. (odpowiednio 829 J/kg i 817 J/kg). Zbliżoną do dynamiki I strefy metabolicznej obserwowano charakterystykę zmian pracy w strefie II.



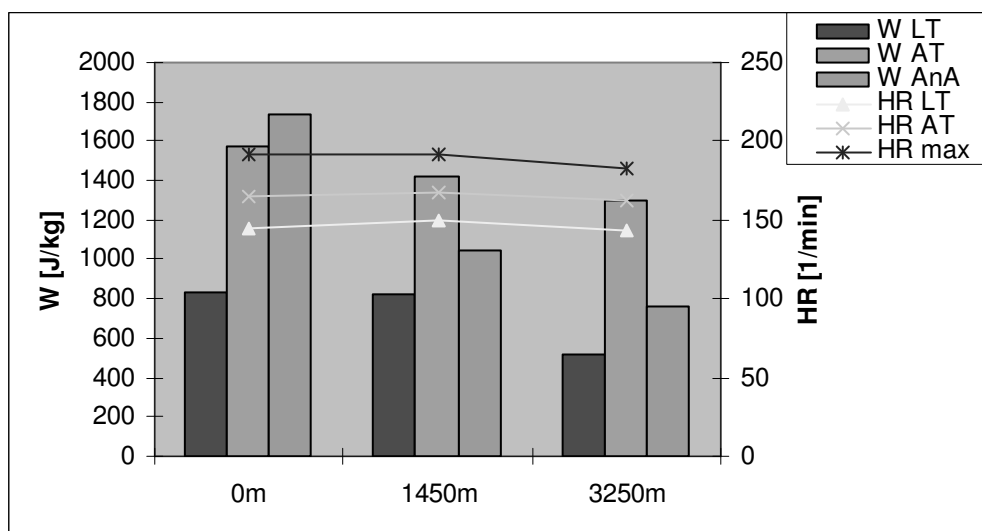
Ryc.1 Dynamika zmian stężenia mleczanu (LA) oraz wielkości pracy (W) na kolejnych stopniach wysiłkowych testu progresywnego podczas wzrostu wysokości

U juniorów 17% obniżenie wielkości pracy następowało stopniowo – od 1572 J/kg (200 m n.p.m.) przez 1422 J/kg (1450 m n.p.m.) do 1304 J/kg (3250 m n.p.m.). W grupie seniorów spadek wielkości pracy był większy, osiągając wartość 44% (od 1963 J/kg do 1105 J/kg). Analizując charakterystykę zmian HR w odpowiedzi na wzrastającą wysokość na poziomie LT i AT, zwraca uwagę odmienny przebieg wartości zależnie od grupy wiekowej. W grupie juniorów obniżenie wartości HRmax i na poziomie LT i AT następuje na wysokości 3250 m n.p.m. Nie zaobserwowano natomiast zmiany tych parametrów na wysokości 1450 m n.p.m. w odniesieniu do rejestrowanych na nizinie. W grupie seniorów

rów obserwowane jest stałe obniżenie wartości obydwu parametrów wraz ze wzrostem wysokości (LT od 150 ud/min do 138 ud/min; AT od 169 do 151 ud/min; HRmax 189 ud/min do 171 ud/min). Charakterystyka zmian obserwowana w grupie seniorów jest zbieżna z rezultatami badań (Sime et al 1974). Odmienna charakterystyka zmian wartości rejestrowanych parametrów w grupie juniorów może być wynikiem niższego udziału w wysiłku metabolizmu beztlenowego. Przy stosowanym czasie i intensywności pracy w strefie metabolizmu tlenowego wzrost wysokości do 1450 m n.p.m. jest prawdopodobnie zbyt mały, aby nastąpiło wyraźne zakłócenie w sprawności pozyskiwania energii z tej ścieżki metabolicznej. Wyższe obciążenie zewnętrzne (związane z masą zawodników) stosowane w grupie seniorów, powodują wyższy stopień mobilizacji metabolizmu beztlenowego, już na wczesnych etapach pracy i znacznie szersze korzystanie z glikolizy beztlenowej. Ta strefa pracy jest znacznie bardziej czuła na hipoksję wysokościową (Astrand et al 2003), mogąc być przyczyną obserwowanych różnic między grupami.



Ryc.2 Charakterystyka zmian sumy wykonanej pracy do LT, między LT i AT oraz powyżej AT oraz dynamika zmian HR_{LT} , HR_{AT} i HR_{max} wraz z rosnącą wysokością w grupie seniorów



Ryc.3 Charakterystyka zmian sumy wykonanej pracy do LT, między LT i AT oraz powyżej AT oraz dynamika zmian HR_{LT} , HR_{AT} i HR_{max} wraz z rosnącą wysokością w grupie seniorów

DYSKUSJA

Rezultaty przeprowadzonych badań, są w swej zasadniczej części zbieżne z wynikami uzyskanymi podczas badań sporowców prowadzonych przez innych autorów (Astrand i wsp. 2003, Billat V. i wsp. 2003, Bouissou i wsp. 1986). W warunkach hipoksji wysokościowej metabolizm beztlenowy uaktywnia się podczas pracy o relatywnie mniejszej intensywności. Na poziomie pracy wykonywanej na bazie metabolizmu tlenowego (do LT) nie obserwuje się istotnego wpływu wysokości na poziom wykonywanej pracy do 1450 m n.p.m., zauważalny jest natomiast na wysokości 3250 m n.p.m. Powyższą obserwację potwierdzają badania, w których wykazano że maksymalny dług tlenowy na poziomie morza i dużej wysokości jest zbliżony (Bason i wsp. 1973). Sime i wsp. (1974) wykazali, że na wysokości

2300 m n.p.m. poziom HR_{LT} nie ulega zmianie. Ulega natomiast zmianie wraz z dalszym wzrostem wysokości. Astrand et al (2003) obserwował natomiast reakcję zgodną z rejestrowaną w naszej grupie badanych. Wzrostowi wysokości towarzyszy zmniejszenie poziomu HR_{max} . Stosunkowo nieznaczne zmniejszenie wykonywanej pracy w strefie metabolizmu tlenowego (LT) wg Bason'a i wsp. (1973) jest związane z obserwowaną na dużych wysokościach lepszą dystrybucją krwi do pracujących mięśni, większym przepływem krwi przez naczynia włosowate i zwiększone wykorzystanie tlenu z krwi tętniczej. Po przekroczeniu progu beztlenowego (AT) udział metabolizmu tlenowego w pozyskiwaniu energii maleje. Ze wzrostem wysokości, postępuje wzrost niedoboru tlenu, który nie może być w żaden sposób rekompensowany. Wykorzystanie tlenu przez pracujące mięśnie z krwi tętniczej jest całkowite. Zmniejszenie udziału metabolizmu tlenowego już podczas pracy o stosunkowo niskiej intensywności powoduje wcześniejsze włączenie metabolizmu beztlenowego, dla którego warunki hipoksji wysokościowej są niekorzystnymi.

WNIOSKI

Hipoksja wysokościowa ma istotny wpływ na dobór rodzaju i intensywności obciążeń treningowych. Zbyt wczesne, nie poprzedzone aklimatyzacją zastosowanie intensywnych, beztlenowych wysiłków, może powodować narastanie zmęczenia układu mięśniowego. Niedostateczne wysycenie tlenem krwi spowodowane hipoksją wysokościową, nie sprzyja szybkiemu przebiegowi procesów restytucji. Stosowanie kolejnych wysiłków w stanie niepełnej odnowy prowadzi do nakładania się zmęczenia i może przyczynić się do powstawania kontuzji, stanów chronicznego przemęczenia, zmęczenia i niechęci do treningu.

PIŚMIENNICTWO

1. Astrand P.O., Rodahl K., Dahl H., Stromme S. *Textbook of work physiology*. Human Kinetics, Champaign, Il. 2003.
 2. Beaver W., Wasserman K., Whipp J. Improved detection of lactate threshold during exercise using a log-log transformation. *J. Appl. Physiol.* 59 (6), 1985 :1936-1940.
 3. Billat V., Lepretre P., Heubert R., Koralsztein J., Gazeau F. Influence of acute hypoxia on time to exhaustion at VO_2 max in unacclimatized runners. *Int. J. Sports Med.* 24, 2003 :9-14.
 4. Bouissou P., Peronnet P., Brisson G., Helie R., Ledoux M. Metabolic and endocrine responses to graded exercise under acute hypoxia. *Eur. J. Appl. Physiol.* 55, 1986 :290-294.
 5. Cerretelli P. Gas exchange at high altitude (w) *Pulmonary Gas Exchange*, Vol. II (red. J. West), Academic Press, N.Y., 1980 :97-147.
 6. Fulco C. Maximal and submaximal exercise performance at altitude. *Aviat. Space Environ. Med.* 69, 1998 :793.
 7. Heck H., Mader A., Hess G., Mucke S., Muller R., Hoolman W. Justification of the 4 mmol/l lactate threshold. *Int. J. Sports Med.* 6, 1985 :117-130.
 8. Sime F., Penaloza D., Ruiz L., Gonzales N., Covarrubias E., Postigo R. Hypoxemia, pulmonary hypertension and low cardiac output in newcomers at low altitude. *J. Appl. Physiol.* 36, 1974 :5661.
 9. Wołkow N., Szmatlan-Gabryś U., Gabryś T. Hipoksja w treningu sportowym. Interwałowy trening hipoksyczny. *Studia i Monografie No. 90, AWF Warszawa*, 2003.
- Pracę wykonano z środków KBN projekt AWF Warszawa DS.53

STRESZCZENIE

W badaniach podjęto problematykę wpływu wysokości na wydolność narciarzy alpejskich ocenianą na podstawie zmian parametrów na poziomie progu tlenowego (LT), tlenowo-beztlenowego (AT). Stwierdzono istotny – ograniczający wpływ hipoksji wysokościowej na zdolność do wykonywania wysiłków o wysokiej intensywności. Na pracę wykonywaną do poziomu progu AT, a więc o intensywności niskiej i umiarkowanej (praca tlenowa i o przeważającym udziale metabolizmu tlenowego) wpływ hipoksji wysokościowej jest stosunkowo niewielki, natomiast zauważalny jest w przypadku pracy opartej na przeważającym udziale na metabolizmie beztlenowym. Proporcjonalnie do wysokości zmniejsza się maksymalne stężenie mleczanu. Ze wzrostem wysokość postępuje ograniczenie wykonania pracy całkowitej oraz częstość skurczów serca.

SUMMARY

In the investigations it was made the trial the influence of the height for the efficiency of the alpine skiers on the basic of the changes the parameters on the aerobic level (LT) and aerobic- anaerobic level (AT). It was significantly noted the limited influence of the height hypoxia for the ability to realize the efforts with high intensity. The influence of the height for the work what is done till AT level, so with the low and moderate intensity is insignificant but it is noticeable in the case of the work with dominant participation of the anaerobic metabolism. In proportion to the height the maximal blood lactic acid concentration is decreased. With the increase of the height the performance of the total work and heart rate is restricted.