

Łukasz CHOŁA*, Michał ZYCH*, Karol PILIS**,
Cezary MICHALSKI**, Wiesław PILIS***, Anna PILIS*

Wpływ 6-miesięcznego pobytu wysokogórskiego na skład ciała i wydolność fizyczną żołnierzy

Streszczenie

Duża wysokość nad poziomem morza (n.p.m.) ze względu na odmienne warunki środowiska wpływa na zmianę funkcji organizmu człowieka. Celem pracy było zbadanie wpływu pobytu wysokogórskiego mężczyzn na masę ciała oraz sprawność układu krążenia.

Badaniu poddano 34 żołnierzy, rejestrując u nich przed (I badanie) i po (II badanie) długotrwałym pobycie wysokogórskim wiek, wzrost, masę ciała, wartości ciśnienia tętniczego, wyliczając wskaźniki wagowo-wzrostowe, jak również wykonano próbę harwardzką. Następnie dokonano podziału żołnierzy w I i II badaniu na dwie grupy wiekowe, do 26 lat i powyżej 26 lat.

Wyniki: Nie wykazano statystycznie istotnych różnic badanych zmiennych zarówno w porównaniu międzygrupowym, jak i między badaniami. Ponadto nie stwierdzono istotnego efektu interakcyjnego dwóch badanych czynników (grupy i badania). Wnioski: Stwierdza się brak wpływu 6-miesięcznego pobytu na wysokości 2223 m n.p.m. na masę ciała, spoczynkowe ciśnienie tętnicze krwi i sprawność układu krążenia żołnierzy. Brak omawianych zmian jest efektem pobytu badanych na zbyt niskiej średniej wysokości n.p.m.

Słowa kluczowe: żołnierze, hipoksja, masa ciała, sprawność krążeniowa.

Wstęp

Miejsce położenia ponad poziom morza jest jednym z ekstremalnych warunków środowiska wpływających na organizm człowieka. Postępujące wraz z wysokością zmniejszenie ciśnienia parcjalnego tlenu w powietrzu atmosferycznym skutkuje obniżeniem wysycenia krwi tlenem określonym jako hipoksja wysoko-

* Mgr, Instytut Kultury Fizycznej i Turystyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie.

** Dr, Instytut Kultury Fizycznej i Turystyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie.

*** Prof. dr hab., Instytut Kultury Fizycznej i Turystyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie, Instytut Fizjoterapii Państwowej Medycznej Wyższej Szkoły Zawodowej w Opolu.

ściowa. Czynnikiem ten wpływa na zmiany w funkcjonowaniu układu oddechowego, krążenia, nerwowego, wydzielania wewnętrznego oraz czynności układu mięśniowego [18, 8]. Wśród negatywnych skutków zdrowotnych diagnozowanych u osób pracujących na dużych wysokościach wymienia się m.in.: zwiększenie ciśnienia tętniczego, zwiększenie ryzyka zaostrzenia niewydolności serca, chorobę górską objawiającą się obrzękiem płuc i mózgu, zaburzenia oddychania podczas snu, zmiany okulistyczne związane ze zwiększoną ekspozycją na światło UV oraz zaburzenia czynności nerek [20]. Ponadto sądzi się, iż przewlekłe przebywanie w warunkach hipoksji może mieć wpływ na skład i masę ciała, której redukcja jest wprost proporcjonalna do długości i średniej wysokości pobytu n.p.m. w warunkach hipoksji [4, 14, 2]. Hipoksja wywołuje także pogorszenie struktury mięśni szkieletowych oraz zmniejszenie ich masy, skutkujące obniżeniem wydolności tlenowej i beztlenowej [5, 7].

Pomimo licznych doniesień o szkodliwości długotrwałej ekspozycji organizmu człowieka na warunki wysokogórskie, stwierdza się, iż trening prowadzony na dużej wysokości przyczynia się do polepszenia efektów pracy treningowej [11, 3].

Cel pracy

Celem prezentowanej pracy była próba podjęcia wyjaśnienia, czy 6-miesięczny pobyt młodych zdrowych mężczyzn na wysokości 2223 m n.p.m. wpłynął na zmianę masy i składu ciała oraz sprawność układu krążenia.

Material i metody

Badaniu poddano 34 mężczyzn w wieku $28,50 \pm 3,52$ i wysokości ciała $179,00 \pm 6,54$ pełniących służbę wojskową w Afganistanie na wysokości 2223 m n.p.m. U badanych rejestrowano przed (I badanie) i po (II badanie) upływie 6-miesięcznego pobytu wysokogórskiego wiek oraz zmienne somatyczne tj.: wzrost – Wz, masę ciała – Mc (badanie I – $83,00 \pm 7,77$; badanie II – $82,82 \pm 7,76$), wartości ciśnienia skurczowego (RRs) i rozkurczowego (RRr). W celu oceny sprawności układu krążenia przeprowadzono w I i II badaniu próbę harwardzką, której wynik otrzymano po obciążeniu 5 minutowym testem wchodzenia na stopień o wysokości 49 cm i wyrażono jako wskaźnik zmęczenia (FI), posługując się ogólnie przyjętym wzorem ujmującym ilorazowy czas pracy $\times 100$ i sumę trzech 30-sekundowych pomiarów tętna w okresie restytucji powysiłkowej. Na podstawie danych somatycznych, tj.: wzrostu i masy ciała, wyliczono wskaźniki wagowo-wzrostowe: Queteleta, BMI, Rohrera i smukłości. Następnie dokonano podziału żołnierzy w I i II badaniu na dwie grupy wiekowe: 1 grupa, $n=19, >26$ lat; 2 grupa, $n=15, <26$ lat, których wiek, Wz i Mc przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wiek i zmienne somatyczne żołnierzy grupy 1 i 2 określone w badaniu I i II

Zmienne somatyczne	Numer badania	Numer grupy wiekowej	x	±SD
Wiek [l]	I	1	25,79	0,42
		2	31,93	2,52
	II	1	25,79	0,42
		2	31,93	2,52
Wz [cm]	I	1	179,00	7,33
		2	178,80	5,63
	II	1	179,00	7,33
		2	178,80	5,63
Mc [kg]	I	1	84,16	8,37
		2	81,47	6,93
	II	1	84,05	8,32
		2	81,27	6,94

Wz – wzrost, Mc – masa ciała

Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej przy użyciu programu SPSS Statistics 20. Za pomocą testu t – Studenta dla wartości powiązanych dokonano porównań: wieku, wysokości i masy ciała, wskaźników wagowo-wzrostowych, wyników próby harwardzkiej, ciśnienia tętniczego krwi przed (I badanie) i po (II badanie) upływie 6-miesięcznego pobytu wysokogórskiego dla wszystkich badanych bez podziału na grupy wiekowe. Ponadto przy użyciu dwuczynnikowej analizy wariancji dokonano analizy wpływu czynników tj.: wiek badanych (grupy wiekowe) i 6-miesięczny pobyt wysokogórski (badanie) na wiek, zmienne somatyczne, ciśnienia tętnicze krwi i wynik próby harwardzkiej, jak również określono interakcje pomiędzy tymi dwoma czynnikami. Stosując test post hoc Bonferroni, dokonano oceny różnic międzygrupowych i pomiędzy badaniami. Za istotne statystycznie przyjmowano wartości przy $p < 0,05$.

Wyniki badań

Wiek, Wz i Mc żołnierzy określone w badaniu I i II przedstawiono przy ich charakterystyce w poprzednim podrozdziale i nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy tymi zmiennymi. Żołnierze w badaniu I osiągnęli następujące wartości zmiennych: RRs $127,50 \pm 7,55$, RRs $83,24 \pm 4,70$, FI $74,06 \pm 18,93$, wskaźnik Queteleta $463,66 \pm 39,31$, BMI $25,94 \pm 2,40$, wskaźnik Rohrer'a $1,45 \pm 0,17$, wskaźnik smukłości $41,08 \pm 1,49$. W badaniu II wartości te wynosiły, odpowiednio: $125,88 \pm 6,74$, $83,20 \pm 5,31$, $74,73 \pm 20,06$, $462,81 \pm 38,60$, $25,90 \pm 2,33$, $1,45$

$\pm 0,16$, $41,10 \pm 1,48$. Wiek i Wz nie uległy zmianie w obydwu badaniach, a pozostałe analizowane zmienne również nie różniły się statystycznie, tj.: masa ciała ($t=0,482$, $p>0,05$), wskaźnik Queteleta ($t=0,497$, $p>0,05$), wskaźnik BMI ($t=0,476$, $p>0,05$), wskaźniki Rohrera ($t=0,530$, $p>0,05$), wskaźnik smukłości ($t=-0,464$, $p>0,05$), FI ($t=-0,869$, $p>0,05$), RRs ($t=1,779$, $p>0,05$), RRr ($t=0,029$, $p>0,05$).

Dwuczynnikowa analiza wariancji w schemacie międzygrupowym i między badaniami: 1 grupa – żołnierze przed pobytem wysokogórskim (I badanie), wiek < 26 lat; 2 grupa – żołnierze przed pobytem wysokogórskim (I badanie), wiek > 26 lat; 1 grupa – żołnierze po pobycie wysokogórskim (II badanie), wiek < 26 lat; 2 grupa – żołnierze po pobycie wysokogórskim (II badanie), wiek > 26 lat, gdzie czynnikami był wpływ 6-miesięcznego pobytu wysokogórskiego (badanie) i wiek badanych (grupa), nie wykazała istotnych statystycznie różnic pomiędzy wszystkimi grupami względem: wieku, Mc, Wz, RRs, RRr, wskaźnika Queteleta, wskaźnika BMI, wskaźnika Rohrera oraz FI (tabela 2). Jedyna istotna statystycznie różnica wykazana testem post hoc wystąpiła w zakresie wieku, pomiędzy grupą 1 i 2, tak w badaniu I, jak i II, ($F=109,95$, $p<0,001$).

Nie stwierdzono istotnego statystycznie efektu interakcyjnego dwóch badanych czynników (grupy i badania) na wiek ($F=0,001$), Wz ($F=0,001$), Mc ($F=0,001$), RRs ($F=0,361$), RRr ($F=0,005$), wskaźnik Queteleta ($F=0,001$), wskaźnik BMI ($F=0,001$), wskaźnik Rohrera ($F=0,002$), wskaźnik smukłości ($F=0,001$) oraz FI ($F=0,024$).

Tabela 2. Analizowane zmienne żołnierzy grupy 1 i 2 określone w badaniu I i II

Zmienne somatyczne		wiek [l]		Wz [cm]		Mc [kg]		RRs [mm Hg]		RRr [mm Hg]		Próba Harvardzka		Mc/Wz [g/cm]		BMI [kg/m ²]		Mc/Wz ³ [g/cm ³]		Wz ³ / ³ √Mc [cm ³ / ³ √kg]			
Grupy																							
Badanie	wiek	x	SD	x	SD	x	SD	x	SD	x	SD	x	SD	x	SD	x	SD	x	SD	x	SD		
Badanie I	<26 lat n=19	25,79	0,42	179,00	7,33	84,16	8,37	127,68	6,59	83,74	4,71	71,60	18,10	469,80	39,14	26,27	2,27	1,47	0,16	40,90	1,39		
	>26 lat n=15	31,93	2,52	178,80	5,63	81,47	6,93	127,27	8,86	82,60	4,78	77,16	20,13	455,88	39,45	25,53	2,58	1,43	0,18	41,31	1,64		
Badanie II	<26 lat n= 19	25,79	0,42	179,00	7,33	84,05	8,32	127,00	5,85	83,63	5,33	71,61	18,78	469,25	39,04	26,24	2,28	1,47	0,16	40,92	1,42		
	>26 lat n= 15	31,93	2,52	178,80	5,63	81,27	6,94	124,47	7,71	82,67	5,41	78,67	21,56	454,64	37,75	25,46	2,40	1,43	0,16	41,34	1,57		
Efekt główny (badanie)		F		0,001		0,001		0,006		0,978		0,001		0,025		0,009		0,007		0,006		0,004	
p<		1,000(n.s.)		1,000(n.s.)		0,936(n.s.)		0,326(n.s.)		0,988(n.s.)		0,875(n.s.)		0,925(n.s.)		0,934(n.s.)		0,940(n.s.)		0,947(n.s.)			
Efekt główny (grupa wiekowa)		F		219,892		0,015		2,087		0,702		0,722		1,747		2,258		1,724		1,011		1,266	
p<		0,001(n.s.)		0,902(n.s.)		0,153(n.s.)		0,405(n.s.)		0,399(n.s.)		0,191(n.s.)		0,138(n.s.)		0,194(n.s.)		0,319(n.s.)		0,265(n.s.)			
Efekt interakcyjny (badanie v.s. grupa wiekowa)		F		0,001		0,001		0,001		0,361		0,005		0,024		0,001		0,001		0,002		0,001	
p<		1,000(n.s.)		1,000(n.s.)		0,980(n.s.)		0,550(n.s.)		0,945(n.s.)		0,876(n.s.)		0,971(n.s.)		0,970(n.s.)		0,969(n.s.)		0,983(n.s.)			
<26 lat badanie I v.s. <26 lat badanie II		F		0,001		0,001		0,002		0,086		0,004		0,001		0,002		0,001		0,001		0,001	
p<		1,000(n.s.)		1,000(n.s.)		0,967(n.s.)		0,771(n.s.)		0,949(n.s.)		0,999(n.s.)		0,965(n.s.)		0,973(n.s.)		0,978(n.s.)		0,973(n.s.)			

Tabela 2. Analizowane zmienne żołnierzy grupy 1 i 2 określone w badaniu I i II (cd.)

>26 lat badanie I v.s. >26 lat badanie II F										
	0,001	0,001	0,005	1,131	0,001	0,044	0,008	0,007	0,006	0,003
p<	1,000(n.s.)	1,000(n.s.)	0,944(n.s.)	0,292(n.s.)	0,971(n.s.)	0,834(n.s.)	0,931(n.s.)	0,936(n.s.)	0,939(n.s.)	0,953(n.s.)
<26 lat badanie I v.s. >26 lat badanie I F										
	109,946	0,008	1,008	0,028	0,423	0,679	1,076	0,813	0,467	0,609
p<	0,001(n.s.)	0,931(n.s.)	0,319(n.s.)	0,867(n.s.)	0,518(n.s.)	0,413(n.s.)	0,304(n.s.)	0,371(n.s.)	0,497(n.s.)	0,438(n.s.)
<26 lat badanie II v.s. >26 lat badanie II F										
	109,946	0,008	1,080	1,034	0,304	1,092	1,184	0,912	0,545	0,657
p<	0,001(n.s.)	0,931(n.s.)	0,303(n.s.)	0,313(n.s.)	0,583(n.s.)	0,300(n.s.)	0,281(n.s.)	0,343(n.s.)	0,463(n.s.)	0,421(n.s.)

Wz – wzrost, Mc – masa ciała, RRs – wartość ciśnienia skurczowego, RRr – wartość ciśnienia rozkurczowego, Mc/Wz – wskaźnik Queteleta, BMI – wskaźnik masy ciała, Mc/Wz^3 – wskaźnik Rohrer, $Wz^3/\sqrt[3]{Mc}$ – wskaźnik smukłości

Omówienie

Według Kayser i Verges [13] ekspozycji na dużych wysokościach często towarzyszy utrata masy ciała. Przyczynami takiego stanu może być ujemny bilans energetyczny i zaburzenia czynności jelit. Jak podaje Chaudhary i wsp. [6, 7], zmniejszenie masy ciała w warunkach hipoksji głównie związane jest z utratą masy mięśniowej. Badania przeprowadzone przez Basu i wsp. [1] na grupie 221 żołnierzy potwierdziły omawianą zależność, wykazując zmniejszenie masy ciała po upływie 4-miesięcznego pobytu na wysokości 5400–6700 m n.p.m. Dodatkowo autorzy zarejestrowali negatywne zmiany w strukturze kości pod wpływem niedotlenienia hipobarycznego. Postępującej wraz z wysokością n.p.m. utraty masy ciała nie potwierdzają uzyskane w prezentowanej pracy wyniki. Analiza statystyczna nie wykazała istotnych różnic w masie ciała i wartościach wskaźników wagowo-wzrostowych u żołnierzy przed i po upływie 6-miesięcznego pobytu na wysokości 2223 m n.p.m., tak z uwzględnieniem, jak i bez uwzględnienia podziału na grupy wiekowe (tab. 2). Pomimo braku znaczących różnic pomiędzy omawianymi zmiennymi wykazano nieco wyższe wartości średnich arytmetycznych masy ciała przed ekspozycją wysokościową (tab. 1). Podobne wyniki otrzymali Rai i wsp. [16], badając 3 grupy żołnierzy przebywających 4 miesiące kolejno na wysokości 3500, 3800, 4700 m n.p.m. Braku istotnej utraty masy ciała w badaniach Rai i wsp. [16], jak i badaniach własnych można dopatrywać się w dostępnych w literaturze wynikach badań, które wykazują, że większa redukcja masy ciała jest wynikiem dłuższej ekspozycji oraz wyższej średniej wysokości n.p.m. [4, 12].

Pomimo stwierdzonej utraty tanki mięśniowej na skutek hipoksji wysokościowej, badania wydolności tlenowej przeprowadzone przez Ferretti i wsp. (1990) nie wykazały zmniejszenia wartości maksymalnego zużycia tlenu (VO_{2max}) w wartościach względnych i bezwzględnych [10]. Ponadto, jak podają Józwiak i Stodółka (2009), trening w warunkach hipoksji wysokościowej wywołuje zmiany fizjologiczne w organizmie, podobne do tych spowodowanych treningiem wytrzymałościowym, tj. wzrost: wentylacji płuc, ilości mioglobiny, aktywności enzymów tlenowych w mięśniach, hematokrytu i stężenia hemoglobiny, co skutkuje zwiększeniem pochłaniania i transportu tlenu. Według tych autorów trening wysokogórski przyczynia się do uzyskania lepszych efektów pracy treningowej. Wzrostu sprawności układu krążenia pod wpływem pobytu wysokogórskiego nie potwierdziły otrzymane wyniki. Stwierdzono brak istotnych statystycznie różnic w wyniku próby harwardzkiej przed i po upływie pobytu wysokogórskiego z uwzględnieniem i bez uwzględnienia podziału na grupy wiekowe (tab. 2).

Duża wysokość ze względu na odmienne warunki środowiskowe wpływa na fizjologię układu krążenia [19]. Badania przeprowadzone przez Negi i wsp. [15]

w grupie 413 pacjentów na wysokościach 3100 m n.p.m. i powyżej 3500 m n.p.m. wykazały, iż warunki klimatyczne t.j.: niedobór tlenu oraz działanie obniżonego ciśnienia atmosferycznego wraz z niskimi temperaturami skutecznie zmniejszają ryzyko rozwoju nadciśnienia tętniczego. Podobne wyniki w grupie 137 pacjentów uzyskane przez Shrestha i wsp. [17] na 137 pacjentach podzielonych na dwie grupy (I grupa przebywająca na wysokości 2650 m n.p.m.; II grupa przebywająca na wysokości 2950 m n.p.m.) wykazały, iż ciśnienie krwi maleje ze wzrostem wysokości. Przedstawiona zależność była istotna statystycznie jedynie względem ciśnienia skurczowego krwi. Analiza wyników nie potwierdziła istotnych statystycznie różnic w wartościach ciśnienia skurczowego i rozkurczowego u badanych żołnierzy przed i po upływie 6-miesięcznego pobytu wysokogórskiego dla wszystkich badanych bez podziału na grupy. Brak istotnych statystycznie różnic odnotowano także w porównaniach międzygrupowych (tab. 2). Wydaje się, że wysokość n.p.m., na jakiej przebywali badani przez nas żołnierze, była zbyt niska, by wywołać istotne zmiany w organizmie. Jakkolwiek rozgrywane w 1968 r. Igrzyska Olimpijskie w Meksyku na wysokości 2240 m n.p.m. wywołały wiele kontrowersji, a przygotowania do nich łączyły się ze szczegółowymi badaniami wydolnościowymi i adaptacyjnymi do warunków hipoksji. Potwierdziły to niektóre rezultaty t.j.: legendarny skok w dal wynoszący 8,90 m, będący wynikiem szczególnych warunków hipoksycznych, wykonany przez B. Beamona. We wspomnianych igrzyskach zanotowano w dyscyplinach sportowych 17 rekordów świata i 9 rekordów olimpijskich. W tym w konkurencjach biegowych ustanowiono 11 rekordów świata i 1 rekord olimpijski [11]. Stąd też wysokość nad poziom morza, którą opisano w tej pracy, mogła mieć związek ze zmianami wydolności i adaptacji organizmu, chociaż uzyskane wyniki w tej pracy nie potwierdziły tego. Ponadto praca, jaką badani żołnierze wykonywali podczas opisywanej misji, sprowadzała się dla części z nich do podobnych obowiązków biurowych jak w kraju, a ci, którzy wykonywali swoje obowiązki w terenie, posługiwali się głównie bojowym sprzętem zmechanizowanym i skomputeryzowanym tak, że nie doznawali intensywnego treningu fizycznego. Również zakres temperatur otoczenia nie odbiegał znacząco od warunków termicznych w Polsce i podczas tego pobytu w dzień wynosił średnio w kolejnych miesiącach: wrzesień +21°C, październik +12°C, listopad, grudzień, styczeń – 11°C, luty 0°C, marzec +6°C. Wymagane są dokładne badania celem precyzyjnego uchwycenia wysokości n.p.m., od której zaczynają pojawiać się istotne krążeniowe, somatyczne i wydolnościowe zmiany adaptacyjne w organizmie człowieka.

Wnioski

1. Pomimo licznych doniesień o wpływie ekspozycji wysokościowej na utratę masy ciała nie wykazano znaczących zmian w składzie i masie ciała żołnie-

- rzy pod wpływem 6-miesięcznego pobytu na wysokości 2223 m n.p.m., zarówno bez podziału, jak i z podziałem na grupy wiekowe. Przypuszcza się, że brak istotnych statystycznie różnic w masie ciała może być skutkiem zbyt niskiej średniej wysokości pobytu n.p.m.
2. Ponadto nie stwierdza się wpływu 6-miesięcznego pobytu na wysokości 2223 m n.p.m. na spoczynkowe ciśnienie tętnicze krwi i sprawność układu krążenia.
 3. Wymagane są dokładne badania celem precyzyjnego uchwycenia wysokości n.p.m., od której zaczynają pojawiać się istotne krążeniowe, somatyczne i wydolnościowe zmiany adaptacyjne w organizmie człowieka.

Piśmiennictwo

- [1] Basu M., Malhotra A.S., Pal K. (2013): Determination of bone mass using multisite quantitative ultrasound and biochemical markers of bone turnover during residency at extreme altitude: a longitudinal study. *High Alt. Med. Biol.*, 14(2), 150–154.
- [2] Biff F., Palmer M.D., Clegg D.J. (2013): Ascent to altitude as a weight loss method: The good and bad of hypoxia inducible factor activation. *Obesity*, On line.
- [3] Billaut F., Gore C.J., Auqhey R.J. (2012): Enhancing team-sport athlete performance: is altitude training relevant? *Sports Med.*, (9), 751–767.
- [4] Boyer S.J., Blume F.D. (1984): Weight loss and changes in body composition at high altitude. *J.Appl.Physiol.*, 57, 1580–1585.
- [5] Cerretelli P. (1992): Muscle energetics and ultrastructure in chronic hypoxia. *Respiration*, 59(2), 24–29.
- [6] Chaudhary P., Suryakumar G., Prasad R. (2012): Effect of acute hypobaric hypoxia on skeletal muscle protein turnover. *J. Med. Sci.*, 5(4), 355–361.
- [7] Chaudhary P., Suryakumar G., Prasad R. (2012): Chronic hypobaric hypoxia mediated skeletal muscle atrophy: role of ubiquitin-proteasome pathway and calpains. *Mol. Cell Biochem.*, 364(1–2), 101–113.
- [8] Farias J.G., Jimenez D., Osorio J. (2013): Acclimatization to chronic intermittent hypoxia in mine workers: a challenge to mountain medicine in Chile. *Biol. Res.*, 46(1), 59–67.
- [9] Ferretti G., Boutellier U., Penderqast D.R. (1990): Oxygen transport system before and after exposure to chronic hypoxia. *Int J Sports Med.*, 11(1), 15–20.
- [10] Hoppeler H., Howald H., Cerretelli P. (1990): Human muscle structure after exposure to extreme altitude. *Experientia*, 46(11–12), 1185–1187.
- [11] Józwiak Ł., Stodółka J. (2009): Charakterystyka treningu wysokogórskiego w biegach średnich na przykładzie zawodnika klasy mistrzowskiej. *Rozprawy Naukowe AWF we Wrocławiu*, 29, 679–684.
- [12] Kayser B., Acheson K., Decombaz J. (1992): Protein absorption and energy digestibility at high altitude. *J.Appl.Physiol.*, 73, 2425–2431.

- [13] Kayser B., Verges S. (2013): Hypoxia, energy balance and obesity: from pathophysiological mechanisms to new treatment strategies. *Obes. Rev.*, 14(7), 579–592.
- [14] Lippel F.J., Neubauer S., Schipfer S. (2010): Hypobaric Hypoxia Causes Body Weight Reduction in Obese Subjects. *Obesity*, 18(4), 675–681.
- [15] Negi P.C., Bhardwaj R., Kandoria A. (2012): Epidemiological study of hypertension in natives of Spiti Valley in Himalayas and impact of hypobaric hypoxemia; a cross-sectional study. *J. Assoc. Physicians India*, 60, 21–25.
- [16] Rai R.M., Malhotra M.S., Dimri G.P., Sampathkumar T. (1975): Utilization of different quantities of fat at high altitude. *Am. J. Clin. Nutr.*, 28, 242–245.
- [17] Shrestha S., Shrestha A., Shrestha S., Bhattarai D. (2012): Blood pressure in inhabitants of high altitude of Western Nepal. *JNMA J Nepal Med. Assoc.*, 52(188), 154–158.
- [18] Szmatlan-Gabryś U., Gabryś T., Mróz A. (2003): Zachowanie wysokiej intensywności wysiłku w niesprzyjających warunkach środowiska jako podstawowe kryterium skuteczności w sportach ekstremalnych W: Rakowski A., Chodąła A., Kalina R., red.: *Sporty ekstremalne w przygotowaniu żołnierzy i formacji antyterrorystycznych*, Wyd. Polskie Towarzystwo Naukowe Kultury Fizycznej, Warszawa, 27–41.
- [19] Vats P., Ray K., Majumdar D. (2013): Changes in cardiovascular functions, lipid profile, and body composition at high altitude in two different ethnic groups. *High Alt Med. Biol.*, 14(1), 45–52.
- [20] Vearrier D., Greenberg M. (2011): Occupational health of miners at altitude: Adverse health effects, toxic exposures, pre-placement screening, acclimatization, and worker surveillance. *Clinical Toxicology*, 49(7), 629–640.

Abstract

Effect of 6-month Stay at High Altitude on Body Composition and Cardiovascular Fitness of Soldiers

The high altitude above sea level alters the function of the human body due to different environmental conditions. Aim: The aim of this study was to investigate the effect of high-altitude on soldier's body mass and cardiovascular fitness. Material and Methods: The study involved 34 men; the following measurements were taken before (trial I) and after (trial II) the long-term residence at high altitude: age, height, weight, blood pressure, calculated mass-height indices, as well as Harvard Step Test was conducted. Then, during the trial I and trial II soldiers were divided into two age groups, under 26 and over 26 years. Results: There were no statistically significant differences between the variables tested both between the two groups and between the two trials. In addition, there was no significant interactive effect of the two treatment factors (groups and trials). Conclusion: It is concluded that there was no effect of a 6-month stay at the altitude of 2223 meters above sea level on soldiers' body mass, resting blood pressure and cardiovascular fitness. Lack of these changes are the result of the respondents' stay at a too low elevation above sea level.

Key words: soldiers, hypoxia, body mass, cardiovascular performance.