

KULTURA BEZPIECZEŃSTWA
NAUKA – PRAKTYKA – REFLEKSJE
Nr 17, 2015 (212–231)

FIZJOLOGIA TRENINGU SIŁOWEGO
JAKO FORMA PROFILAKTYKI
ZDROWOTNEJ I PRZECIWDZIAŁANIA
ZAGROŻENIOM CYWILIZACYJNYM

PHYSIOLOGY OF STRENGTH TRAINING
AS A FORM OF PROPHYLAXIS
AND COUNTERACTION AGAINST
CIVILIZATION THREATS

DR HAB. TADEUSZ AMBROŻY PROF. NADZW.
Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie

DR HAB. DARIUSZ MUCHA PROF. NADZW.
Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie

DR MATEUSZ NOWAK
trener personalny, działalność gospodarcza

DR DOROTA AMBROŻY
Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie

MGR TERESA MUCHA
nauczyciel wychowania fizycznego, instruktor gimnastyki korekcyjnej



Słowa kluczowe: trening siłowy, profilaktyka zdrowotna,
parametry fizjologiczne

Keywords: strength training, health prevention, physiological parameters

STRESZCZENIE

Celem pracy była próba określenia zakresu oddziaływania na wybrane parametry fizjologiczne, zmodyfikowanego treningu obwodowego o charakterze siłowo-wytrzymałościowym realizowanego według programu autorskiego. W projekcie uczestniczyło 30 wyselekcjonowanych za pomocą doboru celowego ochotników trenujących na co dzień w krakowskich klubach fitness. Grupę osób podzielono na dwie podgrupy. Jedna wykonywała podczas sesji treningowej eksperymentalny program treningu obwodowego, trzy razy w tygodniu, a druga w tym czasie uczestniczyła w dotychczasowych standardowo praktykowanych treningach własnych. Po upływie 6 tygodni grupy zostały poddane badaniu. Mierzono częstotliwość skurczów serca za pomocą pulsometrów oraz poziomu mleczanu w organizmie.

Wyniki badań wskazują, że zaproponowany program treningowy przebiega na wysokim poziomie intensywności, na co wskazuje zarejestrowany pomiar częstości skurczów serca oraz stężenie mleczanu we krwi. Zrealizowany projekt badawczy z wykorzystaniem treningu obwodowego wpływa korzystnie na podstawowe parametry fizjologiczne; spadek średniej i maksymalnej częstości skurczów serca, zmniejszenie wydatku energetycznego podczas treningu, spadek stężenia mleczanu po treningu oraz przyspieszenie restytucji powysiłkowej. Zaproponowana forma treningu może być przykładem aktywności fizycznej o znacznych walorach prozdrowotnych.

SUMMARY

The aim of this paper was to evaluate the scope of influence a modified circuit training of endurance and strength character, carried out in line with an original programme, on the selected physiological parameters. 30 volunteers who train in fitness clubs in Kraków on an everyday basis were selected by means of purposeful selection to participate in the research. This group was divided into two subgroups. One of them used an experimental programme of circuit training, the other took part in the same training programmes they had used so far. After six weeks the two groups were subjected to research. Heart rate and blood lactate levels were measured. Heart rate monitors were used to measure heart rate.

Research results show that the proposed training programme is carried out at a high intensity level, which is indicated by the recorded heart rate

and blood lactate levels. The research programme carried out with the use of the circuit training positively influences fundamental physiological parameters; average and maximal heart rate frequency were lowered, energy expenditure in the course of the training was lowered; blood lactate levels after the training were reduced as well and post-exercise restitution was increased. The proposed form of training can be an example of physical activity of significant health-oriented advantages.

WSTĘP

Postęp cywilizacyjny wymaga od współczesnego człowieka wyjątkowej dbałości o zachowania prozdrowotne. Pozytywnym wynikiem rozwoju cywilizacyjnego jest coraz większa świadomość społeczna, dotycząca zdrowia rozumianego jako pełny dobrostan psychiczny, fizyczny i społeczny jednostki, a nie tylko jako brak symptomów choroby¹.

Duża grupa osób poszukuje metod zapobiegania negatywnym skutkom rozwoju cywilizacji. Spośród wielu sposobów obrony przed zagrożeniami cywilizacyjnymi celowe wydaje się wykorzystywanie kompleksowych sposobów kształtowania sprawności fizycznej. Efektem tak rozumianej sprawności fizycznej jest zdrowie pozytywne, które ogranicza ryzyko wystąpienia problemów medycznych. Komponenty sprawności, które są efektem korzystnego i niekorzystnego wpływu zwykłej aktywności fizycznej oraz które mają związek z poziomem stanu zdrowia obejmują: funkcje krążeniowo-oddechowe, względną szczupłość ciała, siłę mięśniową, wytrzymałość i gibkość.

Osiągnięcie takiego poziomu sprawności fizycznej możliwe jest jedynie poprzez różnorodne formy ruchowe². Ruch człowieka to efekt współdziałania podłoża biologicznego (aparatury ruchu, źródła energii, procesy sterowania) oraz psychospołecznego, np. celu, motywacji (tab.1)³.

1 Korczak C., Leowski J., *Problemy higieny i ochrony zdrowia*, Warszawa 1977.

2 Ambroży D., Ambroży A., 2010. *Fitness w kulturze fizycznej*, Kraków.

3 Szopa J., Mleczko E., Żak S. 1996: *Podstawy Antropomotoryki*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa – Kraków.

TABELA 1 STRUKTURA MOTORYCZNA CZŁOWIEKA⁴

Strona Potencjalna	Strona Efektywna
Predyspozycje - genetyczne i funkcjonalne podłoże motoryczności. Zdolności motoryczne - zintegrowane kompleksy predyspozycji Umiejętności ruchowe – technika.	Sprawność motoryczna - stopień przejawiania się zdolności i umiejętności w konkretnych ruchach. Sprawność fizyczna - całość zdolności i umiejętności umożliwiających efektywne wykonywanie zadań ruchowych.

Aktywność fizyczna, będąca efektem ruchów człowieka powinna stanowić nieodłączny element zdrowego stylu życia. Oznacza każdą pracę wykonywaną przez mięśnie szkieletowe, charakteryzującą się ponad spoczynkowym wydatkiem energetycznym⁵.

W grupie aktywności ruchowej i sposobów treningu sprawności fizycznej czołowe miejsce zajmuje trening siłowy, który przygotowuje mięśnie do realizacji innych działań ruchowych. Ćwiczenia siłowe kształtują nie tylko siłę mięśni, ale także ich wytrzymałość siłową i masę mięśniową oraz przyczyniają się do wypracowania wymarzonego kształtu muskulatury. W aspekcie zdrowotnym odżywiają stawy, wzmacniają więzadła i inne elementy okostawowe oraz wpływają na harmonijny rozwój sylwetki. Ćwiczenia te powinny bazować na odpowiednich systemach i programach treningowych⁶.

Siła, jako element sprawności fizycznej, jest zdolnością motoryczną kształtującą się wraz z rozwojem osobniczym, który charakteryzuje się brakiem jednolitego tempa wzrostu. Wzrost siły przebiega równoległe do rozwoju cech morfologicznych i funkcjonalnych i jest z nimi bezpośrednio powiązany. W przedziale wiekowym 7-14 lat poziom rozwijanych zdolności siłowych nie wykazuje dużego zróżnicowania. Dopiero na przełomie 13 i 14 roku życia rejestruje się znaczący ich wzrost, który trwa do około 20 roku życia. Spadek możliwości siłowych u nietreningujących mężczyzn obserwuje się już od 30 roku życia⁷. Siła mięśniowa umożliwia pokony-

4 Szopa J., Mleczek E., Żak S. 1996: *Podstawy Antropomotoryki*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa – Kraków.

5 Caspersou C., Powel K., Chrostensou G., *Physical activity, exercise and physical fitness: definitions and distinctions for health*, Public Health Reports 1985.

6 Ambroży T. 2004: *Trening holistyczny metodą kompleksowej uprawy ciała*. Wydawnictwo EAS, Kraków.

7 Ulatowski T. 1981.: *Teoria i metodyka sportu*. Wydawnictwo Sport i Turystyka Warszawa.
 Wołański N. 2006: *Rozwój biologiczny człowieka*. Wydawnictwo PWN Warszawa.

wanie oporu zewnętrznego lub przeciwdziałanie temu oporowi kosztem wysiłku mięśniowego⁸. W ujęciu mechanicznym według drugiej zasady dynamiki Newtona siła maksymalna jest iloczynem masy i przyspieszenia.

Z uwagi na to, że słabo kontrolowana genetycznie siła wykazuje wysoką podatność na trening, możliwa jest szybka adaptacja do zmiennych warunków środowiskowych, gdzie może ona być wykorzystywana do szerokiego spektrum działań⁹. Istnieją dwa względnie samodzielne mechanizmy wzrostu siły. Pierwszy, hipertrofia, związana ze zmianami morfologicznymi i funkcjonalnymi zachodzącymi w tkance mięśniowej. W odpowiedzi na trening następuje przyrost przekroju poprzecznego włókien kurczliwych, co pośrednio pozwala zwiększyć możliwości przejawiania siły. Z kolei drugi, hiperplazja, oznacza doskonalenie zdolności układu nerwowego, gdzie pod wpływem oddziaływania odpowiednim treningiem wzorzec pobudzenia nerwowego może zostać zmieniony. Doprowadza to do zaangażowania możliwie dużej liczby jednostek motorycznych tworzonych przez neuron motoryczny (motoneuron) i zaopatrywanych przez niego włókien mięśniowych¹⁰.

Jedną z efektywnych metod, pozwalającą na kompleksowy rozwój motoryczny jest trening obwodowy. Uniwersalność tej metody pozwala kształtować zarówno procesy beztlenowe jak i tlenowe. Efekt ten można uzyskać poprzez manewrowanie czasem przerw wypoczynkowych między seriami oraz ilością powtórzeń i oporem zewnętrznym w każdym ćwiczeniu. Taki sposób treningu pobudza układ krążenia, układ oddychania oraz metabolizm mięśniowy. Z uwagi na wszechstronność rozwoju sprawności metodę treningu obwodowego stosuje się zarówno w pracy z młodzieżą, osobami starszymi oraz sportowcami¹¹.

8 Sozański H. 1999: *Podstawy teorii treningu sportowego*. Wydawnictwo COS, Warszawa.

9 Szopa J., Młeczko E., Żak S. 1996: *Podstawy Antropomotoryki*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa – Kraków.

10 Kruszewski M., Kępa G., Merda W. 1997: Trening kulturystyczny w okresie przygotowawczym. Zeszyty Naukowo- Metodyczne. Wydawnictwo AWF Warszawa

11 Gotshalk L.A., Berger R.A., Kraemer W.J. 2004: *Cardiovascular Responses to a High-Volume Continuous Circuit Resistance Training Protocol*. Journal of Strength & Conditioning Research 18(4): 760-764.

La Torre A., Vernillo G., Fiorella P., Mauri C., Agnello L. 2009: *Combined endurance and resistance circuit training in highly trained/top-level female race walkers: a case report*. Sport Sciences for Health 4(3): 51-58.

Podstawy treningu obwodowego opracowali angielscy nauczyciele Morgan i Adamson. Głównym założeniem konstrukcji metodycznej, tzw. wersji angielskiej, treningu była¹²:

- racjonalność (możliwość przeprowadzenia zajęć w każdej sali gimnastycznej),
- praktyczność (prowadzenie zajęć z licznymi grupami),
- możliwość kontroli (dokonywanie pomiarów, aby każdy mógł sprawdzić postępy),
- uniwersalność (zróżnicowanie ćwiczeń umożliwia równoczesne ćwiczenie początkującym i zaawansowanym),
- wszechstronność (należy dążyć do poprawy ogólnej sprawności fizycznej poprzez przeplatanie ćwiczeń siłowych gibkościowymi a szybkościowymi siłowymi).

W podstawowej wersji trening obwodowy jako metoda kształtowania siły mięśniowej to zestaw 8-15 podstawowych lub izolowanych ćwiczeń siłowych z wykorzystaniem oporu zewnętrznego lub własnego ciężaru ciała, rozstawionych po okręgu zgodnie z zasadą zmienności pracy mięśniowej. Ćwiczenia wykonywane są z dużą lub umiarkowaną szybkością, a opory zewnętrzne stanowią około 50% ciężaru maksymalnego^{13 14}.

CEL I PYTANIE BADAWCZE

W oparciu o literaturę przedmiotu za cel pracy przyjęto próbę określenia zakresu oddziaływania na wybrane parametry fizjologiczne, zmodyfikowanego treningu obwodowego o charakterze siłowo-wytrzymałościowym według programu autorskiego.

Podjęta problematyka badawcza pozwoliła na sformułowanie następującego pytań badawczych:

1. Na jakim poziomie intensywności (pomiar częstotliwości pracy serca oraz stężenia mleczanu we krwi) przebiega realizacja jednostki treningowej eksperymentalnego programu badawczego?
2. Jaki jest wpływ realizowanego w projekcie treningu obwodowego o charakterze siłowo-wytrzymałościowym na podstawowe parametry fizjologiczne?

12 Kirsch A. 1963: *Trening Obwodowy - Circuit Training*. Kultura Fizyczna 16(5/6): 350-355.

13 Ciężar maksymalny (CM) - maksymalne możliwości siłowe wdanyemu ćwiczeniu

14 Fiński O., Kocjasz J. 1961: *Metoda stacyjna w treningu kondycyjnym specjalistycznym*. Kultura Fizyczna 14(9): 620-630.

Trzaskoma Z., Trzaskoma Ł. 2001: *Kompleksowe zwiększanie siły mięśniowej*. Wydawnictwo COS, Warszawa.

METODYKA BADAŃ

W projekcie uczestniczyło 30 wyselekcjonowanych za pomocą doboru celowego ochotników trenujących na co dzień w krakowskich klubach fitness. Grupę osób podzielono na dwie podgrupy. Jedna wykonywała podczas sesji treningowej eksperymentalny program treningu obwodowego (tab. 2), trzy razy w tygodniu, a druga w tym czasie uczestniczyła w dotychczasowych standardowo praktykowanych treningach własnych. Po upływie 6 tygodni grupy zostały poddane badaniu (kontroli efektów).

TABELA 2. EKSPERYMENTALNY PROGRAM TRENINGOWY - ZAŁOŻENIA METODYCZNE

Eksperymentalny program treningowy oparty na metodzie obwodowej	
Liczba obwodów	3
Liczba ćwiczeń w obwodzie	6 (siłowe ćwiczenia funkcjonalne)
Liczba powtórzeń /czas trwania serii	15/30 sek.
Procent ciężaru maksymalnego	50%
Tempo wykonywania ćwiczeń	Umiarkowane
Czas przerw między obwodami	1 – 3 min

Wszyscy uczestnicy byli poinformowani o założeniach eksperymentu, a udział wytypowanych osób w eksperymencie był dobrowolny. Żadna z osób nie mogła posiadać przeciwwskazań lekarskich do podejmowania wysiłku. Program badawczy uzyskał pozytywną opinię (Nr/77/KBL/OIL/2010) Komisji Bioetycznej przy Okręgowej Izbie Lekarskiej w Krakowie.

Badania fizjologiczne wykonano podczas jednostki treningowej w pierwszym, a następnie w szóstym tygodniu cyklu eksperymentalnego. Badania wykonano przy użyciu aparatury badawczej, w zakres której wchodziły:

- laktometr Lactate Scout: pomiar stężenia mleczanu,
- pulsometr firmy POLAR, modele: F-55, FT-4: pomiar częstotliwości skurczów serca.

Badania fizjologiczne obejmowały:

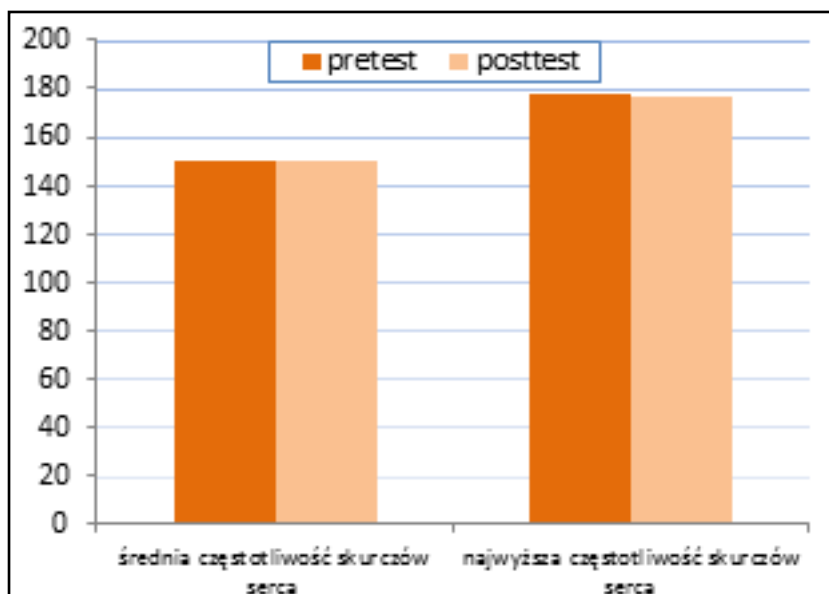
1. *Pomiar częstotliwości skurczów serca za pomocą pulsometrów: w czasie jednostek treningowych, przeprowadzona została rejestracja tętna w celu określenia maksymalnego oraz średniego HR podczas wykonywania wysiłku.*

2. *Kontrola poziomu mleczanu w organizmie: w czasie jednostki treningowej dokonano pomiar stężenia mleczanu we krwi włośniczkowej w okresie:*

- przed wysiłkowym (przed rozpoczęciem treningu),
- powysiłkowym (w 3 minucie po zakończeniu części zasadniczej treningu),
- okresie restytucji (w 20 minucie po zakończeniu części zasadniczej treningu).

W celu zbadania czy trening eksperymentalny wpływa na badane cechy fizjologiczne zastosowano parametryczny test t studenta dla dwóch prób zależnych oraz test Wilcozona w przypadku nie stwierdzenia rozkładu wyników zbliżonego do normalnego.

WYNIKI



Ryc.1. Graficzna prezentacja średnich wyników badanej próby: średnia częstotliwość skurczów serca, najwyższa częstotliwość skurczów serca – przed rozpoczęciem eksperymentu (pretest) oraz po jego zakończeniu (posttest)

TABELA 3. PORÓWNANIE POMIARÓW PRETEST ORAZ POSTTEST BADANEJ PRÓBY POD WZGLĘDEM CECH FIZJOLOGICZNYCH (ŚREDNIA CZĘSTOTLIWOŚĆ SKURCZÓW SERCA, NAJWYŻSZA CZĘSTOTLIWOŚĆ SKURCZÓW SERCA) – TEST WILCOXONA DLA PRÓB ZALEŻNYCH

	Pretest			Posttest			Test Wilcoxon (n=29)						
	Mdn	śr.	sd	Mdn	śr.	sd	Ujemne różnice rang*		Dodatnie różnice rang*		Remisy rangowe*	Z	p
							n	śr. rang	n	śr. rang			
Średnia często-tkliwość skurczów serca	152	150,55	6,56	151	149,55	6,56	29	15,0	0	0,0	0	-5,385	0,000

Mdn – mediana; śr – średnia arytmetyczna; sd – odchylenie standardowe; * - posttest-pretest

Przeprowadzona analiza przeprowadzona z wykorzystaniem testu Wilcoxon dla dwóch prób zależnych (tab.3) wskazała istotne statystycznie różnice pomiędzy pomiarami pretest oraz posttest średniej częstości skurczów serca. Wyniki pomiaru pretest (Mdn=152) są istotnie statystycznie wyższe od wyników posttest (Mdn=151), $Z=-5,385$; $p<0,001$.

TABELA 4. PORÓWNANIE POMIARÓW PRETEST ORAZ POSTTEST BADANEJ PRÓBY POD WZGLĘDEM CECH FIZJOLOGICZNYCH (NAJWYŻSZA CZĘSTOTLIWOŚĆ SKURCZÓW SERCA) – TEST T STUDENTA DLA PRÓB ZALEŻNYCH

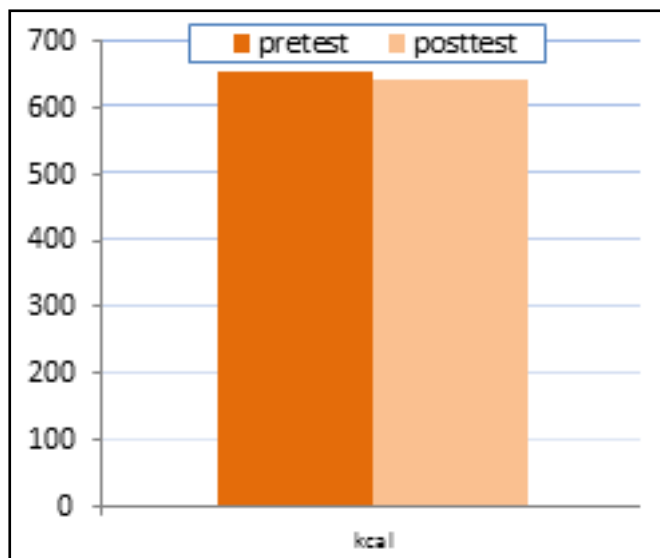
	Pretest		Posttest		Test t studenta (df=28)			
	śr.	sd	śr.	sd	Różnice między pomiarami		t	p
					śr.	sd		
Najwyższa częstość skurczów serca	178,03	4,53	176,41	3,86	1,62	0,94	9,269	0,000

Analiza statystyczna z wykorzystaniem testu t studenta dla prób zależnych (tab.4) wskazała, że istnieją istotne statystycznie różnice pomiędzy pomiarami pretest oraz posttest w pomiarach *największej osiągniętej częstotliwości skurczów serca*. Pomiar pretest ($\bar{x}=178,03$; $sd=4,53$) jest istotnie statystycznie wyższy (różnica średnich=1,62) od pomiaru posttest ($\bar{x}=176,41$; $sd=3,86$), $t(28) = 9,269$; $p < 0,001$.

Poszerzona analiza statystyczna z wykorzystaniem testu t studenta wskazała, że istnieją istotne statystycznie różnice pomiędzy pomiarami pretest oraz posttest w pomiarach:

Średnia częstotliwość skurczów serca - pomiar pretest jest istotnie statystycznie wyższy od pomiaru posttest.

Największa osiągnięta częstotliwość skurczów serca - pomiar pretest jest istotnie statystycznie wyższy od pomiaru posttest.

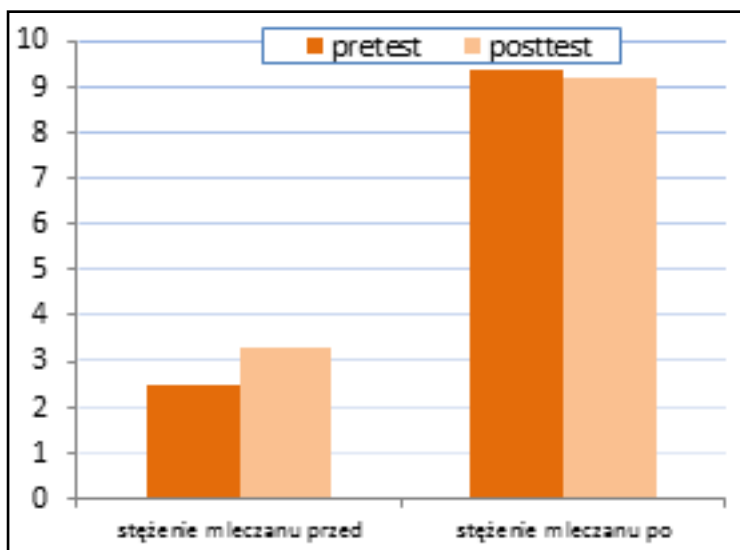


Ryc.2. Graficzna prezentacja średnich wyników badanej grupy: kcal – przed rozpoczęciem eksperymentu (pretest) oraz po jego zakończeniu (posttest)

TABELA 5. PORÓWNANIE POMIARÓW PRETEST ORAZ POSTTEST BADANEJ GRUPY POD WZGLĘDEM CECH FIZJOLOGICZNYCH (KCAL) – TEST T STUDENTA DLA PRÓB ZALEŻNYCH

	Pretest		Posttest		Test t studenta (df=28)			
	śr.	sd	śr.	sd	Różnice między pomiarami		t	p
					śr.	sd		
Kcal	651,55	63,33	639,41	63,30	12,14	2,40	27,221	0,000

Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej z wykorzystaniem parametrycznego testu t studenta dla prób zależnych (tab.5), stwierdzono istotne statystycznie różnice pomiędzy pomiarami pretest oraz posttest w wynikach *wydatku energetycznego podczas treningu* w grupie badanej. Pomiar pretest ($\bar{x}=651,55$; $s=63,33$) jest istotnie statystycznie wyższy (różnica średnich=12,14) od pomiaru posttest ($\bar{x}=639,41$; $s=63,30$), $t(28) = 27,221$; $p < 0,001$.



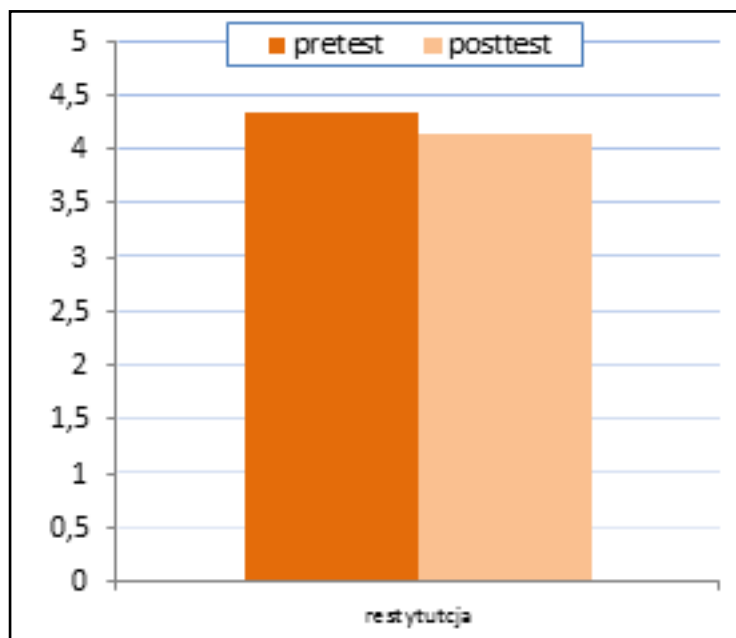
Ryc.3. Graficzna prezentacja średnich wyników badanej grupy: stężenie mleczanu – przed rozpoczęciem eksperymentu (pretest) oraz po jego zakończeniu (posttest)

TABELA 6. PORÓWNANIE POMIARÓW PRETEST ORAZ POSTTEST BADA-
NEJ GRUPY POD WZGLĘDEM CECH FIZJOLOGICZNYCH (STĘŻENIE
MLECZANU PRZED, STĘŻENIE MLECZANU PO) – TEST T STUDENTA DLA
PRÓB ZALEŻNYCH

	Pretest		Posttest		Test t studenta (df=28)			
	śr.	sd	śr.	sd	Różnice między pomiarami		t	p
					śr.	sd		
Stężenie mleczanu przed	2,50	1,09	3,28	0,98	-0,78	0,14	-30,891	0,000
Stężenie mleczanu po	9,35	1,25	9,18	1,21	0,17	0,09	9,786	0,000

Przeprowadzona analiza statystyczna zaprezentowana w tabeli 6 wskazała istotny statystycznie wpływ treningu eksperymentalnego na:

- *Stężenie mleczanu przed* - pomiar pretest ($\bar{x}=2,50$; $s=1,09$) jest istotnie statystycznie niższy (różnica średnich= $-0,78$) od pomiaru posttest ($\bar{x}=3,28$; $s=0,98$), $t(28)=-30,891$; $p<0,001$.
- *Stężenie mleczanu po* - pomiar pretest ($\bar{x}=9,35$; $s=1,25$) jest istotnie statystycznie wyższy (różnica średnich= $0,17$) od pomiaru posttest ($\bar{x}=9,18$; $s=1,21$), $t(28)=9,786$; $p<0,001$.



Ryc.4. Graficzna prezentacja średnich wyników badanej grupy: restrytacja – przed rozpoczęciem eksperymentu (pretest) oraz po jego zakończeniu (posttest)

TABELA 7. PORÓWNANIE POMIARÓW PRETEST ORAZ POSTTEST BADANEJ PRÓBY POD WZGLĘDEM CECH FIZJOLOGICZNYCH (ŚREDNIA CZĘSTOTLIWOŚĆ SKURCZÓW SERCA) – TEST WILCOXONA DLA PRÓB ZALEŻNYCH

	Pretest			Posttest			Test Wilcoxon (n=29)						
	Mdn	śr.	sd	Mdn	śr.	sd	Ujemne różnice rang*		Dodatnie różnice rang*		Remisy rangowe*	Z	p
							n	śr. rang	n	śr. rang			
Resty- tacja	4,2	4,34	0,80	4,0	4,14	0,80	29	15,0	0	0	0	-5,385	0,000

Mdn – mediana; śr – średnia arytmetyczna; sd – odchylenie standardowe; * - posttest-pretest

Analiza przeprowadzona z wykorzystaniem testu Wilcoxon dla dwóch prób zależnych (tab.7) wskazała istotne statystycznie różnice pomiędzy pomiarami pretest oraz posttest *stężenia mleczanu podczas restrytacji*. Wy-

niki pomiaru pretest (Mdn=4,2) są istotnie statystycznie wyższe od wyników posttest (Mdn=4,0), $Z=-5,385$; $p<0,001$.

DYSKUSJA

Podczas trwania eksperymentalnego programu, przy pomocy sport-testerów - Polar oraz laktometru – *Lactate Scout*, podjęto próbę oceny oddziaływania eksperymentalnej jednostki treningowej na organizm ćwiczącego. Wykonano pomiar częstości skurczów serca oraz stężenia mleczanu we krwi. Średnia częstotliwość skurczów serca w grupach realizujących eksperymentalną jednostkę treningową oscylowała na poziomie 75-85% HR_{max} , co stawiałoby wysiłek w treningu eksperymentalnym w grupie obciążeń mieszanych między progiem beztlenowym (AT) a progiem niekompensowanej kwasicy metabolicznej (TDMA)¹⁵. Przedział taki jest uznawany za najbardziej optymalny w adaptacji organizmu dla intensywnych wysiłków¹⁶. Odnotowane najwyższe częstotliwości skurczów serca pośród osób w grupach treningu eksperymentalnego w czasie ćwiczeń mieściły się w przedziale 85-95% HR_{max} , co sugeruje, że wysiłek wykonywany w czasie treningu eksperymentalnego zaliczany jest do submaksymalnych. Wołkow¹⁷ zauważa, że w tych rodzajach pracy spotyka się również najwyższe wartości zużycia tlenu. Zważywszy na procesy utleniania substratów energetycznych, jakie zachodzą podczas takich wartości, częstotliwości rytmu pracy serca oraz czas trwania jednostki treningowej, zakres intensywności treningu eksperymentalnego zaliczany jest do wysiłków mieszanych.

Tabata i wsp.¹⁸ na podstawie przeprowadzonych badań dowodzą, że trening prowadzony na poziomie umiarkowanej intensywności wpływa jedynie na poprawę wydolności aerobowej. Z kolei treningi o wysokiej intensywności wpływają na poprawę funkcjonowania zarówno beztlenowych i tlenowych systemów dostarczania energii.

15 Cempla J., Mleczko E. 1989: *Badania zależności między objętością, strukturą i dynamiką obciążeń treningowych biegaczy, a rozwojem sportowym i reakcjami fizjologicznymi na wysiłek fizyczny o różnej mocy*. Wydawnictwo AWF Kraków.

16 Pate R.R., Branch J.D. 1992: *Training for endurance sport*. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 24(9): 340-343

17 Wołkow N.I. 1972: *Fizjologiczna charakterystyka pracy powtórzeniowej przy różnych wartościach tętna*. *Sport Wyczynowy* 4(92): 12- 15.

18 Tabata I., Nishimura K., Kouzaki M., Hiray I., Ogita F., Miyachi M., Yamamoto K. 1996: *Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO_2 max*. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 28(10): 1327-1330.

W 3 minucie po zakończeniu ćwiczeń w eksperymentalnej grupie przy wykorzystaniu specjalistycznej aparatury *Lactate Scout* sprawdzono stężenie mleczanu we krwi badanych. Uzyskane wyniki w każdej grupie były powyżej 8 mmol·l⁻¹, a niekiedy przekraczały 10 mmol·l⁻¹. Hübner-Woźniak i Lutosławska¹⁹ klasyfikują tak zakończoną pracę treningową, do wysiłków ciężkich, beztlenowych. Roniker²⁰] otrzymane wartości stężenia mleczanu traktuje jako wynik intensywnej pracy interwałowej. Odnotowany poziom akumulacji mleczanu może być czynnikiem, który sprzyja podniesieniu poziomu proggu beztlenowego, w szczególności jeżeli jego stężenie przekracza dotychczas osiągnięte rezultaty po wcześniejszych treningach. Kontynuowany trening powoduje wzrost VO₂ max, co wynika ze zwiększania się tolerancji wysiłkowej organizmu w kierunku niekompensowanej kwasicy metabolicznej TDMA.

Poddane ponownej kontroli stężenie mleczanu dwadzieścia minut po wykonanym wysiłku, w eksperymentalnej jednostce treningowej, wykazało obniżenie jego wartości o połowę. Zakres i tempo spadku stężenia kwasu mlekowego w czasie restytucji powysiłkowej jest zależne zarówno od czynników wewnątrzorganicznych (typ i budowa morfologiczna włókien mięśniowych, przepływ mięśniowy krwi, ilości kapilarów, potencjał enzymatyczny) jak i zewnętrznych (rodzaj odpoczynku, zabiegi odnowy biologicznej, dieta²¹. McMurry²² wykazał, że biegacze, którzy w ramach odpoczynku wykonywali spokojną jazdę na rowerze, odnotowali po 20 min niższy poziom stężenia mleczanu niż zawodnicy, którzy ten czas poświęcili na masaż, leżąc na plecach - odpoczynek pasywny. We wszystkich grupach podczas oczekiwania zawodnicy przystępujący do tego pomiaru wykonywali ćwiczenia rozciągające, co mogło się przyczynić do poprawy tempa usuwania mleczanu²³.

Podstawą treningu funkcjonalnego jest przygotowywanie jednostek treningowych zgodnych ze schematem ruchowym wykorzystywanym w codziennym życiu, a także wymogami energetycznymi.

19 Hübner- Woźniak E., Lutosławska G. 2000: *Podstawy biochemii wysiłku fizycznego*. Wydawnictwo COS.

20 Roniker A. 1987: *Kwas mlekowy a wysiłek fizyczny*. Wydawnictwo Instytut Sportu Warszawa.

21 Roniker A. 1987: *Kwas mlekowy a wysiłek fizyczny*. Wydawnictwo Instytut Sportu Warszawa.

22 McMurray A.M. 1987: *The effect of massage on blood lactate levels following a maximal treadmill run*. Thesis (M.A.) University of Northern Iowa.

23 Hübner- Woźniak E., Lutosławska G. 2000: *Podstawy biochemii wysiłku fizycznego*. Wydawnictwo COS.

Zarejestrowany wydatek energetyczny w treningu eksperymentalnym może mieć bezpośredni wpływ na redukcję poziomu tkanki tłuszczowej oraz masy ciała osób biorących udział w treningu eksperymentalnym, pomimo że trening siłowy w swoich założeniach notuje mniejsze wydatki energetyczne niż trening wytrzymałościowy. Wykonywany z większą częstotliwością spełnia zalecenia prozdrowotne wydatków energetycznych zaproponowanych przez American College of Sports Medicine, określonych na poziomie 1000 kcal tygodniowo. Badania potwierdziły, że trening oporowy posiada większą skuteczność w kontroli masy ciała z racji oddziaływania dwutorowego na organizm: redukcji poziomu tkanki tłuszczowej i budowania masy mięśniowej²⁴.

Drugi pomiar częstości skurczów serca, który wykonano w szóstym tygodniu treningu eksperymentalnego, wykazał nieznaczne obniżenia częstości skurczów serca badanych. Mimo niewielkiej zmiany można domniemać, że organizm ćwiczących w krótkim czasie zaadaptował się do specyfiki treningowej eksperymentalnego programu. Govindasamy i wsp.²⁵ odnotowali już po czterech tygodniach treningu fizycznego obniżenie tętna submaksymalnego o 10 uderzeń na minutę, a po upływie kolejnych pięciu o następne 6 uderzeń na minutę. Proces adaptacji utożsamiany jest z intensywniejszym napięciem nerwu błędnego, który spowalnia wzrost napięcia układu współczulnego podczas wysiłku fizycznego i reguluje zakres i rytm pracy serca. Przy dłuższej kontynuacji programu treningowego objawia się to zmianami na poziomie strukturalnym i funkcjonalnym układu sercowo-naczyniowego. Czas adaptacji zależy od czynników, takich jak: rodzaj, objętość, intensywność wysiłku, a także cech indywidualnych ćwiczącego między innymi proporcji włókien mięśniowych²⁶.

Kontrola stężenia mleczanu przed treningiem i po treningu wykonana ponownie w szóstym tygodniu treningu eksperymentalnego wykazała, że zarów-

24 Bloomer R.J. 2005: *Energy cost of moderate-duration resistance and aerobic exercise*. The Journal of Strength & Conditioning Research 19(4): 878-882.

Hawkins S., Wiswell R. 2003: *Rate and mechanism of maximal oxygen consumption decline with aging: implications for exercise training*. Sports Medicine 33(12): 877-888.

25 Govindasamy D., Paterson D.H., Poulin M.J., Coughlin D.A. 1992: *Cardiorespiratory adaptation with short term training in older men*. European Journal Of Applied Physiology And Occupational Physiology 65(3):203-208.

26 Dickuth H-H., Röcker K., Mayer F., König D., Korsten-Reck U. 2004: *Endurance training and cardiac adaptation (athlete's heart)*. Herz 29(4): 373-380.

Huonker M., Halle M., Keul J. 1996: *Structural and functional adaptations of the cardiovascular system by training*. International Journal of Sports Medicine 17(3): 164-172.

no przed wysiłkiem jak i po wysiłku stężenie mleczanu wzrosło w porównaniu do wartości z pierwszego tygodnia ćwiczeń. Akumulacja mleczanu we krwi może wynikać ze zbyt dużych obciążeń, jakim został poddany organizm ćwiczących. Warto tu zauważyć, że wartości stężenia mleczanu w tygodniach, kiedy dokonano pomiaru, są wyższe od przyjętych za spoczynkowe. Można przypuszczać, że osobnicy biorący udział w eksperymencie musieli dzielić proces treningowy z regularną pracą zawodową lub nauką w szkole i nie byli w stanie w pełni się zregenerować po wykonanych jednostkach treningowych. Poziom stężenia mleczanu charakterystyczny jest dla danego rodzaju wysiłku, którego intensywność i czas trwania determinują jego odpowiednią wartość²⁷. Sozański podkreśla, że poziom stężenia mleczanu nie zależy tylko od poziomu wytrenowania organizmu, ale i wielu innych czynników, np. stanu zdrowia, rodzaju żywienia, fazy treningu, warunków otoczenia, fazy biorytmu i innych. Otrzymane wyniki tego rodzaju pomiarów powinny być zawsze poddawane krytycznej analizie trenera i racjonalnie interpretowane²⁸. Trening amatora sportowca często jest podporządkowany czynnościom dnia codziennego, które wymagają od organizmu wysiłku. Może to rzutować na wartości pomiarów stężenia mleczanu, jednocześnie ukazując realia codziennej pracy treningowej zawodnika. Dla dokładniejszego określenia poziomu uszkodzeń mięśni oraz stanu ich regeneracji wskazane byłoby wykonanie pomiaru kinazy kreatynowej.

WNIOSKI

1. Zaproponowany program treningowy przebiega na wysokim poziomie intensywności, na co wskazuje zarejestrowany pomiar częstości skurczów serca oraz stężenie mleczanu we krwi.
2. Zrealizowany projekt badawczy z wykorzystaniem treningu obwodowego o charakterze siłowo-wytrzymałościowym wpływa korzystnie na podstawowe parametry fizjologiczne; spadek średniej i maksymalnej częstości skurczów serca, zmniejszenie wydatku energetycznego podczas treningu, spadek stężenia mleczanu po treningu oraz przyspieszenie restytucji powysiłkowej.

27 Figueira T.R., Caputo F., Pelarigo J.G., Denadai B.S. 2008: *Influence of exercise mode and maximal lactate-steady-state concentration on the validity of OBLA to predict maximal lactate-steady-state in active individuals*. Journal of Science and Medicine in Sport 11(3): 280-286.

28 Sozański H. 1995: *Koncepcja rejestracji i analizy obciążeń treningowych*. W: Sozański H., Śledziewski D. (red.): *Obciążenia treningowe, dokumentowanie i opracowywanie danych*. Wydawnictwo COS Warszawa.

Realizacja intensywnego treningu siłowego w formie obwodowej może stanowić alternatywę dla treningów siłowych (metodą kulturystyczną) oraz wytrzymałościowych (metody ciągłe o niskiej intensywności).

Zaproponowana forma treningu może być przykładem aktywności fizycznej o znacznych walorach prozdrowotnych.

PIŚMIENNICTWO

1. Ambroży D., Ambroży A., 2010. *Fitness w kulturze fizycznej*, Kraków.
2. Ambroży T. 2004: *Trening holistyczny metodą kompleksowej uprawy ciała*. Wydawnictwo EAS, Kraków.
3. Bloomer R.J. 2005: *Energy cost of moderate-duration resistance and aerobic exercise*. The Journal of Strength & Conditioning Research 19(4): 878-882.
4. Caspersou C., Powel K., Chrostensou G., *Physical activity, exercise and physical fitness: definitions and distinctions for health*, Public Health Reports 1985.
5. Cempla J., Mleczko E. 1989: *Badania zależności między objętością, strukturą i dynamiką obciążeń treningowych biegaczy, a rozwojem sportowym i reakcjami fizjologicznymi na wysiłek fizyczny o różnej mocy*. Wydawnictwo AWF Kraków.
6. Dickuth H-H., Röcker K., Mayer F., König D., Korsten-Reck U. 2004: *Endurance training and cardial adaptation (athlete's heart)*. Herz 29(4): 373-380.
7. Figueira T.R., Caputo F., Pelarigo J.G., Denadai B.S. 2008: *Influence of exercise mode and maximal lactate-steady-state concentration on the validity of OBLA to predict maximal lactate-steady-state in active individuals*. Journal of Science and Medicine in Sport 11(3): 280-286.
8. Fiński O., Kocjasz J. 1961: *Metoda stacyjna w treningu kondycyjnym specjalistycznym*. Kultura Fizyczna 14(9): 620-630.
9. Gotshalk L.A., Berger R.A., Kraemer W.J. 2004: *Cardiovascular Responses to a High-Volume Continuous Circuit Resistance Training Protocol*. Journal of Strength & Conditioning Research 18(4): 760-764.
10. Govindasamy D., Paterson D.H., Poulin M.J., COUNINGHAM D.A. 1992: *Cardiorespiratory adaptation with short term training in older men*. European Journal Of Applied Physiology And Occupational Physiology 65(3):203-208.
11. Hawkins S., Wiswell R. 2003: *Rate and mechanism of maximal oxygen consumption decline with aging: implications for exercise training*. Sports Medicine 33(12): 877-888.

12. Hübner- Woźniak E., Lutosławska G. 2000: *Podstawy biochemii wysiłku fizycznego*. Wydawnictwo COS.
13. Huonker M., Halle M., Keul J. 1996: *Structural and functional adaptations of the cardiovascular system by training*. International Journal of Sports Medicine 17(3): 164-172.
14. Kirsch A. 1963: *Trening Obwodowy - Circuit Training*. Kultura Fizyczna 16(5/6): 350-355.
15. Korczak C., Leowski J., *Problemy higieny i ochrony zdrowia*, Warszawa 1977.
16. Kruszewski M., Kępa G., Merda W. 1997: *Trening kulturyistyczny w okresie przygotowawczym*. Zeszyty Naukowo- Metodyczne. Wydawnictwo AWF Warszawa.
17. La Torre A., Vernillo G., Fiorella P., Mauri C., Agnello L. 2009: *Combined endurance and resistance circuit training in highly trained/top-level female race walkers: a case report*. Sport Sciences for Health 4(3): 51-58.
18. McMurray A.M. 1987: *The effect of massage on blood lactate levels following a maximal treadmill run*. Thesis (M.A.) University of Northern Iowa.
19. Pate R.R., Branch J.D. 1992: *Training for endurance sport*. Medicine & Science in Sports & Exercise 24(9): 340-343.
20. Roniker A. 1987: *Kwas mlekowy a wysiłek fizyczny*. Wydawnictwo Instytut Sportu Warszawa.
21. Sozański H. 1995: *Koncepcja rejestracji i analizy obciążeń treningowych*. W: Sozański H., Śledziewski D. (red.): *Obciążenia treningowe, dokumentowanie i opracowywanie danych*. Wydawnictwo COS Warszawa.
22. Sozański H. 1999: *Podstawy teorii treningu sportowego*. Wydawnictwo COS, Warszawa.
23. Szopa J., Mleczko E., Żak S. 1996: *Podstawy Antropomotoryki*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa – Kraków.
24. Tabata I., Nishimura K., Kouzaki M., Hiray I., Ogita F., Miyachi M., Yamamoto K. 1996: *Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO2 max*. Medicine & Science in Sports & Exercise 28(10): 1327-1330.
25. Trzaskoma Z., Trzaskoma Ł. 2001: *Kompleksowe zwiększanie siły mięśniowej*. Wydawnictwo COS, Warszawa.
26. Ulatowski T. 1981.: *Teoria i metodyka sportu*. Wydawnictwo Sport i Turystyka Warszawa.

27. Wolański N. 2006: *Rozwój biologiczny człowieka*. Wydawnictwo PWN Warszawa.
28. Wolkow N.I. 1972: *Fizjologiczna charakterystyka pracy powtórzeniowej przy różnych wartościach tętna*. Sport Wyczynowy 4(92): 12-15.



DR HAB. TADEUSZ AMBROŹY PROF. NADZW. Wydział wychowania Fizycznego i Sportu, Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie

DR HAB. DARIUSZ MUCHA PROF. NADZW. Wydział wychowania Fizycznego i Sportu, Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie

DR MATEUSZ NOWAK, trener personalny, działalność gospodarcza

DR DOROTA AMBROŹY, Wydział wychowania Fizycznego i Sportu, Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie

MGR TERESA MUCHA, nauczyciel wychowania fizycznego, instruktor gimnastyki korekcyjnej