

Wpływ zbilansowania diety na skład ciała i zdolności wysiłkowe rekreacyjnych biegaczy długodystansowych

Effect of diet balancing on body composition and physical performance in recreational long-distance runners

KRZYSZTOF DURKALEC-MICHALSKI, ANNA BARANIAK, JAN JESZKA

Katedra Higieny Żywnienia Człowieka, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Wprowadzenie. Sposób żywienia i związany z dietą stan odżywienia organizmu mogą istotnie wpływać na wydolność fizyczną w dyscyplinach wytrzymałościowych.

Cel. Ocena wpływu zbilansowania diety na skład ciała i zdolności wysiłkowe wybranej grupy osób uprawiających dyscypliny biegowe.

Materiały i metody. Badaniami o charakterze otwartym objęto grupę 14 amatorskich biegaczy (6 kobiet i 8 mężczyzn), w wieku od 22 do 35 lat. Procedury badawcze prowadzono w dwóch 30-dniowych cyklach, w trakcie których badani stosowali dietę zwyczajową i zbilansowaną. Analizę składu ciała wykonano metodą impedancji bioelektrycznej. Ocenę wydolności aerobowej oznaczono za pomocą testów o wzrastającej intensywności, z wykorzystaniem przenośnego ergospirometru Cosmed K4b². Sposób żywienia zawodników oceniono metodą bieżącego notowania. Wpływ sposobu żywienia na zdolności wysiłkowe badanych weryfikowano także w oparciu o specyficzne próby terenowe – test biegowy na dystansie półmaratońskim.

Wyniki. Średni pobór energii w zwyczajowej diecie badanych osób był niższy (2148 ± 535 kcal) w odniesieniu do zapotrzebowania (2800 ± 707 kcal). Stwierdzono także niskie spożycie węglowodanów (53%*en*) oraz deficytową podaż składników mineralnych [Ca, K i Fe (u kobiet)], witamin (A, D, E, C, foliany) i płynów (1300-1900 ml). Zastosowane indywidualnie zbilansowanej diety wpłynęło na istotne zmniejszenie poziomu tkanki tłuszczowej ($\sim -1,2$ kg, $p < 0,003$). Uwagę zwraca również fakt statystycznie nieistotnych, lecz zauważalnych zmian czasu pokonania półmaratońskiego testu biegowego ($\sim -1,6$ min), obniżenia maksymalnej częstości skurczów serca w trakcie tego biegu (z 184 na 180 bpm), a także poprawy potencjału tlenowego – związanej ze wzrostem $VO_2\max$ ($\sim +1,0$ ml/kg/min) i HR_{VT} ($\sim +2,6$ bpm).

Wnioski. Zastosowanie interwencji żywieniowej wpływa korzystnie na obniżenie poziomu tkanki tłuszczowej. Modyfikacja sposobu żywienia wydaje się również korzystnie wspomagać wzrost adaptacji organizmu do wysiłku fizycznego. Uzyskane wyniki wskazują zatem na zasadność zastosowania zindywidualizowanego zbilansowania diety u osób uprawiających biegi wytrzymałościowe.

Słowa kluczowe: *żywnienie, stan odżywienia, wydolność fizyczna, wytrzymałość, sport*

Introduction. Nutrition and the diet-associated nutritional status of the organism can substantially affect physical capacity in endurance sports.

Aim. The assessment of the influence of balancing the diet on body composition and physical performance of a selected group of runners.

Material & Method. The research involved a group of 14 amateur runners (6 women and 8 men), aged between 22-35 years. The test procedures were carried out in two 30-day cycles, during which the subjects used a customary and a balanced diet. Body composition was analyzed by electrical bioimpedance. Aerobic capacity was determined by exercise tests of increasing intensity, with an ergospirometer. The dietary practices were assessed based on the ongoing record of food and liquids consumption. The impact of dietary intervention on physical capacity was verified also on the basis of a running test of a half-marathon distance.

Results. The energy consumption in the customary diet was lower (~ 2148 kcal) than the demand (~ 2800 kcal). Moreover, low consumption of carbohydrates was stated (53%*en*), as well as an inadequate supply of minerals [Ca, K and Fe (in women)], vitamins (A, D, E, C, folate) and liquids (1300-1900 ml). An individually balanced diet significantly influenced the reduction of fat mass (~ -1.2 kg, $p < 0,003$). Also important was the fact of statistically insignificant, but noticeable changes in the time of completing the half-marathon running test (~ -1.6 min), decrease of the maximum heart rate in the course of this run (from 184 on 180 bpm), as well as improvement of the aerobic adaptation (increase of $VO_2\max$ and HR_{VT} on average: $+1.0$ ml/kg/min and $+2.6$ bpm).

Conclusions. The application of dietary intervention is beneficial for lowering the level of fat mass and preserving lean body mass. The alteration of dietary practices is also favorably improving the adaptation of the organism to physical effort. The achieved results indicate the validity of application of an individualized balanced diet in people practicing endurance running.

Key words: *nutrition, nutritional status, physical capacity, endurance, sport*

Wprowadzenie

Właściwy sposób żywienia jest jednym z najważniejszych czynników wpływających na wydolność fizyczną osób aktywnych fizycznie [1, 2]. Kluczowym zadaniem w żywieniu sportowców jest więc takie skomponowanie diety, aby w sposób racjonalny zaspokoić zwiększone zapotrzebowanie organizmu. Nieprawidłowy bilans energetyczny, a także niedobór lub nadmiar poszczególnych składników pokarmowych mogą prowadzić do zmniejszenia zdolności wysiłkowych oraz grozić wystąpieniem zaburzeń stanu zdrowia [3-6]. Skuteczna strategia żywienia wymaga także uwzględnienia właściwej proporcji składników odżywczych. Niestety często zapominają o tym zarówno trenerzy, jak i sportowcy, spożywający w niektórych przypadkach żywność wysokoprzetworzoną, typu fast-food lub stosujący różnego rodzaju diety alternatywne [7].

W przypadku dyscyplin wytrzymałościowych efektywność wysiłku jest w dużym stopniu zależna od właściwej podaży węglowodanów [1, 2, 8-10]. Spożycie tych makroskładników wpływa m.in. na opóźnienie wystąpienia symptomów zmęczenia, wspomaganie zwiększenia skuteczności treningu i efektywności procesów odnowy [9-10]. Wysiłek o charakterze wytrzymałościowym stymuluje również szlaki kinazy AMPK i syntezę białek enzymatycznych w mitochondriach, a także może prowadzić do wykorzystania aminokwasów jako alternatywnego źródła energii [8-9]. Z tego względu istotne jest w tych dyscyplinach dostarczenie odpowiedniej ilości białek – niezbędnych w procesach odnowy i osiągnięciu surperkompensacji wysiłkowej [1,13].

W racjonalnej diecie sportowca istotną rolę odgrywa również zachowanie zbilansowanej podaży witamin i składników mineralnych, uczestniczących w wielu procesach energetycznych, naprawczych i antyoksydacyjnych, a także syntezie hemoglobiny i mineralizacji kości [5, 6, 14].

Cel

Mając na względzie znaczenie właściwego sposobu żywienia w sporcie, celem pracy była ocena wpływu zindywidualizowanego zbilansowania i racjonalizacji diety na skład ciała oraz wydolność fizyczną wybranej grupy amatorskich biegaczy długodystansowych.

Materiały i metody

Badania miały charakter otwarty. Uczestniczyło w nich 14 amatorskich biegaczy – ochotników (6 kobiet i 8 mężczyzn), w wieku od 22 do 35 lat. Kryteriami kwalifikującymi do badań były m.in. zaświadczenie o zdolności do uprawiania sportu, co najmniej 3-letni staż treningowy oraz wykonywanie minimum 3 jedno-

stek treningowych w tygodniu, związanych z uprawianą dyscypliną sportu. Jednym z wymogów było wykonywanie wysiłków fizycznych przez cały okres badawczy, ze zbliżoną specyfiką wysiłkową. Ponadto wszyscy badani deklarowali również ściśle stosowanie się do żywieniowych zaleceń udzielonych przez Autorów pracy oraz twierdzili, że w trakcie procedur badawczych nie zmieniali w sposób znaczący swojego stylu życia i nie stosowali jakichkolwiek suplementów i odżywek.

Procedury badawcze – prowadzone przed i po 30-dniowym stosowaniu diety zwyczajowej i badanej – wykonano w Pracowni Testów Wysiłkowych Zakładu Dietetyki w Katedrze Higieny Żywienia Człowieka na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu. Testy biegowe prowadzono z kolei na trasie zlokalizowanej wokół jeziora Maltańskiego w Poznaniu.

Pomiar masy i wysokości ciała badanej grupy sportowców wykonano przy użyciu wagi lekarskiej z antropometrem typu WPT 60/150 OW firmy RADWAG® (Polska). Ocenę składu ciała przeprowadzono metodą bioimpedancji elektrycznej z wykorzystaniem analizatora Bodystat 1500 (Wielka Brytania) [15, 16]. W badaniach stosowano ściśle procedury, dotyczące zachowania właściwych warunków pomiarowych [17, 18]. Badania wykonywano w stanie „na czczo”, o godzinach porannych, w temperaturze 21-22°C. Biegacze w ciągu 24 godzin przed pomiarem zobowiązani byli do powstrzymania się od wszelkiej aktywności fizycznej, a także nie mogli spożywać napojów i środków pobudzających, alkoholowych oraz o działaniu diuretycznym.

Ocenę wydolności aerobowej sportowców, opartą na oznaczeniu poziomu maksymalnego poboru tlenu ($VO_2\max$) i progu wentylacyjnego (VT), przeprowadzono za pomocą próby czynnościowej o wzrastającej intensywności, na cykloergometrze Kettler X1 (Niemcy), z uwzględnieniem zalecanych procedur [19-21]. Wysiłek testowy rozpoczynano od obciążenia rzędu 50 W u kobiet oraz 75 W u mężczyzn, które co 1,5 minuty było zwiększane o 25 W. W trakcie prowadzenia testów wskaźniki oddechowe rejestrowano z wykorzystaniem przenośnego ergospirometru K4b² (Cosmed, Włochy) i programu komputerowego Cosmed CPET Software Suite (ver. 9.1b, 2010).

Sposób żywienia biegaczy oceniono metodą bieżącego notowania z siedmiu kolejnych dni, z wykorzystaniem programu komputerowego Dieta 5.0 i „Albumów fotografii produktów i potraw” [22]. Uzyskane wyniki porównano z właściwymi rekomendacjami [1, 23, 24].

Wpływ interwencji żywieniowej na zdolności wysiłkowe badanych weryfikowano także w oparciu o specyficzne próby terenowe – test biegowy, polegający na ocenie czasu przebiegnięcia dystansu półmaratońskiego (21 km i 97,5 metra) podczas zorganizo-

wanych dla uczestników badań zawodów sportowych, a także prowadzonej w trakcie ich trwania rejestracji częstości skurczów serca (Polar RS 400, Finlandia).

Po wykonaniu 1. serii badań, obejmującej wszystkie procedury badawcze przez 30 dni prowadzono szczegółowy zapis zwyczajowego sposobu żywienia i aktywności fizycznej. Oszacowano także zindywidualizowane wydatki energetyczne badanych, za pomocą 48-godzinowego monitoringu częstości skurczów serca (Polar RS 400, Finlandia; ergospirometr Cosmed K4b², Włochy) [25]. Po miesiącu stosowania diety zwyczajowej wykonano ponownie wszystkie procedury badawcze, co pozwoliło na ocenę wpływu typowego dla badanej grupy sposobu żywienia m.in. na skład ciała i zdolności wysiłkowe. Następnie przez kolejne 30 dni biegacze stosowali przygotowaną przez autorów dietę – zindywidualizowaną i dostosowaną m.in. do oszacowanych u każdego badanego wydatków energetycznych oraz zbilansowaną pod kątem udziału głównych makroskładników diety, podaży płynów i pokryciu zapotrzebowania na witaminy i składniki mineralne w ilości odpowiadającej co najmniej RDA. Biegacze byli także w tym okresie zobowiązani do zachowania zbliżonej specyfiki treningowej, jaka miała miejsce w pierwszym okresie badań. Po zakończeniu tego okresu ponownie wykonano wszystkie stosowane procedury badawcze.

Analizy statystyczne wykonano za pomocą pakietu Statistica 9.0 (StatSoft, Polska, 2011). Z powodu ograniczonej liczebności badanej grupy, jak i konieczności zachowania właściwej czytelności prezentowanych wyników, uzyskane w niniejszej pracy dane przedstawiono jako średnie arytmetyczne i odchylenia standardowe, bez rozdziału w zależności od płci. W celu określenia normalności rozkładu zastosowano test Shapiro-Wilka. Określenie istotności różnic wykonano w oparciu o testy parametryczne (testy-T) i nieparametryczne (test U Manna-Whitneya i test kolejności par Wilcoxon). Na przeprowadzenie niniejszych badań uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej przy Uniwersytecie Medycznym im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu nr 331/14 z dnia 8 maja 2014 r. Praca została sfinansowana ze środków statutowych Katedry Higieny Żywienia Człowieka.

Wyniki

W badaniach uczestniczyły osoby uprawiające treningi biegowe przez $4,6 \pm 2,5$ lat, o wysokiej bądź umiarkowanej wydolności fizycznej, wykonujące wysiłki treningowe o średniej długości 7 godzin (od 5 do 10 godzin) tygodniowo (tab. I).

Podaż energii w ocenianych racjach pokarmowych zarówno u kobiet (1794 ± 306 kcal), jak i mężczyzn (2502 ± 535 kcal) była niższa od ich indywidualnego zapotrzebowania, wyznaczonego na podstawie 48-godz. oszacowania całodobowych wydatków energetycznych

(tab. II). Uwagę zwraca fakt, że udział węglowodanów w diecie zwyczajowej był niższy (~53% energii) od poziomu rekomendowanego dla sportowców uprawiających dyscypliny wytrzymałościowe (tab. III). Ponadto zwyczajowa dieta biegaczy okazała się także deficytowa pod względem podaży wielu składników mineralnych [Ca, K i Fe (u kobiet)], witamin (A, D, E, C, foliany), a także poboru płynów (1300-1900ml) (tab. III).

Tabela I. Charakterystyka badanej grupy osób uprawiających treningi biegowe

Wskaźnik	±SD
Wiek (lata)	27,5±3,7
Wysokość ciała (cm)	175±9
Doświadczenie sportowe (lata)	4,6±2,5
Długość treningów w tygodniu (h)	7,0±1,9
Całodobowy wydatek energetyczny (kcal/dobę)	2800±707

MC – masa ciała; FFM – beztuszczowa masa ciała; FM – tkanka tłuszczowa

Tabela II. Wydatki energetyczne i pobór energii w dziennych racjach pokarmowych diety zwyczajowej i badawczej w zależności od płci

Energia	Kobiety	Mężczyźni
Wydatki energetyczne (kcal)	2305±133	3307±110
Wartość energetyczna diety (kcal)	dieta zwyczajowa 1795±306	2502±535
	dieta badawcza 2260±53	3249±118

Tabela III. Pobór energii, podstawowych składników odżywczych oraz płynów w dziennych racjach pokarmowych diety zwyczajowej i badawczej

Składnik	Dieta Zwyczajowa	% Normy	Dieta Badawcza	% Normy
Energia (kcal)	2148±535	76,9	2755±524	98,4
Białko ogółem (g)	92,1±23,8	103	106,2±23,7	116
Białko (E%)	17,6±2,8	117	15,3±1,4	102
Tłuszcze ogółem (g)	73,3±33,0	93,7	82,3±17,0	105
Tłuszcz (E%)	29,4±7,9	117	26,0±1,8	104
Węglowodany ogółem (g)	302±72	69,8	444±82	103
Węglowodany (E%)	53,0±8,0	88	58,7±2,3	98
Błonnik (g)	24,5±5,0	61,3	50,2±9,7	126
Sód (mg)	2219±1008	148	1524±435	102
Potas (mg)	3512±549	74,7	5778±1001	123
Wapń (mg)	769±302	76,9	1025±185	103
Fosfor (mg)	1548±371	221	2331±482	333
Magnez (mg)	365±60	104	660±134	185
Żelazo (mg)	12,5±3,6	99,5	20,9±4,4	169
Cynk (mg)	12,5±4,1	132	17,4±3,8	182
Miedź (mg)	1,3±0,3	149	2,4±0,5	265
Mangan (mg)	5,0±1,8	244	14,0±3,1	678
Witamina A (µg)	945±502	63,0	2123±631	142
Witamina D (µg)	2,7±2,3	54,4	5,1±6,1	103
Witamina E (mg)	8,3±3,1	92,5	22,1±4,2	245
Tiamina (mg)	1,4±0,6	114	2,4±0,5	195
Ryboflawina (mg)	1,8±0,6	153	2,4±0,6	201
Niacyna (mg)	19,2±5,4	129	28,0±8,0	186
Witamina B ₆ (mg)	2,4±0,4	164	4,1±0,7	273
Foliany (µg)	233±69	58,4	683±180	171
Witamina B ₁₂ (µg)	3,8±1,9	157	4,2±2,2	175
Witamina C (mg)	55,6±25,8	55,6	342±88,9	342
Woda/Płyny (ml)	1629±233	65,2	2500±0	100

Zastosowana zindywidualizowana dieta badawcza wpłynęła na istotne ($p < 0,003$) zmniejszenie masy ciała ($-1,6 \pm 0,9$ kg), co wynikało z redukcji poziomu tkanki tłuszczowej biegaczy ($-1,2 \pm 0,8$ kg, $p < 0,003$), przy jednoczesnym nieznacznym spadku beztłuszczowej masy ciała (tab. IV). Pomimo braku statystycznych istotności różnic, po stosowaniu diety badawczej zaobserwowano także blisko dwuminutową poprawę czasu pokonania półmaratońskiego testu biegowego ($\sim -1,6$ min), obniżenie w trakcie tego biegu maksymalnej częstości skurczów serca (z 184 na 180 bpm), a także zmiany ocenianego w próbach laboratoryjnych potencjału tlenowego – związane ze wzrostem VO_{2max} ($+1,0 \pm 4,6$ ml/kg/min) i HR_{VT} ($+3 \pm 4$ bpm).

Dyskusja

W dyscyplinach wytrzymałościowych wydolność fizyczna zależy m.in. od efektywności poboru, transportu i wykorzystania tlenu przez mięśnie, a także wielkości zasobów źródeł energetycznych, aktywności enzymatycznej, sprawności termoregulacji oraz nawodnienia organizmu [26-28]. Zgodnie z rekomendacjami dieta osób uprawiających dyscypliny biegowe powinna dostarczać 10-15% energii z białka, 20-25% energii z tłuszczów oraz 60-70% energii z węglowodanów [1, 10, 24]. Podaż energii w ocenianych zwyczajowych racjach pokarmowych badanej grupy biegaczy była bardzo zróżnicowana, a w niektórych przypadkach okazała się niewystarczająca do pokrycia całodobowych wydatków energetycznych. Zbliżone wyniki zaobserwował Tota i wsp. [29], którzy u biegaczy średnio- i długodystansowych stwierdzili niedostateczną podaż energii – średnio o 400 kcal w stosunku do zapotrzebowania, jak również podwyższony udział tłuszczu w diecie zawodników ($\sim 33-34\%$), przy niższym od rekomendacji spożyciu węglowodanów ($\sim 53-54\%$).

Zaobserwowana w niniejszych badaniach niska podaż witamin i składników mineralnych w diecie zwyczajowej sportowców wskazuje także, że osoby uprawiające dyscypliny biegowe mogą być zagrożone ryzykiem wystąpienia niedoborów pokarmowych. Podobne tendencje zauważono w badaniach Tota i wsp. [29]. Niedoborowe składniki mineralne w większości pokrywały się bowiem z tymi, jakie odnotowano w niniejszej pracy (m.in. Ca, K, Fe, wit. C i D). Wydaje się, że przyczyn tych niedoborów można upatrywać m.in. w niedostatecznym poborze energii, stosowaniu diet redukcyjnych, eliminacji lub niewielkiego spożycia niektórych produktów, bądź spożywania posiłków o niskiej gęstości odżywczej [5, 6, 14]. Z tego względu zastosowanie zindywidualizowanej diety umożliwiło pokrycie zapotrzebowania na witaminy i składniki mineralne. Należy także zauważyć, że przekroczona podaż niektórych witamin i składników mineralnych obserwowana w diecie badawczej jest w praktyce żywieniowej nieunikniona. Wynika ona bowiem ze zwiększenia wartości energetycznej diety i jednoczesnej rekomendowanej wysokiej podaży m.in. owoców, warzyw, przetworów mlecznych oraz produktów pełnoziarnistych i nisko przetworzonych. Ponadto, w przeciwieństwie do suplementacji tymi składnikami, ryzyko potencjalnej hiperwitaminozy wydaje się w tym przypadku niewielkie, ponieważ stopień wchłaniania i wydalania tych związków, po ich spożyciu w naturalnych produktach spożywczych jest efektywnie regulowany przez organizm.

Warto wskazać również na niski w stosunku do rekomendacji pobór płynów w diecie badanych osób, co zwłaszcza w dyscyplinach wytrzymałościowych może negatywnie rzutować na zdolności wysiłkowe [30, 31]. Czaja i wsp. [7] podkreślają, iż mniej niż połowa badanej grupy biegaczy długodystansowych zwracała uwagę na odpowiednią podaż płynów, a ilość wody dostarczanej w diecie była niewystarczająca do pokrycia faktycznego zapotrzebowania.

Tabela IV. Skład ciała, wydolność fizyczna i zdolności wysiłkowe badanej grupy biegaczy przed procedurą badawczą oraz po stosowaniu diety zwyczajowej i diety badawczej

Wskaźnik	T-0	DZ	Zmiany (DZ vs. T-0)	DB	Zmiany (DB vs. DZ)
MC (kg)	68,2±9,0	67,9±8,9	-0,3±1,0	66,3±8,9	-1,6±0,9*
FFM (kg)	54,2±9,4	54,1±9,2	0,1±0,7	53,7±9,0	-0,4±0,8
FFM (%)	79,2±5,7	79,4±5,7	0,2±0,6	80,8±5,2	1,4±1,0
FM (kg)	14,0±3,6	13,8±3,7	-0,2±0,6	12,6±3,3	-1,2±0,8*
FM (%)	20,9±5,7	20,6±5,7	-0,3±0,6	19,2±5,2	-1,4±1,0*
VO_{2max} (ml/kg/min)	50,0±5,5	50,7±5,0	0,7±2,8	51,7±5,9	1,0±4,6
HR_{VT} (bpm)	162±10	163±10	1±5	166±10	3±4
Obciążenie (W)	212±35	212±39	0	232±33	20±20
Czasy testu biegowego (min)	115±17	115±16	-0,2±3,2	113±15	-1,6±6,3
HR_{max} testu biegowego (bpm)	183±9	184±8	0±6	180±11	-4±8

* $p < 0,003$

T-0 – wyniki przed rozpoczęciem badań; DZ – dieta zwyczajowa; DB – dieta badawcza; MC – masa ciała; FFM – beztłuszczowa masa ciała; FM – tkanka tłuszczowa; VO_{2max} – maksymalny minutowy pobór tlenu; HR_{VT} – częstość skurczów serca przy progu wentylacyjnym

Należy przypomnieć, że zastosowana w ramach niniejszej pracy interwencja żywieniowa miała na celu weryfikację, czy zindywidualizowane zbilansowanie sposobu żywienia m.in. pod kątem właściwej podaży energii, rekomendowanego udziału głównych makroskładników diety oraz pokrycia zapotrzebowania na płyny, witaminy i składniki mineralne u zdrowych i aktywnych fizycznie osób, uprawiających treningi biegowe wpływa na zmianę składu ciała i poprawę zdolności wysiłkowych. Jest to o tyle istotne, że podwyższona masa ciała, związana zwłaszcza z wysokim poziomem tkanki tłuszczowej, może prowadzić do znaczącego obniżenia sprawności układu krążeniowo-oddechowego, zmniejszenia zdolności motorycznych i wydolności organizmu [32]. Jej obniżenie, poprzez zmniejszenie zawartości tkanki tłuszczowej, przy zachowaniu beztłuszczowej masy ciała może z kolei znacząco wspomagać szybkość, dynamikę, wzrost potencjału wysiłkowego organizmu oraz efektywność wykorzystania tlenu przez mięśnie [33]. Zastosowana podczas badań dieta mogła zatem skutecznie wpłynąć na bardziej efektywne wykorzystanie substratów energetycznych, a co za tym idzie także redukcję poziomu tkanki tłuszczowej biegaczy przy niewielkim obniżeniu beztłuszczowej masy ciała. Warto nadmienić także, iż obserwowane nieistotne zmiany poziomu beztłuszczowej masy ciała badanych mogły wynikać z braku wysiłków o charakterze siłowym. Wytrzymałościowe treningi „tlenowe” nie stanowią bowiem dostatecznego bodźca do stymulacji rozwoju lub zachowania masy mięśniowej, zwłaszcza w przypadku istnienia ujemnego bilansu energetycznego [34]. Ponadto choć w niniejszej pracy nie analizowano zmian poziomu glikogenu autorzy pracy są skłonni wnioskować, że poprawa uzyskiwanych wyników w próbach wysiłkowych mogła w dużej mierze wynikać ze wzrostu stężenia tego substratu energetycznego, za sprawą zwiększenia podaży węglowodanów w diecie badanych (z 302 do 444 g). Powyższą tezę wydają się potwierdzać badania Shermana i wsp. [35], który zauważył znaczącą różnicę ilości zgromadzonego glikogenu mięśniowego

u biegaczy i kolarzy po zastosowaniu diety wysokowęglowodanowej (10 g CHO/kg_{gmc}), w stosunku do diety o średniej podaży węglowodanów (5 g CHO/kg_{gmc}).

Ponadto, w przypadku laboratoryjnych prób czynnościowych – wyniki wydolności tlenowej biegaczy wykazały typowy dla osób aktywnych fizycznie poziom adaptacji aerobowej. Choć zastosowana interwencja żywieniowa nie wpłynęła istotnie na zmiany potencjału tlenowego, należy jednak zauważyć, iż wartości te trudno w praktyce zmodyfikować znacząco u wytrenowanych osób dorosłych, zwłaszcza w tak krótkim czasie. Co więcej, w niniejszych badaniach zauważono, że zawodnicy o niższym początkowym poziomie VO₂max wykazują większą poprawę jego poziomu, aniżeli osoby z wyjściowo wysokimi wartościami tego wskaźnika. Może to zatem sugerować zarówno większą wrażliwość na stosowany bodziec treningowy, jak i właściwą modyfikację sposobu żywienia w tej grupie osób. Uwagę zwraca także fakt, że choć różnice czasu pokonania dystansu półmaratońskiego w testach biegowych nie wykazały istotności statystycznych, to skrócenie tego czasu po okresie stosowania diety badawczej należy jednak uznać za zjawisko wyjątkowo korzystne. W przypadku dyscyplin wytrzymałościowych nawet kilkunastosekundowa poprawa wyników może bowiem wpłynąć na zwycięstwo w zawodach sportowych, co wydaje się świadczyć o zasadności wprowadzenia modyfikacji dietetycznych związanych ze zbilansowaniem sposobu żywienia w tych konkurencjach sportu.

Wnioski

1. Zbilansowanie i racjonalizacja sposobu żywienia korzystnie wpływa na obniżenie poziomu tkanki tłuszczowej biegaczy.
2. Modyfikacja sposobu żywienia może korzystnie wspomagać wzrost adaptacji aerobowej i zdolności wysiłkowych.
3. Uzyskane wyniki wskazują na zasadność zastosowania zindywidualizowanej diety osób uprawiających biegi wytrzymałościowe.

Piśmiennictwo / References

1. Jeukendrup AE. Nutrition for endurance sports: marathon, triathlon, and road cycling. *J Sports Sci* 2011, 29(suppl 1): S91-S99.
2. Maughan RJ, Shirreffs SM. Nutrition for sports performance: issues and opportunities. *Proc Nutr Soc* 2012, 71(1): 112-119.
3. Wolinsky I. *Nutrition in Exercise and Sport*. CRC Press, Boca Raton (FL) 1998.
4. Benardot D. *Nutrition for serious athletes. An advanced guide to foods, fluids, and supplements for training and performance*. Human Kinetics, Champaign 2000.
5. Driskell J, Wolinsky I. Vitamins and trace elements in sports nutrition. *Sports Nutrition. Vitamins and Trace Elements*. CRC/Taylor & Francis, NY 2006: 323-331.
6. Lukaski HC. Vitamin and mineral status: effects on physical performance. *Nutr* 2004, 20: 632-644.
7. Czaja J, Lebidzińska A, Szefer P. Sposób żywienia i suplementacji diety reprezentantów Polski w biegach średnio- i długodystansowych w latach 2004-2005. *Rocz PZH* 2008, 59(1): 67-74.
8. Hawley JA, Burke LM, Phillips SM, et al. Nutritional modulation of training-induced skeletal muscle adaptations. *J Appl Physiol* 2011, 110(3): 834-845.

9. Jeukendrup AE. A step towards personalized sports nutrition: carbohydrate intake during exercise. *Sports Med* 2014, 44(suppl 1): S25-S33.
10. Jeukendrup AE. Carbohydrate intake during exercise and performance. *Nutr* 2004, 20: 669-677.
11. Lemon PWR. Protein and amino acid needs of the strength athlete. *Int J Sport Nutr* 1991, 2: 127-145.
12. Przepiórka M, Ziemiański Ś. Wpływ wysiłku fizycznego na zapotrzebowanie na białko. *Żyw Człow Metab* 1997, 3: 345-353.
13. Jaskólski A, Jaskólska A. Podstawy fizjologii wysiłku fizycznego z zarysem fizjologii człowieka. AWF, Wrocław 2006.
14. Volpe S. Vitamins, minerals and exercise. [in:] *Sports Nutrition: A Practice Manual for Professionals*. Dunford M (ed). American Dietetic Association, Chicago 2006: 61-63.
15. Lewitt A, Mądro E, Krupienicz A. Podstawy teoretyczne i zastosowania analizy impedancji bioelektrycznej (BIA). *Endokrynol Otyłość* 2007, 3(4): 79-84.
16. Moon JR. Body composition in athletes and sports nutrition: an examination of the bioimpedance analysis technique. *Eur J Clin Nutr* 2013, 67(suppl 1): 54-59.
17. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, et al. Bioelectrical impedance analysis-part I: review of principles and methods. *Clin Nutr* 2004, 23(5): 1226-1243.
18. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, et al. Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clin Nutr* 2004, 23(6): 1430-1453.
19. Åstrand PO, Rodahl K, Dahl H, et al. *Textbook of Work Physiology – 4th Edition. Physiological Bases of Exercise. Human Kinetics, Champaign* 2003.
20. Winter EM, Jones AM, Davison RCR, et al. *Sport and exercise physiology testing guidelines: vol. 1 Sport testing: The British Association of Sport and Exercise Sciences. Taylor and Francis e-Library, Abingdon* 2009.
21. Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ. A new method for detecting the anaerobic threshold by gas exchange. *J Appl Physiol* 1986, 60(6): 2020-2027.
22. Szponar L, Wolnicka K, Rychlik E. *Album fotografii produktów i potraw. IŻŻ, Warszawa* 2000.
23. Jarosz M. *Normy żywienia dla populacji polskiej – nowelizacja. IŻŻ, Warszawa* 2012.
24. American Dietetic Association, Dietitians of Canada, American College of Sports Medicine, et al. American College of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc* 2009, 41(3): 709-731.
25. Durkalec-Michalski K, Woźniewicz M, Bajerska J, et al. Comparison of accuracy of various non-calorimetric methods measuring energy expenditure at different intensities. *Hum Mov* 2013, 14(2): 161-167.
26. Saltin B. Rodzaje włókien w mięśni szkieletowym człowieka, ich charakterystyka i funkcje w czasie wysiłku. *Sport Wyczyn* 1976, 3-4.
27. Saltin B, Nazar K, Costill DL, et al. The nature of the training response; peripheral and central adaptations to one-legged exercise. *Acta Physiol Scand* 1976, 96(3): 289-305.
28. Malarecki I. *Zarys fizjologii wysiłku i treningu sportowego. Sport i Turystyka, Warszawa* 1973.
29. Tota Ł, Pilch W, Hodur M, et al. Assessment of diet of young medium- and long-distance runners. *Med Sportiva* 2013, 17(1): 18-23.
30. Bothorel BM, Follenius M, Gissinger R, et al. Physiological effects of dehydration and rehydration with water and acidic or neutral carbohydrate electrolyte solutions. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1997, 60: 209-216.
31. González-Alonso J, Mora-Rodríguez R, Below PR, et al. Dehydration markedly impairs cardiovascular function in hyperthermic endurance athletes during exercise. *J Appl Physiol* 1997, 82(4): 1229-1236.
32. Cureton KJ, Sparling PB. Distance running, performance and metabolic responses to running in men and women with excess weight experimentally equated. *Med Sci Sports Exerc* 1980, 12(4): 288-294.
33. Maughan RJ, Burke LM. *Żywienie a zdolność do wysiłku. Med Sportiva, Kraków* 2000.
34. Aceto C. *Everything you need to know about fat loss. Fundco, Adamsville (TN)* 2001.
35. Sherman WM, Doyle JA, Lamb DR, et al. Dietary carbohydrate, muscle glycogen, and exercise performance during 7 d of training. *Am J Clin Nutr* 1993, 57(1): 27-31.