

AKADEMIA WYCHOWANIA FIZYCZNEGO
IM. POLSKICH OLIMPIJCZYKÓW
WE WROCŁAWIU

Arkadiusz Matras

GWAŁTOWNA REDUKCJA MASY CIAŁA
A MAKSYMALNE MOŻLIWOŚCI SIŁOWE
ZAWODNIKÓW TRÓJBOJU SIŁOWEGO

Promotor:

dr hab. Artur Struzik, prof. AWF Wrocław

Promotor pomocniczy:

dr hab. Michał Czapla

WROCŁAW 2024

Spis treści

1.	WSTĘP	5
1.1.	Wprowadzenie.....	5
1.2.	Charakterystyka trójboju siłowego.....	6
1.3.	Rozwój siły mięśniowej	18
1.4.	Związek czynników żywieniowych z wynikami osiąganymi w trójboju siłowym.....	20
1.5.	Związek pocenia się z wynikami sportowymi	26
2.	CEL PRACY	28
2.1.	Założenia i cel pracy.....	28
2.2.	Pytania badawcze	29
3.	GRUPA BADANA I METODY BADAWCZE	30
3.1.	Grupa badana.....	30
3.2.	Metody badawcze	30
3.2.1.	Projekt eksperymentu	30
3.2.2.	Punkty końcowe	33
3.2.3	Maksymalne możliwości siłowe	34
3.2.4.	Ocena nawyków żywieniowych.....	34
3.2.6.	Ocena stylu życia.....	35
3.2.7.	Przymiotnikowa Skala Nastroju	36
3.2.8.	Skala Poziomu Odczuwanego Wysiłku	36
3.3.	Metody analizy statystycznej	37
4.	WYNIKI	39
4.1.	Statystyka opisowa badanych grup	39
4.2.	Nawyki żywieniowe	44

4.3. Procentowa utrata masy ciała	52
4.4. Gwałtowna redukcja masy ciała a maksymalne możliwości siłowe	53
4.5. Skład ciała a maksymalne możliwości siłowe	57
4.6. Gwałtowna redukcja masy ciała a odczuwanie wysiłku fizycznego	58
4.7. Gwałtowna redukcja masy ciała a skład ciała	62
4.8. Gwałtowna redukcja masy ciała a jakość diety	64
4.9. Styl życia a maksymalne możliwości siłowe	68
4.10. Dieta a maksymalne możliwości siłowe	71
4.11. Dieta a skład ciała	74
4.12. Gwałtowna redukcja masy ciała a UMACL	77
5. DYSKUSJA	80
5.1. Gwałtowna redukcja masy ciała a maksymalne możliwości siłowe	80
5.2. Gwałtowna redukcja masy ciała a subiektywne postrzeganie wysiłku	97
5.3. Gwałtowna redukcja masy ciała a UMACL	98
5.4. Dieta a możliwości siłowe	99
5.5. Skład ciała a maksymalne możliwości siłowe	104
5.6. Styl życia a maksymalne możliwości siłowe	107
6. WNIOSKI	109
7. PIŚMIENNICTWO	111
STRESZCZENIE	127
ABSTRACT	130
SPIS RYCIN	133
SPIS TABEL	134

WYKAZ SKRÓTÓW

1RM – maksymalne obciążenie, z którym można wykonać jedno powtórzenie danego ćwiczenia (ang. *one rep max*);

ACSM – Amerykańskie Kolegium Medycyny Sportowej (ang. *The American College of Sports Medicine*);

BHI – wskaźnik nawodnienia napojem (ang. *beverage hydration index*);

BP – wyciskanie leżąc (ang. *bench press*), jeden z trzech bojów w trójboju siłowym;

CMJ – skok pionowy z zamachem kończynami dolnymi i górnymi (ang. *countermovement jump*);

DL – martwy ciąg (ang. *deadlift*), jeden z trzech bojów w trójboju siłowym;

EKS – grupa eksperymentalna;

FFM – beztłuszczowa masa ciała (ang. *fat free mass*);

GAISF – Globalne Stowarzyszenie Międzynarodowych Federacji Sportowych (ang. *General Association of International Sports Federations*);

HLPCQ – Kwestionariusz Zdrowego Stylu Życia i Samokontroli (ang. *Healthy Lifestyle and Personal Control Questionnaire*);

ICC – współczynnik korelacji wewnątrzklasowej (ang. *intra-class correlation coefficient*);

IPF – Międzynarodowa Federacja Trójboju Siłowego (ang. *International Powerlifting Federation*);

IPF GL – punkty przyznawane w Międzynarodowej Federacji Trójboju Siłowego po odniesieniu do współczynników uwzględniających masę ciała (ang. *International Powerlifting Federation Good Lift*);

IPF GL BP – punkty przyznawane w Międzynarodowej Federacji Trójboju Siłowego po odniesieniu do współczynników uwzględniających masę ciała dla wyciskania leżąc (International Powerlifting Federation Good Lift Bench Press)

kcal – kilokalorie;

KON – grupa kontrolna;

ORS – doustny płyn nawadniający (ang. *oral rehydration solution*);

POMS – Profil Stanów Nastroju (ang. *The Profil of Mood States*);

PE – pobudzenie energetyczne;

PN – pobudzenie napięciowe;

RED-S – względny niedobór energii w sporcie (ang. *Relative Energy Deficiency in Sport*);

RPE - Poziomu Odczuwanego Wysiłku; (ang. *rating of perceived exertion*);

SQ – przysiad (ang. *squat*), jeden z trzech bojów w trójboju siłowym;

TH – ton hedonistyczny;

TOTAL – suma trzech największych uzyskanych bojów w trójboju siłowym;

UMACL - Przymiotnikowa Skala Nastroju (ang. *UWIST Mood Adjective Checklist*);

WADA – Światowa Agencja Antydopingowa (ang. *World Anti-Doping Agency*);

WHO – Światowa Organizacja Zdrowia (ang. *World Health Organization*).

1. WSTĘP

1.1. Wprowadzenie

Trójbój siłowy jest zaliczany do sportów siłowych, na który składają się trzy boje: przysiad, wyciskanie leżąc oraz martwy ciąg. Podczas zawodów, każdy z zawodników ma maksymalnie trzy podejścia do każdego z bojów, a za rezultat w trójboju (TOTAL) uznawana jest suma trzech największych, uzyskanych bojów zaliczanych zgodnie z zasadami ustalonymi przez federację organizującą zawody. Trójbój siłowy jest sportem z kategoriami wagowymi, co daje zawodnikom możliwość doprowadzenia do gwałtownej redukcji masy ciała w celu startowania w niższej kategorii wagowej. Tym samym, zawodnik utrzymujący na co dzień masę ciała 96 kg, który powinien startować w kategorii do 105 kg, doprowadzając w ciągu 3 – 7 dni do gwałtownej utraty 3 kg masy ciała, może wystartować w kategorii do 93 kg. Istnieje silny, dodatni związek między masą mięśniową a rezultatem w trójboju (Brechue i Abe 2002). Zasadniczo, w niższych kategoriach wagowych, zawodnik będzie startował z przeciwnikami osiągającymi potencjalnie niższy TOTAL. Daje mu to większą szansę osiągnięcia wyższej pozycji podczas zawodów.

Gwałtowna redukcja masy ciała trwa 3 – 7 dni i w przeciwieństwie do redukcji tkanki tłuszczowej, nie polega na utracie znaczących ilości nadmiaru tkanki tłuszczowej (Reale i wsp. 2017a). Podczas gwałtownej redukcji masy ciała, zawodnicy zmniejszają masę treści jelitowej i/lub glikogenu mięśniowego i/lub płynów zgromadzonych w organizmie, bez utraty tkanki tłuszczowej (lub z niewielką utratą tkanki tłuszczowej). Poprzez specyfikę trójboju siłowego, różne składowe procesy gwałtownej redukcji masy ciała mogą wpływać w różny sposób na TOTAL. Zmniejszenie zawartości treści jelitowej oraz glikogenu mięśniowego wydaje się nie mieć związku z siłą mięśniową a doprowadzenie do znacznego odwodnienia może wyraźnie i negatywnie wpłynąć na siłę mięśniową. Brakuje obecnie badań oceniających wpływ strategii łączenia różnych metod gwałtownej redukcji masy ciała (tj. jednoczesnego doprowadzania do zmniejszenia zawartości treści jelitowej, glikogenu mięśniowego oraz płynów w organizmie) na TOTAL. Mimo to, znacząca część zawodników trójboju siłowego stosuje proces gwałtownej redukcji masy ciała przed zawodami. W największej federacji trójboju siłowego, IPF (ang. *International Powerlifting Federation*) pomiar masy ciała zawodników odbywa się dwie godziny przed rozpoczęciem zawodów,

co daje zawodnikom możliwość regeneracji po pomiarze poprzez odpowiednio zaplanowane strategie nawodnienia i dostarczenia substratów energetycznych. Prawdopodobnie przeprowadzona strategia regeneracji może częściowo lub całkowicie odwrócić potencjalnie negatywne następstwa wynikających ze stosowania strategii doprowadzającej do gwałtownej redukcji masy ciała.

Celem pracy jest określenie, czy gwałtowna redukcja około 5% masy ciała z następującym okresem regeneracji spowoduje różnicę w maksymalnym poziomie zdolności siłowych zawodników trójboju siłowego.

1.2. Charakterystyka trójboju siłowego

Dyscypliny sportowe, których celem jest zwiększanie masy i siły mięśniowej zaliczamy do tzw. „sportów siłowych”. Do tej grupy sportów zaliczamy trójbój siłowy, strongman, kulturystykę czy armwrestling. Trójbój siłowy nie jest sportem olimpijskim. Na trójbój siłowy składają się trzy boje siłowe: przysiad (SQ, ang. *squat*), wyciskanie leżąc (BP, ang. *bench press*) i martwy ciąg (DL, ang. *deadlift*). Zwycięzcy są określanii na podstawie sumy trzech największych uzyskanych bojów, po jednym z SQ, BP i DL (TOTAL). Poprawne zaliczenie 200 kg w SQ, 150 kg w BP i 250 kg w DL skutkuje uzyskaniem TOTAL 600 kg. Każdy bój jest oceniany w odniesieniu do zasad ustalonych przez federację organizującą konkretne zawody. Istnieje około 70 federacji zrzeszających zawodników trójboju siłowego. Największą federacją, uznaną przez Globalne Stowarzyszenie Międzynarodowych Federacji Sportowych (GAISF, ang. *General Association of International Sports Federation*) i Międzynarodowy Komitet Olimpijski (IOC, ang. *International Olympic Committee*) jest IPF. W tej organizacji przepisy wykonania bojów są następujące:

1. SQ:

- a. *„Zawodnik staje twarzą do frontu pomostu. Sztanga spoczywa poziomo na barkach, dłonie i palce trzymają gryf. Dłonie mogą być położone gdziekolwiek na gryfie pomiędzy kolnierzami lub w kontakcie z wewnętrzną powierzchnią kolnierza.*
- b. *Po zdjęciu sztangi ze stojaków (zawodnikowi może pomóc w zdjęciu sztangi ze stojaków obsługa pomostu) zawodnik musi się cofnąć w celu przyjęcia postawy*

startowej. Gdy zawodnik jest nieruchomy, wyprostowany (niewielkie odchylenie jest dopuszczalne), z zablokowanymi kolanami i właściwie położoną sztangą, Sędzia Główny da sygnał do rozpoczęcia boju. Sygnał składać się będzie z ruchu ramienia w dół oraz słyszalnej komendy "Start". Przed otrzymaniem sygnału „start” zawodnik może poprawić pozycję w granicach przepisów, bez ukarania. Ze względów bezpieczeństwa zawodnika, jeśli po okresie pięciu sekund nie przyjmie prawidłowej pozycji do rozpoczęcia boju, to będzie proszony o odłożenie sztangi komendą „Odlóż”, razem ze wstecznym ruchem ramienia. Wtedy Sędzia Główny poda przyczynę braku sygnału do rozpoczęcia boju.

- c. Po otrzymaniu sygnału od Sędziego Głównego zawodnik ugina nogi w kolanach i obniża tułów do momentu, kiedy górna powierzchnia ud w stawie biodrowym znajdzie się niżej niż wierzchołki kolan. Dozwolona jest tylko jedna próba. Uważa się, że podejście jest rozpoczęte, gdy zawodnik odblokuje kolana.
- d. Zawodnik musi z tej pozycji powrócić do pozycji wyprostowanej z zablokowanymi kolanami. Podwójne odbicie w najniższym punkcie SQ lub jakikolwiek ruch w dół podczas wstawania jest niedozwolony. Gdy zawodnik znieruchomieje (w pozycji końcowej), Sędzia Główny da sygnał do odłożenia sztangi na stojak.
- e. Sygnał odłożenia sztangi na stojak polega na wstecznym ruchu ramienia oraz słyszalnej komendzie "stojak". Zawodnik musi odłożyć sztangę na stojaki. Poruszenie stopą po sygnale odłożenia sztangi na stojak nie będzie powodem do nieuznania boju. Ze względu na bezpieczeństwo zawodnik może prosić o pomoc obsługę pomostu w odkładaniu sztangi i umieszczeniu jej w stojakach. Podczas wykonywania tej czynności zawodnik musi pozostawać w kontakcie ze sztangą.”

2. BP:

- a. „Ławeczka do BP będzie tak ustawiona na pomoście, aby częścią przeznaczoną na głowę zwrócona była do przodu pomostu lub ustawiona pod kątem do 45 stopni. Sędzia Główny zajmuje pozycję od strony głowy zawodnika za ławeczką do BP.
- b. Zawodnik kładzie się na ławeczce tak, aby głowa, barki i pośladki dotykały jej powierzchni. Stopy muszą leżeć płasko na podłodze (tak płasko jak pozwala na to budowa buta). Dłonie i palce muszą trzymać sztangę leżącą w stojaku z kciukiem obejmującym gryf. Ta pozycja musi być zachowana podczas wykonywania boju.

Ruchy stóp są dopuszczalne, ale muszą dotykać całą powierzchnią podeszwy do pomostu. Włosy nie mogą ukrywać tyłu głowy podczas leżenia na ławeczce. Jury lub sędziowie mogą wymagać od zawodnika odpowiedniego ułożenia jego/jej włosów. Podczas przyjmowania pozycji do BP zawodnik nie może położyć stóp na ławce.

- c. Aby uzyskać pewne oparcie stóp zawodnik może skorzystać z talerzy lub bloków o płaskiej powierzchni nieprzekraczających 30 cm wysokości i minimalnym rozmiarze 60 x 40 cm, umieszczając je na powierzchni pomostu. Dla oparcia stóp winny być dostępne na wszystkich zawodach międzynarodowych bloki o wysokości 5, 10, 20 i 30 cm.*
- d. Nie więcej niż pięć i nie mniej niż dwie osoby obsługi pomostu powinno przebywać na pomoście w dowolnym czasie. Po samodzielnym przyjęciu pozycji zawodnik może poprosić o pomoc przy zdejmowaniu sztangi ze stojaków obsługę pomostu. Podanie sztangi może mieć miejsce jedynie do wyprostowanych rąk.*
- e. Rozstaw dłoni nie może przekroczyć 81 cm mierząc pomiędzy palcami wskazującymi (obydwa palce wskazujące muszą znajdować się w granicach 81 cm wyznaczonych przez zaznaczenie na gryfie i w całości muszą być w kontakcie z tym zaznaczeniem, jeśli stosowany jest maksymalny uchwyt). Użycie uchwytu odwrotnego jest zabronione.*
- f. Po zdjęciu sztangi ze stojaków, z pomocą obsługi pomostu lub bez niej, zawodnik powinien czekać z prostymi ramionami zablokowanymi w stawach łokciowych na sygnał Sędziego Głównego. Sygnał powinien być wydany wtedy, gdy zawodnik znieruchomieje ze sztangą trzymaną we właściwej pozycji. Ze względów bezpieczeństwa zawodnika, jeśli po okresie pięciu sekund nie przyjmie prawidłowej pozycji do rozpoczęcia boju, to będzie proszony o odłożenie sztangi komendą „Odlóż”, razem ze wstecznym ruchem ramienia. Wtedy Sędzia Główny. poda przyczynę braku sygnału do rozpoczęcia boju.*
- g. Sygnał do rozpoczęcia podejścia powinien składać się z ruchu ramienia do dołu i słyszalnej komendy "Start".*
- h. Po otrzymaniu sygnału, zawodnik opuszcza sztangę do klatki piersiowej lub na brzuch (sztanga nie może dotknąć pasa), przy czym spód obu stawów łokciowych*

jest obniżony do poziomu lub poniżej górnej powierzchni odpowiedniego stawu barkowego, przytrzymuje ją nieruchomo na klatce piersiowej, po czym Sędzia Główny da sygnał i słyszalną komendę „Góra!”. Zawodnik wyciska sztangę do prostych ramion zablokowanych w stawach łokciowych. Gdy zawodnik utrzyma nieruchomą pozycję, sędzia powinien wydać słyszalną komendę "Stojak" łącznie z wstecznym ruchem ramienia. Jeśli sztanga jest opuszczona na pas lub nie dotknęła klatki lub brzucha, Sędzia Główny da komendę „Stojak”.

3. DL:

- a. *„Zawodnik staje twarzą do frontu pomostu ze sztangą leżącą poziomo przed stopami zawodnika, następnie zawodnik chwyta gryf dowolnym uchwytem obiema rękami i podnosi sztangę, aż do pozycji wyprostowanej.*
- b. *Na zakończenie boju nogi muszą być wyprostowane w kolanach, a barki odciągnięte do tyłu.*
- c. *Sygnał Sędziego Głównego składa się z ruchu ramienia w dół i komendy „Opuść”. Sygnał nie zostanie wydany, dopóki sztanga nie będzie trzymana nieruchomo, a zawodnik nie osiągnie odpowiedniej pozycji.” (za: Kolegium Sędziów Trójboju Siłowego PZKFITS, 2023, 18-23).*

W trójboju siłowym wyróżnia się trójbój siłowy klasyczny i trójbój siłowy sprzętowy. W federacji IPF zawodnicy trójboju siłowego klasycznego, oprócz standardowego ubioru (obuwie, bielizna, koszulka), mogą używać podstawowego wyposażenia osobistego:

1. *„Kostium klasyczny, którego szelki muszą być noszone na barkach zawodnika przez cały czas we wszystkich bojach. Kostium musi spełniać następujące wymagania:*
 - a. *Kostium jest jednoczęściowy i dopasowany podczas noszenia, nie może być luźny.*
 - b. *Kostium musi być wykonany w całości z tkaniny lub materiału syntetycznego, niepomagającego zawodnikowi w wykonaniu któregokolwiek boju.*
 - c. *Materiał musi posiadać jednakową grubość, a w okolicy kroku dozwolona jest podwójna grubość z tego materiału o wymiarach do 12 cm x 24 cm.*
 - d. *Kostium musi posiadać nogawki o długości minimalnej 3 cm i maksymalnej 25 cm, licząc od środka kroku w dół, po wewnętrznej stronie nogawki, mierząc założony kostium stojącego zawodnika.*

2. *Pas, jeżeli jest on używany, to powinien być noszony na kostiumie. Pas musi spełniać następujące wymagania:*
 - a. *Główna część pasa powinna być wykonana ze skóry, winylu lub innego podobnego nierozciągliwego materiału, w postaci jednej lub kilku warstw, który może być sklejonny i/lub zszywany.*
 - b. *Pas nie może mieć żadnych dodatkowych wyściółek, wzmocnień czy wkładek z jakiegokolwiek materiału, zarówno na powierzchniach, jak i pomiędzy warstwami tworzącymi pas.*
 - c. *Sprzączka powinna być przymocowana z jednego końca pasa za pomocą nitów i/lub szwów.*
 - d. *Pas może posiadać klamrę z jednym lub dwoma bolcami lub wyposażoną w „szybko zwalnający się” mechanizm.*
 - e. *Szlufka powinna być przymocowana za pomocą nitów i/lub szwów w pobliżu sprzączki.*
3. *Nakolanniki będące cylindrami z neoprenu, mogą być noszone tylko na kolanach zawodnika w trakcie wykonywania dowolnego z bojów. Nakolanniki nie mogą być noszone czy używane na innej części ciała niż kolana i muszą spełniać następujące wymagania:*
 - a. *Nakolanniki muszą być wykonane w całości z jednej warstwy neoprenu lub głównie z pojedynczej warstwy neoprenu pokrytej niewspomagającą jednowarstwową tkaniną. Mogą być zeszyte z tkaniną i/lub neoprenem. Budowa nakolanników powinna być taka, aby znacząco nie pomagała i nie odbijała nóg zawodnika.*
 - b. *Maksymalna grubość nakolanników wynosi 7 mm a maksymalna długość 30 cm.*
 - c. *Nakolanniki nie mogą posiadać żadnych pasków, rzepów, sznurówek i podobnych pomagających dodatków wewnątrz lub na zewnątrz nakolanników. Nakolanniki muszą zachować cylindryczny kształt, bez otworów w neoprenie lub w pokrywającej go tkaninie.*
 - d. *W trakcie używania nakolanników przez zawodnika na zawodach, nie mogą one stykać się z kostiumem lub skarpetami i muszą być wyśrodkowane względem stawu kolanowego.*
4. *Bandáže na nadgarstki, które muszą spełniać następujące wymagania:*

- a. *Nie mogą przekraczać 1 m długości i 8 cm szerokości.*
- b. *Rękawy i zabezpieczające łąty/patki na rzepy muszą się zawierać w granicy jednego metra długości. Może być przyszyta pętla jako zabezpieczenie. Pętla ta nie może być założona na kciuk podczas wykonywanego boju.*
- c. *Standardowe handlowe bandaże, nie szersze niż 12 cm, mogą być używane. Łączenie bandażu na nadgarstki z bandażami handlowymi jest niedozwolone.*
- d. *Nadgarstek nie może być pokryty szerzej niż 10 cm powyżej i 2 cm poniżej środka stawu nadgarstkowego, a całość pokrycia nie będzie szersza niż 12 cm.”*

W trójboju siłowym sprzętowym można używać wymiennie podstawowego wyposażenia osobistego ze specjalistycznym wyposażeniem osobistym, jak:

1. *„Kostium specjalistyczny spełniający następujące wymagania:*
 - a. *Materiał kostiumu powinien być jednowarstwowy.*
 - b. *Kostium musi posiadać nogawki, o długości minimalnie 3 cm i maksymalnie 15 cm. Pomiaru dokonuje się w pozycji stojącej na zawodniku mającym założony kostium, od najwyższego punktu kroku w dół od wewnętrznej strony uda.*
 - c. *Wszelkie przeróbki kostiumu przekraczające podane szerokości, długości i grubości powodują, że kostium nie może być noszony podczas zawodów.*
 - d. *Mimo, że przeróbki (plisy, przeszycia, zakładki) będące formą zwężenia kostiumów i koszulek do BP nie czynią ich zabronionymi, to muszą być wykonane na oryginalnych szwach. Niefabryczne przeróbki zwężające kostiumy i koszulki nie są nielegalne, gdy wykonane są w formie plisy. Jednakże, plisy muszą być wykonane tylko na oryginalnych fabrycznych szwach. Plisy te muszą być wykonane do wewnątrz kostiumu lub koszulki. Jakikolwiek przeróbki w obszarach innych niż szwy fabryczne są nielegalne. Plisy, przeszycia, zakładki nie mogą być przyszywane do kostiumu lub koszuli.*
 - e. *Paski powstałe po zszyciu szelek kostiumu dłuższe niż 3 cm muszą być schowane pod kostiumem i nieprzyszyte do szelki. Nie więcej niż 3 cm takiego paska może wystawać na zewnątrz kostiumu. Szelki nie mogą być obcinane.*
2. *Koszulki specjalistyczne, które muszą spełniać następujące wymagania:*

- a. *Musi być wykonana w całości z tkaniny lub materiału syntetycznego i nie może posiadać żadnej części gumowanej lub wykonanej z podobnie rozciągliwego materiału. Nie może mieć wzmocnianych szwów, kieszeni, guzików, zamków błyskawicznych i inny niż okrągły kołnierz.*
 - b. *Musi posiadać rękawy. Rękawy muszą kończyć się poniżej mięśni naramiennych zawodnika i nie może nachodzić na łokieć zawodnika i poniżej. Rękawy nie mogą być podciągnięte lub zawinięte podczas startu zawodnika.*
3. *Bandaż na kolana, które muszą spełniać następujące wymagania:*
- a. *Bandaż na kolana nie powinny rozciągać się więcej niż 15 cm powyżej i 15 cm poniżej środka stawu kolanowego a całkowita ich szerokość nie powinna przekraczać 30 cm. Może być także zastosowany elastyczny ochraniacz rzepki, nieprzekraczający 30 cm długości.*
 - b. *Dozwolone są opaski na kolana zatwierdzone przez IPF. Łączenie obu jest absolutnie zabronione. Neopren jest dopuszczalny wyłącznie jako opaska w formie rękawa. Bandaże nie powinny się stykać ze skarpetami ani z kostiumem trójbojowym.” (za: Kolegium Sędziów Trójboju Siłowego PZKFITS, 2023, 11-18).*

Trójbój siłowy jest dyscypliną sportową z podziałem na kategorie wagowe. W federacji IPF pomiar masy ciała odbywa się na dwie godziny przed rozpoczęciem zawodów dla danej kategorii wagowej. Podział kategorii ze względu na masę ciała zawodników przedstawiony jest w tabeli 1.

Tabela 1. Podział na kategorie wagowe w trójboju siłowym

Płeć	Kategorie wagowe w federacji IPF	Kategorie wagowe w większości innych federacji trójboju siłowego
Kobiety	- do 43 kg (wyłącznie juniorki do 18 i 23 lat) - do 47 kg - do 52 kg - do 57 kg - do 63 kg - do 69 kg - do 76 kg - do 84 kg - powyżej 84 kg	- do 44 kg - do 48 kg - do 52 kg - do 56 kg - do 60 kg - do 67,5 kg - do 75 kg - do 82,5 kg - do 90 kg - powyżej 90 kg
Mężczyźni	- do 53 kg (wyłącznie juniorzy do 18 i 23 lat) - do 59 kg - do 66 kg - do 74 kg - do 83 kg - do 93 kg - do 105 kg - do 120 kg - powyżej 120 kg	- do 52 kg - do 56 kg - do 60 kg - do 67,5 kg - do 75 kg - do 82,5 kg - do 90 kg - do 100 kg - do 110 kg - do 125 kg - do 140 kg - powyżej 140 kg

Źródło: Opracowanie własne na podstawie *e-powerlifting.com*, data dostępu: 5.06.2023; Kolegium Sędziów Trójboju Siłowego PZKFITS, 2023

Jak podają Ball i Weidman (2018), w zawodach trójboju siłowego bierze udział więcej mężczyzn niż kobiet, a stosunek ich liczebności podczas zawodów wynosi 1,7:1. Jednocześnie, w trójboju klasycznym brało udział więcej zawodników niż w trójboju sprzętowym. Największy TOTAL osiągały osoby w wieku 24 - 49 lat. Kobiety rozwijały szczyt możliwości siłowych w młodszym niż mężczyźni wieku i w takim samym zaczynały pogarszać swoje rezultaty. Średni TOTAL kobiet wynosił 281,6 kg, a mężczyzn 461,3 kg. Kategorią wagową, w której startowało najczęściej mężczyzn była kategoria do 105 kg, a wśród kobiet do 72 kg (Ball i Weidman, 2018). Zawodnicy startujący w zawodach na

szczeblu krajowym i/lub międzynarodowym osiągnęli wyższy TOTAL od zawodników startujących w lokalnych zawodach (Latella i wsp., 2019).

W celu wyłonienia najlepszego zawodnika bez podziału na kategorie wagowe, podczas zawodów trójboju siłowego rozgrywana jest również kategoria open. Związek masy ciała z maksymalnymi możliwościami siłowymi nie jest liniowy (Cleather, 2006), dlatego w celu porównania zawodników z różnych kategorii wagowych korzysta się ze współczynników uwzględniających TOTAL oraz masę ciała.

Od 1.01.1997r. do 31.12.2018r. w federacji IPF obowiązywał współczynnik Wilks'a (Marksteiner 2019). W celu uzyskania współczynnika Wilks'a należy posłużyć się przedstawionym równaniem:

$$\text{Współczynnik Wilks'a} = \frac{600}{a+bx+cx^2+dx^3+ex^4+fx^5} \quad (1)$$

, gdzie x oznacza masę ciała, a (a), (b), (c), (d), (e), (f) są wartościami stałymi.

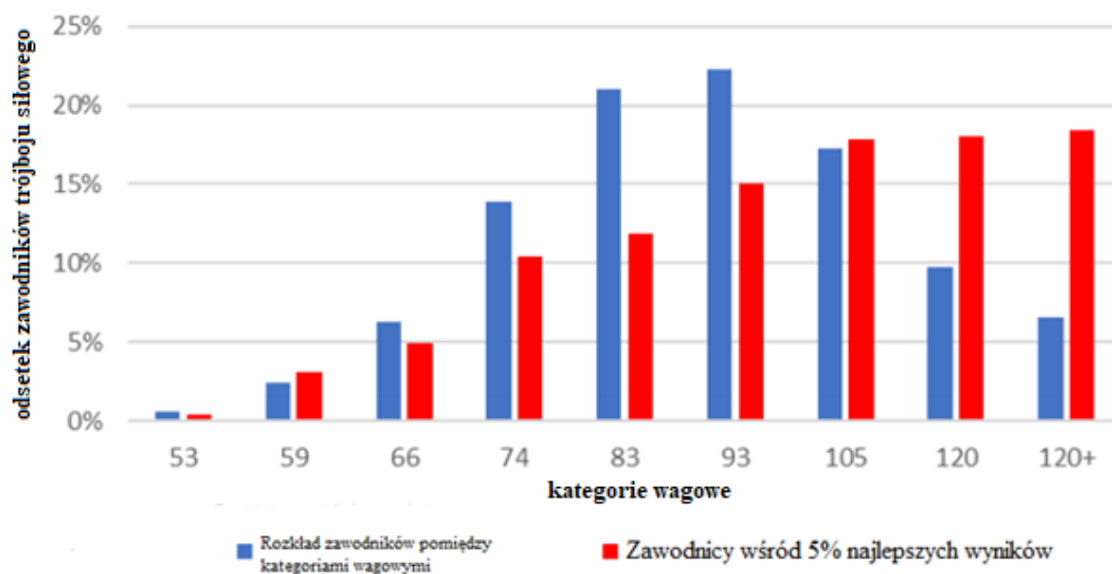
Do obliczania współczynnika Wilks'a używano wartości z tabeli 2.

Tabela 2. Wartości stałe używane do obliczania współczynnika Wilks'a

Współczynnik	Mężczyźni	Kobiety
a	47,46178854	-125,4255398
b	8,472061379	13,71219419
c	0,07369410346	-0,03307250631
d	-0,001395833811	-0,001050400051
e	$7,07665973070743 \times 10^{-6}$	$9,38773881462799 \times 10^{-6}$
f	$-1,20804336482315 \times 10^{-8}$	$-2,3334613884954 \times 10^{-8}$

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Marksteiner (2019)

Bezwzględna wartość punktów Wilks'a stanowi iloczyn współczynnika Wilks'a z TOTAL. Współczynnik Wilks'a faworyzował zawodników o większej masie ciała. W praktyce, zawodnicy z kategorii do 120 kg i powyżej 120 kg stanowili około 15% wszystkich zawodników biorących udział w zawodach, ale uzyskali aż 36% spośród 5% najlepszych wyników w historii obliczanych za pomocą współczynnika Wilks'a (rycina 1).



Rycina 1. Rozkład 5% najlepszych wyników trójboju siłowego z uwzględnieniem współczynnika Wilks'a, z podziałem na kategorie wagowe;

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Marksteiner (2019)

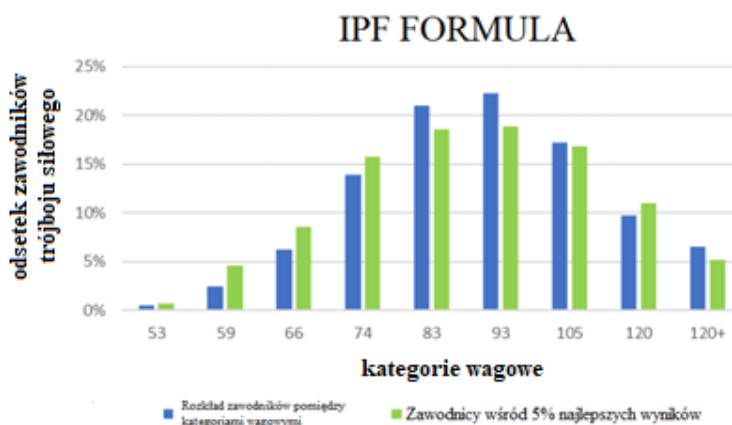
Dodatkowo Marksteiner (2019) wymienia następujące ograniczenia występujące przy obliczaniu współczynnika przez Wilks'a:

- Korzystanie z ograniczonej liczby danych. Przy opracowywaniu współczynnika Wilks'a korzystano z wyników mniej niż 200 zawodników z kategorii powyżej 120 kg, kiedy aktualnie liczba zawodników w kategorii powyżej 120 kg wynosi ponad 1200.
- Założenie, że maksymalna masa ciała zawodnika to 145 kg, kiedy aktualna średnia w kategorii 120+ wynosi 140 kg,
- Aktualnie, średnia masa ciała zawodniczek i zawodników jest 10-15 kg większa niż podczas tworzenia współczynnika Wilks'a (Marksteiner, 2019).

Zatem Marksteiner (2019) przedstawił propozycję zaktualizowania wskaźnika do porównywania względnej siły zawodników różnych kategorii wagowych – IPF Formula. Jest on stosowany zarówno przez mężczyzn, jak i kobiety uczestniczące w zawodach trójboju siłowego, zarówno klasycznego, jak i w sprzęcie oraz w klasycznym i sprzętowym wyciskaniu leżącym. Opracowano ją na podstawie analizy 20 000 najlepszych wyników z ostatnich kilku lat i ma zastosowanie zarówno w przypadku zawodników elitarnej klasy,

jak i osób startujących na niższym poziomie sportowym (Maiwald i Mayer, 2018).

W porównaniu z przelicznikiem Wilks'a, IPF Formula wykazuje zbliżony do normalnego rozkład 5% najlepszych zawodników wśród rozkładu pomiędzy kategoriami wagowymi (rycina 2).



Rycina 2. Porównanie rozkładu 5% najlepszych wyników w przeliczniku Wilks'a oraz IPF Formula z podziałem na kategorie wagowe;

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Marksteiner (2019)

Po czasie do IPF Formula wprowadzono poprawki i zmieniono nazwę na IPF Good Lift (IPF GL), która obowiązuje od 1 maja 2020 roku. Wskaźnik jest wyrażany w zdobytych punktach. IPF GL obliczany jest w następująco:

$$IPF\ Good\ Lift\ (pkt) = współczynnik\ IPF\ Good\ Lift \times TOTAL \quad (1)$$

Współczynnik IPF GL obliczany jest przy zastosowaniu następującego równania:

$$Współczynnik\ IPF\ Good\ Lift = \frac{100}{A - B \times e^{-C \times B_{wt}}} \quad (2)$$

, gdzie B_{wt} oznacza masę ciała; A, B, C – stałe; a (e) jest podstawą logarytmu naturalnego.

Do obliczania współczynnika IPF Good Lift używa się wartości stałych (tabela 3).

Tabela 3. Wartości stałe używane do obliczania współczynnika IPF Good Lift

	Stała	A	B	C
Mężczyźni	Trójbój sprzętowy	1236,25115	1449,21864	0,01644
	Trójbój klasyczny	1199,72839	1025,18162	0,00921
	Wyciskanie leżąc sprzętowe	381,22073	733,79378	0,02398
	Wyciskanie leżąc klasyczne	320,98041	281,40258	0,01008
Kobiety	Trójbój sprzętowy	758,63878	949,31382	0,02435
	Trójbój klasyczny	610,32796	1045,59282	0,03048
	Wyciskanie leżąc sprzętowe	221,82209	357,00377	0,02937
	Wyciskanie leżąc klasyczne	142,40398	442,52671	0,04724

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (International Powerlifting Federation, 2020)

W innych federacjach niż IPF korzysta się ze współczynnika Wilks'a, jednak istnieją inne współczynniki, jak Glossbrennera, Outstanding Lifter, NASA czy Reshella. Dla zawodnika o masie ciała 70 kg, którego TOTAL wynosi 600 kg każdy dodatkowy kilogram masy ciała powoduje, iż w celu osiągnięcia zbliżonej liczby punktów IPF GL, zawodnik powinien zwiększyć TOTAL o 5 kg. Dla zawodniczki o masie ciała 63 kg, osiągającej TOTAL 400 kg, 1 kg różnicy w masie ciała równa się dodatkowym 4 kg w TOTAL (tabela 4).

Tabela 4. Różnice w liczbie zdobytych punktów w IPF GL w zależności od masy ciała: wybrane przykłady

Płeć	Masa ciała (kg)	TOTAL (kg)	IPF GL (w pkt)
Mężczyzna	70	600	90,68
	69	600	91,36
	70	605	91,43
Kobieta	63	400	87,51
	62	400	88,43
	63	404	88,39

Źródło: opracowanie własne

1.3. Rozwój siły mięśniowej

Siły działające na układ ruchu można podzielić na:

1. Wewnętrzne – wszystkie siły działające wewnątrz układu ruchu, w tym:
 - a. czynne (np. siły wytwarzane przez mięśnie),
 - b. bierne (np. opór tkanek biernych).
2. Zewnętrzne – wszystkie siły działające na zewnątrz układu ruchu, w tym:
 - a. czynne (np. przyciąganie ziemskie),
 - b. bierne (np. tarcie podłoża).

Pomiar siły mięśnia bezpośrednio na ścięgnie można wykonać na spreparowanym mięśniu. Jednak w kontekście siły mięśnia *in vivo* nie jesteśmy uprawnieni do stosowania pojęcia „siły” lecz „momentu siły”, czyli działania mięśnia na dźwignię (kość). Termin „siła człowieka” oznacza wypadkową momentów siły grup mięśniowych (Bober i Zwadzki, 2003).

W ruchach dynamicznych, których celem jest uzyskanie dużej siły, mięsień działa często w cyklu rozciągnięcie-skurcz. W uproszczeniu, na początku ruchu SQ, siły zewnętrzne działające na układ ruchu (ciężar sztangi i siła grawitacji) doprowadzają do zgięcia w stawie kolanowym i ekscentrycznej czynności mięśni czworogłowych uda. W tej sytuacji punkty przyczepu początkowego i końcowego mięśni czworogłowych oddalają się od siebie doprowadzając do rozciągnięcia mięśni. Dzieje się tak, ponieważ wartość sumy zewnętrznych momentów siły jest w tej fazie większa od wartości sumy momentów siły wytworzonych przez mięśnie prostowniki stawu kolanowego. Jednak, w celu zaliczenia SQ zawodnik musi unieść ciężar do pozycji wyjściowej. W konsekwencji zmuszony jest do wygenerowania sumy momentów siły prostujących staw kolanowy o wartości większej od sumy momentów sił zewnętrznych działających na staw kolanowy (Bober i Zwadzki, 2003).

Sygnal do wykonania skurczu mięśnia pochodzi z kory ruchowej zlokalizowanej w mózgu. Długotrwałe prowadzony trening oporowy doprowadza do adaptacji w mózgu powodując zwiększoną zdolność do aktywacji jednostek motorycznych (Enoka, 1988). Wysilek umysłowy związany z wykonywaniem treningu oporowego może być więc bodźcem do przyrostu siły *per se*. Wyimaginowane, silne skurcze mięśni wykonywane przy braku rzeczywistych skurczów mięśni, znane jako trening wyobrażeń motorycznych,

skutecznie zwiększają siłę w czasie (Paravlic i wsp., 2018). Jednocześnie, poprawie siły mięśniowej przy treningu wyobrażeń motorycznych towarzyszą zmiany fizjologiczne, co wskazuje, iż zwiększenie siły po tego rodzaju treningu nie jest wyłącznie wynikiem czynników psychologicznych czy motywacji. Większa intensywność wysiłku umysłowego podczas treningu wyobrażeń motorycznych powodowała większy przyrost siły w porównaniu z wysiłkiem umysłowym o mniejszej intensywności (Paravlic i wsp., 2018).

Podczas tradycyjnego treningu oporowego, maksymalny wysiłek umysłowy prowadzi do maksymalnej aktywacji nerwowej mięśni powodując skurcz mięśni. Takie interakcje nerwowo-mięśniowe powodują adaptacje w drogach korowo-rdzeniowych, siateczkowo-rdzeniowych i samych mięśniach (Škarabot i wsp., 2021). Na poziomie neuronu ruchowego, zwiększenie siły można przypisać większej szybkości wyładowań jednostek motorycznych (Duchateau i wsp., 2006). Istnieją co najmniej trzy teorie udowadniające, że silne skurcze mięśni *per se* powodują zwiększenie siły. Po pierwsze, tradycyjne skurcze mięśni podczas tradycyjnego treningu oporowego powodują większy przyrost siły od treningu wyobrażeń motorycznych (Paravlic i wsp., 2018). Po drugie, skurcze wywołane elektrycznie (bez żadnego wysiłku umysłowego) z czasem zwiększają siłę (Bax i wsp., 2005). Po trzecie, trening z coraz większym obciążeniem zewnętrznym, do czego wymagana jest coraz większa siła, powoduje z czasem większy przyrost siły, nawet jeśli treningi, mimo różnic w obciążeniu zewnętrznym, doprowadzają do takiego samego, maksymalnego wysiłku umysłowego (Schoenfeld i wsp., 2021).

Przyrost sił jest zwykle specyficzny dla zakresu ruchu wykorzystywanego podczas treningów. Mimo to, w większości warunków, trening z pełnym zakresem ruchów maksymalizuje przyrost siły (Schoenfeld i wsp., 2021). Pełny zakres ruchu sam z siebie nie jest czynnikiem determinującym przyrost mięśni, ale należy go postrzegać jako bodziec powiązany z wykonywaniem ruchów ekscentryczno-koncentrycznych występujących przy silnych skurczach mięśni (Spiering i wsp., 2023).

Po znacznym wysiłku fizycznym przynajmniej 196 metabolitów znacząco zmienia swoje stężenie w organizmie (Schranner i wsp., 2020). Choć istnieją sprzeczne dowody na to, czy stres metaboliczny jest niezależnym bodźcem przyrostu siły w czasie (Spiering i wsp., 2023), ograniczenie przepływu krwi przez mięsień w połączeniu z treningiem oporowym na niskim obciążeniu zwiększa wewnątrzmięśniowy stres metaboliczny

i zwiększa długoterminowy przyrost siły w porównaniu z treningiem oporowym na niskim obciążeniu, bez ograniczenia przepływu krwi przez mięsień (Slysz i wsp., 2016).

W celu zoptymalizowania przyrostu siły, w odpowiedzi na trening oporowy, należy doprowadzić do zwiększonej intensywności treningowej (zwiększać obciążenia zewnętrzne wykorzystywane podczas treningu). Większe obciążenia pozwalające na wykonanie 1 – 5 powtórzeń w serii maksymalizują przyrost siły (Schoenfeld i wsp., 2021). W kontekście objętości treningowej (liczby serii danego ćwiczenia i liczby powtórzeń w serii), większa objętość treningowa doprowadza do większego przyrostu siły. Wykonywanie 2 – 3 serii danego ćwiczenia powoduje większy przyrost siły w porównaniu z wykonywaniem 1 serii danego ćwiczenia, lecz dalsze zwiększanie liczby serii do 4 – 6 przynosi niewielkie dodatkowe korzyści (Krieger, 2009). Należy jednak podkreślić, że liczba badań porównujących wykonywanie więcej niż trzech serii danego ćwiczenia jest ograniczona. W celu optymalizacji przyrostu siły należy zminimalizować zmęczenie przed każdą serią wykonywanego ćwiczenia, ponieważ trening oporowy z krótkimi przerwami między seriami (≤ 2 min.) powoduje mniejszy przyrost siły w porównaniu z treningiem oporowym z dłuższymi przerwami (> 2 min.) (Grgic i wsp., 2018).

1.4. Związek czynników żywieniowych z wynikami osiąganymi w trójboju siłowym

Zwiększenie siły można wspierać strategiami żywieniowo-suplementacyjnymi. Biorąc pod uwagę silny, dodatni związek między masą mięśniową a siłą mięśniową, trening oporowy powiązany z dietą o dodatnim bilansie energetycznym powinien zoptymalizować przyrost siły. Rekomendowana nadwyżka kaloryczna wynosi 350 – 500 kilokalorii (kcal)/dobę (Slater i wsp., 2019). Niektórzy badacze jednak zwracają uwagę, że u osób początkujących może ona wynosić nawet do 1000 kcal/dobę (Aragon i Schoenfeld, 2020). Jeśli tylko w codziennej diecie zostaje zaspokojone minimalne zapotrzebowanie dotyczące podaży makroskładników zalecanych dla osób wykonujących trening oporowy, nie wydaje się, aby źródło nadwyżki kalorycznej miało związek z tempem przyrostu masy i tym samym siły mięśniowej (Slater i wsp., 2019).

Innym sposobem na poprawę rezultatów podczas zawodów trójboju siłowego jest zmniejszenie masy ciała. Zmniejszenie masy ciała może predysponować zawodników

trójboju siłowego do osiągania lepszych rezultatów podczas zawodów poprzez trzy mechanizmy:

- zawodnik dzięki zmniejszeniu masy ciała startuje w niższej kategorii wagowej, z potencjalnie słabszymi zawodnikami,
- w przypadku, kiedy dwóch lub więcej zawodników z jednej kategorii wagowej osiągnie taki sam TOTAL, wyżej klasyfikowany jest zawodnik o mniejszej masie ciała,
- osiągnięcie mniejszej masy ciała przy jednoczesnym zachowaniu poziomu przejawów zdolności siłowych predysponuje do osiągnięcia większego TOTAL w przelicznikach punktowych (IPF GL itd.), zwiększając szanse na osiągnięcie wyższej lokaty w kategoriach open.

Z uwagi na silny, dodatni związek między beztłuszczową masą ciała a 1RM (jedno maksymalne powtórzenie, ang. *one repetition max*) (Brechue i Abe, 2002; Keogh i wsp., 2009; Ye i wsp., 2013), w wyższej kategorii wagowej startują zawodnicy osiągający większy TOTAL. W celu rywalizowania z potencjalnie słabszymi przeciwnikami, zawodnicy trójboju siłowego doprowadzają w ostatnich dniach przed zawodami do gwałtownej redukcji masy ciała. Wg badań Nolana i wsp. (2022) 83% mężczyzn i 90,2% kobiet przeprowadzało przed zawodami proces redukcji masy ciała oraz rywalizowało w kategoriach niższych niż wynosi ich zwyczajowa masa ciała. Mężczyźni zmniejszali masę ciała średnio o $3,0 \pm 1,8\%$, a kobiety o $3,1 \pm 2,2\%$ masy ciała. Podczas Mistrzostw Świata IPF w 2018 roku, 83% zawodników stosowało strategię gwałtownej redukcji masy ciała. Wśród zawodników, którzy zdobyli medal podczas zawodów, 90% przeprowadzało proces redukcji masy ciała. Z kolei wśród osób, które nie zdobyły medalu, proces redukcji masy ciała przeprowadzało 70% zawodników trójboju siłowego. Medaliści doprowadzali do większej utraty masy ciała ($4,1 \pm 4,6\%$) niż osoby, które nie zdobyły medalu ($2,7 \pm 3,1\%$). Maksymalna utrata masy ciała w procesie gwałtownej redukcji była wyższa wśród medalistów ($5,7\% \pm 3,4\%$) w porównaniu z osobami, które nie zdobyły medalu ($4,7\% \pm 2,3\%$) (Kwan i Helms, 2022). W innych dyscyplinach sportowych zawierających kategorie wagowe, rozpowszechnienie stosowania strategii gwałtownej redukcji masy ciała wynosi od 40 do 100% (Hall i Lane, 2001; Prouteau i wsp., 2006).

Strategie redukcji masy ciała można podzielić na chroniczne (trwające od kilku dni do kilku miesięcy) i gwałtowne (trwające od kilku godzin do kilku dni) (Langan-Evans i wsp., 2022). W przeciwieństwie do chronicznego procesu redukcji masy ciała będącego konsekwencją przestrzegania diety z ujemnym bilansem energetycznym doprowadzającym do redukcji tkanki tłuszczowej, podczas procesu gwałtownej redukcji masy ciała zawartość tkanki tłuszczowej pozostaje niezmienna lub ulega niewielkiemu zmniejszeniu (Durguerian i wsp., 2016). Przestrzeganie diety z ujemnym bilansem energetycznym w okresie przed zawodami może pogarszać regenerację, zmniejszając syntezę białek mięśniowych (MPS) (Areta i wsp., 2014). Gwałtowna redukcja masy ciała polega na stosowaniu jednej lub kilku z poniższych metod doprowadzających do zmniejszenia masy ciała:

- zmniejszenie zawartości treści jelitowej poprzez stosowanie diety niskobłonnikowej (<10 g/dobę) o niskiej masie pokarmów,
- zmniejszenie zawartości glikogenu mięśniowego poprzez stosowanie diety niskowęglowodanowej (np. ketogenicznej <50 g węglowodanów/dobę),
- zmniejszenia zawartości płynów w organizmie poprzez zmniejszoną konsumpcję płynów i/lub zwiększoną diurezę i/lub zwiększone pocenie.

Biorąc pod uwagę mechanizmy wytwarzania siły, jedyną składową, która w istotny sposób może przekładać się na zmniejszenie siły mięśniowej w procesie gwałtownej redukcji masy ciała jest odwodnienie. Ciało dorosłego człowieka składa się w 60% z wody. Jednocześnie, gospodarka wodna organizmu jest bardzo wrażliwa na interwencje doprowadzające do utraty wody z organizmu. Powoduje to, że trójboiści siłowi często regulują swoją masę ciała przed zawodami wpływając na gospodarkę wodną organizmu. Wg Nolana i wsp. 87,5% trójboistów siłowych „zawsze” lub „prawie zawsze” ograniczała spożycie płynów, 77% „zawsze” lub „prawie zawsze” stosowała metodę zwiększonej konsumpcji wody, 31% „zawsze” lub „prawie zawsze” korzystała z gorącej kąpieli/kąpieli z solą, 19% „zawsze” lub „prawie zawsze” korzystała z sauny, 13% „zawsze” lub „prawie zawsze” używała substancji diuretycznych, 2,5% „zawsze” lub „prawie zawsze” ćwiczyła intencjonalnie w gorącym pomieszczeniu, 3% „zawsze” lub „prawie zawsze” używała gumowych/plastikowych kombinezonów poza godzinami treningów, a 1,5% „zawsze” lub „prawie zawsze” trenowała w gumowych/plastikowych kombinezonach (Nolan i wsp.

2022). Rozpowszechnienie metod doprowadzających do gwałtownej redukcji masy ciała w grupie elitarnych trójboistów siłowych jest podobne. Około 65% trójboistów i trójboistek siłowych „zawsze” lub „czasami” stosowało metodę zwiększonej konsumpcji wody, około 50% „zawsze” lub „czasami” ograniczało spożycie płynów, około 35% „zawsze” lub „czasami” korzystało z sauny, około 15% „zawsze” lub „czasami” stosowało substancje diuretyczne i około 10% używało gumowych kombinezonów (Kwan i Helms, 2022).

Odwodnienie oznacza zmniejszoną zawartość wody, poniżej średniej wartości podstawowej poprzez wydalanie moczu, kału i potu (Armstrong, 2007). Można wyróżnić trzy rodzaje odwodnienia (Oppliger i Bartok, 2002):

- hipertoniczne – ilość utraconej wody w stosunku do sodu jest wyższa niż stosunek wody do sodu występujący w krwioobiegu. W przypadku odwodnienia hipertonicznego, stężenie sodu we krwi wynosi > 145 mmol/L, osmolalność surowicy wynosi > 300 mOsm/kg i często dochodzi do redukcji objętości osocza. Ten rodzaj odwodnienia najczęściej obserwuje się na skutek stosowania aktywności fizycznej, w trakcie trwania której doszło do intensywnego pocenia. Objętość osocza zmniejsza się, ponieważ jest ono źródłem wody dla potu. Jednocześnie, osmolalność osocza wzrasta, ponieważ pot jest bardziej hipotoniczny niż osocze;
- izotoniczne – ilość wody utraconej w stosunku do sodu jest podobna do ich zależności występujących w krwioobiegu, co skutkuje brakiem zmian w osmolalności krwi i moczu. Odwodnienie hipotoniczne może być wynikiem przestrzegania całkowitego postu lub wymiotów;
- hipotoniczne – ilość utraconej wody w stosunku do sodu jest mniejsza niż stosunek wody do sodu występującego w krwioobiegu. W konsekwencji odwodnienia hipotonicznego stężenie sodu we krwi i osmolalność krwi jest niższa niż w codziennych warunkach. Ten rodzaj odwodnienia może być wynikiem ograniczonego spożycia sodu lub stosowania niektórych leków diuretycznych.

Do odwodnienia organizmu można doprowadzać za pomocą stosowania strategii ograniczonej konsumpcji płynów, zwiększonej diurezy (np. stosując strategię zwiększonej konsumpcji płynów), zmniejszonego spożycia sodu, odwodnienia aktywnego (np. poprzez

aktywność fizyczną) lub odwodnienia pasywnego (np. korzystanie z sauny lub gorących kąpiel).)

Ograniczona konsumpcja płynów w gwałtowny sposób zmniejsza masę ciała. W badaniu z udziałem osób o masie 71,5 kg, będących w stanie euhydratacji, całkowita rezygnacja z konsumpcji płynów przez 13 godzin spowodowała utratę masy ciała około 1%. Rezygnacja z konsumpcji płynów przez 24 godziny spowodowała utratę 1,8% masy ciała a rezygnacja z konsumpcji płynów przez 37 h doprowadziła do utraty 2,6% masy ciała (1,9 kg). Przez 37 godzin trwania interwencji, płyny spożyte wraz z żywnością zostały oszacowane na 478 ml, a wraz z moczem uczestnicy w fazie restrykcji płynów wydali 1,37 litra (72% utraconej masy ciała). Produkcja moczu w pierwszych 13 godzinach eksperymentu była większa niż w godzinach 24 – 37 (Shirreffs i wsp., 2004). Wyniki uzyskane przez Shirreffs i wsp. (2004) są zbieżne z wynikami Phillipsa i wsp. (1984, 1993), w których po 24 godzinach niespożywania płynów uczestnicy tracili 1,7 - 1,9% masy ciała. Ograniczone spożycie płynów zawsze, prawie zawsze lub czasami stosuje od 50 do 85% trójboistów siłowych (Nolan i wsp., 2022; Kwan i Helms, 2022).

Oprócz ograniczonej konsumpcji płynów, zmniejszenie zawartości wody w organizmie można osiągnąć poprzez nasiloną diurezę. Jedną z metod nasilających diurezę jest strategia zwiększonej konsumpcji płynów. Mimo, iż do 2018 roku była to metoda nieweryfikowana w literaturze naukowej, 65 - 77% trójboistów siłowych korzystało ze strategii zwiększonej konsumpcji płynów przed zawodami (Nolan i wsp., 2022; Kwan i Helms, 2022). Strategia zwiększonej konsumpcji płynów polega na spożywaniu dużej ilości płynów (około 7-10 litrów/dobę), a następnie gwałtownym ograniczeniem spożywania płynów, wpływając na stężenie hormonów oraz wydalanie moczu, zwiększając tym samym utratę płynów w stosunku do samego ograniczenia płynów po spożyciu płynów *ad libitum*. W badaniu oceniającym związek stosowania strategii zwiększonej konsumpcji płynów na utratę masy ciała, 22 zawodników sztuk walki zostało podzielonych na dwie grupy:

- grupa 1 - spożywająca przez trzy doby 100 ml płynów/kg masy ciała/dobę, w czwartej dobie 15 ml/kg masy ciała oraz piątego dnia nie spożywająca żadnych płynów, aż do porannego pomiaru masy ciała,

- grupa 2 - spożywająca przez trzy doby 40 ml płynów/kg masy ciała/dobę, w czwartej dobie 15 ml/kg masy ciała oraz piątego dnia nie spożywająca żadnych płynów, aż do porannego pomiaru masy ciała.

Obie grupy w dniach 1 – 3 wykonywały dwie jednostki treningowe, w 4 dniu jedną jednostkę, a w 5 dniu żadnej jednostki treningowej. Po porannym pomiarze masy ciała, obie grupy spożywały 30 ml płynów/kg masy ciała/dobę + 150% wartości odpowiadającej utraconej masie ciała wynikającej z restrykcji płynów w dniu 4 i 5.

Grupa nie stosująca strategii zwiększonej konsumpcji płynów (grupa 2) utraciła po zastosowaniu interwencji 2,4% masy ciała, a grupa stosująca strategię zwiększonej konsumpcji płynów (grupa 1) utraciła 3,2% masy ciała ($p < 0.05$). W 6 dniu, nie odnotowano istotnych różnic między grupami w zdolnościach wysiłkowych (maksymalna siła izometryczna, wysokość skoku CMJ, zdolność do powtarzania sprintów) (Reale i wsp., 2018).

Mechanizmem zwiększającym wydalanie płynów po okresie zwiększonej ich konsumpcji, jest związek zmniejszonego stężenia sodu we krwi mogący wyjaśniać supresję wazopresyny. Ponadto, wazopresyna wiąże się z receptorami wazopresyny-2 (V2R) znajdującymi się w nerkach. To inicjuje kaskadę metaboliczną, zwiększając przepuszczalność kanałów zbiorczych, a tym samym reabsorpcję wody przez kanały akwaporynowe (zwłaszcza akwaporyny-2) (Verbalis, 2003). Podczas gdy stężenie wazopresyny zmniejsza się, zmniejsza się reabsorpcja wody. U szczurów niezdolnych do wytwarzania endogennej wazopresyny, podanie wazopresyny dopiero po 3 – 5 dniach powoduje nasilenie ekspresji mRNA kanałów akwaporynowych do standardowych wartości (Kishore i wsp., 1996). Chociaż obecny stan wiedzy nie pozwala potwierdzić tej hipotezy, opisany mechanizm może tłumaczyć przyczynę dalszej, nasilonej diurezy, mimo ograniczenia płynów (Reale i wsp., 2018).

Oprócz strategii zwiększonej konsumpcji płynów, diurezę może nasilać zmniejszone spożycie sodu. Brak jest obecnie doniesień oceniających związek stosowania diety niskosodowej z utratą masy ciała u osób normotensyjnych. U osób z nadciśnieniem tętniczym, stosowanie przez pięć dni diety o niskiej zawartości soli 10 – 20 mmol soli/dobę (584 – 1170 mg/dobę) powoduje zmniejszenie masy ciała o około 1,3 kg w porównaniu ze

stosowaniem standardowej diety oraz o około 1,9 kg w porównaniu z pięciodniowym stosowaniem diety bogatej w sód 350 mmol/dobę (20 400 mg/dobę) (He i wsp., 2001). Badania z udziałem trójboistów siłowych, nie weryfikowały rozpowszechnienia stosowania ograniczonej konsumpcji sodu w procesie stosowania strategii gwałtownej redukcji masy ciała (Nolan i wsp., 2022; Kwan i Helms, 2022).

1.5. Związek pocenia się z wynikami sportowymi

Aktywne metody pocenia powodują zwiększenie tempa przemiany materii poprzez ćwiczenia, zwiększając produkcję ciepła w mięśniach. W celu utrzymania stałej temperatury ciała organizm nasila produkcję potu. Tempo pocenia się u sportowców jest zróżnicowane i wynosi 0,26 – 5,73 litra na godzinę (średnia $1,21 \pm 0,61$ litra na godzinę) (Baker i wsp., 2016). Stosowanie pięciodniowego, łagodnego deficytu energetycznego w połączeniu z dietą niskobłonnikową (10 – 13 g/dobę) oraz jednodniową restrykcją płynów do 15 ml/kg masy ciała w połączeniu z jednym, dwugodzinnym treningiem zapaśniczym spowodowało utratę 2,4% masy ciała (Reale i wsp., 2018). Aktywne metody pocenia można łączyć z biernymi metodami pocenia, jak nadmierny ubiór (np. bluza, długie dresowe spodnie, specjalistyczny kombinezon) czy wysoka temperatura (np. sztuczne podgrzanie pomieszczenia treningowego). Połączenie tych sposobów pozwala na szybszą utratę potu przy jednoczesnym, mniejszym wysiłku fizycznym (Reale i wsp., 2017a).

Istotnym jest, aby zwrócić uwagę na różnice fizjologiczne pomiędzy aktywnymi i biernymi metodami pocenia. Bierne pocenie zmniejsza objętość osocza i objętość wyrzutową podczas wysiłku, jednocześnie zwiększając osmolalność surowicy, przyspieszając tętno i zwiększając magazynowanie ciepła organizmu. Te zmiany następują w mniejszym stopniu, gdy hipohydratacja rozwija się wyłącznie podczas wysiłku. Dlatego też, sportowcy powinni korzystać głównie z połączenia ograniczenia płynów i aktywnych metod pocenia jako najbardziej praktycznych metod odwodnienia przy jednoczesnym minimalizowaniu zmniejszenia możliwości wysiłkowych (Reale i wsp., 2017a). Australijski Instytut Sportu zaleca, aby w procesie gwałtownej redukcji masy ciała nie tracić więcej niż 1-2% masy ciała przy użyciu pasywnych metod pocenia (Australian Institute of Sport, 2022). Odwodnienie rzędu 3,5% masy ciała metodami pasywnymi wykazuje większy, ujemny związek z poziomem sportowym zapaśników niż odwodnienie rzędu 3,5% metodami

aktywnymi (Moghaddami i wsp., 2016). Trójboiści siłowi rzadko korzystają z pasywnych metod pocenia. 2,5% zawodników „zawsze” lub „prawie zawsze” ćwiczyła intencjonalnie w gorącym pomieszczeniu, 3% „zawsze” lub „prawie zawsze” używała gumowych/plastikowych kombinezonów poza godzinami treningów, a 1,5% „zawsze” lub „prawie zawsze” trenowała w gumowych/plastikowych kombinezonach (Nolan i wsp., 2022). Podobne strategie wykorzystywali zaawansowani zawodnicy, którzy w około 35% „zawsze” lub „czasami” korzystali z sauny, w około 15% „zawsze” lub „czasami” stosowali substancje diuretyczne i w około 10% używali gumowych kombinezonów (Kwan i Helms, 2022). Ponadto, sportowcy mogą pozostawać odwodnieni w oparciu o pomiary osmolalności moczu i ciężaru właściwego moczu pomimo odzyskania prawie całej masy ciała utraconej podczas stosowania strategii gwałtownej redukcji masy ciała (Brechney i wsp., 2022). Ponieważ znacząca utrata wody z organizmu jest jedną z głównych metod gwałtownej redukcji masy ciała, można oczekiwać, że będzie ona miała związek z czynnością nerek. W przeglądzie 10 badań zaobserwowano, że w trakcie oraz po gwałtownej redukcji masy ciała obserwuje się zwiększenie stężenia kreatyniny, azotu w moczniku (BUN, ang. *blood urea nitrogen*) oraz ciężaru właściwego moczu mogące świadczyć o ostrej niewydolności nerek (Lakicevic i wsp., 2021). Ostre uszkodzenie nerek i przewlekła niewydolność nerek są ze sobą ściśle powiązane i prawdopodobnie wywierają na siebie wzajemny wpływ (Hsu i Hsu, 2016). Jednak wartości USG należy obserwować z ostrożnością, ponieważ wiele czynników, takich jak redukcja masy ciała, aktywność fizyczna, metabolity w moczu, zwiększona masa mięśniowa i spożycie suplementów może sztucznie zwiększać koncentrację moczu, prowadząc do wyników fałszywie dodatnich (Zubac i wsp., 2018).

2. CEL PRACY

2.1. Założenia i cel pracy

Zawodnicy trójboju siłowego podczas gwałtownej redukcji masy ciała zazwyczaj korzystają z kilku różnych metod doprowadzających do utraty masy ciała (Nolan i wsp., 2022). Dotychczasowe badania skupiały się głównie na ocenie związku pojedynczych metod doprowadzających do gwałtownej redukcji masy ciała (np. dieta ketogeniczna, odwodnienie pasywne) na poziom przejawów zdolności siłowych (Sawyer i wsp., 2013; Schoffstall i wsp., 2001). Wiedza w tym zakresie jest niepełna. Niniejsze badanie przeprowadzono w celu oceny różnic jakie spowoduje stosowanie połączonych metod doprowadzających do gwałtownej redukcji masy ciała w maksymalnych możliwościach siłowych zawodników trójboju siłowego. Dodatkowo, aby odzwierciedlić realne warunki w jakich startują zawodnicy trójboju siłowego jako test maksymalnych możliwości siłowych zastosowano symulowane zawody w trójboju siłowym. Przed przystąpieniem do badań na potrzeby niniejszej dysertacji, przeprowadziłem studium przypadku elitarnego zawodnika trójboju siłowego wskazując, że przeprowadzenie procesu gwałtownej redukcji masy ciała z następującym procesem regeneracji po pomiarze masy ciała jest istotnym elementem uczestnictwa w zawodach w docelowej kategorii wagowej (Matras i wsp., 2022). Wspomniane badania własne były jedną z przyczyn wyboru problemu badawczego. Potwierdzały one bowiem obserwacje dotyczące znaczącej roli gwałtownej redukcji masy ciała na wynik sportowy. Doświadczenie dietetyka oraz osoby startującej w zawodach trójboju siłowego nasunęło potrzebę uzupełnienia wiedzy dotyczącej gwałtownej redukcji masy ciała na potrzeby zaawansowanego treningu sportowego.

Celem pracy jest określenie, czy gwałtowna redukcja około 5% masy ciała z następującym okresem regeneracji spowoduje różnicę w maksymalnym poziomie zdolności siłowych zawodników trójboju siłowego.

2.2. Pytania badawcze

Na potrzeby realizacji celu badania sformułowano dodatkowo następujące pytania badawcze:

1. Czy skład ciała zawodników ma związek z maksymalnymi możliwościami siłowymi?
2. Czy nawyki żywieniowe zawodników są powiązane z maksymalnymi możliwościami siłowymi?
3. Czy stosowanie strategii doprowadzającej do gwałtownej redukcji około 5% masy ciała z następującym okresem regeneracji spowoduje różnicę w subiektywnym odczuwaniu wysiłku podczas symulowanych zawodów trójboju siłowego?
4. Czy stosowanie strategii doprowadzającej do gwałtownej redukcji około 5% masy ciała z następującym okresem regeneracji spowoduje zmiany w nastroju trójboistów siłowych?
5. Czy styl życia zawodników ma związek z maksymalnymi możliwościami siłowymi?

3. GRUPA BADANA I METODY BADAWCZE

3.1. Grupa badana

Przyjęto następujące kryteria włączenia: płeć męska, uprawianie trójboju siłowego przez minimum dwa lata, minimum jeden start w zawodach trójboju siłowego. Kryteriami wyłączenia z badania było stosowanie substancji dopingujących znajdujących się na liście Światowej Agencji Antydopingowej (WADA, ang. World Anti-Doping Agency) lub/i przeciwwskazania medyczne uniemożliwiające uprawianie trójboju siłowego (np. kontuzje) deklarowane pisemnie przez uczestników badania. Do badania zrekrutowano 30 uczestników. Badanie ukończyło 26 uczestników. Czterech uczestników nie ukończyło badania z uwagi na infekcję górnych dróg oddechowych. Badanie zostało przeprowadzone we Wrocławiu (19 osób) i Warszawie (7 osób). Informacje o możliwości uczestnictwa w badaniu były ogłaszane przez ogólnopolską firmę dietetyczną na mediach społecznościowych (Instagram, Facebook) oraz przesyłane trenerom lokalnych drużyn trójboju siłowego we Wrocławiu i Warszawie. Każdy z uczestników wyraził świadomą zgodę na udział w badaniu oraz otrzymał informację, że w każdym momencie ma możliwość rezygnacji z udziału w badaniu bez podawania przyczyny. Było to kontrolowane, randomizowane, równoległe badanie otwarte. Uczestnicy zostali losowo przydzieleni do jednej z dwóch grup w stosunku 1:1. Grupa eksperymentalna (EKS) stosowała strategię gwałtownej redukcji masy ciała, która wynosiła około 5%. Grupa konwencjonalna (KON) utrzymywała przez cały okres badania standardowe nawyki żywieniowe nie doprowadzające do istotnej zmiany masy ciała. Schemat badań został zatwierdzony przez Senacką Komisję ds. Etyki Badań Naukowych przy Akademii Wychowania Fizycznego im. Polskich Olimpijczyków we Wrocławiu, numer zgody: 18/2021 z dnia 31.12.2021 roku.

3.2. Metody badawcze

3.2.1. Projekt eksperymentu

Ekspertyment został zarejestrowany w Australian New Zealand Clinical Trials Registry o numerze rejestracyjnym: ACTRN12622000924752.

W pierwszym tygodniu eksperymentu każdy z zawodników zmniejszył swoją zwyczajową objętość treningową o 50%, utrzymując jednocześnie intensywność treningową. Każdy z zawodników wykonał 2 jednostki treningowe (w dniu 1 i 3). W dniach 4-6 każdy zawodnik wypełnił 3-dniowy dzienniczek żywieniowy. W dniu 6. uczestnicy wypełnili kwestionariusz stylu życia.

W dniu 1-9 każdy z uczestników przestrzegał nawykowego spożycia pokarmu oraz płynów, które nie doprowadzały do znaczących zmian w masie ciała.

Siódmego dnia o godzinie 9:00 uczestnicy stawili się na siłowni. Zostały wykonane pomiary antropometryczne. Pomiedzy pomiarami antropometrycznymi, a rozpoczęciem pierwszych symulowanych zawodów w trójboju siłowym (Z1) odbyła się 2-godzinna przerwa, podczas której zawodnicy wypełnili kwestionariusz dotyczący nastroju. Między pomiarem masy ciała a rozpoczęciem symulowanych zawodów trójboju siłowego, zawodnicy spożyli około 100 g węglowodanów (około 50 g/h). W dniu zawodów zawodnicy nie spożywali kofeiny ani innych substancji pobudzających. O godzinie 11:00 rozpoczęły się symulowane zawody w trójboju siłowym, podczas których oszacowano maksymalne możliwości siłowe zawodników.

Po zakończeniu symulowanych zawodów, w dniach 8 i 9 zawodnicy utrzymywali dotychczasowe nawyki żywieniowe, które nie doprowadzą do istotnych zmian w masie ciała.

Następnie:

- Uczestnicy z EKS, w dniach 10-13 przestrzegali ustalonej strategii doprowadzającej do gwałtownej redukcji około 5% masy ciała. Kaloryczność diety została obliczona poprzez iloczyn podstawowej przemiany materii ze współczynnikiem aktywności fizycznej. Podstawowa przemiana materii została obliczona za pomocą równania Cunninghama (Cunningham, 1980):

$$\text{Podstawowa przemiana materii} = 500 + 22 \times \text{beztłuszczowa masa ciała (kg)} \quad (3)$$

Współczynnik aktywności fizycznej został oszacowany na podstawie rekomendacji Organizacji Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa (ang. FAO, *Food*

and Agriculture Organization of the United Nations) i WHO (*Human Energy Requirements* n.d.). Dieta cechowała się ujemnym bilansem energetycznym rzędu 10%, dostarczała <10 g/dobę błonnika pokarmowego, <50 g/dobę węglowodanów oraz około 2 g białka/kg masy ciała. W dniach 10-12 zawodnicy spożywali dodatkowo 100 ml płynów/kg masy ciała, a w dniu trzynastym 15 ml płynów/kg masy ciała (Reale i wsp., 2018). W dniach 12 i 13, uwzględniona w jadłospisie podaż sodu wynosiła <1000 mg/dobę. Jadłospis sporządzony na podstawie powyższych kryteriów został zaplanowany indywidualnie dla każdego z zawodników i dostarczony pocztą elektroniczną siódmego dnia badania. Strategia żywieniowa została opracowana w programie Kcalmar.pro (HERMEX, Lublin, Polska) i dostarczona w pliku o rozszerzeniu .pdf.

- Uczestnicy KON, w dniach 10-13 przestrzegali stałych, dotychczasowych nawyków żywieniowych, które nie doprowadzały do znaczącej zmiany masy ciała. W dniach 10-13 uczestnicy z grupy drugiej wypełnili 3-dniowy dzienniczek żywieniowy.

W dniu 10 wszyscy zawodnicy wykonali jednostkę treningową o takich samych parametrach treningowych jak jednostka wykonana w dniu 3.

W dniu 14 o godzinie 9:00 uczestnicy stawili się na siłowni. Zostały wykonane pomiary antropometryczne. Po pomiarach antropometrycznych, zawodnicy wypełnili kwestionariusz dotyczący nastroju. Pomędzy pomiarami antropometrycznymi, a rozpoczęciem drugich symulowanych zawodów w trójboju siłowym (Z2) odbyła się 2 godzinna przerwa, podczas której zawodnicy z grupy eksperymentalnej stosowali strategię regeneracji polegającej na spożyciu bolusa 800 ml ORS, a następnie na spożyciu 150% masy płynów, które utracili w procesie gwałtownej redukcji masy ciała do momentu rozpoczęcia symulowanych zawodów. Wszyscy zawodnicy, między pomiarem masy ciała a startem spożyli około 100 g węglowodanów. W trakcie trwania badania wszyscy uczestnicy mieli dostęp do płynów oraz pożywienia *ad libitum*. O godzinie 11:00 rozpoczęły się symulowane zawody w trójboju siłowym, podczas których zostały oszacowane maksymalne możliwości siłowe zawodników (rycina 3).



Rycina 2. Schemat badań

Skróty: D – dzień; EKS – grupa eksperymentalna; KON – grupa kontrolna; HLPCQ - kwestionariusza zdrowego stylu życia i samokontroli; UMACL - Przymiotnikowa Skala Nastroju.

3.2.2. Punkty końcowe

Pierwszorzędowym punktem końcowym było określenie, czy gwałtowna redukcja około 5% masy ciała z następującym okresem regeneracji spowoduje różnicę w maksymalnym poziomie zdolności siłowych zawodników trójboju siłowego (różnica pomiędzy Z1 a Z2).

Drugorzędowymi punktami końcowymi były:

1. Czy skład ciała zawodników ma związek z maksymalnymi możliwościami siłowymi?
2. Czy nawyki żywieniowe zawodników są powiązane z maksymalnymi możliwościami siłowymi?

3. Czy stosowanie strategii doprowadzającej do gwałtownej redukcji około 5% masy ciała z następującym okresem regeneracji spowoduje różnicę w subiektywnym odczuwaniu wysiłku podczas symulowanych zawodów trójboju siłowego?
4. Czy stosowanie strategii doprowadzającej do gwałtownej redukcji około 5% masy ciała z następującym okresem regeneracji spowoduje zmiany w nastroju trójboistów siłowych?
5. Czy styl życia zawodników ma związek z maksymalnymi możliwościami siłowymi?

3.2.3 Maksymalne możliwości siłowe

Do oceny maksymalnych możliwości siłowych zawodników zastosowano symulowane zawody trójboju siłowego, zbliżone do zawodów podnoszenia ciężarów stosowanych w badaniu Durgueriana (2016). Zarówno w dniu 7. i 14., każdy z zawodników, na 40 min. przed rozpoczęciem symulowanych zawodów przeprowadził specyficzną dla siebie rozgrzewkę, którą stosuje przed zawodami w trójboju siłowym. Podczas Z1 i Z2 każdy uczestnik mógł wykonać maksymalnie trzy próby każdego z bojów. Zawodnicy sami zgłaszali obciążenie każdej próby. Za TOTAL uznano sumę największych zaliczonych obciążeń w SQ, BP i DL wykonanych zgodnie z zasadami federacji IPF.

3.2.4. Ocena nawyków żywieniowych

Ocenę nawyków żywieniowych dokonano za pomocą 3-dniowego dzienniczka żywieniowego, na podstawie którego została oceniona wartość energetyczna diety oraz spożycie białka, węglowodanów, tłuszczów, składników mineralnych, witamin oraz błonnika pokarmowego według bazy USDA National Nutrient Database. Uczestnicy notowali spożycie pokarmów w aplikacji Fitatu (Fitatu spółka z o. o., Poznań, Polska). Za odpowiednie spożycie energii uznano 44-50 kcal/kg masy ciała (American College of Sports Medicine, 2000). Za odpowiednią podaż białka uznano $\geq 1,5$ g/kg masy ciała (Tagawa i wsp., 2022), a za odpowiednie spożycie węglowodanów 4-7 g/kg masy ciała (Slater i Phillips, 2011). Natomiast za odpowiednie spożycie tłuszczu (20-35% wartości energetycznej diety), składników mineralnych, witamin oraz błonnika pokarmowego uznano ilości zgodne z rekomendowanym dziennym spożyciem dla populacji Polski (Jarosz i wsp., 2019).

3.2.5. Pomiary antropometryczne

Wszystkie pomiary zostały wykonane zarówno w dniu 7. i 14.

- Wysokość ciała została zmierzona wzrostomierzem SOEHNLE Stativwaage 7830/7831 z dokładnością do 0,1 cm. Podczas pomiaru uczestnicy stali boso, w pozycji wyprostowanej;
- Ocena składu ciała została przeprowadzona metodą impedancji bioelektrycznej (BIA) za pomocą analizatora składu ciała InBody570 (Seoul, Korea), używającego prądu o natężeniu 400uA i częstotliwości 5kHz, 50kHz i 500kHz, posiadającego 8-punktowy tetrapolarny system elektrod dotykowych (2 elektrody lewej stopy, 2 elektrody prawej stopy, 2 elektrody lewej dłoni, 2 elektrody prawej dłoni). Pomiary zostały wykonane na czczo. Uczestnicy podczas pomiaru mieli założoną wyłącznie bieliznę (bokserki). Badanie BIA zostało wykonane zgodnie z instrukcją producenta. Kończyny dolne podczas badania nie miały kontaktu ze sobą, a kończyny górne były wyprostowane w stawie łokciowym i odwiedzone od tułowia. Badanie trwało około 50 sekund.

Pomiary antropometryczne wykonano zgodnie z rekomendacjami ekspertów wg przyjętej ujednoliconej metodyki badań (Hall i wsp., 2007).

3.2.6. Ocena stylu życia

Styl życia został oceniony za pomocą polskiej wersji Kwestionariusza Zdrowego Stylu Życia i Samokontroli (HLPCQ ang. *Healthy Lifestyle and Personal Control Questionnaire*) (Czapla i wsp., 2021). Test został wykonany przez uczestników 6 dnia badania. HLPCQ to narzędzie składające się z 26 pozycji. Badani proszeni są o wskazanie częstotliwości przestrzegania 26 nawyków związanych ze stylem życia za pomocą skali typu Likerta (1 = nigdy lub rzadko, 2 = czasami, 3 = często, 4 = zawsze) w pięciu podskalach – codziennej rutyny; zdrowych wyborów żywieniowych; wsparcia społecznego i zdrowia psychicznego; zorganizowanych ćwiczeń fizycznych i unikanie szkód dietetycznych. Współczynnik *alfa* Cronbacha w zależności od podskali wynosi od 0,6 do 0,9. Większa liczba zdobytych punktów w każdej w podskali oznacza wynik korzystniejszy. Im większa ogólna liczba zdobytych punktów w kwestionariuszu tym zdrowszym stylem życia cechuje się badany.

3.2.7. Przymiotnikowa Skala Nastroju

Polska wersja Przymiotnikowej Skali Nastroju UMACL Mattewsa, Chamberlaina, Jonesa składa się z 29 pozycji (przymiotników), tworzących trzy podskale: Pobudzenie Napięciowe (PN) składające się z 9 przymiotników; Pobudzenie Energetyczne (PE) składające się z 10 przymiotników i Ton Hedonistyczny (TH) składający się z 10 przymiotników. Przy każdym z przymiotników badani definiują swoje odczucia za pomocą czterostopniowej skali: „zdecydowanie tak”, „raczej tak”, „raczej nie”, „zdecydowanie nie”, do których przypisana jest punktacja. Kwestionariusz nawiązuje do trójwymiarowej struktury afektu (nastroju): pobudzenia napięciowego, pobudzenia energetycznego oraz tonu hedonistycznego. Pobudzenie napięciowe można opisać na wymiarze napięcie - relaksacja, pobudzenie energetyczne na wymiarze energia - zmęczenie, natomiast ton hedonistyczny na wymiarze przyjemność – nieprzyjemność. PN można określić jako lękotwórcze, osoby uzyskujące w tej skali wysokie wartości są napięte i zestresowane. PE można określić jako energię do działania, wykazuje ono funkcje mobilizujące. Osoby uzyskujące wysokie wartości czują się energiczne, aktywne i gotowe do działania. TH można określić jako subiektywne odczuwanie przyjemności bądź nieprzyjemności. Osoby o wysokiej wartości w tej skali odczuwają silne emocje pozytywne. Polską adaptację testu przeprowadziła Goryńska (Goryńska, 2005). Rzetelność ostatecznej wersji UMACL oszacowano na podstawie oceny zgodności wewnętrznej. Dla każdej grupy wieku i dla każdej skali oddzielnie obliczono współczynniki *alfa* Cronbacha. Współczynniki te były podstawą obliczenia standardowych błędów rozmiaru (SEM). Dla grupy badanej, czyli mężczyzn w wieku 19 – 40 lat wartości współczynnika *alfa* Cronbacha wynosiły kolejno 0,88 dla TH (SEM 1,89), 0,83 dla PN (SEM 0,94) i 0,75 dla PE (SEM 2,25). W TH wynik surowy waha się od 10 do 40 punktów, w PN od 9 do 36 punktów a w PE od 10 do 40 punktów. Większa liczba punktów wskazuje na wyższy poziom danego wymiaru nastroju.

3.2.8. Skala Poziomu Odczuwanego Wysiłku

10-stopniowa skala Poziomu Odczuwanego Wysiłku (RPE, ang. *Rate of Perceived Exertion*) służyła do oceny zmęczenia po każdym wykonanym boju podczas symulowanych zawodów trójboju siłowego. Skalę RPE stosowano w oparciu o liczbę powtórzeń w rezerwie

(RIR, ang. *repetition in reserve*). Jeżeli zawodnik zapytany po wykonaniu danego boju deklarował, że nie byłby w stanie wykonać ani jednego powtórzenia więcej z danym obciążeniem, skala RPE = 10; jeżeli deklarował, że byłby w stanie wykonać 1 powtórzenie więcej, skala RPE = 9; jeżeli deklarował, że byłby w stanie wykonać 2 powtórzenia więcej, RPE = 8; jeżeli deklarował, że byłby w stanie wykonać 3 powtórzenia więcej, RPE = 7; jeżeli deklarował, że byłby w stanie wykonać 4-6 powtórzeń więcej, RPE = 5 – 6; jeżeli deklarował, że wysiłek był lekki, RPE = 3 – 4; jeżeli deklarował, że wysiłek był bardzo lekki, RPE = 1 -2 (Zourdos i wsp., 2016). Im wyższe deklarowane RPE, tym zawodnik odczuwał dany bój jako bardziej męczący.

3.3. Metody analizy statystycznej

Liczebność grupy badanej wynosiła 30. Przyjęto ryzyko utraty zawodników w badaniu na poziomie 15%. Ostateczna wielkość próby, która ukończyła badanie wynosiła 13 osób w KON i 13 osób w EKS. Analizę wielkości próbki przeprowadzono w Statistica 13 (TIBCO Software Inc.) na podstawie dostępnych wyników z badań Durguerian i wsp. (2016), którzy oceniali, jak różnią się maksymalne możliwości siłowe zawodników wyrażane jako TOTAL (kg) pomiędzy dwoma symulowanymi zawodami, w dwóch grupach (*Group 1* – kontrolnej oraz *Group 2* – stosującej utratę około 5% masy ciała pomiędzy zawodami). Szacowana wielkość próby została obliczona w oparciu o test *t* dla dwóch prób niezależnych. Parametry: średnia różnic w grupie 1 wyniosła 8 kg (SD = 4,5 kg), a w grupie 2: 2,8 kg (SD = 4,2 kg). Poziom alfa ustalono na 0,05, a moc testu na 0,8. Założono również brak korelacji ocenianych zmiennych i przyjęto dwustronną hipotezę zerową. Na podstawie parametrów uzyskano szacunkową wielkość próby równą 13 osób w każdej grupie.

Uczestnicy zostali przydzieleni do EKS i KON w stosunku 1:1 na podstawie skomputeryzowanego generatora liczb losowych znajdującego się na stronie internetowej: <https://www.random.org/integers/> (Randomness and Integrity Services Ltd.).

Wykorzystano następujące metody statystyczne:

- analizę zmiennych ilościowych (tj. wyrażonych liczbą) przeprowadzono wyliczając średnią, odchylenie standardowe, medianę oraz kwartyle,

- analizę zmiennych jakościowych (tj. niewyrażonych liczbą) przeprowadzono wyliczając liczbę i procent wystąpień każdego ze zdarzeń,
- porównanie wartości zmiennych jakościowych w grupach wykonano za pomocą testu chi-kwadrat (z korektą Yatesa dla tabel 2x2) lub dokładnego testu Fishera, gdy pojawiały się niskie licznosci oczekiwane,
- porównanie wartości zmiennych ilościowych pomiędzy grupami wykonano za pomocą testu *U* Manna-Whitney'a,
- związki pomiędzy zmiennymi ilościowymi analizowano za pomocą współczynnika korelacji Spearmana,
- porównanie wartości zmiennych ilościowych w dwóch powtarzanych pomiarach wykonano za pomocą testu kolejności par Wilcoxona.

Analizę wykonano w programie R, wersja 4.3.0 (R Core Team, 2023).

4. WYNIKI

4.1. Statystyka opisowa badanych grup

EKS i KON wykazywały charakter homogeniczny i nie różniły się istotnie masą ciała, masą tkanki tłuszczowej, beztłuszczową masą ciała (FFM), ani zawartością tkanki tłuszczowej (tabela 5).

Tabela 5. Pomiary antropometryczne EKS i KON podczas Z1

Parametr	Grupa	N	Średnia	SD	Mediana	Min	Max	Q1	Q3	<i>p</i>
Wysokość ciała [cm]	EKS	13	180	7,3	180	171	193	174	187	0,719
	KON	13	180	8,0	183	163	194	175	184	
	Łącznie	26	180	7,5	182	163	194	174	184	
Masa ciała [kg]	EKS	13	94,3	14,2	92,0	75,1	121	84,3	105	0,762
	KON	13	91,3	13,4	93,3	69,8	117	79,3	97,5	
	Łącznie	26	92,8	13,6	92,8	69,8	121	83,2	104	
Zawartość wody w ciele [%]	EKS	13	55,1	7,44	54,1	42,1	66,8	49,8	58,7	0,801
	KON	13	55,1	7,32	58,6	42,6	67,1	50,4	60,0	
	Łącznie	26	55,1	7,23	55,4	42,1	67,1	49,9	59,8	
Woda wewnątrzkomórkowa [%]	EKS	13	34,9	4,68	35,1	26,7	42,5	31,7	36,7	0,72
	KON	13	34,8	4,58	37,0	27,0	42,6	32,0	37,9	
	Łącznie	26	34,9	4,54	35,5	26,7	42,6	31,8	37,7	
Woda zewnątrzkomórkowa [%]	EKS	13	20,2	2,8	20,2	15,4	24,3	18,1	22,0	0,857
	KON	13	20,2	2,75	21,5	15,6	24,5	18,4	22,1	
	Łącznie	26	20,2	2,72	20,4	15,4	24,5	18,2	22,1	
Masa tkanki tłuszczowej [kg]	EKS	13	18,8	8,06	18,3	9,7	40,5	14,7	20,4	0,473
	KON	13	15,8	6,41	16,9	7,3	26,8	9,7	19,7	
	Łącznie	26	17,3	7,29	17,0	7,3	40,5	11,0	20,3	
FFM [kg]	EKS	13	75,5	10,3	74,6	57,8	91,9	68,2	80,2	0,724

Parametr	Grupa	N	Średnia	SD	Mediana	Min	Max	Q1	Q3	p
	KON	13	75,5	10,1	80,4	58,2	92,4	69,1	82,2	
	Łącznie	26	75,5	10,0	75,9	57,8	92,4	68,4	81,9	
	EKS	13	43,5	6,11	43,7	32,9	53,5	39,3	45,9	
Masa mięśni szkieletowych [kg]	KON	13	43,5	5,99	46,3	33,2	53,6	39,7	47,5	0,72
	Łącznie	26	43,5	5,93	44,2	32,9	53,6	39,4	47,3	
	EKS	13	29,1	3,02	28,8	24,5	36,4	27,8	30,5	
BMI [kg/m ²]	KON	13	28,1	2,49	28,2	22,8	32,5	27,6	29,3	0,521
	Łącznie	26	28,6	2,75	28,4	22,8	36,4	27,6	29,8	
	EKS	13	19,5	6,21	18,3	11,5	33,5	14,0	23,3	
Zawartość tkanki tłuszczowej [%]	KON	13	17,0	5,85	17,5	9,5	26,6	11,1	21,2	0,33
	Łącznie	26	18,3	6,05	18,2	9,5	33,5	13,3	22,7	

Skróty: N - liczebność grupy; SD - odchylenie standardowe; Min - wartość minimalna; Max - wartość maksymalna; Q1 - kwartył 1; Q3 - kwartył 3; p – prawdopodobieństwo testowe różnic pomiędzy EKS i KON; EKS - grupa eksperymentalna; KON - grupa kontrolna; BMI - wskaźnik masy ciała; FFM - beztłuszczowa masa ciała.

EKS i KON nie różniły stażem treningowym oraz wynikami osiąganymi w trójboju zarówno podczas treningów, jak i podczas zawodów (tabela 6).

Tabela 6. Charakterystyka EKS i KON

Parametr		EKS (N=13)	KON (N=13)	Łącznie (N=26)	p
	Średnia (SD)	26,0 (5,21)	23,2 (3,42)	24,6 (4,54)	0,141
Wiek [lata]	Mediana (kwartyle)	27,0 (21,0-29,0)	23,0 (20,0-25,0)	24,0 (20,2-27,0)	
	Zakres	20,0-35,0	19,0-31,0	19,0-35,0	
	Średnia (SD)	1,46 (1,61)	0,846 (0,987)	1,15 (1,35)	0,306
Starty w zawodach w ostatnich 12 miesiącach	Mediana (kwartyle)	1 (0-2)	1 (0-1)	1 (0-2)	
	Zakres	0-6	0-3	0-6	
	Średnia (SD)	567 (84,3)	537 (61,1)	552 (73,8)	0,293

Parametr		EKS (N=13)	KON (N=13)	Łącznie (N=26)	p
TOTAL osiągnięty na treningu [kg]	Mediana (kwartyle)	572 (525-610)	550 (515-565)	558 (518-595)	
	Zakres	390-710	440-640	390-710	
TOTAL osiągnięty na zawodach [kg]	Średnia (SD)	539 (82,5)	463 (177)	501 (141)	0,397
	Mediana (kwartyle)	518 (480-572)	500 (440-570)	518 (463-572)	
SQ [kg]	Zakres	435-675	0,00-630	0,00-675	
	Średnia (SD)	201 (31,5)	194 (23,9)	198 (27,7)	0,817
BP [kg]	Mediana (kwartyle)	202 (185-210)	192 (185-210)	201 (185-210)	
	Zakres	150-265	150-230	150-265	
DL [kg]	Średnia (SD)	134 (22,8)	126 (14,4)	130 (19,2)	0,217
	Mediana (kwartyle)	130 (125-145)	120 (115-135)	128 (120-139)	
Staż treningowy [lata]	Zakres	90,0-180	108-160	90,0-180	
	Średnia (SD)	242 (31,7)	228 (21,3)	235 (27,4)	0,342
DL [kg]	Mediana (kwartyle)	240 (212-260)	228 (220-235)	234 (216-250)	
	Zakres	200-305	175-260	175-305	
Staż treningowy [lata]	Średnia (SD)	3,69 (1,38)	3,46 (1,61)	3,58 (1,47)	0,714
	Mediana (kwartyle)	3,00 (3,00-5,00)	4,00 (2,00-4,00)	3,00 (2,25-4,75)	
Liczba jednostek treningowych w tygodniu (średnio w ostatnich 12 mies.)	Zakres	2,00-6,00	1,00-6,00	1,00-6,00	
	Średnia (SD)	3,54 (0,776)	3,15 (0,555)	3,35 (0,689)	0,153
Liczba startów w zawodach w trójboju siłowym	Mediana (kwartyle)	4 (3-4)	3 (3-3)	3 (3-4)	
	Zakres	2-5	2-4	2-5	
Liczba startów w zawodach w trójboju siłowym	Średnia (SD)	2,85 (1,77)	2,85 (2,38)	2,85 (2,05)	0,579
	Mediana (kwartyle)	2 (2-3)	2 (1-5)	2 (1-4,5)	
Liczba startów w zawodach w trójboju siłowym	Zakres	1-6	1-8	1-8	
	Braki danych	0	0	0	
	Nie	11 (84,62%)	11 (84,62%)	22 (84,62%)	1

Parametr		EKS (N=13)	KON (N=13)	Łącznie (N=26)	<i>p</i>
Określony, specyficzny sposób żywienia	Dieta fleksytariańska	1 (7,69%)	1 (7,69%)	2 (7,69%)	
	Dieta wegetariańska bezglutenowa	1 (7,69%)	0 (0,00%)	1 (3,85%)	
	Warzywa, owoce, mało czerwonego mięsa	0 (0,00%)	1 (7,69%)	1 (3,85%)	
Gwałtowna redukcja masy ciała (kiedykolwiek)	Nie	6 (46,15%)	7 (53,85%)	13 (50,00%)	1
	Tak	7 (53,85%)	6 (46,15%)	13 (50,00%)	

Skróty: N - liczebność grupy; SD - odchylenie standardowe; *p* - prawdopodobieństwo testowe różnic pomiędzy EKS i KON; EKS - grupa eksperymentalna; KON - grupa kontrolna; SQ – przysiad; BP – wyciskanie leżąc; DL – martwy ciąg.

Połowa uczestników deklarowała stosowanie kiedykolwiek gwałtownej redukcji masy ciała przed zawodami. Pomędzy grupami nie zaobserwowano istotnych różnic w wielkości utraty masy ciała przed zawodami oraz w metodach stosowanych podczas gwałtownej redukcji masy ciała (tabela 7).

Tabela 7. Deklarowane metody gwałtownej redukcji masy ciała stosowane przez zawodników przed przystąpieniem do eksperymentu

Parametr		EKS (N=7)	KON (N=6)	Łącznie (N=13)	p
Maksymalne zmniejszenie masy ciała w wyniku gwałtownej redukcji masy ciała [kg]	Średnia (SD)	3,71 (0,809)	4,5 (1,64)	4,08 (1,27)	0,506
	Mediana (kwartyle)	3,5 (3,00-4,25)	4,00 (3,25-5,5)	4,00 (3,00-4,5)	
	Zakres	3,00-5,00	3,00-7,00	3,00-7,00	
Ograniczanie kalorii	Nie	2 (28,57%)	1 (16,67%)	3 (23,08%)	1
	Tak	5 (71,43%)	5 (83,33%)	10 (76,92%)	
Ograniczanie spożycia płynów	Nie	2 (28,57%)	3 (50,00%)	5 (38,46%)	0,592
	Tak	5 (71,43%)	3 (50,00%)	8 (61,54%)	
Ograniczanie spożycia soli	Nie	3 (42,86%)	2 (33,33%)	5 (38,46%)	1
	Tak	4 (57,14%)	4 (66,67%)	8 (61,54%)	
Pomijanie posiłków	Nie	5 (71,43%)	5 (83,33%)	10 (76,92%)	1
	Tak	2 (28,57%)	1 (16,67%)	3 (23,08%)	
Dieta niskobłonnikowa	Nie	1 (14,29%)	3 (50,00%)	4 (30,77%)	0,266
	Tak	6 (85,71%)	3 (50,00%)	9 (69,23%)	
Gorące kąpiele	Nie	5 (71,43%)	3 (50,00%)	8 (61,54%)	0,592
	Tak	2 (28,57%)	3 (50,00%)	5 (38,46%)	
Zwiększona konsumpcja wody z następnym jej ograniczeniem	Nie	5 (71,43%)	4 (66,67%)	9 (69,23%)	1
	Tak	2 (28,57%)	2 (33,33%)	4 (30,77%)	
Substancje diuretyczne	Nie	6 (85,71%)	4 (66,67%)	10 (76,92%)	0,559
	Tak	1 (14,29%)	2 (33,33%)	3 (23,08%)	
Inne	Nie	5 (71,43%)	2 (33,33%)	7 (53,85%)	0,286
	Tak	2 (28,57%)	4 (66,67%)	6 (46,15%)	

Skróty: N - liczebność grupy; SD - odchylenie standardowe; p - prawdopodobieństwo testowe różnic pomiędzy EKS i KON; EKS - grupa eksperymentalna; KON - grupa kontrolna.

4.2. Nawyki żywieniowe

Początkowa wartość energetyczna diety, spożycie makroskładników, mikroskładników, witamin, błonnika oraz cholesterolu nie różniły się istotnie pomiędzy EKS i KON. Wyjątek stanowiła w diecie wartość energetyczna pochodząca z kwasu alfa-linolenowego i spożycie witaminy E, które były większe w grupie EKS (tabela 8).

Tabela 8. Charakterystyka składników pokarmowych w EKS i KON przed Z1

Parametr	Grupa	N	Średnia	SD	Mediana	Min	Max	Q1	Q3	P
Wartość energetyczna [kcal]	EKS	13	3280	703	3250	2380	4410	2790	3900	0,801
	KON	13	3300	525	3080	2570	4560	2970	3550	
	Łącznie	26	3290	608	3160	2380	4560	2910	3700	
Względna wartość energetyczna [kcal/kg]	EKS	13	35,4	8,39	37,4	20,6	51,8	33,1	39,2	0,801
	KON	13	36,6	5,6	37,6	25,5	46,8	32,7	40,4	
	Łącznie	26	36,0	7,02	37,5	20,6	51,8	32,8	39,5	
Białko [g]	EKS	13	174	27,1	175	136	221	152	190	0,243
	KON	13	185	24,6	187	126	217	172	197	
	Łącznie	26	179	26,0	181	126	221	164	196	
Względne spożycie białka [g/kg]	EKS	13	1,87	0,36	1,89	1,34	2,74	1,62	2,07	0,186
	KON	13	2,06	0,414	1,98	1,61	3,05	1,7	2,18	
	Łącznie	26	1,97	0,392	1,96	1,34	3,05	1,66	2,1	
Tłuszcz [g]	EKS	13	117	45,3	102	61,8	219	92,9	124	0,418
	KON	13	98,2	27,6	99,7	34,1	145	93,5	116	
	Łącznie	26	108	38,0	100	34,1	219	93,1	119	
Procentowa zawartość tłuszczu w diecie [%]	EKS	13	31,7	7,35	31,0	22,9	44,7	27,2	33,7	0,204
	KON	13	26,8	6,99	27,2	10,6	37,9	24,9	30,1	
	Łącznie	26	29,2	7,45	28,6	10,6	44,7	25,0	32,4	

Parametr	Grupa	N	Średnia	SD	Mediana	Min	Max	Q1	Q3	P
Węglowodany [g]	EKS	13	362	93,2	369	241	536	299	402	0,448
	KON	13	391	95,0	380	275	567	314	461	
	Łącznie	26	376	93,5	373	241	567	305	413	
Względne spożycie węglowodanów [g/kg]	EKS	13	3,91	1,02	4,19	2,02	5,15	3,39	4,51	0,336
	KON	13	4,36	1,14	4,51	2,59	6,13	3,49	4,99	
	Łącznie	26	4,14	1,09	4,22	2,02	6,13	3,42	4,96	
Błonnik [g]	EKS	13	28,8	13,0	27,4	9,2	54,8	21,9	36,0	0,555
	KON	13	32,3	14,3	32,7	11,9	55,1	21,4	43,3	
	Łącznie	26	30,5	13,5	29,9	9,2	55,1	21,5	38,1	
Sód [mg]	EKS	13	3120	807	3030	1970	4620	2510	3720	0,264
	KON	13	3590	1030	3620	2130	5460	2680	4250	
	Łącznie	26	3350	935	3370	1970	5460	2640	3950	
Potas [mg]	EKS	13	3460	910	3480	1940	5460	2740	3900	0,762
	KON	13	3680	1250	3620	1680	5900	2900	4710	
	Łącznie	26	3570	1080	3550	1680	5900	2780	4100	
Wapń [mg]	EKS	13	1600	751	1380	739	3130	978	1720	0,65
	KON	13	1310	350	1350	593	1770	1110	1540	
	Łącznie	26	1460	594	1350	593	3130	1100	1660	
Fosfor [mg]	EKS	13	1800	525	1840	1010	2820	1500	2110	0,064
	KON	13	2140	448	2170	972	2730	2060	2420	
	Łącznie	26	1970	510	2080	972	2820	1660	2320	
Magnez [mg]	EKS	13	393	135	394	168	694	354	432	0,687
	KON	13	429	148	392	172	682	346	509	
	Łącznie	26	411	140	393	168	694	348	499	

Parametr	Grupa	N	Średnia	SD	Mediana	Min	Max	Q1	Q3	P
Żelazo [mg]	EKS	13	18,5	10,6	16,3	7,8	51,1	14,1	19,9	0,626
	KON	13	17,5	3,87	17,5	11,3	23,2	14,7	21,7	
	Łącznie	26	18,0	7,83	16,4	7,8	51,1	14,2	20,7	
Cynk [mg]	EKS	13	13,0	3,09	13,3	5,7	17,7	12,6	14,3	0,238
	KON	13	14,5	3,8	14,8	7,2	20,5	12,2	17,4	
	Łącznie	26	13,8	3,48	13,6	5,7	20,5	12,3	15,8	
Miedź [mg]	EKS	13	1,6	0,661	1,5	0,5	3,00	1,4	1,9	1
	KON	13	1,66	0,642	1,5	0,9	2,8	1,3	1,9	
	Łącznie	26	1,63	0,639	1,5	0,5	3,00	1,3	1,9	
Tiamina [mg]	EKS	13	1,68	0,483	1,7	0,6	2,6	1,4	1,9	0,572
	KON	13	1,95	0,795	1,6	0,9	3,7	1,5	2,5	
	Łącznie	26	1,81	0,659	1,7	0,6	3,7	1,42	2,08	
Ryboflawina [mg]	EKS	13	2,22	0,584	2,3	1,00	3,2	1,9	2,6	0,625
	KON	13	2,4	0,692	2,3	1,2	3,5	1,9	2,8	
	Łącznie	26	2,31	0,634	2,3	1,00	3,5	1,9	2,68	
Niacyna [mg]	EKS	13	23,9	11,2	23,7	10,7	54,9	19,1	26,1	0,204
	KON	13	32,4	19,1	26,9	7,7	66,3	20,6	32,2	
	Łącznie	26	28,2	15,9	25,0	7,7	66,3	19,3	30,5	
Foliany [mcg]	EKS	13	410	144	419	162	727	312	487	0,511
	KON	13	469	184	445	182	789	370	645	
	Łącznie	26	439	165	431	162	789	321	529	
Kobalamina [mcg]	EKS	13	5,37	2,84	4,6	2,00	12,3	3,7	5,5	0,739
	KON	13	5,55	2,57	5,6	1,8	10,1	3,4	7,9	
	Łącznie	26	5,46	2,65	4,75	1,8	12,3	3,55	6,4	

Parametr	Grupa	N	Średnia	SD	Mediana	Min	Max	Q1	Q3	P
Pirydoksyna [mg]	EKS	13	2,32	0,669	2,3	1,2	3,6	1,8	2,6	0,857
	KON	13	2,52	1,15	2,2	1,1	4,8	1,8	3,00	
	Łącznie	26	2,42	0,927	2,3	1,1	4,8	1,8	2,88	
Witamina A [mcg]	EKS	13	1270	572	1210	278	2110	969	1610	0,65
	KON	13	1330	979	1160	200	3390	711	1600	
	Łącznie	26	1300	786	1190	200	3390	780	1610	
Witamina C [mg]	EKS	13	152	84,1	140	52,6	285	62,5	189	0,448
	KON	13	141	110	106	24,8	375	64,4	183	
	Łącznie	26	147	96,3	128	24,8	375	63,0	187	
Witamina D [mcg]	EKS	13	5,34	3,66	4,1	1,1	12,9	2,5	7,4	0,817
	KON	13	5,05	3,9	5,00	0,00	12,2	2,1	6,8	
	Łącznie	26	5,2	3,71	4,55	0,00	12,9	2,2	7,25	
Witamina E [mg]	EKS	13	14,1	6,72	11,3	5,3	32,1	10,9	15,8	0,044 *
	KON	13	10,5	3,25	9,6	6,7	18,5	8,6	11,7	
	Łącznie	26	12,3	5,48	11,0	5,3	32,1	9,45	14,0	
Nasycone kwasy tłuszczowe [g]	EKS	13	44,5	18,3	38,9	21,7	79,6	31,0	55,4	0,511
	KON	13	37,3	13,2	40,7	8,9	54,6	33,5	46,3	
	Łącznie	26	40,9	16,0	40,1	8,9	79,6	31,4	49,2	
Energia z nasyconych kwasów tłuszczowych [%]	EKS	13	12,1	3,76	11,7	7,99	20,1	8,84	14,1	0,362
	KON	13	10,2	3,73	11,3	2,77	15,2	8,03	12,5	
	Łącznie	26	11,1	3,79	11,4	2,77	20,1	8,28	13,9	
Jednonienasycone kwasy tłuszczowe [g]	EKS	13	49,1	21,8	43,1	27,5	105	35,9	53,4	0,442
	KON	13	41,1	12,9	39,9	14,8	66,5	35,5	47,1	
	Łącznie	26	45,1	18,0	41,0	14,8	105	35,6	51,8	

Parametr	Grupa	N	Średnia	SD	Mediana	Min	Max	Q1	Q3	P
Wielonienasycone kwasy tłuszczowe [g]	EKS	13	23,7	9,28	21,6	12,6	48,7	18,1	26,4	0,228
	KON	13	19,8	5,04	19,6	10,4	32,4	17,5	21,1	
	Łącznie	26	21,7	7,59	20,0	10,4	48,7	17,7	23,3	
kwas alfa-linolowy C18:2 [g]	EKS	13	12,6	5,4	11,2	4,6	25,3	10,4	13,9	0,305
	KON	13	10,6	4,55	9,6	5,2	21,6	8,00	12,8	
	Łącznie	26	11,6	4,99	10,9	4,6	25,3	8,42	13,0	
Energia z kwasu alfa-linolowego [%]	EKS	13	3,4	0,989	3,04	1,67	5,17	2,81	4,1	0,223
	KON	13	2,85	0,954	2,64	1,57	4,26	1,92	3,74	
	Łącznie	26	3,12	0,992	2,85	1,57	5,17	2,59	3,94	
Kwas alfa-linolenowy C18:3 [g]	EKS	13	2,68	1,62	1,9	1,2	6,7	1,6	3,4	0,061
	KON	13	1,62	0,791	1,5	0,3	2,7	1,00	2,1	
	Łącznie	26	2,15	1,36	1,85	0,3	6,7	1,33	2,68	
Energia z kwasu alfa-linololenowego [%]	EKS	13	0,723	0,347	0,678	0,369	1,37	0,429	0,903	0,022 *
	KON	13	0,433	0,195	0,454	0,0893	0,73	0,315	0,533	
	Łącznie	26	0,578	0,313	0,519	0,0893	1,37	0,371	0,709	
Kwas eikozapentaenowy [g]	EKS	13	0,285	0,632	0,00	0,00	2,2	0,00	0,2	0,928
	KON	13	0,215	0,486	0,00	0,00	1,7	0,00	0,1	
	Łącznie	26	0,25	0,554	0,00	0,00	2,2	0,00	0,175	
Kwas dokozaheksaenowy [g]	EKS	13	0,4	0,604	0,2	0,00	1,8	0,00	0,6	0,829
	KON	13	0,377	0,714	0,1	0,00	2,5	0,00	0,3	
	Łącznie	26	0,388	0,648	0,1	0,00	2,5	0,00	0,525	
Kwas eikozapeintaenowy + kwas dokozaheksaenowy [g]	EKS	13	0,685	1,19	0,2	0,00	3,7	0,00	0,8	1
	KON	13	0,592	1,2	0,1	0,00	4,2	0,00	0,3	
	Łącznie	26	0,638	1,17	0,15	0,00	4,2	0,00	0,675	

Parametr	Grupa	N	Średnia	SD	Mediana	Min	Max	Q1	Q3	P
Cholesterol [mg]	EKS	13	492	328	428	93,0	1100	280	724	0,84
	KON	13	480	390	322	160	1320	230	525	
	Łącznie	26	486	353	343	93,0	1320	233	705	

Skróty: N - liczebność grupy; SD - odchylenie standardowe; Min - wartość minimalna; Max - wartość maksymalna; Q1 - kwartył 1; Q3 - kwartył 3; p - prawdopodobieństwo testowe różnic pomiędzy EKS i KON; EKS - grupa eksperymentalna; KON - grupa kontrolna; BMI - wskaźnik masy ciała; FFM - beztłuszczowa masa ciała; * - różnica istotna statystycznie (p<0,05).

Nie zaobserwowano istotnych różnic między badanymi grupami w zakresie spełnienia rekomendowanej wartości energetycznej diety oraz spożycia makroskładników, mikroskładników, błonnika pokarmowego oraz cholesterolu (tabela 9).

Tabela 9. Częstotliwość spełniania rekomendacji żywieniowych przez EKS i KON

Parametr		Grupa			P
		EKS (N=13)	KON (N=13)	Łącznie (N=26)	
Wartość energetyczna	W normie	1 (7,69%)	1 (7,69%)	2 (7,69%)	1
	Spożycie zbyt niskie	12 (92,31%)	12 (92,31%)	24 (92,31%)	
Białko	W normie	13 (100,00%)	13 (100,00%)	26 (100,00%)	1
Błonnik	W normie	8 (61,54%)	9 (69,23%)	17 (65,38%)	1
	Spożycie zbyt niskie	5 (38,46%)	4 (30,77%)	9 (34,62%)	
Sód	Spożycie zbyt wysokie	13 (100%)	13 (100%)	26 (100%)	1
Potas	W normie	6 (46,15%)	7 (53,85%)	13 (50%)	1
	Spożycie zbyt niskie	7 (53,85%)	6 (46,15%)	13 (50%)	

Parametr		Grupa			P
		EKS (N=13)	KON (N=13)	Łącznie (N=26)	
Wapń	W normie	9 (69,23%)	11 (84,62%)	20 (76,92%)	0,645
	Spożycie zbyt niskie	4 (30,77%)	2 (15,38%)	6 (23,08%)	
Fosfor	W normie	13 (100%)	13 (100%)	26 (100%)	1
Magnez	W normie	5 (38,46%)	6 (46,15%)	11 (42,31%)	1
	Spożycie zbyt niskie	8 (61,54%)	7 (53,85%)	15 (57,69%)	
Żelazo	W normie	11 (84,62%)	13 (100,00%)	24 (92,31%)	0,48
	Spożycie zbyt niskie	2 (15,38%)	0 (0,00%)	2 (7,69%)	
Cynk	W normie	11 (84,62%)	10 (76,92%)	21 (80,77%)	1
	Spożycie zbyt niskie	2 (15,38%)	3 (23,08%)	5 (19,23%)	
Miedź	W normie	11 (84,62%)	13 (100%)	24 (92,31%)	0,48
	Spożycie zbyt niskie	2 (15,38%)	0 (0,00%)	2 (7,69%)	
Tiamina	W normie	12 (92,31%)	11 (84,62%)	23 (88,46%)	1
	Spożycie zbyt niskie	1 (7,69%)	2 (15,38%)	3 (11,54%)	
Ryboflawina	W normie	12 (92,31%)	12 (92,31%)	24 (92,31%)	1
	Spożycie zbyt niskie	1 (7,69%)	1 (7,69%)	2 (7,69%)	
Niacyna	W normie	10 (76,92%)	11 (84,62%)	21 (80,77%)	1
	Spożycie zbyt niskie	3 (23,08%)	2 (15,38%)	5 (19,23%)	

Parametr		Grupa			P
		EKS (N=13)	KON (N=13)	Łącznie (N=26)	
Foliany	W normie	7 (53,85%)	9 (69,23%)	16 (61,54%)	0,687
	Spożycie zbyt niskie	6 (46,15%)	4 (30,77%)	10 (38,46%)	
Kobalamina	W normie	12 (92,31%)	11 (84,62%)	23 (88,46%)	1
	Spożycie zbyt niskie	1 (7,69%)	2 (15,38%)	3 (11,54%)	
Pirydoksyna	W normie	12 (92,31%)	11 (84,62%)	23 (88,46%)	1
	Spożycie zbyt niskie	1 (7,69%)	2 (15,38%)	3 (11,54%)	
Witamina A	W normie	10 (76,92%)	7 (53,85%)	17 (65,38%)	0,411
	Spożycie zbyt niskie	3 (23,08%)	6 (46,15%)	9 (34,62%)	
Witamina C	W normie	9 (69,23%)	9 (69,23%)	18 (69,23%)	1
	Spożycie zbyt niskie	4 (30,77%)	4 (30,77%)	8 (30,77%)	
Witamina D	Spożycie zbyt niskie	13 (100,00%)	13 (100,00%)	26 (100,00%)	1
Witamina E	W normie	11 (84,62%)	6 (46,15%)	17 (65,38%)	0,097
	Spożycie zbyt niskie	2 (15,38%)	7 (53,85%)	9 (34,62%)	
Nasycone kwasy tłuszczowe	W normie	5 (38,46%)	5 (38,46%)	10 (38,46%)	1
	Spożycie zbyt wysokie	8 (61,54%)	8 (61,54%)	16 (61,54%)	
Kwas alfa-linolowy	W normie	4 (30,77%)	3 (23,08%)	7 (26,92%)	1
	Spożycie zbyt niskie	9 (69,23%)	10 (76,92%)	19 (73,08%)	

Parametr	Grupa			P	
	EKS (N=13)	KON (N=13)	Łącznie (N=26)		
Kwas alfa-linolenowy	W normie	8 (61,54%)	6 (46,15%)	14 (53,85%)	0,694
	Spożycie zbyt niskie	5 (38,46%)	7 (53,85%)	12 (46,15%)	
Kwas eikozapentaenowy + kwas dokozaheksaenowy	W normie	4 (30,77%)	4 (30,77%)	8 (30,77%)	1
	Spożycie zbyt niskie	9 (69,23%)	9 (69,23%)	18 (69,23%)	

Skróty: N - liczebność grupy; p - prawdopodobieństwo testowe różnic pomiędzy EKS i KON; EKS - grupa eksperymentalna; KON - grupa kontrolna.

4.3. Procentowa utrata masy ciała

Grupa EKS podczas strategii gwałtownej redukcji masy ciała doprowadziła do średniej utraty 4,81% masy ciała, co było wartością istotnie większą niż w grupie kontrolnej (tabela 10).

Tabela 10. Procentowa utrata masy ciała w EKS i KON podczas strategii gwałtownej utraty masy ciała

Grupa	N	Utrata masy ciała [%]							P
		Średnia	SD	Mediana	Min	Max	Q1	Q3	
EKS	13	4,81	1,99	5,12	0,576	8,1	3,56	5,53	<0,001*
KON	13	0,17	1,04	0,205	-1,54	2,19	-0,592	0,603	

Skróty: N - liczebność grupy; SD - odchylenie standardowe; Min - wartość minimalna; Max - wartość maksymalna; Q1 - kwartył 1; Q3 - kwartył 3; p - prawdopodobieństwo testowe różnic pomiędzy EKS i KON; EKS - grupa eksperymentalna; KON - grupa kontrolna; * - różnica istotna statystycznie (p<0,05).

4.4. Gwałtowna redukcja masy ciała a maksymalne możliwości siłowe

Podczas Z1 nie zaobserwowano różnic w maksymalnych możliwościach siłowych pomiędzy EKS i KON (tabela 11).

Tabela 11. Maksymalne możliwości siłowe EKS i KON podczas Z1

Parametr	Grupa	N	Średnia	SD	Mediana	Min	Max	Q1	Q3	P
SQ [kg]	EKS	13	190	30,9	185	135	260	178	200	0,571
	KON	13	192	21,6	190	158	215	185	210	
	Łącznie	26	191	26,1	190	135	260	178	210	
BP [kg]	EKS	13	125	25,7	118	80,0	170	110	130	0,959
	KON	13	122	15,3	120	102	160	110	130	
	Łącznie	26	123	20,8	120	80,0	170	110	130	
DL [kg]	EKS	13	224	34,5	215	180	292	205	250	0,918
	KON	13	220	26,0	215	178	265	200	235	
	Łącznie	26	222	30,0	215	178	292	201	249	
TOTAL [kg]	EKS	13	540	82,3	530	395	682	475	590	0,939
	KON	13	534	55,1	530	438	625	508	575	
	Łącznie	26	537	68,7	530	395	682	501	586	
IPF GL [pkt]	EKS	13	70,5	9,9	68,5	55,1	90,0	63,8	77,6	0,724
	KON	13	71,3	7,05	71,9	58,8	84,3	67,9	73,4	
	Łącznie	26	70,9	8,43	69,5	55,1	90,0	65,9	76,6	
IPF GL BP [pkt]	EKS	13	59,3	11,7	58,2	42,0	81,2	52,7	61,7	0,92
	KON	13	58,9	6,94	56,9	48,7	75,4	55,3	61,7	
	Łącznie	26	59,1	9,46	58,0	42,0	81,2	53,0	61,7	

Skróty: N - liczebność grupy; SD - odchylenie standardowe; Min - wartość minimalna; Max - wartość maksymalna; Q1 - kwartył 1; Q3 - kwartył 3; p - prawdopodobieństwo testowe różnic pomiędzy EKS i KON; EKS - grupa eksperymentalna; KON - grupa kontrolna; SQ – przysiad; BP – wyciskanie leżąc; DL – martwy ciąg; IPF GL – IPF Good Lift; IPF GL BP – IPF Good Lift Bench Press; TOTAL - suma trzech największych uzyskanych bojów w trójboju siłowym.

Podczas Z2 nie zaobserwowano różnic w maksymalnych możliwościach siłowych pomiędzy EKS i KON (tabela 12).

Tabela 12. Maksymalne możliwości siłowe EKS i KON podczas Z2

Parametr	Grupa	N	Średnia	SD	Mediana	Min	Max	Q1	Q3	P
SQ [kg]	EKS	13	189	28,1	185	140	250	178	200	0,455
	KON	13	194	22,3	192	155	225	180	215	
	Łącznie	26	192	25,1	190	140	250	180	208	
BP [kg]	EKS	13	125	26,7	120	80,0	180	110	130	0,877
	KON	13	122	16,1	122	100	160	108	130	
	Łącznie	26	124	21,6	121	80,0	180	110	130	
DL [kg]	EKS	13	224	35,3	210	182	295	200	250	0,898
	KON	13	220	23,9	218	180	265	210	235	
	Łącznie	26	222	29,6	211	180	295	201	240	
TOTAL [kg]	EKS	13	538	82,5	525	410	700	480	565	0,797
	KON	13	537	54,2	532	440	625	508	580	
	Łącznie	26	537	68,4	529	410	700	503	578	
IPF GL [pkt]	EKS	13	73,1	10,4	72,4	54,2	92,4	67,5	78,7	0,579
	KON	13	70,3	7,28	72,9	57,2	81,2	65,1	74,0	
	Łącznie	26	71,7	8,9	72,6	54,2	92,4	65,7	77,3	
IPF GL BP [pkt]	EKS	13	61,8	12,3	60,3	42,7	82,0	56,2	65,2	0,287
	KON	13	58,0	7,35	56,1	47,6	75,4	53,0	61,9	
	Łącznie	26	59,9	10,1	58,9	42,7	82,0	53,3	63,7	

Skróty: N - liczebność grupy; SD - odchylenie standardowe; Min - wartość minimalna; Max - wartość maksymalna; Q1 - kwartył 1; Q3 - kwartył 3; p - prawdopodobieństwo testowe różnic pomiędzy EKS i KON; EKS - grupa eksperymentalna; KON - grupa kontrolna; SQ – przysiad; BP – wyciskanie leżąc; DL – martwy ciąg; IPF GL – IPF Good Lift; IPF GL BP – IPF Good Lift Bench Press; TOTAL - suma trzech największych uzyskanych bojów w trójboju siłowym.

Pomiędzy Z1 a Z2, w grupie EKS zaobserwowano istotne zwiększenie osiągniętych punktów przyznawanych w Międzynarodowej Federacji Trójboju Siłowego: IPF GL oraz IPF GL BP (tabela 13).

Tabela 13. Różnice w maksymalnych możliwościach siłowych EKS między Z1 a Z2

Parametr	Pomiar	N	Średnia	SD	$\Delta \pm SD$	Mediana	Min	Max	Q1	Q3	p
SQ [kg]	Z1	13	190	30,9		185	135	260	178	200	0,221
	Z2	13	189	28,1	-0,7% \pm 2,13	185	140	250	178	200	
BP [kg]	Z1	13	125	25,7		118	80,0	170	110	130	1
	Z2	13	125	26,7	0,176% \pm 3,1	120	80,0	180	110	130	
DL [kg]	Z1	13	224	34,5		215	180	292	205	250	0,822
	Z2	13	224	35,3	-0,12% \pm 4,03	210	182	295	200	250	
TOTAL [kg]	Z1	13	540	82,3		530	395	682	475	590	0,533
	Z2	13	538	82,5	-0,291% \pm 2,19	525	410	700	480	565	
IPF GL [pkt]	Z1	13	70,5	9,9		68,5	55,1	90,0	63,8	77,6	0,011 *
	Z2	13	73,1	10,4	3,83% \pm 6,31	72,4	54,2	92,4	67,5	78,7	
IPF GL BP [pkt]	Z1	13	59,3	11,7		58,2	42,0	81,2	52,7	61,7	0,013 *
	Z2	13	61,8	12,3	4,37% \pm 6,79	60,3	42,7	82,0	56,2	65,2	

Skróty: N - liczebność grupy; SD - odchylenie standardowe; Min - wartość minimalna; Max - wartość maksymalna; Q1 - kwartył 1; Q3 - kwartył 3; p - prawdopodobieństwo testowe różnic pomiędzy EKS i KON; EKS - grupa eksperymentalna; KON - grupa kontrolna; SQ – przysiad; BP – wyciskanie leżąc; DL – martwy ciąg; IPF GL – IPF Good Lift; IPF GL BP – IPF Good Lift Bench Press; TOTAL - suma trzech największych uzyskanych bojów w trójboju siłowym; Z1 – zawody pierwsze; Z2 – zawody drugie; * - różnica istotna statystycznie ($p < 0,05$); $\Delta \pm SD$ – różnica pomiędzy zawodami 1 a zawodami 2.

W grupie KON nie zaobserwowano różnic w maksymalnych możliwościach siłowych pomiędzy Z1 a Z2 (tabela 14).

Tabela 14. Różnice w maksymalnych możliwościach siłowych KON między Z1 a Z2

Parametr	Pomiar	N	Średnia	SD	$\Delta \pm SD$	Mediana	Min	Max	Q1	Q3	p
SQ [kg]	Z1	13	192	21,6		190	158	215	185	210	0,382
	Z2	13	194	22,3	1,26% \pm 4,13	192	155	225	180	215	
BP [kg]	Z1	13	122	15,3		120	102	160	110	130	0,469
	Z2	13	122	16,1	0,481% \pm 2,42	122	100	160	108	130	
DL [kg]	Z1	13	220	26,0		215	178	265	200	235	1
	Z2	13	220	23,9	0,136% \pm 3,49	218	180	265	210	235	
TOTAL [kg]	Z1	13	534	55,1		530	438	625	508	575	0,282
	Z2	13	537	54,2	0,58% \pm 1,84	532	440	625	508	580	
IPF GL [pkt]	Z1	13	71,3	7,05		71,9	58,8	84,3	67,9	73,4	0,969
	Z2	13	70,3	7,28	-1,23% \pm 5,57	72,9	57,2	81,2	65,1	74,0	
IPF GL BP [pkt]	Z1	13	58,9	6,94		56,9	48,7	75,4	55,3	61,7	0,505
	Z2	13	58,0	7,35	-1,41% \pm 4,78	56,1	47,6	75,4	53,0	61,9	

Skróty: N - liczebność grupy; SD - odchylenie standardowe; Min - wartość minimalna; Max - wartość maksymalna; Q1 - kwartyl 1; Q3 - kwartyl 3; p - prawdopodobieństwo testowe różnic pomiędzy EKS i KON; EKS - grupa eksperymentalna; KON - grupa kontrolna; SQ - przysiad; BP - wyciskanie leżąc; DL - martwy ciąg; IPF GL - IPF Good Lift; IPF GL BP - IPF Good Lift Bench Press; TOTAL - suma trzech największych uzyskanych bojów w trójboju siłowym; Z1 - zawody pierwsze; Z2 - zawody drugie; $\Delta \pm SD$ - różnica odchylenia standardowego.

4.5. Skład ciała a maksymalne możliwości siłowe

Analiza statystyczna badanej grupy wykazała dodatni związek masy ciała z SQ, DL oraz TOTAL (tabela 15).

Tabela 15. Związek masy ciała z maksymalnymi możliwościami siłowymi podczas Z1

Z1	Masa ciała [kg]
	Współczynnik korelacji Spearmana
SQ [kg]	r=0,428 *
BP [kg]	r=0,362
DL [kg]	r=0,447 *
TOTAL [kg]	r=0,439 *
IPF GL [pkt]	r=-0,093
IPF GL BP [pkt]	r=-0,169

Skróty: SQ – przysiad; BP – wyciskanie leżąc; DL – martwy ciąg; IPF GL – IPF Good Lift; IPF GL BP – IPF Good Lift Bench Press; TOTAL - suma trzech największych uzyskanych bojów w trójboju siłowym; Z1 – zawody pierwsze; * - związek istotny statystycznie ($p < 0,05$)

FFM wykazuje dodatni związek z SQ, BP, DL i TOTAL (tabela 16).

Tabela 16. Związek FFM z maksymalnymi możliwościami siłowymi podczas Z1

Z1	FFM [kg]
	Współczynnik korelacji Spearmana
SQ [kg]	r=0,636 *
BP [kg]	r=0,551 *
DL [kg]	r=0,733 *
TOTAL [kg]	r=0,696 *
IPF GL [pkt]	r=0,299
IPF GL BP [pkt]	r=0,089

Skróty: SQ – przysiad; BP – wyciskanie leżąc; DL – martwy ciąg; IPF GL – IPF Good Lift; IPF GL BP – IPF Good Lift Bench Press; TOTAL - suma trzech największych uzyskanych bojów w trójboju siłowym; FFM – beztłuszczowa masa ciała; Z1 – zawody pierwsze; * - związek istotny statystycznie ($p < 0,05$).

4.6. Gwałtowna redukcja masy ciała a odczuwanie wysiłku fizycznego

RPE nie różniło się istotnie między EKS a KON w żadnym powtórzeniu SQ, BP i DL podczas Z1 (tabela 17).

Tabela 17. RPE w EKS oraz KON podczas Z1

Parametr	Grupa	N	Średnia	SD	Mediana	Min	Max	Q1	Q3	<i>p</i>
RPE - SQ 1	EKS	13	7,92	0,954	8,00	6,00	9,00	7,00	9,00	0,229
	KON	13	8,46	0,877	8,00	7,00	10,0	8,00	9,00	
	Łącznie	26	8,19	0,939	8,00	6,00	10,0	8,00	9,00	
RPE - SQ 2	EKS	13	9,08	0,641	9,00	8,00	10,0	9,00	9,00	0,368
	KON	13	9,31	0,63	9,00	8,00	10,0	9,00	10,0	
	Łącznie	26	9,19	0,634	9,00	8,00	10,0	9,00	10,0	
RPE - SQ 3	EKS	13	9,85	0,376	10,0	9,00	10,0	10,0	10,0	0,165
	KON	13	10,0	0,00	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
	Łącznie	26	9,92	0,272	10,0	9,00	10,0	10,0	10,0	
RPE - BP 1	EKS	13	7,69	1,03	8,00	6,00	10,0	7,00	8,00	0,719
	KON	13	7,92	0,954	8,00	7,00	10,0	7,00	8,00	
	Łącznie	26	7,81	0,981	8,00	6,00	10,0	7,00	8,00	
RPE - BP 2	EKS	13	9,15	0,689	9,00	8,00	10,0	9,00	10,0	0,816
	KON	13	9,23	0,599	9,00	8,00	10,0	9,00	10,0	
	Łącznie	26	9,19	0,634	9,00	8,00	10,0	9,00	10,0	
RPE - BP 3	EKS	13	9,85	0,376	10,0	9,00	10,0	10,0	10,0	0,165
	KON	13	10,0	0,00	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
	Łącznie	26	9,92	0,272	10,0	9,00	10,0	10,0	10,0	
RPE - DL 1	EKS	13	8,08	1,04	8,00	6,00	9,00	7,00	9,00	0,787
	KON	13	8,15	1,28	8,00	5,00	10,0	8,00	9,00	
	Łącznie	26	8,12	1,14	8,00	5,00	10,0	7,25	9,00	

Parametr	Grupa	N	Średnia	SD	Mediana	Min	Max	Q1	Q3	p
RPE - DL 2	EKS	13	9,38	0,65	9,00	8,00	10,0	9,00	10,0	0,525
	KON	13	9,38	1,12	10,0	6,00	10,0	9,00	10,0	
	Łącznie	26	9,38	0,898	10,0	6,00	10,0	9,00	10,0	
RPE - DL 3	EKS	13	10,0	0,00	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	0,079
	KON	13	9,62	0,87	10,0	7,00	10,0	10,0	10,0	
	Łącznie	26	9,81	0,634	10,0	7,00	10,0	10,0	10,0	

Skróty: N - liczebność grupy; SD - odchylenie standardowe; Min - wartość minimalna; Max - wartość maksymalna; Q1 - kwartył 1; Q3 - kwartył 3; p - prawdopodobieństwo testowe różnic pomiędzy EKS i KON; EKS - grupa eksperymentalna; KON - grupa kontrolna; SQ – przysiad; BP – wyciskanie leżąc; DL – martwy ciąg; RPE - Poziomu Odczuwanego Wysiłku.

RPE nie różniło się istotnie między EKS a KON w żadnym powtórzeniu SQ, BP i DL podczas Z2 (tabela 18).

Tabela 18. RPE w EKS a KON podczas Z2

Parametr	Grupa	N	Średnia	SD	Mediana	Min	Max	Q1	Q3	p
RPE - SQ 1	EKS	13	8,54	0,877	9,00	7,00	10,0	8,00	9,00	0,257
	KON	13	8,00	1,22	8,00	5,00	9,00	8,00	9,00	
	Łącznie	26	8,27	1,08	8,5	5,00	10,0	8,00	9,00	
RPE - SQ 2	EKS	13	9,00	0,913	9,00	7,00	10,0	9,00	10,0	0,063
	KON	13	9,62	0,506	10,0	9,00	10,0	9,00	10,0	
	Łącznie	26	9,31	0,788	9,00	7,00	10,0	9,00	10,0	
RPE - SQ 3	EKS	13	9,77	0,439	10,0	9,00	10,0	10,0	10,0	0,652
	KON	13	9,85	0,376	10,0	9,00	10,0	10,0	10,0	
	Łącznie	26	9,81	0,402	10,0	9,00	10,0	10,0	10,0	
RPE - BP 1	EKS	13	7,85	1,07	8,00	6,00	9,00	7,00	9,00	0,824
	KON	13	8,00	0,816	8,00	6,00	9,00	8,00	8,00	
	Łącznie	26	7,92	0,935	8,00	6,00	9,00	8,00	8,75	

Parametr	Grupa	N	Średnia	SD	Mediana	Min	Max	Q1	Q3	p
RPE - BP 2	EKS	13	9,54	0,66	10,0	8,00	10,0	9,00	10,0	0,179
	KON	13	9,23	0,599	9,00	8,00	10,0	9,00	10,0	
	Łącznie	26	9,38	0,637	9,00	8,00	10,0	9,00	10,0	
RPE - BP 3	EKS	13	9,92	0,277	10,0	9,00	10,0	10,0	10,0	0,378
	KON	12	10,0	0,00	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
	Łącznie	25	9,96	0,2	10,0	9,00	10,0	10,0	10,0	
RPE - DL 1	EKS	13	8,23	0,725	8,00	7,00	9,00	8,00	9,00	0,871
	KON	13	7,77	2,17	9,00	2,00	10,0	7,00	9,00	
	Łącznie	26	8,00	1,6	8,00	2,00	10,0	8,00	9,00	
RPE - DL 2	EKS	13	9,69	0,48	10,0	9,00	10,0	9,00	10,0	0,54
	KON	13	9,38	0,961	10,0	7,00	10,0	9,00	10,0	
	Łącznie	26	9,54	0,761	10,0	7,00	10,0	9,00	10,0	
RPE - DL 3	EKS	13	10,0	0,00	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	0,166
	KON	13	9,77	0,599	10,0	8,00	10,0	10,0	10,0	
	Łącznie	26	9,88	0,431	10,0	8,00	10,0	10,0	10,0	

Skróty: N - liczebność grupy; SD - odchylenie standardowe; Min - wartość minimalna; Max - wartość maksymalna; Q1 - kwartyl 1; Q3 - kwartyl 3; p - prawdopodobieństwo testowe różnic pomiędzy EKS i KON; EKS - grupa eksperymentalna; KON - grupa kontrolna; SQ – przysiad; BP – wyciskanie leżąc; DL – martwy ciąg; RPE - Poziomu Odczuwanego Wysiłku.

Stosowanie strategii doprowadzającej do gwałtownej redukcji masy ciała nie miało istotnego związku z RPE podczas żadnego z powtórzeń SQ, BP i DL (tabela 19).

Tabela 19. Gwałtowna redukcja masy ciała a RPE w EKS

Parametr	Pomiar	N	Średnia	SD	$\Delta\pm SD$	Mediana	Min	Max	Q1	Q3	p
RPE - SQ 1	Z1	13	7,92	0,954		8,00	6,00	9,00	7,00	9,00	0,056
	Z2	13	8,54	0,877	8,78% \pm 13,9	9,00	7,00	10,0	8,00	9,00	
RPE - SQ 2	Z1	13	9,08	0,641		9,00	8,00	10,0	9,00	9,00	1
	Z2	13	9,00	0,913	-0,235% \pm 13,1	9,00	7,00	10,0	9,00	10,0	
RPE - SQ 3	Z1	13	9,85	0,376		10,0	9,00	10,0	10,0	10,0	0,773
	Z2	13	9,77	0,439	-0,684% \pm 5,14	10,0	9,00	10,0	10,0	10,0	
RPE - BP 1	Z1	13	7,69	1,03		8,00	6,00	10,0	7,00	8,00	0,803
	Z2	13	7,85	1,07	3,44% \pm 19,6	8,00	6,00	9,00	7,00	9,00	
RPE - BP 2	Z1	13	9,15	0,689		9,00	8,00	10,0	9,00	10,0	0,089
	Z2	13	9,54	0,66	4,49% \pm 7,82	10,0	8,00	10,0	9,00	10,0	
RPE - BP 3	Z1	13	9,85	0,376		10,0	9,00	10,0	10,0	10,0	1
	Z2	13	9,92	0,277	0,855% \pm 3,08	10,0	9,00	10,0	10,0	10,0	
RPE - DL 1	Z1	13	8,08	1,04		8,00	6,00	9,00	7,00	9,00	0,588
	Z2	13	8,23	0,725	3,05% \pm 12,8	8,00	7,00	9,00	8,00	9,00	
RPE - DL 2	Z1	13	9,38	0,65		9,00	8,00	10,0	9,00	10,0	0,129
	Z2	13	9,69	0,48	3,61% \pm 6,96	10,0	9,00	10,0	9,00	10,0	
RPE - DL 3	Z1	13	10,0	0,00		10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	1
	Z2	13	10,0	0,00	0,00% \pm 0,00	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	

Skróty: N - liczebność grupy; SD - odchylenie standardowe; Min - wartość minimalna; Max - wartość maksymalna; Q1 - kwartyl 1; Q3 - kwartyl 3; p - prawdopodobieństwo testowe różnic pomiędzy EKS i KON; EKS - grupa eksperymentalna; KON - grupa kontrolna; SQ – przysiad; BP – wyciskanie leżąc; DL – martwy ciąg; IPF GL – IPF Good Lift; IPF GL BP – IPF Good Lift Bench Press; Z1 – zawody 1; Z2 – zawody 2; RPE - Poziomu Odczuwanego Wysiłku; $\Delta\pm SD$ – różnica odchylenia standardowego

W KON nie zaobserwowano również istotnych zmian w RPE pomiędzy Z1 a Z2.

4.7. Gwałtowna redukcja masy ciała a skład ciała

Przestrzeganie strategii doprowadzającej do gwałtownej redukcji masy ciała było związane z istotnym zmniejszeniem masy ciała, zawartości wody w ciele, FFM oraz procentowej zawartości tkanki tłuszczowej (tabela 20).

Tabela 20. Różnice w składzie ciała w EKS pomiędzy Z1 a Z2

Parametr	Pomiar	N	Średnia	SD	$\Delta \pm SD$	Mediana	Min	Max	Q1	Q3	p
Masa ciała [kg]	Z1	13	94,3	14,2		92,0	75,1	121	84,3	105	0,002 *
	Z2	13	89,9	14,6	-4,81% \pm 1,99	85,5	70,3	116	79,9	101	
Zawartość wody w ciele [%]	Z1	13	55,1	7,44		54,1	42,1	66,8	49,8	58,7	0,003 *
	Z2	13	53,8	7,49	-2,41% \pm 1,98	52,2	41,3	66,1	49,3	59,0	
Woda wewnątrzkomórkowa [%]	Z1	13	34,9	4,68		35,1	26,7	42,5	31,7	36,7	0,009 *
	Z2	13	34,3	4,68	-1,67% \pm 1,56	34,2	26,5	42,3	31,4	37,0	
Woda zewnątrzkomórkowa [%]	Z1	13	20,2	2,8		20,2	15,4	24,3	18,1	22,0	0,003 *
	Z2	13	19,5	2,86	-3,68% \pm 2,82	18,4	14,8	23,8	17,9	22,0	
Masa tkanki tłuszczowej [kg]	Z1	13	18,8	8,06		18,3	9,7	40,5	14,7	20,4	0,002 *
	Z2	13	16,1	7,83	-15,7% \pm 6,75	15,4	7,7	36,3	10,3	18,0	
FFM [kg]	Z1	13	75,5	10,3		74,6	57,8	91,9	68,2	80,2	0,003 *
	Z2	13	73,7	10,3	-2,36% \pm 1,76	72,2	56,8	90,9	67,5	80,1	
Masa mięśni szkieletowych [kg]	Z1	13	43,5	6,11		43,7	32,9	53,5	39,3	45,9	0,004 *
	Z2	13	42,7	6,12	-1,86% \pm 1,43	42,6	32,5	53,2	39,0	45,9	
BMI [kg/m ²]	Z1	13	29,1	3,02		28,8	24,5	36,4	27,8	30,5	0,002 *
	Z2	13	27,7	3,21	-4,78% \pm 1,94	27,3	23,0	35,1	25,7	29,4	
Zawartość tkanki tłuszczowej [%]	Z1	13	19,5	6,21		18,3	11,5	33,5	14,0	23,3	0,002 *
	Z2	13	17,5	6,27	-11,5% \pm 5,45	17,0	9,7	31,2	12,1	21,4	

Skróty: N - liczebność grupy; SD - odchylenie standardowe; Min - wartość minimalna; Max - wartość maksymalna; Q1 - kwartyl 1; Q3 - kwartyl 3; p - prawdopodobieństwo testowe różnic pomiędzy EKS i KON; EKS - grupa eksperymentalna; KON - grupa kontrolna; BMI - wskaźnik masy ciała; FFM - beztłuszczowa masa ciała; $\Delta \pm SD$ - różnica pomiędzy zawodami 1 a zawodami 2; * - związek istotnie statystyczny (p<0,05).

W KON, pomiędzy Z1 i Z2 zaobserwowano zmniejszenie procentowej zawartości tkanki tłuszczowej. Nie zaobserwowano jednak istotnej zmiany w masie ciała, zawartości wody w ciele, FFM oraz procentowej zawartości tkanki tłuszczowej (tabela 21).

Tabela 21. Różnice w składzie ciała w KON pomiędzy Z1 a Z2

Parametr	Pomiar	N	Średnia	SD	$\Delta \pm SD$	Mediana	Min	Max	Q1	Q3	p
Masa ciała [kg]	Z1	13	91,3	13,4		93,3	69,8	117	79,3	97,5	0,784
	Z2	13	91,2	13,7	-0,17% \pm 1,04	92,9	68,6	118	79,5	97,3	
Zawartość wody w ciele [%]	Z1	13	55,1	7,32		58,6	42,6	67,1	50,4	60,0	0,099
	Z2	13	55,5	7,72	0,757% \pm 1,42	57,9	42,4	68,8	51,0	60,8	
Woda wewnątrzkomórkowa [%]	Z1	13	34,8	4,58		37,0	27,0	42,6	32,0	37,9	0,026 *
	Z2	13	35,3	4,9	1,15% \pm 1,53	36,9	27,0	43,5	32,3	38,8	
Woda zewnątrzkomórkowa [%]	Z1	13	20,2	2,75		21,5	15,6	24,5	18,4	22,1	0,722
	Z2	13	20,2	2,86	0,0843% \pm 2,22	21,0	15,4	25,3	18,7	22,3	
Masa tkanki tłuszczowej [kg]	Z1	13	15,8	6,41		16,9	7,3	26,8	9,7	19,7	0,004 *
	Z2	13	15,1	6,33	-4,85% \pm 5,01	14,4	7,00	26,2	9,4	18,8	
FFM [kg]	Z1	13	75,5	10,1		80,4	58,2	92,4	69,1	82,2	0,1
	Z2	13	76,1	10,6	0,753% \pm 1,36	79,6	58,0	94,6	69,9	83,2	
Masa mięśni szkieletowych [kg]	Z1	13	43,5	5,99		46,3	33,2	53,6	39,7	47,5	0,066
	Z2	13	43,9	6,32	0,864% \pm 1,52	46,1	33,2	54,7	40,1	48,0	
BMI [kg/m ²]	Z1	13	28,1	2,49		28,2	22,8	32,5	27,6	29,3	0,789
	Z2	13	28,1	2,59	-0,137% \pm 1,1	28,2	22,4	32,4	27,4	29,5	
Zawartość tkanki tłuszczowej [%]	Z1	13	17,0	5,85		17,5	9,5	26,6	11,1	21,2	0,002 *
	Z2	13	16,3	5,85	-4,58% \pm 4,65	15,3	9,3	26,4	10,2	20,3	

Skróty: N - liczebność grupy; SD - odchylenie standardowe; Min - wartość minimalna; Max - wartość maksymalna; Q1 - kwartyl 1; Q3 - kwartyl 3; p - prawdopodobieństwo testowe różnic pomiędzy EKS i KON; EKS - grupa eksperymentalna; KON - grupa kontrolna; BMI - wskaźnik masy ciała; FFM - beztłuszczowa masa ciała; $\Delta \pm SD$ - różnica pomiędzy zawodami 1 a zawodami 2; * - związek istotnie statystyczny ($p < 0,05$).

4.8. Gwałtowna redukcja masy ciała a jakość diety

Podczas okresu stosowania strategii gwałtownej redukcji masy ciała, w porównaniu z wyjściowymi nawykami żywieniowymi grupy EKS, istotnie zwiększyły się: procentowa zawartość tłuszczu w diecie i spożycie tłuszczu. Natomiast istotnie zmniejszyły się: wartość energetyczna diety, względna wartość energetyczna diety, spożycie węglowodanów, względne spożycie węglowodanów, błonnika oraz sodu (tabela 22).

Tabela 22. Różnice w charakterystyce diety EKS pomiędzy pomiarem 1 i pomiarem 2

Parametr	Pomiar	N	Średnia	SD	$\Delta \pm SD$	Mediana	Min	Max	Q1	Q3	p
Wartość energetyczna [kcal]	Pomiar 1	13	3280	703		3250	2380	4410	2790	3900	0,013 *
	Pomiar 2	13	2640	274	-15,8% \pm 21,0	2690	2220	3240	2470	2710	
Względna wartość energetyczna [kcal/kg]	Pomiar 1	13	35,4	8,39		37,4	20,6	51,8	33,1	39,2	0,013 *
	Pomiar 2	13	28,3	2,65	-15,8% \pm 21,0	28,9	22,4	32,8	26,6	29,2	
Białko [g]	Pomiar 1	13	174	27,1		175	136	221	152	190	0,455
	Pomiar 2	13	179	22,1	4,95% \pm 18,0	179	140	210	175	194	
Względne spożycie białka [g/kg]	Pomiar 1	13	1,87	0,36		1,89	1,34	2,74	1,62	2,07	0,635
	Pomiar 2	13	1,92	0,225	4,95% \pm 18,0	1,93	1,53	2,33	1,86	2,09	
Tłuszcz [g]	Pomiar 1	13	117	45,3		102	61,8	219	92,9	124	0,001 *
	Pomiar 2	13	195	24,1	87,3% \pm 66,9	197	162	245	178	212	
Procentowa zawartość tłuszczu w diecie [%]	Pomiar 1	13	31,7	7,35		31,0	22,9	44,7	27,2	33,7	p<0,001 *
	Pomiar 2	13	66,4	2,25	120% \pm 47,1	65,4	64,7	70,9	65,1	67,7	
Węglowodany [g]	Pomiar 1	13	362	93,2		369	241	536	299	402	p<0,001 *
	Pomiar 2	13	38,3	6,25	-88,8% \pm 3,39	36,8	26,9	49,7	35,9	37,1	
Względne spożycie węglowodanów [g/kg]	Pomiar 1	13	3,91	1,02		4,19	2,02	5,15	3,39	4,51	p<0,001 *
	Pomiar 2	13	0,412	0,0814	-88,8% \pm 3,39	0,399	0,305	0,59	0,353	0,426	

Parametr	Pomiar	N	Średnia	SD	$\Delta\pm SD$	Mediana	Min	Max	Q1	Q3	p
Błonnik [g]	Pomiar 1	13	28,8	13,0		27,4	9,2	54,8	21,9	36,0	$p < 0,001$ *
	Pomiar 2	13	8,56	2,68	$-60,7\% \pm 27,4$	9,4	0,00	9,9	9,1	9,8	
Sód [mg]	Pomiar 1	13	3120	807		3030	1970	4620	2510	3720	$p < 0,001$ *
	Pomiar 2	13	1250	75,6	$-57,5\% \pm 11,3$	1250	1160	1430	1180	1270	

Skróty: N - liczebność grupy; SD - odchylenie standardowe; Min - wartość minimalna; Max - wartość maksymalna; Q1 - kwartył 1; Q3 - kwartył 3; p - prawdopodobieństwo testowe różnic pomiędzy EKS i KON; EKS - grupa eksperymentalna; KON - grupa kontrolna; $\Delta\pm SD$ - różnica pomiędzy pomiarem 1 a pomiarem 2; * - związek istotnie statystyczny ($p < 0,05$).

W KON pomiędzy pomiarem 1 a pomiarem 2, zmniejszyła się istotnie względna wartość energetyczna diety oraz względne spożycie białka. Natomiast wartość energetyczna diety, spożycie węglowodanów oraz względne spożycie węglowodanów, spożycie tłuszczu oraz procentowa zawartość tłuszczu w diecie, spożycie błonnika oraz spożycie sodu nie różniły się istotnie statystycznie (tabela 23).

Tabela 23. Różnice w charakterystyce diety KON pomiędzy pomiarem 1 i pomiarem 2

Parametr	Pomiar	N	Średnia	SD	$\Delta\pm SD$	Mediana	Min	Max	Q1	Q3	p
Wartość energetyczna [kcal]	Pomiar 1	13	3300	525		3080	2570	4560	2970	3550	0,053
	Pomiar 2	13	3160	515	$-4,08\% \pm 7,07$	3040	2570	4540	2870	3260	
Względna wartość energetyczna [kcal/kg]	Pomiar 1	13	36,6	5,6		37,6	25,5	46,8	32,7	40,4	0,041 *
	Pomiar 2	13	35,0	5,52	$-4,08\% \pm 7,07$	35,3	24,6	46,6	32,3	37,9	
Białko [g]	Pomiar 1	13	185	24,6		187	126	217	172	197	0,083
	Pomiar 2	13	176	28,3	$-4,96\% \pm 7,74$	180	113	228	163	192	
Względne spożycie białka [g/kg]	Pomiar 1	13	2,06	0,414		1,98	1,61	3,05	1,7	2,18	0,041 *
	Pomiar 2	13	1,96	0,403	$-4,96\% \pm 7,74$	1,97	1,4	2,82	1,68	2,18	
Tłuszcz [g]	Pomiar 1	13	98,2	27,6		99,7	34,1	145	93,5	116	0,919
	Pomiar 2	13	95,3	17,4	$2,61\% \pm 25,0$	100	60,2	123	91,2	105	

Parametr	Pomiar	N	Średnia	SD	$\Delta \pm SD$	Mediana	Min	Max	Q1	Q3	p
Procentowa zawartość tłuszczu w diecie	Pomiar 1	13	26,8	6,99		27,2	10,6	37,9	24,9	30,1	0,61
	Pomiar 2	13	27,3	4,32	7,49% \pm 28,3	28,4	17,9	32,5	25,2	30,6	
Węglowodany [g]	Pomiar 1	13	391	95,0		380	275	567	314	461	0,154
	Pomiar 2	13	362	101	-6,74% \pm 15,8	344	237	567	311	386	
Względne spożycie węglowodanów [g/kg]	Pomiar 1	13	4,36	1,14		4,51	2,59	6,13	3,49	4,99	0,154
	Pomiar 2	13	4,00	1,05	-6,74% \pm 15,8	3,76	2,47	6,13	3,49	4,48	
Błonnik [g]	Pomiar 1	13	32,3	14,3		32,7	11,9	55,1	21,4	43,3	0,541
	Pomiar 2	13	30,3	13,1	-2,24% \pm 21,0	28,6	12,7	55,1	22,0	36,3	
Sód [mg]	Pomiar 1	13	3590	1030		3620	2130	5460	2680	4250	0,308
	Pomiar 2	13	3270	1040	-6,43% \pm 22,0	3090	2020	5890	2500	3720	

Skróty: N - liczebność grupy; SD - odchylenie standardowe; Min - wartość minimalna; Max - wartość maksymalna; Q1 - kwartył 1; Q3 - kwartył 3; p - prawdopodobieństwo testowe różnic pomiędzy EKS i KON; EKS - grupa eksperymentalna; KON - grupa kontrolna; $\Delta \pm SD$ - różnica pomiędzy pomiarem 1 a pomiarem 2; * - związek istotnie statystyczny ($p < 0,05$).

Podczas pomiaru 2 grupa eksperymentalna miała istotnie większe spożycie tłuszczu oraz procentowej zawartości tłuszczu w diecie niż grupa kontrolna. Jednocześnie grupa eksperymentalna miała istotnie mniejsze wartości energetyczne diety, niższą względną wartość energetyczną diety, mniejsze spożycie węglowodanów, mniejsze względne spożycie węglowodanów, mniejsze spożycie błonnika oraz sodu (tabela 24).

Tabela 24. Różnice w charakterystyce diety EKS i KON podczas pomiaru 2

Parametr	Grupa	N	Średnia	SD	Mediana	Min	Max	Q1	Q3	p
Wartość energetyczna [kcal]	EKS	13	2640	274	2690	2220	3240	2470	2710	0,003 *
	KON	13	3160	515	3040	2570	4540	2870	3260	
	Łącznie	26	2900	483	2760	2220	4540	2590	3080	
Względna wartość energetyczna [kcal/kg]	EKS	13	28,3	2,65	28,9	22,4	32,8	26,6	29,2	0,001 *
	KON	13	35,0	5,52	35,3	24,6	46,6	32,3	37,9	
	Łącznie	26	31,7	5,44	30,6	22,4	46,6	28,4	34,8	

Parametr	Grupa	N	Średnia	SD	Mediana	Min	Max	Q1	Q3	p
Białko [g]	EKS	13	179	22,1	179	140	210	175	194	0,878
	KON	13	176	28,3	180	113	228	163	192	
	Łącznie	26	177	25,0	179	113	228	166	194	
Względne spożycie białka [g/kg]	EKS	13	1,92	0,225	1,93	1,53	2,33	1,86	2,09	0,724
	KON	13	1,96	0,403	1,97	1,4	2,82	1,68	2,18	
	Łącznie	26	1,94	0,321	1,95	1,4	2,82	1,73	2,11	
Tłuszcz [g]	EKS	13	195	24,1	197	162	245	178	212	$p < 0,001$ *
	KON	13	95,3	17,4	100	60,2	123	91,2	105	
	Łącznie	26	145	55,1	142	60,2	245	100	192	
Procentowa zawartość tłuszczu w diecie [%]	EKS	13	66,4	2,25	65,4	64,7	70,9	65,1	67,7	$p < 0,001$ *
	KON	13	27,3	4,32	28,4	17,9	32,5	25,2	30,6	
	Łącznie	26	46,9	20,2	48,6	17,9	70,9	28,5	65,4	
Węglowodany [g]	EKS	13	38,3	6,25	36,8	26,9	49,7	35,9	37,1	$p < 0,001$ *
	KON	13	362	101	344	237	567	311	386	
	Łącznie	26	200	179	143	26,9	567	36,8	341	
Względne spożycie węglowodanów [g/kg]	EKS	13	0,412	0,0814	0,399	0,305	0,59	0,353	0,426	$p < 0,001$ *
	KON	13	4,00	1,05	3,76	2,47	6,13	3,49	4,48	
	Łącznie	26	2,21	1,97	1,53	0,305	6,13	0,401	3,74	
Błonnik [g]	EKS	13	8,56	2,68	9,4	0,00	9,9	9,1	9,8	$p < 0,001$ *
	KON	13	30,3	13,1	28,6	12,7	55,1	22,0	36,3	
	Łącznie	26	19,4	14,4	11,3	0,00	55,1	9,45	28,6	
Sód [mg]	EKS	13	1250	75,6	1250	1160	1430	1180	1270	$p < 0,001$ *
	KON	13	3270	1040	3090	2020	5890	2500	3720	
	Łącznie	26	2260	1260	1730	1160	5890	1250	3060	

Skróty: N - liczebność grupy; SD - odchylenie standardowe; Min - wartość minimalna; Max - wartość maksymalna; Q1 - kwartył 1; Q3 - kwartył 3; p - prawdopodobieństwo testowe różnic pomiędzy EKS i KON; EKS - grupa eksperymentalna; KON - grupa kontrolna; * - związek istotnie statystyczny ($p < 0,05$).

4.9. Styl życia a maksymalne możliwości siłowe

Nie zaobserwowano istotnego związku pomiędzy ogólną oceną stylu życia mierzona za pomocą liczby zdobytych punktów w HLPCQ a maksymalnymi możliwościami siłowymi (tabela 25).

Tabela 25. Związek ogólnej oceny stylu życia mierzonej za pomocą liczby zdobytych punktów w HLPCQ a maksymalnymi możliwościami siłowymi wszystkich zawodników trójboju siłowego (EKS + KON)

Z1	Ogólna ocena HLPQ
	Współczynnik korelacji Spearmana
SQ [kg]	r = -0,161
BP [kg]	r = -0,097
DL [kg]	r = -0,122
TOTAL [kg]	r = -0,11
IPF GL [pkt]	r = 0,104
IPF GL BP [pkt]	r = 0,152

Skróty: Z1 – zawody 1; SQ – przysiad; BP – wyciskanie leżąc; DL – martwy ciąg; TOTAL - suma trzech największych uzyskanych bojów w trójboju siłowym; IPF GL – IPF Good Lift; IPF GL BP – IPF Good Lift Bench Press.

Nie zaobserwowano istotnego związku pomiędzy prawidłowymi wyborami żywieniowymi a maksymalnymi możliwościami siłowymi (tabela 26).

Tabela 26. Związek prawidłowych wyborów żywieniowych z maksymalnymi możliwościami siłowymi

Z1	Zdrowe wybory żywieniowe HLPQ
	Współczynnik korelacji Spearmana
SQ [kg]	r = -0,362
BP [kg]	r = -0,174
DL [kg]	r = -0,144
TOTAL [kg]	r = -0,245
IPF GL [pkt]	r = 0,14
IPF GL BP [pkt]	r = 0,197

Skróty: Z1 – zawody 1; SQ – przysiad; BP – wyciskanie leżąc; DL – martwy ciąg; TOTAL - suma trzech największych uzyskanych bojów w trójboju siłowym; IPF GL – IPF Good Lift; IPF GL BP – IPF Good Lift Bench Press.

Nie zaobserwowano istotnego związku pomiędzy dietetycznym unikaniem szkód a maksymalnymi możliwościami siłowymi (tabela 27).

Tabela 27. Związek pomiędzy dietetycznym unikaniem szkód a maksymalnymi możliwościami siłowymi

Z1	Dietetyczne unikanie szkód HLPCQ
	Współczynnik korelacji Spearmana
SQ [kg]	r = -0,252
BP [kg]	r = -0,292
DL [kg]	r = -0,241
TOTAL [kg]	r = -0,274
IPF GL [pkt]	r = -0,289
IPF GL BP [pkt]	r = -0,234

Skróty: Z1 – zawody 1; SQ – przysiad; BP – wyciskanie leżąc; DL – martwy ciąg; TOTAL - suma trzech największych uzyskanych bojów w trójboju siłowym; IPF GL – IPF Good Lift; IPF GL BP – IPF Good Lift Bench Press.

Nie zaobserwowano istotnego związku pomiędzy codzienną rutyną a maksymalnymi możliwościami siłowymi (tabela 28).

Tabela 28. Związek pomiędzy codzienną rutyną a maksymalnymi możliwościami siłowymi

Z1	Codzienna rutyna HLPCQ
	Współczynnik korelacji Spearmana
SQ [kg]	r = -0,034
BP [kg]	r = 0,098
DL [kg]	r = -0,022
TOTAL [kg]	r = 0,042
IPF GL [pkt]	r = 0,184
IPF GL BP [pkt]	r = 0,275

Skróty: Z1 – zawody 1; SQ – przysiad; BP – wyciskanie leżąc; DL – martwy ciąg; TOTAL - suma trzech największych uzyskanych bojów w trójboju siłowym; IPF GL – IPF Good Lift; IPF GL BP – IPF Good Lift Bench Press.

Nie zaobserwowano istotnego związku pomiędzy zorganizowanymi ćwiczeniami fizycznymi a maksymalnymi możliwościami siłowymi (tabela 29).

Tabela 29. Związek pomiędzy zorganizowanymi ćwiczeniami fizycznymi a maksymalnymi możliwościami siłowymi

Z1	Zorganizowane ćwiczenia fizyczne HLPCQ
	Współczynnik korelacji Spearmana
SQ [kg]	$r = 0,148$
BP [kg]	$r = 0,036$
DL [kg]	$r = 0,052$
TOTAL [kg]	$r = 0,108$
IPF GL [pkt]	$r = 0,122$
IPF GL BP [pkt]	$r = 0,087$

Skróty: Z1 – zawody 1; SQ – przysiad; BP – wyciskanie leżąc; DL – martwy ciąg; TOTAL - suma trzech największych uzyskanych bojów w trójboju siłowym; IPF GL – IPF Good Lift; IPF GL BP – IPF Good Lift Bench Press.

Nie zaobserwowano istotnego związku pomiędzy wsparciem społecznym i zdrowiem psychicznym a maksymalnymi możliwościami siłowymi (tabela 30).

Tabela 30. Związek pomiędzy wsparciem społecznym i zdrowiem psychicznym a maksymalnymi możliwościami siłowymi

Z1	Wsparcie społeczne i zdrowie psychiczne HLPCQ
	Współczynnik korelacji Spearmana
SQ [kg]	$r = -0,007$
BP [kg]	$r = -0,01$
DL [kg]	$r = 0,045$
TOTAL [kg]	$r = 0,036$
IPF GL [pkt]	$r = 0,051$
IPF GL BP [pkt]	$r = 0,028$

Skróty: Z1 – zawody 1; SQ – przysiad; BP – wyciskanie leżąc; DL – martwy ciąg; TOTAL - suma trzech największych uzyskanych bojów w trójboju siłowym; IPF GL – IPF Good Lift; IPF GL BP – IPF Good Lift Bench Press.

4.10. Dieta a maksymalne możliwości siłowe

Wartość energetyczna diety wykazuje dodatni, istotny związek z SQ i TOTAL (tabela 31).

Tabela 31. Związek między wartością energetyczną diety a maksymalnymi możliwościami siłowymi

Z1	Wartość energetyczna [kcal]
	Współczynnik korelacji Spearmana
SQ [kg]	$r = 0,479 *$
BP [kg]	$r = 0,27$
DL [kg]	$r = 0,307$
TOTAL [kg]	$r = 0,414*$
IPF GL [pkt]	$r = 0,182$
IPF GL BP [pkt]	$r = 0,071$

Skróty: Z1 – zawody 1; SQ – przysiad; BP – wyciskanie leżąc; DL – martwy ciąg; TOTAL - suma trzech największych uzyskanych bojów w trójboju siłowym; IPF GL – IPF Good Lift; IPF GL BP – IPF Good Lift Bench Press; * związek istotny statystycznie ($p < 0,05$).

Względna wartość energetyczna diety nie wykazuje związku z maksymalnymi możliwościami siłowymi (tabela 32).

Tabela 32. Związek między względną wartością energetyczną diety a maksymalnymi możliwościami siłowymi

Z1	Względna wartość energetyczna [kcal/kg]
	Współczynnik korelacji Spearmana
SQ [kg]	$r = 0,071$
BP [kg]	$r = -0,026$
DL [kg]	$r = -0,056$
TOTAL [kg]	$r = 0,021$
IPF GL [pkt]	$r = 0,222$
IPF GL BP [pkt]	$r = 0,195$

Skróty: Z1 – zawody 1; SQ – przysiad; BP – wyciskanie leżąc; DL – martwy ciąg; TOTAL - suma trzech największych uzyskanych bojów w trójboju siłowym; IPF GL – IPF Good Lift; IPF GL BP – IPF Good Lift Bench Press.

Ilość spożytego w diecie białka nie wykazuje związku z maksymalnymi możliwościami siłowymi (tabela 33).

Tabela 33. Związek między spożyciem białka a maksymalnymi możliwościami siłowymi

Z1	Białko [g/dobę]
	Współczynnik korelacji Spearmana
SQ [kg]	r = 0,187
BP [kg]	r = 0,021
DL [kg]	r = 0,071
TOTAL [kg]	r = 0,104
IPF GL [pkt]	r = 0,028
IPF GL BP [pkt]	r = -0,05

Skróty: Z1 – zawody 1; SQ – przysiad; BP – wyciskanie leżąc; DL – martwy ciąg; TOTAL - suma trzech największych uzyskanych bojów w trójboju siłowym; IPF GL – IPF Good Lift; IPF GL BP – IPF Good Lift Bench Press.

Względne spożycie białka nie wykazuje związku z maksymalnymi możliwościami siłowymi (tabela 34).

Tabela 34. Związek między względnym spożyciem białka a maksymalnymi możliwościami siłowymi

Z1	Względne spożycie białka [g/kg]
	Współczynnik korelacji Spearmana
SQ [kg]	r = -0,037
BP [kg]	r = -0,135
DL [kg]	r = -0,223
TOTAL [kg]	r = -0,122
IPF GL [pkt]	r = 0,123
IPF GL BP [pkt]	r = 0,155

Skróty: Z1 – zawody 1; SQ – przysiad; BP – wyciskanie leżąc; DL – martwy ciąg; TOTAL - suma trzech największych uzyskanych bojów w trójboju siłowym; IPF GL – IPF Good Lift; IPF GL BP – IPF Good Lift Bench Press.

Względne spożycie tłuszczów nie wykazuje związku z maksymalnymi możliwościami siłowymi (tabela 35).

Tabela 35. Związek między względnym spożyciem tłuszczów a maksymalnymi możliwościami siłowymi

Z1	Względne spożycie tłuszczów [g/dobę]
	Współczynnik korelacji Spearmana
SQ [kg]	r = 0,314
BP [kg]	r = 0,163
DL [kg]	r = 0,24
TOTAL [kg]	r = 0,276
IPF GL [pkt]	r = -0,022
IPF GL BP [pkt]	r = -0,144

Skróty: Z1 – zawody 1; SQ – przysiad; BP – wyciskanie leżąc; DL – martwy ciąg; TOTAL - suma trzech największych uzyskanych bojów w trójboju siłowym; IPF GL – IPF Good Lift; IPF GL BP – IPF Good Lift Bench Press.

Ilość spożytych węglowodanów nie wykazuje związku z maksymalnymi możliwościami siłowymi (tabela 36).

Tabela 36. Związek między spożyciem węglowodanów a maksymalnymi możliwościami siłowymi

Z1	Spożycie węglowodanów [g/dobę]
	Współczynnik korelacji Spearmana
SQ [kg]	r = 0,297
BP [kg]	r = 0,194
DL [kg]	r = 0,18
TOTAL [kg]	r = 0,26
IPF GL [pkt]	r = 0,244
IPF GL BP [pkt]	r = 0,19

Skróty: Z1 – zawody 1; SQ – przysiad; BP – wyciskanie leżąc; DL – martwy ciąg; TOTAL - suma trzech największych uzyskanych bojów w trójboju siłowym; IPF GL – IPF Good Lift; IPF GL BP – IPF Good Lift Bench Press.

Spożycie węglowodanów nie wykazuje związku z maksymalnymi możliwościami siłowymi (tabela 37).

Tabela 37. Związek między względnym spożyciem węglowodanów a maksymalnymi możliwościami siłowymi

Z1	Względne spożycie węglowodanów [g/kg]
	Współczynnik korelacji Spearmana
SQ [kg]	r = 0,02
BP [kg]	r = -0,02
DL [kg]	r = -0,096
TOTAL [kg]	r = -0,009
IPF GL [pkt]	r = 0,199
IPF GL BP [pkt]	r = 0,209

Skróty: Z1 – zawody 1; SQ – przysiad; BP – wyciskanie leżąc; DL – martwy ciąg; TOTAL - suma trzech największych uzyskanych bojów w trójboju siłowym; IPF GL – IPF Good Lift; IPF GL BP – IPF Good Lift Bench Press.

4.11. Dieta a skład ciała

Wartość energetyczna diety nie wykazuje związku z masą ciała, FFM oraz zawartością tkanki tłuszczowej, ale wykazuje dodatni związek z zawartością masy mięśni szkieletowych (tabela 38).

Tabela 38. Związek pomiędzy wartością energetyczną diety a składem ciała

Pomiar 1	Wartość energetyczna [kcal/dobę]
	Współczynnik korelacji Spearmana
Masa ciała [kg]	r = 0,296
Zawartość wody w ciele [%]	r = 0,398*
Woda wewnątrzkomórkowa [%]	r = 0,397*
Woda zewnątrzkomórkowa [%]	r = 0,384
Masa tkanki tłuszczowej [kg]	r = -0,088
FFM [kg]	r = 0,388
Masa mięśni szkieletowych [kg]	r = 0,397*
BMI [kg/m ²]	r = 0,027
Zawartość tkanki tłuszczowej [%]	r = -0,177

Skróty: FFM – beztłuszczowa masa ciała; BMI – wskaźnik masy ciała; * związek istotny statystycznie (p<0,05).

Względna wartość energetyczna diety wykazuje ujemny związek z masą ciała, masą tkanki tłuszczowej, BMI i zawartością tkanki tłuszczowej, ale nie wykazuje związku z FFM i masą mięśni szkieletowych (tabela 39).

Tabela 39. Związek pomiędzy względną wartością energetyczną diety a składem ciała

Pomiar 1	Względna wartość energetyczna diety [kcal/kg]
	Współczynnik korelacji Spearmana
Masa ciała [kg]	r = -0,391*
Zawartość wody w ciele [%]	r = -0,178
Woda wewnątrzkomórkowa [%]	r = -0,183
Woda zewnątrzkomórkowa [%]	r = -0,207
Masa tkanki tłuszczowej [kg]	r = -0,559*
FFM [kg]	r = -0,2
Masa mięśni szkieletowych [kg]	r = -0,183
BMI [kg/m ²]	r = -0,554*
Zawartość tkanki tłuszczowej [%]	r = -0,482*

Skróty: FFM – beztłuszczowa masa ciała; BMI – wskaźnik masy ciała; * związek istotny statystycznie (p<0,05).

Spożycie białka nie wykazuje związku z żadnym z ocenianych parametrów składu ciała, natomiast względne spożycie białka wykazuje ujemny związek z masą ciała i masą tkanki tłuszczowej (tabela 40).

Tabela 40. Związek pomiędzy względnym spożyciem białka a składem ciała

Pomiar 1	Względne spożycie białko [g/kg]
	Współczynnik korelacji Spearmana
Masa ciała [kg]	r = -0,504*
Zawartość wody w ciele [%]	r = -0,342
Woda wewnątrzkomórkowa [%]	r = -0,309
Woda zewnątrzkomórkowa [%]	r = -0,38
Masa tkanki tłuszczowej [kg]	r = -0,515*
FFM [kg]	r = -0,309
Masa mięśni szkieletowych [kg]	r = -0,309
BMI [kg/m ²]	r = -0,385
Zawartość tkanki tłuszczowej [%]	r = -0,335

Skróty: FFM – beztłuszczowa masa ciała; BMI – wskaźnik masy ciała; * związek istotny statystycznie (p<0,05).

Spożycie tłuszczów nie wykazuje związku z żadnym z ocenianych parametrów składu ciała, natomiast procentowa zawartość tłuszczów w diecie wykazuje dodatni związek z BMI (tabela 41).

Tabela 41. Związek pomiędzy procentowym udziałem tłuszczu w diecie a składem ciała

Pomiar 1	Zawartość tłuszczów w diecie [%]
	Współczynnik korelacji Spearmana
Masa ciała [kg]	r = 0,302
Zawartość wody w ciele [%]	r = 0,149
Woda wewnątrzkomórkowa [%]	r = 0,129
Woda zewnątrzkomórkowa [%]	r = 0,175
Masa tkanki tłuszczowej [kg]	r = 0,305
FFM [kg]	r = 0,147
Masa mięśni szkieletowych [kg]	r = 0,129
BMI [kg/m ²]	r = 0,426*
Zawartość tkanki tłuszczowej [%]	r = 0,326

Skróty: FFM – beztłuszczowa masa ciała; BMI – wskaźnik masy ciała; * związek istotny statystycznie (p<0,05).

Spożycie węglowodanów wykazuje ujemny związek z procentową zawartością tkanki tłuszczowej (tabela 42).

Tabela 42. Związek między ilością spożytych węglowodanów a składem ciała

Pomiar 1	Węglowodany [g/dobę]
	Współczynnik korelacji Spearmana
Masa ciała [kg]	r = -0,011
Zawartość wody w ciele [%]	r = 0,197
Woda wewnątrzkomórkowa [%]	r = 0,2
Woda zewnątrzkomórkowa [%]	r = 0,169
Masa tkanki tłuszczowej [kg]	r = -0,356
FFM [kg]	r = 0,185
Masa mięśni szkieletowych [kg]	r = 0,2
BMI [kg/m ²]	r = -0,324
Zawartość tkanki tłuszczowej [%]	r = -0,418*

Skróty: FFM – beztłuszczowa masa ciała; BMI – wskaźnik masy ciała; * związek istotny statystycznie (p<0,05).

Względne spożycie węglowodanów wykazuje ujemny związek z masą ciała, masą tkanki tłuszczowej, BMI i procentową zawartością tkanki tłuszczowej (tabela 43).

Tabela 43. Związek pomiędzy względnym spożyciem węglowodanów a składem ciała

Pomiar 1	Węglowodany [g/kg]
	Współczynnik korelacji Spearmana
Masa ciała [kg]	r = -0,395*
Zawartość wody w ciele [%]	r = -0,189
Woda wewnątrzkomórkowa [%]	r = -0,184
Woda zewnątrzkomórkowa [%]	r = -0,214
Masa tkanki tłuszczowej [kg]	r = -0,496*
FFM [kg]	r = -0,203
Masa mięśni szkieletowych [kg]	r = -0,184
BMI [kg/m ²]	r = -0,578*
Zawartość tkanki tłuszczowej [%]	r = -0,449*

Skróty: FFM – beztłuszczowa masa ciała; BMI – wskaźnik masy ciała; * związek istotny statystycznie (p<0,05).

4.12. Gwałtowna redukcja masy ciała a UMACL

Pobudzenie napięciowe (PN), energetyczne (PE) oraz ton hedonistyczny (TH) nie różniły się istotnie przed Z1 (tabela 44).

Tabela 44. Porównanie parametrów UMACL pomiędzy EKS a KON przed Z1

Parametr	Grupa	N	Średnia	SD	Mediana	Min	Max	Q1	Q3	p
PN - pomiar 1	EKS	13	18,5	4,22	18,0	12,0	28,0	16,0	20,0	0,315
	KON	13	17,0	4,93	17,0	10,0	30,0	15,0	19,0	
	Łącznie	26	17,8	4,56	17,5	10,0	30,0	15,0	19,0	
PE - pomiar 1	EKS	13	27,8	2,73	28,0	23,0	33,0	26,0	30,0	0,14
	KON	13	29,7	3,22	30,0	24,0	35,0	28,0	32,0	
	Łącznie	26	28,8	3,08	28,0	23,0	35,0	26,2	30,8	
TH - pomiar 1	EKS	13	30,7	3,68	30,0	24,0	36,0	29,0	33,0	0,642
	KON	13	30,5	6,28	32,0	12,0	38,0	30,0	33,0	
	Łącznie	26	30,6	5,04	31,5	12,0	38,0	29,2	33,0	

Skróty: N - liczebność grupy; SD - odchylenie standardowe; Min - wartość minimalna; Max - wartość maksymalna; Q1 - kwartyl 1; Q3 - kwartyl 3; p - prawdopodobieństwo testowe różnic pomiędzy EKS i KON; EKS - grupa eksperymentalna; KON - grupa kontrolna; PN – pobudzenie napięciowe; PE – pobudzenie energetyczne; TH – ton hedonistyczny.

Natomiast przed Z2 grupa EKS cechowała się istotnie większymi wartościami PN w porównaniu z KON (tabela 45).

Tabela 45. Porównanie parametrów UMACL pomiędzy EKS a KON przed Z2

Parametr	Grupa	N	Średnia	SD	Mediana	Min	Max	Q1	Q3	p
PN - pomiar 2	EKS	13	19,8	4,09	20,0	13,0	27,0	17,0	21,0	0,034 *
	KON	13	16,6	2,53	17,0	12,0	22,0	15,0	18,0	
	Łącznie	26	18,2	3,7	18,0	12,0	27,0	15,2	20,0	
PE - pomiar 2	EKS	13	26,8	4,64	27,0	16,0	33,0	24,0	30,0	0,245
	KON	13	29,5	4,84	30,0	23,0	39,0	26,0	33,0	
	Łącznie	26	28,2	4,86	27,0	16,0	39,0	26,0	31,0	
TH - pomiar 2	EKS	13	29,8	2,65	30,0	26,0	33,0	27,0	32,0	0,167
	KON	13	30,7	3,61	32,0	20,0	33,0	30,0	33,0	
	Łącznie	26	30,2	3,14	31,5	20,0	33,0	28,2	32,8	

Skróty: N - liczebność grupy; SD - odchylenie standardowe; Min - wartość minimalna; Max - wartość maksymalna; Q1 - kwartył 1; Q3 - kwartył 3; p - prawdopodobieństwo testowe różnic pomiędzy EKS i KON; EKS - grupa eksperymentalna; KON - grupa kontrolna; PN – pobudzenie napięciowe; PE – pobudzenie energetyczne; TH – ton hedonistyczny; * różnica istotna statystycznie (p<0,05).

PN, PE oraz TE nie różniły się istotnie pomiędzy Z1 a Z2 w EKS (tabela 46).

Tabela 46. Różnice w PN, PE oraz TE pomiędzy Z1 a Z2 w EKS

Parametr	Pomiar	N	Średnia	SD	$\Delta\pm SD$	Mediana	Min	Max	Q1	Q3	p
PN	Pomiar 1	13	18,5	4,22		18,0	12,0	28,0	16,0	20,0	0,527
	Pomiar 2	13	19,8	4,09	10,4% ± 29,5	20,0	13,0	27,0	17,0	21,0	
PE	Pomiar 1	13	27,8	2,73		28,0	23,0	33,0	26,0	30,0	0,664
	Pomiar 2	13	26,8	4,64	-3,32% ± 16,8	27,0	16,0	33,0	24,0	30,0	
TH	Pomiar 1	13	30,7	3,68		30,0	24,0	36,0	29,0	33,0	0,407
	Pomiar 2	13	29,8	2,65	-2,12% ± 11,0	30,0	26,0	33,0	27,0	32,0	

Skróty: N - liczebność grupy; SD - odchylenie standardowe; Min - wartość minimalna; Max - wartość maksymalna; Q1 - kwartył 1; Q3 - kwartył 3; p - prawdopodobieństwo testowe różnic pomiędzy EKS i KON; EKS - grupa eksperymentalna; KON - grupa kontrolna; PN – pobudzenie napięciowe; PE – pobudzenie energetyczne; TH – ton hedonistyczny; $\Delta\pm SD$ – różnica procentowa pomiędzy pomiarem 1 a pomiarem 2.

PN, PE oraz TE nie różniły się istotnie pomiędzy Z1 a Z2 w KON (tabela 47).

Tabela 47. Różnice w PN, PE oraz TE pomiędzy Z1 a Z2 w EKS

Parametr	Pomiar	N	Średnia	SD	$\Delta\pm SD$	Mediana	Min	Max	Q1	Q3	p
PN	Pomiar 1	13	17,0	4,93		17,0	10,0	30,0	15,0	19,0	0,623
	Pomiar 2	13	16,6	2,53	3,45% \pm 24,4	17,0	12,0	22,0	15,0	18,0	
PE	Pomiar 1	13	29,7	3,22		30,0	24,0	35,0	28,0	32,0	0,894
	Pomiar 2	13	29,5	4,84	-0,07% \pm 15,5	30,0	23,0	39,0	26,0	33,0	
TH	Pomiar 1	13	30,5	6,28		32,0	12,0	38,0	30,0	33,0	0,927
	Pomiar 2	13	30,7	3,61	4,09% \pm 19,7	32,0	20,0	33,0	30,0	33,0	

Skróty: N - liczebność grupy; SD - odchylenie standardowe; Min - wartość minimalna; Max - wartość maksymalna; Q1 - kwartyl 1; Q3 - kwartyl 3; p - prawdopodobieństwo testowe różnic pomiędzy EKS i KON; EKS - grupa eksperymentalna; KON - grupa kontrolna; PN – pobudzenie napięciowe; PE – pobudzenie energetyczne; TH – ton hedonistyczny; $\Delta\pm SD$ – różnica procentowa pomiędzy pomiarem 1 a pomiarem 2.

5. DYSKUSJA

Analiza dotychczasowych doniesień naukowych pozwala wnioskować, że przedstawione w dysertacji badanie jest pierwszym poświęconym ocenie, czy zastosowanie połączonych metod doprowadzających do gwałtownej redukcji około 5% z następującym okresem regeneracji masy ciała spowoduje różnicę w maksymalnych możliwościach siłowych zawodników trójboju siłowego. Badania zostały przeprowadzone na wytrenowanych zawodnikach trójboju siłowego, którzy brali udział w zawodach. Dodatkowo, strategia gwałtownej redukcji masy ciała została zaplanowana przez dietetyka indywidualnie dla każdego uczestnika. Takie postępowanie żywieniowe minimalizuje ryzyko stosowania przez uczestników nieracjonalnych metod gwałtownej redukcji masy ciała. Ponadto, maksymalne możliwości siłowe oszacowano podczas symulowanych zawodów trójboju siłowego, co jest zbliżone do realnego scenariusza sportowego, z którym zaznajomieni są zawodnicy trójboju siłowego. Każdy z uczestników przed eksperymentem korzystał ze skali RPE w programowaniu codziennego treningu, dzięki czemu uczestnicy byli zaznajomieni z tą skalą.

5.1. Gwałtowna redukcja masy ciała a maksymalne możliwości siłowe

Strategia polegająca na doprowadzeniu do zmniejszonej zawartości treści jelitowej, glikogenu mięśniowego oraz odwodnienia, w połączeniu z dwugodzinną strategią regeneracji nie spowodowała istotnego zmniejszenia maksymalnych możliwości siłowych wyrażanych jako TOTAL, SQ, BP oraz DL co jest zgodne z obserwacjami innych autorów. Brencheya i wsp. (2022b) na podstawie piśmiennictwa donieśli, że mimo iż ogólna wydajność ćwiczeń beztlenowych (np. test Wingate), siła maksymalna (np. siła ścisku ręki) i zdolność powtarzanego wysiłku o wysokiej intensywności (np. powtarzane izokinetyczne prostowanie kolana) są osłabione w małym lub umiarkowanym stopniu po gwałtownej redukcji masy ciała wynoszącej około 5%, to ten ujemny efekt może być zniesiony przez zastosowanie strategii regeneracji. Tytułem przykładu ograniczenie energetyczne diety o 33% i spożycia płynów o 22% w tygodniu, doprowadzające do utraty 5% masy ciała spowodowało zmniejszenie siły ścisku z $53,6 \pm 2,7$ kG do $50,4 \pm 2,5$ kG. Restrykcje dietetyczne miały również istotny, ujemny związek ze stężeniem testosteronu oraz

stosunkiem testosteronu do kortyzolu, jednocześnie mając istotny i dodatni związek ze stężeniem kortyzolu oraz DHEA-S. Uczestnicy po procesie gwałtownej redukcji masy ciała odnotowali również zmniejszenie wigoru oraz zwiększenie napięcia i zmęczenia (Degoutte i wsp., 2006). W grupie zawodników Muay Thai, których masa ciała wynosiła od 59 kg do 139 kg ($80,1 \pm 17,3$ kg), doprowadzenie do utraty średnio $8,5 \pm 1,3$ kg w ciągu dwóch tygodni przed zawodami spowodowała zmniejszenie siły ścisku prawej ręki z $47,4 \pm 9,9$ kG do $40,9 \pm 9,4$ kG i lewej ręki z $43,9 \pm 8,7$ kG do $37,9 \pm 8,5$ kG (Ribas i wsp., 2019). Średnia utrata masy ciała 3,4% nie spowodowała zmian w sile ścisku prawej i lewej ręki oraz w statycznym momencie siły zgięcia i prostowania stawu ramiennego prawego i lewego a także zgięcia i prostowania stawu kolanowego prawego i lewego, ale spowodowała spadek momentu siły zgięcia i prostowania tułowia (Coufalová i wsp., 2014).

Jednocześnie, małe lub umiarkowane zmniejszenie wydajności sportowej po przeprowadzeniu gwałtownej redukcji masy ciała może być zniesione przez strategię regeneracji, którą stosowali uczestnicy eksperymentu wykonanego na potrzeby tej dysertacji. Zawodnicy Muay Thai, po tygodniowej strategii regeneracji, w której przywrócili $5,4 \text{ kg} \pm 0,8 \text{ kg}$ masy ciała, zwiększyli siłę ścisku w prawej ręki do $44,3 \pm 9,6$ kg i lewej ręki do $41,9 \pm 8,8$ kg (Ribas i wsp., 2019). Wyniki przeprowadzonego przez mnie badania są również zgodne z wynikami Durgueriana i wsp. (2016), w których zawodnicy podnoszenia ciężarów nie pogorszyli swojego TOTAL po doprowadzeniu do utraty 4,34% masy ciała w procesie gwałtownej redukcji masy ciała, kiedy w procesie regeneracji zapewniono im dwugodzinny dostęp do płynów *ad libitum* w połączeniu ze spożyciem około 716 kcal (w tym 100 g węglowodanów) (Durguerian i wsp., 2016). W grupie zapaśników przestrzegających diety dostarczającej przez trzy doby $12,2 \pm 6,0$ kcal/kg/dobę i $13,8 \pm 8,2$ mL płynów/kg/dobę, doprowadzając do utraty $5,4\% \pm 0,5\%$ zaobserwowano zmniejszenie średniej mocy generowanej podczas maksymalnego wysiłku na ergometrze z $192,6 \pm 37,9$ W do $177,9 \pm 34,2$ W. Po 16-godzinnym okresie regeneracji, średnia moc zwiększyła się do $191,6 \pm 40,0$ W. Nie zaobserwowano istotnych różnic w mocy maksymalnej pomiędzy okresem przed gwałtowną redukcją masy ciała, po gwałtownej redukcji masy ciała oraz po okresie regeneracji (Timpmann i wsp., 2012).

Ponadto, utrata 4,86% masy ciała w procesie gwałtownej redukcji masy ciała, przy jednoczesnym braku istotnego zmniejszenia TOTAL, spowodowała zwiększenie IPF GL

i IPF BP GL, co jest zgodne z doniesieniami Durgueriana i wsp. (2016) oraz Matrasy i wsp. (2022). Powyższe wyniki potwierdzają, że w celu osiągnięcia optymalnego wyniku w kategoriach open, zawodnicy powinni rozpatrzeć proces gwałtownej redukcji masy ciała. Durguerian i wsp. (2016) w swojej pracy przedstawili, że po procesie gwałtownej redukcji masy ciała odnotowano również zwiększenie wysokości skoku pionowego z zamachem kończyn górnych (CMJ), co może wynikać ze zmniejszonej masy ciała. CMJ wykazuje dodatni związek ze statycznym momentem siły prostowników i zginaczy stawu kolanowego (Struzik i Pietraszewski, 2010).

W badaniu przeprowadzonym na potrzeby niniejszej pracy, dodatkowym elementem zmniejszającym ryzyko obniżenia maksymalnych możliwości siłowych po gwałtownej redukcji masy ciała jest zaplanowanie strategii żywieniowej przez dietetyka, ponieważ minimalizuje to ryzyko stosowania nieracjonalnych metod gwałtownej redukcji masy ciała stosowanych przez trójboistów siłowych (Nolan i wsp. 2022). Connor i Egan (2019) wykazali, że zawodnik MMA nie współpracujący z dietetykiem, doprowadzający do utraty 9,1% masy ciała zmniejszył siłę ścisku w prawej ręce z 55,3 do 54,6 kG i lewej ręce z 56,0 kg do 52,6 kG. W celu gwałtownej redukcji masy ciała, zawodnik MMA stosował niskokaloryczną dietę (708 ± 428 kcal/dobę) oraz spożywał 6 l wody w ciągu pierwszych 5 dni. Następnie stosował dwa dni postu z ograniczeniem spożycia płynów i sodu oraz zaangażował się w sesje treningowe. Natomiast u zawodnika współpracującego z dietetykiem, który doprowadził do utraty 5,3% masy ciała nie zaobserwowano po zastosowaniu strategii gwałtownej redukcji masy ciała różnicy w sile ścisku prawej ręce (50,6 kG przed i 50,6 kG po gwałtownej redukcji masy ciała) oraz odnotowano zwiększenie siły ścisku lewej ręce z 44,6 do 48,6 kG (Connor i Egan, 2019). Zawodnik współpracujący z dietetykiem dostarczał 1600 kcal/dobę przez 6 dni a w 7 dniu pościł w połączeniu ze spożywaniem 2 l wody przez 5 dni i dwoma dniami ograniczenia płynów. Brak zmniejszenia maksymalnych możliwości siłowymi po zastosowaniu strategii doprowadzającej do gwałtownej redukcji masy ciała może wynikać z intensywnego nawodnienia w procesie regeneracji.

Strategia gwałtownej redukcji masy ciała polegała na przestrzeganiu przez uczestników diety niskobłonnikowej, ketogenicznej oraz doprowadzeniu do odwodnienia poprzez strategie zwiększonej konsumpcji płynów, ograniczoną podaż płynów oraz pocenie

pasywne. Biorąc pod uwagę mechanizmy wytwarzania siły mięśniowej, należy założyć, że krótkoterminowa, niskobłonnikowa dieta ketogeniczna nie powinna mieć związku z maksymalnymi możliwościami siłowymi. Masa wydalanego kału jest zmienna i wynosi 15 – 1505 g/dobę, z medianą wynoszącą 128 g/dobę. Głównym czynnikiem wpływającym na masę kału jest spożycie błonnika. Głównym składnikiem organicznej frakcji kału jest biomasa bakteryjna (25-54% suchej masy) a pozostałą część stanowią niestrawione węglowodany, błonnik, białko i tłuszcz, których ilość zależy od stosowanej diety (Rose i wsp., 2015). Średnia masa kału wszystkożerców spożywających 23 g błonnika na dobę wynosi 153 g/dobę, średnia masa kału wegetarian spożywających 37 g błonnika na dobę wynosi 168 g/dobę, a średnia masa kału wegan spożywających 47 g błonnika na dobę wynosi 225 g/dobę (Davies i wsp., 1986). Drugą, istotną z punktu widzenia sportowców składową, odpowiadającą za 28% zmienności obserwowanej w indywidualnym wydalaniu stolca jest energetyczność spożytej diety w ciągu doby. Zawodnicy sportów siłowych charakteryzują się wysoką beztłuszczową masą ciała, co w konsekwencji przekłada się na wyższą, podstawową przemianę materii o średniej wartości 2220 ± 515 kcal/dzień (Joseph i wsp., 2017). W badaniu przeprowadzonym na potrzeby tej pracy, trójbojści siłowi spożywali średnio 3290 kcal/dobę podczas pomiaru 1, a w grupie eksperymentalnej podczas pomiaru 2 energetyczność posiłków wynosiła średnio 2640 kcal/dobę. Zwyczajowe spożycie energii w grupie zawodników trójboju siłowego w fazie przygotowań do zawodów wynosi 3500 kcal (2570– 3890 kcal), a w okresie startowym (1 – 2 tygodnie przed głównymi zawodami) 2900 kcal (2400 – 3520 kcal) (Hackett i wsp., 2020). Natomiast wśród zawodników podnoszenia ciężarów, energetyczność spożytej diety wynosi 3060 – 4590 kcal (Slater i Phillips, 2011), co może przekładać się na większą masę wydalanego kału w porównaniu ze średnią populacyjną. Za dietę niskobłonnikową uznaje się dzienne spożycie błonnika do 10 g/dobę (Vanhauwaert i wsp., 2015). Mechanizmami, przez które dieta niskobłonnikowa zmniejsza masę ciała są zmniejszenie masy niestrawionego błonnika, bakterii i wody zatrzymywanej w jelitach (Stephen i Cummings, 1980a). Dwudniowa dieta niskobłonnikowa jest w stanie poprawić czystość jelit przed kolonoskopią (Wu i wsp., 2011) a stosowanie bisakodylu i fosforanu sodu w celu przygotowania jelit do kolonoskopii skutkuje zmniejszeniem masy ciała o 1,2 kg (Holte i wsp., 2004). Jedynym eksperymentem oceniającym stosowanie diety niskobłonnikowej na wielkość gwałtownej redukcji masy

ciała jest badanie przeprowadzone przez Foo i wsp. (2022). Jak podają w swojej pracy, czterodniowe przestrzeganie diety niskobłonnikowej (8,6 – 8,8 g błonnika/dobę) przez mężczyzn o masie ciała 63,7 – 91,6 kg powoduje utratę $0,58 \pm 0,83$ kg ($0,74\% \pm 0,99\%$) masy ciała. Pomiar został wykonany piątego dnia rano a zwyczajowe spożycie błonnika przed interwencją wynosiło 28,9 – 34,9 g. Dieta niskobłonnikowa powodowała zmniejszenie częstości wypróżnień z 2 do 1 i zmniejszenie miękkości stolca. U 68% uczestników (n = 13/19) dieta niskobłonnikowa powodowała większe uczucie głodu. Aż 95% uczestników badania dobrze tolerowało dietę niskobłonnikową (n = 18/19) a 84% było gotowych ją powtórzyć w celu gwałtownej redukcji masy ciała w przyszłości (n = 16/19) (Foo i wsp., 2022). Czas pasażu jelitowego jest zmienny osobniczo i wynosi 10 – 73 godziny (Foo i wsp., 2022), dlatego rekomendowany czas stosowania diety niskobłonnikowej w celu osiągnięcia optymalnej utraty masy ciała w procesie gwałtownej redukcji masy ciała wynosi trzy lub cztery doby. Niższe spożycie błonnika powoduje dłuższy czas retencji kału w przewodzie pokarmowym z powodu niewystarczającego nagromadzenia kału i braku indukcji ruchu perystaltycznego przy wypróżnianiu. W efekcie zmniejsza się częstotliwość wypróżnień, zwiększa się wchłanianie wody z kału, kał twardnieje, co powoduje objawy zaparcia (Makizaki i wsp., 2019). Trójboiści siłowi przestrzegający diety niskobłonnikowej często doświadczają zaparc. Jeżeli zawodnik w dniu pomiaru masy ciała nie wypróżni się, jego masa ciała może być potencjalnie większa, dlatego w celu ułatwienia wypróżnienia można zastosować lekkie środki przeczyszczające jak laktuloza (Kokke i wsp., 2008), liść Senna Mill (Kinnunen i wsp., 1993), poli(tlenek etylenu) (Alsalimy i wsp., 2018), czy kawę (Brown i wsp., 1990). Czas działania laktulozy jest dłuższy (24-48 h) niż liści Senna Mill (6-10 h) a Senna Mill wykazuje lepsze działanie niż laktuloza i poli(tlenek etylenu) (Alsalimy i wsp., 2018). Dlatego właśnie, rekomendowanym środkiem przeczyszczającym podczas stosowania diety niskobłonnikowej w procesie redukcji masy ciała powinny być produkty standaryzowane na zawartość sannozydu B zawartego w liściach Senna Mill. Rekomendowana dawka to 20-28 mg sannozydu B przyjęta wieczorem, zaczynając od pierwszego dnia stosowania diety niskobłonnikowej, na 6-10 h przed planowanym wypróżnieniem kolejnego dnia. Strategię stosowania sannozydu B należy kontynuować do dnia przed pomiarem masy ciała włącznie. Należy przestrzegać rekomendowanych dawek substancji przeczyszczających, aby nie doprowadzić do kurczów brzucha zawodników

podczas zawodów, które mogą wynikać z przedawkowania substancji czynnych. W codziennej praktyce, aż 69,23% uczestników naszego badania wykorzystywało stosowanie diety niskobłonnikowej w procesie gwałtownej redukcji masy ciała. Jest to wartością znacznie wyższą od zaobserwowanych 26,5% trójboistek i trójboistów siłowych, którzy deklarują przestrzeganie diety niskobłonnikowej „zawsze” w badaniu Nolana i wsp. (2022). Podsumowując, spożycie błonnika wśród EKS podczas pomiaru 1 wynosiło 28,8 g/dobę i było podobne do wyjściowego spożycia błonnika w badaniu Foo i wsp. (2022). Podczas procesu gwałtownej redukcji masy ciała spożycie błonnika zostało zmniejszone do średnio 8,8 g/dobę. Zakładając jednak zmniejszenie wartości energetycznej diety podczas procesu gwałtownej redukcji masy ciała oraz stosowanie sennozydu B, średnia utrata masy ciała wynikająca z przestrzegania diety niskobłonnikowej była prawdopodobnie wyższa niż wartość $0,74 \pm 0,99\%$ odnotowana w badaniu Foo i wsp. (2022).

Drugim komponentem strategii doprowadzającej do gwałtownej redukcji masy ciała jest dieta ketogeniczna doprowadzająca do zmniejszenia zasobów glikogenu mięśniowego. Stosowanie diety ketogenicznej również nie powinno mieć związku z maksymalnymi możliwościami siłowymi. Zawartość glikogenu mięśniowego wynosi 300 – 700 g (średnio 500 g) a glikogenu wątrobowego 0 – 160 g (średnio 80 g). Jego zawartość jest zmienna, w zależności od masy ciała, diety, stopnia wytrenowania i ostatnio wykonywanych ćwiczeń (Murray i Rosenbloom, 2018). Trójboiści siłowi o większej zawartości masy mięśniowej mogą cechować się większą zawartością glikogenu mięśniowego. Każdy gram glikogenu związany jest z minimum trzema gramami wody, dlatego strategię doprowadzającą do zmniejszenia zawartości glikogenu mięśniowego doprowadzają jednocześnie do zmniejszenia zawartości wody w mięśniach (Fernández-Elías i wsp., 2015). Średnia wartość FFM wśród uczestników mojego badania wynosiła 75,5 kg. Do zmniejszenia zawartości glikogenu można doprowadzić poprzez stosowanie diety niskowęglowodanowej, uprawianie aktywności fizycznej lub połączenie obu. Trening oporowy cechuje się niższym w porównaniu ze sportami wytrzymałościowymi zużyciem glikogenu mięśniowego. Jedna jednostka treningu oporowego zmniejsza zasoby glikogenu mięśniowego o około 24 – 40% (Slater i Phillips, 2011). Dodatkowo, zwiększanie objętości treningowej w celu zmniejszenia zawartości glikogenu mięśniowego jest sprzeczne z zasadami treningowymi stosowanymi w ostatnich dniach przed zawodami (Hackett i wsp., 2020). Z tego względu,

rekomendowaną strategią zmniejszenia zawartości glikogenu mięśniowego wśród zawodników trójboju siłowego podczas gwałtownej redukcji masy ciała powinno być stosowanie diety niskowęglowodanowej. Biorąc pod uwagę, że maksymalne powtórzenie SQ, BP lub DL podczas zawodów trwa maksymalnie kilka sekund, dostępność glikogenu mięśniowego nie jest czynnikiem ograniczającym możliwości sportowe trójboistów siłowych. Przez pierwsze trzy sekundy skurczu, rozkład fosfokreatyny przyczynia się do 70% tworzenia ATP (Sahlin, 2014) i maleje wraz z czasem trwania przechodząc w dominację glikolizy beztlenowej po około sześciu sekundach ćwiczenia (Gaitanos i wsp., 1993). Popularnym zjawiskiem wśród trójboistów siłowych jest doprowadzanie do superkompensacji glikogenu mięśniowego poprzez zwiększone spożycie węglowodanów na 24 – 48 h przed startem.

W badaniu przeprowadzonym na potrzeby pracy nie zaobserwowano związku między spożyciem węglowodanów z maksymalnymi możliwościami siłowymi, co jest spójne z obserwacjami innych autorów. W badaniu Greena i wsp. (2018) dwunastotygodniowa dieta ketogeniczna *ad libitum* w porównaniu ze standardową dietą *ad libitum* dostarczającą >250 g węglowodanów/dobę doprowadziła do utraty 3,26 kg masy ciała (w tym utraty 2,26 kg beztłuszczowej masy ciała). Utrata masy ciała nie spowodowała zmiany siły i mocy zawodników trójboju siłowego i podnoszenia ciężarów, mierzonych jako 1RM w przysiadzie, wyciskaniu leżąc, martwym ciągu, rwaniu oraz podrzucie. Zaobserwowano jednak dużą różnorodność indywidualną w odpowiedziach organizmu. Trzech zawodników zwiększyło swoją siłę lub moc po stosowaniu diety ketogenicznej (z czego jeden znacząco), dwóch zawodników nie zaobserwowało istotnych zmian, a siedmiu zawodników zanotowało spadek swojej siły lub mocy po przejściu na dietę ketogeniczną. Jednak krótkotrwałe przestrzeganie (przez 7 dni) diety ketogenicznej o zmniejszonej o 15% energetyczności skutkowało istotnym spadkiem masy ciała zarówno u mężczyzn (o 1,4%), jak i u kobiet (o 2,75%), przy braku zmian w sile uścisku dłoni, wysokości skoku pionowego oraz 1RM w przysiadzie (Sawyer i wsp., 2013). Równolegle, jak donieśli Chattertona i wsp. (2017) po przeprowadzeniu badania z udziałem trójboistów i zawodników podnoszenia ciężarów, ograniczenie spożycia węglowodanów do 1 g na kg masy ciała przez osiem tygodni doprowadziło do redukcji masy ciała o 0,8 – 3,6 kg oraz zmniejszenia maksymalnej siły (TOTAL) u jednego z uczestników. U dwóch innych zawodników nie zauważono zmian w

maksymalnych możliwościach siłowych, natomiast u dwóch uczestników stwierdzono zwiększenie siły. Dodatkowo, u czterech z pięciu badanych zawodników zanotowano zwiększenie relacji między maksymalną siłą a masą ciała, co jest zgodne z wynikami obserwowanymi w badaniu przeprowadzonym na potrzeby niniejszej pracy. Na podstawie doniesień Sawyera i wsp. (2013), Chattertona i wsp. (2017) i Greena i wsp. (2018) można zakładać, że stosowanie diety niskowęglowodanowej o zmniejszonej o 10% wartości energetycznej, doprowadzającej do utraty glikogenu mięśniowego nie będzie mieć związku z maksymalnymi możliwościami siłowymi, jednocześnie zmniejszając masę ciała o około 1,4% – 2,75%. Dzięki zmniejszonej masie ciała, zawodnicy trójboju siłowego mogą oczekiwać podczas zawodów zwiększonego wyniku IPF GL oraz IPF BP GL. Należy jednak zaznaczyć, że znacząca część z utraconych 1,4% – 2,75% masy ciała będzie wynikać z utraty wody wynikającej ze zmniejszonych zasobów glikogenu mięśniowego. Masa ciała oraz FFM zawodników trójboju siłowego jest większa niż w większości dyscyplin sportowych, natomiast krótkotrwałe stosowanie diety ketogenicznej zmniejsza zasoby glikogenu mięśniowego o 20-54% (Phinney i wsp., 1983; Harber i wsp., 2015). Zakładając, że średnia zawartość glikogenu mięśniowego wśród uczestników mojego badania wynosiła około 700 g, można zgrubnie oszacować, że stosowanie diety ketogenicznej przyczyniło się do utraty około 140 – 378 g glikogenu mięśniowego, powodując utratę 0,15% - 0,4% masy ciała.

Przyjmując, że w badaniu przeprowadzonym na potrzeby niniejszej pracy, uczestnicy doprowadzili do gwałtownej redukcji masy ciała za pomocą stosowania diety niskobłonnikowej, ketogenicznej oraz odwodnienia, jedyną składową stosowanej strategii gwałtownej redukcji masy ciała mogącą mieć istotny związek z maksymalnymi możliwościami siłowymi uczestników jest odwodnienie. Zakładając, że w badaniu przeprowadzonym na potrzeby tego badania, ograniczone spożycie błonnika doprowadziło do utraty około 0,75% - 1% masy ciała a stosowanie diety ketogenicznej o ograniczonej wartości energetycznej (wyłączając odwodnienie wynikające ze stosowania diety ketogenicznej) o 0,15% - 0,4% masy ciała. Stopień odwodnienia w procesie gwałtownej redukcji masy ciała w badaniu przeprowadzonym na potrzeby niniejszej pracy wynosiło około 3,6% - 4,1%. Jest to wartość odwodnienia, która potencjalnie może mieć związek z maksymalnymi możliwościami siłowymi, lecz jednocześnie jest to stopień odwodnienia, który w pewnym zakresie można

zmniejszyć w procesie regeneracji. Mimo wielu przeprowadzonych badań dotyczących związku odwodnienia ze zdolnościami wysiłkowymi, niewielka część z nich została przeprowadzona w grupie zawodników uprawiających sporty siłowe (Cheuvront i Kenefick, 2014). Judelson i wsp. (2007a) wykazali, że odwodnienie rzędu 2,4 i 4,8% nie powoduje różnic w wysokości i mocy skoku pionowego oraz 1RM w przysiadzie, mimo zmniejszonej zdolności układu nerwowego do stymulowania mięśni (ang. *central activation ratio*). W przeglądzie literatury Cheuvronta i Keneficka (2014), w którym zanotowano 276 zmiennych w 43 badaniach, wyłącznie 54 z 276 (~20%) zmiennych dotyczących mocy lub siły uległo istotnemu zmniejszeniu po odwodnieniu równym lub większym 2%. Według stanowiska Amerykańskiego Kolegium Medycyny Sportowej (ACSM, ang. *The American College of Sports Medicine*) odwodnienie 3-5% nie ma związku z siłą (Sawka i wsp., 2007a). Judelson i wsp. (2007b) wykazali jednak w przeglądzie literatury, że odwodnienie rzędu 3-4% zmniejsza siłę o około 2%, moc o około 3% i wytrzymałość ćwiczeń o wysokiej intensywności o 10%. Mechanizmy odpowiadające za potencjalny, ujemny związek odwodnienia z siłą mięśniową są niejasne i wynikają prawdopodobnie z negatywnego oddziaływania odwodnienia na centralny układ nerwowy (np. zmniejszona zdolność układu nerwowego w stymulowaniu mięśni) (Judelson i wsp., 2007b). Należy jednak pamiętać, że w zdecydowanej większości przeprowadzonych badań używano testów niespecyficznych dla trójboju siłowego. Zgodnie z moją wiedzą, przeprowadzono wyłącznie dwa badania oceniające związek odwodnienia z 1RM w BP (Schoffstall i wsp. 2001; Gann i wsp., 2021).

Schoffstall i wsp. (2001) ocenili wśród zawodników trójboju siłowego, regularnie startujących w zawodach, 1RM w BP (dwie próby w odstępie dwóch godzin). Rezultat podczas pierwszej próby BP wyniósł 118 kg, a podczas drugiej 115 kg. Następnie, po tygodniu przerwy od treningów, przeprowadzono pocenie pasywne w saunie przez około dwie godziny, doprowadzające do utraty 1,7% masy ciała. Wynik 1RM w BP po procesie odwodnienia wyniósł średnio 111,4 kg. Po kolejnych dwóch godzinach przerwy, podczas których zawodnicy mieli dostęp do wody *ad libitum*, masa ciała trójboistów siłowych wróciła do wartości wyjściowej. Po powrocie masy ciała do wartości wyjściowej, zaobserwowano zwiększenie 1RM w BP do średnio 117 kg. Na podstawie doniesień Schoffstalla i wsp. (2001) można dojść do wniosku, że okres dwóch godzin z dostępem do wody *ad libitum* jest w stanie odwrócić spadek siły wynikający z odwodnienia około 2%

masy ciała. Autorzy oszacowali, że 45% zmienności 1RM było podyktowane zmianami w składzie ciała (zmniejszenie beztłuszczowej masy ciała). W eksperymencie Ganna i wsp. (2021), dziesięć kobiet trenujących rekreacyjnie odbyło dwie sesje w godzinach wieczornych: pierwszą, podczas której były narażone na ciepło (poprzez gorącą kąpiel) i po której uzupełniały płyny oraz drugą, która skutkowałą utratą 3% masy ciała z powodu narażenia na ciepło. Następnego dnia rano uczestniczki przeprowadziły test 1RM dla wyciskania leżąc oraz test wypychania kończyn dolnych na suwnicy. Wykazano, że utrata 3% masy ciała spowodowała istotny spadek 1RM w wyciskaniu leżąc średnio o 3,4% (z 44,1 kg do 42,7 kg). Rezultat w wypychaniu kończyn dolnych na suwnicy utrzymał się na względnie stałym poziomie. Na podstawie tych badań można wnioskować, że odwodnienie w zakresie około 2% - 3% może prowadzić do zmniejszenia 1RM w wyciskaniu leżąc, jednak dostęp do wody *ad libitum* przez okres dwóch godzin może zniwelować negatywne skutki takiego stopnia odwodnienia na maksymalne możliwości siłowe. Jednocześnie, należy podkreślić, że jeżeli w procesie regeneracji pomiędzy pomiarem masy ciała, a rozpoczęciem zawodów, zawodnik uzupełni jedynie część utraconych płynów w procesie gwałtownej redukcji masy ciała (np. uzupełni 2% z utraconych 3% masy ciała) to zawody rozpocznie w procesie niewielkiego odwodnienia rzędu 1%, nie wpływającego na siłę mięśniową (Sawka i wsp., 2007). Dodatkowo, podczas początkowego etapu zawodów trójboju siłowego (pierwsze dwa powtórzenia SQ) zawodnik co do zasady deklaruje submaksymalne obciążenie. Jednocześnie, wraz z czasem trwania zawodów, zawodnik nadal może stosować strategię doprowadzającą do nawodnienia, aż do stanu osiągnięcia euhydratacji.

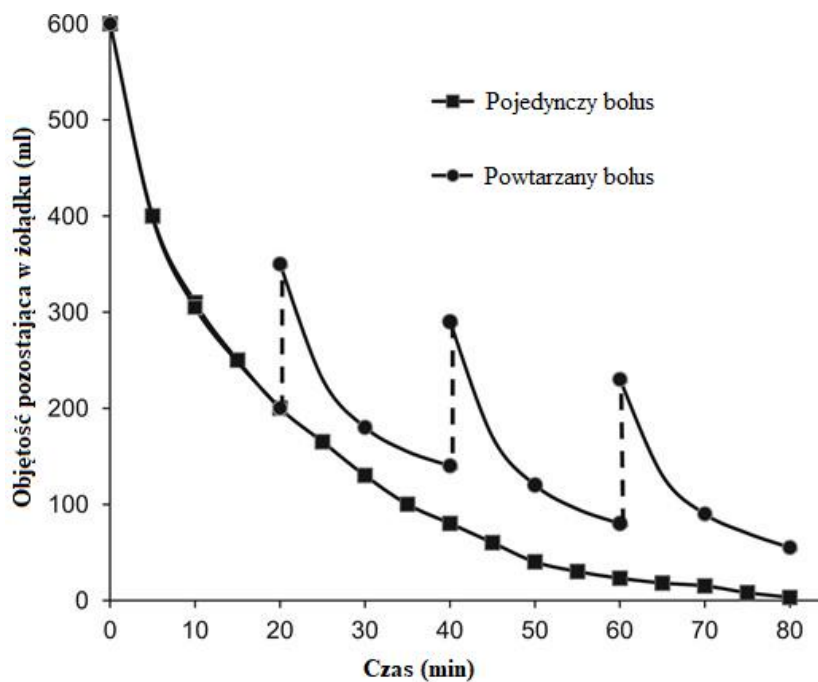
Utrata 4,81% masy ciała może umożliwić zawodnikom trójboju siłowego rywalizację w niższej kategorii wagowej, z zawodnikami osiągającymi potencjalnie niższy TOTAL, co zwiększy szansę na wygraną. Dodatkowo, dzięki średniej utracie 4,81% masy ciała, w EKS odnotowano zwiększenie osiągniętych punktów w IPF GL i IPF GL BP. Jest to zgodne z doniesieniami Durgueriana i wsp. (2016), w badaniu których zawodnicy podnoszenia ciężarów, po zastosowaniu metody gwałtownej redukcji masy ciała nie zmniejszyli wyników w dwuboju siłowym, ale dzięki zmniejszonej masie ciała osiągnęli istotnie większy TOTAL liczonym za pomocą przelicznika Sinclaira. Podobne zjawisko zaobserwowano w badaniu Chattertona i wsp. (2017), w którym po przestrzeganiu diety

niskowęglowodanowej zaobserwowano zwiększony stosunek TOTAL do masy ciała u czterech z pięciu zawodników.

Istotnym elementem w procesie gwałtownej redukcji masy ciała jest okres regeneracji pomiędzy pomiarem masy ciała a rozpoczęciem zawodów sportowych. Dobrze zaplanowana strategia regeneracji między pomiarem masy ciała zawodników, a startem w zawodach, może odwrócić potencjalnie negatywne konsekwencje wynikające z odwodnienia oraz potencjalnie ze zmniejszonych zasobów glikogenu mięśniowego (Reale i wsp., 2017a). W federacji IPF, czas między pomiarem masy ciała zawodników, a rozpoczęciem zawodów wynosi dwie godziny. Biorąc pod uwagę, iż zmniejszenie zawartości treści jelitowej oraz zmniejszenie zawartości glikogenu mięśniowego i wątrobowego nie wykazuje związku z maksymalnymi możliwościami siłowymi, pierwszorzędowym celem strategii regeneracji pomiędzy pomiarem masy ciała zawodników a startem, powinno być zadbanie o przywrócenie utraconych płynów wynikających z odwodnienia.

W celu przywrócenia utraconych płynów wynikających z odwodnienia, rekomendowana ilość płynów do spożycia w okresie regeneracji wynosi 150% utraconej masy ciała (na każdy kilogram utracony z powodu odwodnienia należy dostarczyć 1,5 l płynu). Nadwyżka płynów jest wymagana, aby uzupełnić bieżącą produkcję potu i moczu (Sawka i wsp., 2007). Dostęp do wody *ad libitum* przez dwie godziny jest w stanie odwrócić zmniejszenie maksymalnych możliwości siłowych wynikające z pasywnego odwodnienia w saunie rzędu średnio 1,7% masy ciała (Schoffstall i wsp., 2001). Zmniejszenie wydajności u amatorskich bokserów wynikające z odwodnienia rzędu średnio 2,8% masy ciała można cofnąć poprzez zastosowanie trzygodzinnej strategii regeneracji (Smith i wsp., 2001). Natomiast po utracie średnio 6% masy ciała, piętnastogodzinny proces rehydratacji nie pozwolił zrekompensować strat objętości osocza (Yankanich i wsp., 1998). Z uwagi na krótki czas pomiędzy pomiarem masy ciała, a startem w zawodach w federacji IPF, nie należy doprowadzać do nadmiernego odwodnienia w procesie gwałtownej redukcji masy ciała oraz zoptymalizować proces nawodnienia po pomiarze masy ciała u zawodników stosujących strategię gwałtownej redukcji masy ciała. Tempo uzupełnienia płynów w organizmie zależy od cech spożywanego płynu. Płyn spożywany po procesie pomiaru masy ciała powinien szybko opuścić żołądek oraz poprawiać retencję płynów. Tempo opróżniania żołądka zależy od objętości, energetyczności i osmolalności spożywanego

płyn. W celu szybszego opróżniania żołądka warto sięgnąć po płyn o niskiej gęstości energetycznej i niskiej osmolalności, a w celu zwiększonej retencji, o umiarkowanej podaży sodu, potasu i węglowodanów (Leiper, 2015). Po spożyciu 600 ml płynów obserwowano szybsze opróżnianie żołądka w porównaniu z objętością 200 i 400 ml. Między dawkami 600 i 800 ml nie zaobserwowano istotnych różnic. Odnotowano natomiast trend do wolniejszego opróżniania żołądka po przyjęciu dawki 1000 ml, dlatego rekomendowaną strategią nawodnienia po pomiarze masy ciała jest przyjęcie bolusa płynów 600-900 ml (Costill i Saltin, 1974). Najlepszym rodzajem płynu wydaje się doustny płyn nawadniający (ORS, ang. *Oral Rehydration Therapy*), który z uwagi na niską osmolalność (245 mmol/kg) i dodatek glukozy wykorzystuje transportery sodowo-glukozowe ułatwiając przepływ płynów, powodując optymalne tempo wchłaniania płynów jelitowych (WHO, 2022). Wiele produktów ORS dostępnych na rynku nie pokrywa się jednak z rekomendacjami WHO w odniesieniu do osmolalności ORS (Leiper, 2015). Dodatkowo, mimo iż płyny z wyższą zawartością węglowodanów mają dłuższy czas opróżniania żołądka (Vist i Maughan, 1994), to dla ORS, mleka chudego i mleka tłustego zaobserwowano podobny wskaźnik nawodnienia napoju (BHI, ang. *beverage hydration index*) świadczący o objętości moczu wyprodukowanego po wypiciu danej objętości płynu (Maughan i wsp., 2016). BHI oceniano w ciągu dwóch godzin po wypiciu płynów. Podobną zdolność do nawodnienia względem OSR wykazuje napój izotoniczny (Schleh i Dumke, 2018). Reasumując, optymalnym źródłem bolusa 600 – 900 ml płynów wydaje się ORS, lecz w przypadku, kiedy zawodnik nie jest w stanie wypić ORS, można rozpatrzyć spożycie mleka lub napoju izotonicznego. Po 15 – 20 min od przyjęcia 600 – 900 ml bolusa ORS należy kontynuować nawadnianie kolejnymi, mniejszymi bolusami ORS, napoju izotonicznego lub mleka. Płyny należy spożywać w bolusach, co 15-20 min (rycina 4). Bolusy powinny dostarczać objętości, która w okresie między pomiarem masy ciała a startem w zawodach dostarczy 100-150% utraconej masy płynów w procesie gwałtownej redukcji masy ciała (Reale i wsp., 2017b). Po przyjęciu bolusa dochodzi do szybszej fazy opróżniania żołądka, a następnie, wraz ze zmniejszającą się objętością, to tempo maleje (Rehrer i wsp., 1990). Spożycie sodu w towarzystwie płynów zwiększa retencję płynów w organizmie (Maughan i wsp., 1994), dlatego przy jednoczesnym spożywaniu pokarmu, można rozpatrzyć stosowanie innych płynów niż ORS, napoju izotonicznego lub mleka.



Rycina 4. Tempo opróżniania żołądka w zależności od liczby podawanych bolusów.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Leiper, 2015)

Temperatura, pH oraz ilość dwutlenku węgla w napoju nie ma związku z tempem opróżniania żołądka (Rehrer i wsp., 1990). Płyny hipertoniczne w początkowych częściach jelita cienkiego powodują transport wody z osocza do światła jelita a dopiero następnie, po przejściu w płyn izotoniczny są wchłaniane w dalszych częściach jelita, co może negatywnie rzutować na skuteczność szybkiego nawadniania (Miller i wsp., 2009). Płyny o osmolalności <200 mosmol/kg powodują wolniejsze tempo wchłaniania wody w jelicie czczym w porównaniu z płynami o osmolalności 200-260 mosmol/kg, co świadczy, że optymalny zakres osmolalności jest wąski (Leiper, 2015). Podczas startu, zawodnik powinien przebywać w stanie euhydratacji. W celu oceny tempa pocenia, zawodnik przed jednostką treningową o przybliżonej intensywności do startu w zawodach powinien dokonać pomiaru masy ciała bez ubrań, a następnie, po treningu, po wytarciu z potu suchym ręcznikiem papierowym, znów dokonać pomiaru masy ciała bez ubrań w celu obliczenia średniego tempa pocenia. Różnica w masie ciała to ilość utraconych płynów. Przykładowo, jeżeli zawodnik o masie 100 kg po godzinnej jednostce treningowej zbliżonej objętością i intensywnością do zawodów osiągnie masę 99,3 kg, to tempo pocenia wynosi około 0,7

kg/godzinę i powinien on spożywać około 0,7 litra płynów na każdą godzinę wysiłku. Dlatego w moich badaniach, podczas Z2, bezpośrednio po pomiarze masy ciała, zawodnicy przestrzegający strategii gwałtownej redukcji masy ciała spożywali bolus 800 ml ORS. Następnie w zależności od masy ciała spożywali 200 – 300 ml bolus wody lub napoju izotonicznego co 15 – 20 min. Podczas trwania zawodów wszyscy zawodnicy mieli dostęp do wody i napojów izotonicznych *ad libitum*.

Drugim elementem strategii regeneracji pomiędzy pomiarem masy ciała a rozpoczęciem zawodów jest spożycie węglowodanów. Spożycie węglowodanów przed i podczas zawodów w większości dyscyplin wpływa korzystnie na wydajność sportowców (Thomas i wsp., 2016). Brakuje dowodów oceniających związek spożycia węglowodanów przed i podczas wysiłku na wydajność w sportach siłowych. Zwiększenie podaży węglowodanów w diecie z 4,4 g/kg masy ciała do 6,5 g/ kg masy ciała przez 4 dni, nie ma związku z mocą maksymalną, mocą średnią oraz pracą w fazie odbicia skoku pionowego SJ z obciążeniem 30% 1RM (Hatfield i wsp., 2006). Jak przedstawił Van Zant i wsp. (2002), 1RM w BP oraz liczba powtórzeń BP przy obciążeniu 80% 1RM nie różniły się w zależności od zastosowanej diety: dostarczającej 62% energii pochodzącej z węglowodanów, 18% z białka i 20% z tłuszczów, w porównaniu z dietą dostarczającą 42% energii pochodzącej z węglowodanów, 40% z tłuszczów i 18% z białka. Lambert i Flynn (2002) oszacowali, że do wykonania serii 12 powtórzeń zginania w stawie łokciowym (trwającej 37 s) z obciążeniem 80% 1RM, około 1,6% energii dostarcza ATP, około 16% energii dostarcza hydroliza fosfokreatyny a około 82% energii pozyskiwane jest z procesu glikolizy. Podczas treningu oporowego zawodnicy tracą 24-40% glikogenu mięśniowego z trenowanych partii mięśniowych (Slater i Phillips, 2011). Trening ukierunkowany na zwiększenie siły, wykorzystywany przez zawodników trójboju siłowego cechuje się mniejszą liczbą powtórzeń (np. 3-5 powtórzeń w serii), co przyczynia się do mniejszego spadku stężenia glikogenu w trenowanych partiach mięśniowych w porównaniu z treningami o większej liczbie powtórzeń. Zmęczenie w sportach siłowych wynika więc głównie ze zmniejszenia pH w trenowanych mięśniach, wysokiego stopnia hydrolizy fosfokreatyny, któremu towarzyszy gromadzenie fosforanów oraz zmian w centralnym układzie nerwowym (Zajac i wsp., 2015). Zasoby glikogenu mięśniowego nie wydają się istotnym czynnikiem odpowiedzialnym za zdolności wysiłkowe podczas treningu czy

udziału w zawodach trójboju siłowego. Mimo to, związek podaży węglowodanów przed i podczas wysiłku z wydajnością w sportach siłowych jest niejednoznaczny.

W badaniu Lamberta i wsp. (1991) bezpośrednio przed treningiem, uczestnicy spożywali węglowodany w ilości 1 g/kg masy ciała. Po spożyciu węglowodanów wykonywali serię prostowania kończyn dolnych na trenażerze z obciążeniem 80% 10RM, po której następowały 3 minuty przerwy. Po przerwie kontynuowano trening wykonując następną serię ćwiczeń. Za wyczerpanie mięśniowe uznawano sytuację, w której uczestnik nie był w stanie wykonać więcej niż siedmiu powtórzeń w serii. Zaobserwowano, że spożycie węglowodanów miało związek z liczbą prawidłowo wykonywanych serii. Uczestnicy po spożyciu węglowodanów wykonali więcej serii ($17,1 \pm 2,0$) w porównaniu z uczestnikami niespożywającymi węglowodanów ($14,4 \pm 1,7$) oraz wykonali więcej powtórzeń (149 ± 16) w porównaniu z uczestnikami niespożywającymi węglowodanów (129 ± 12). Wg badań Wax i wsp. (2013), spożycie węglowodanów przed treningiem w dawce 1 g/kg masy ciała, z następną suplementacją 0,16 g węglowodanów/kg masy ciała co 6 minut treningu, zwiększyło czas do wyczerpania określany jako brak możliwości do utrzymania skurczu izometrycznego o momencie siły 50% maksymalnego skurczu, dłużej niż przez 5 sekund oraz spowodowało większą wyjściową siłę skurczu izometrycznego (Wax i wsp., 2013). Podobnie, Haff i wsp. (2001) zanotowali, że spożycie węglowodanów przed treningiem powoduje zwiększenie wykonanej pracy podczas 16 serii zginania-prostowania kończyn dolnych w stawach kolanowych w warunkach izokinetycznych przy prędkości kątowej 120°/s. W kolejnej pracy Haffa i wsp. (1999) sprawdzano czy spożycie węglowodanów spowoduje zmianę liczby wykonanych powtórzeń podczas dwóch jednostek treningowych dziennie. Przed badaniem obie grupy spożyły śniadanie. Następnie pierwsza grupa nie spożywała węglowodanów, a druga grupa otrzymała napój dostarczający 1,2 g węglowodanów/kg masy ciała, który wypita podczas porannej jednostki treningowej. Po zakończonej jednostce, w okresie czterogodzinnej regeneracji między treningami, druga grupa spożyła 0,38 g węglowodanów/kg/godzinę. Popołudniowy trening polegał na wykonaniu jak największej liczby serii 10 powtórzeń SQ z obciążeniem 55% 1RM. Uczestnicy spożywający węglowodany wykonali więcej serii ($18,7 \pm 4,8$) i powtórzeń ($198,7 \pm 46,8$) niż uczestnicy, którzy nie spożywali węglowodanów ($11,3 \pm 2,7$; $131,0 \pm$

27,2) (Haff i wsp., 1999). W badaniu Kringsa i wsp. (2016) uczestnicy spożywali 15, 30 i 60 g węglowodanów na godzinę treningu składającego się z 3 serii wyciskania hantli leżąc po 10 powtórzeń z obciążeniem 60-70% 1RM. Pomiędzy seriami uczestnicy mieli minutę przerwy. Po wykonaniu standardowego treningu, uczestnicy wykonywali serię wyciskania hantli leżąc z obciążeniem 73% 1RM, podczas której mieli wykonać jak najwięcej powtórzeń. Zaobserwowano zwiększenie liczby powtórzeń w wyciskaniu hantli leżąc ($12,4 \pm 3,6$) przy suplementacji 15 g węglowodanów na godzinę względem osób niespożywających węglowodanów ($9,7 \pm 2,9$). Laurensen i wsp. (2014) zaobserwowali, że spożywanie 36 g węglowodanów i 12 g białka podczas treningu składającego się z 6 serii SQ i BP po 7-12 powtórzeń z obciążeniem 60% 1RM, po którym następowała seria SQ i BP do odmowy, powoduje wykonanie większej pracy podczas BP.

W przeciwieństwie do powyżej przedstawionych badań, w analizach innych autorów, nie zaobserwowano zwiększenia wydajności w sportach siłowych po dodatkowym spożyciu węglowodanów (przed i podczas treningu). Spożycie 1 g węglowodanów/kg masy ciała na godzinę przed treningiem nie zwiększyło objętości treningowej BP oraz „*leg press*” (Theses i Raposo, 2011). Baty i wsp. (2007) nie zaobserwowali po spożyciu 355 ml płynu (3,5% węglowodanów, 1,5% białka) na 30 min przed treningiem, 177 ml na chwilę przed treningiem oraz 177 ml w połowie treningu zwiększenia liczby powtórzeń przy obciążeniu 8RM. Kulik i wsp. (2008) nie zaobserwowali po spożyciu węglowodanów zwiększenia liczby serii, powtórzeń, objętości treningowej i wykonanej pracy w SQ przy obciążeniu 85% 1RM. Podsumowując przytoczone badania, stosowania diety dostarczającej powyżej 55% energii z węglowodanów w połączeniu ze stosowaniem spożycia węglowodanów w ilości 1 g/kg masy ciała na godzinę przed treningiem oraz 15 – 40 g węglowodanów podczas treningu może dawać korzyści podczas dłuższych jednostek treningowych (trwających powyżej 50 min), o wyższej objętości (powyżej 10 serii) oraz o umiarkowanej intensywności (50 – 75% 1RM) (Cholewa i wsp., 2019). Jest to jednak wysiłek niereprezentatywny dla zawodów trójboju siłowego, podczas których zawodnicy wykonują maksymalnie dziewięć powtórzeń o submaksymalnym lub maksymalnym obciążeniu. Konieczne są dalsze badania oceniające zastosowanie spożycia węglowodanów przed i w trakcie ćwiczeń na 1RM. Jednak biorąc pod uwagę niejednoznaczne wyniki oraz fakt, że uczestnicy do momentu pomiaru masy ciała byli na czczo zarówno podczas Z1 jak

i Z2, rozsądnym wydaje się wprowadzenie do strategii regeneracji konsumpcji węglowodanów. Jest to strategia potencjalnie poprawiająca możliwość zdolności wysiłkowych i jednocześnie obciążona niewielkim ryzykiem skutków ubocznych.

Podczas godzinnego wysiłku organizm, niezależnie od masy ciała, jest w stanie wchłonąć 60 g glukozy. Tę ilość można zwiększyć do 90 g korzystając z węglowodanów wykorzystujących do wchłaniania inne transportery niż glukoza (np. fruktoza korzystająca z SGLT1) (Jeukendrup, 2004). Popularną strategią żywieniową wśród zawodników trójboju siłowego przed zawodami jest metoda zwiększonej konsumpcji węglowodanów, najczęściej na >2 dni przed startem, do pułapu >10 g węglowodanów/kg masy ciała, doprowadzającej do superkompensacji glikogenu mięśniowego. Strategia superkompensacji glikogenu mięśniowego może poprawić wyniki w wysiłkach o charakterze ciągłym, trwających powyżej 90 min o 2-3% (Hawley i wsp., 1997). Jednak glikogen mięśniowy nie wydaje się być czynnikiem ograniczającym zdolności wysiłkowe podczas zawodów w sportach siłowych. W badaniu przeprowadzonym na potrzeby niniejszej pracy nie oceniano zasobów glikogenu mięśniowego podczas Z1 ani Z2. Dzielne spożycie węglowodanów nie wykazywało jednak związku z maksymalnymi możliwościami siłowymi. W piśmiennictwie pojawiają się doniesienia o nawykach zawodników, którzy po oficjalnym pomiarze masy ciała spożywają nadmiarowe porcje pokarmu. Petterson i wsp. (2012) nazwali to zjawisko „*postweigh-in binge eating*” czyli “napad kompulsywnego objadania się po pomiarze masy ciała”. Nadmierne spożycie pokarmu może powodować problemy żołądkowo-jelitowe podczas trwania zawodów, będące jedynym ryzykiem wynikającym ze spożycia węglowodanów podczas strategii regeneracji. W celu zachowania komfortu żołądkowo-jelitowego w trakcie trwania zawodów, rekomendowanym jest minimalizacja spożycia błonnika pokarmowego, białka, tłuszczów, aspiryny i niesteroidowych leków przeciwzapalnych, produktów o wysokiej zawartości fruktozy oraz odwodnienia (de Oliveira i Burini, 2011; de Oliveira i wsp., 2014). Dodatkowo, u osób podatnych na problemy żołądkowo-jelitowe warto zminimalizować podaż produktów bogatych w fermentujące oligosacharydy, disacharydy, monosacharydy i poliole (FODMAP, ang. *fermentable oligosaccharides, disaccharides, monosaccharides and polyols*) (Lis i wsp., 2016).

Reasumując, biorąc pod uwagę preferencje zawodników, uczestnicy badania spożywali podczas strategii regeneracji około 50 g węglowodanów/dobę. Węglowodany dostarczane były z produktów o niskiej zawartości błonnika pokarmowego (białe pieczywo pszenne, napoje izotoniczne, żelki, pierniki). Jest to strategia zgodna z badaniem Durgueriana i wsp. (2016), w którym zawodnicy między pomiarem masy ciała, a rozpoczęciem zawodów spożywali 50 g węglowodanów/godzinę (łącznie 100 g węglowodanów między pomiarem masy ciała a startem) i mimo utraty 4,34% masy ciała w procesie gwałtownej redukcji masy ciała, nie pogorszyli maksymalnych możliwości siłowych.

5.2. Gwałtowna redukcja masy ciała a subiektywne postrzeżenie wysiłku

W kontekście trójboju siłowego, potencjalna różnica w postrzeganiu wysiłku po zastosowaniu strategii gwałtownej redukcji masy ciała może skutkować zaniżaniem swoich możliwości siłowych podczas deklarowania obciążenia przed każdą z trzech prób: SQ, BP i DL oraz w konsekwencji osiągnięciem niższego TOTAL. Mimo, że w EKS zaobserwowano trend zwiększenia RPE w 7 z 9 bojów pomiędzy Z1 a Z2 (deklarowane RPE było większe w Z2 niż w Z1), to w żadnym z bojów różnica nie osiągnęła istotności statystycznej. Jest mało prawdopodobne, aby tak niewielkie różnice miały istotne znaczenie praktyczne, nawet wśród elitarnych zawodników trójboju siłowego. W codziennym treningu badanej grupy RPE 9,5 zamiast 10 oznacza, że zawodnik nie byłby w stanie wykonać ani jednego powtórzenia więcej, ale w jego odczuciu mógłby podnieść nieznacznie większy ciężar. Wyniki badania przeprowadzonego na potrzeby niniejszej pracy są zgodne z ostatnią metaanalizą z udziałem zawodników sportów wytrzymałościowych, w której na każdy 1% odwodnienia wywołanego wysiłkiem fizycznym, RPE wzrastało o 0,21 jednostki. Według autorów, mało prawdopodobne jest, że związek odwodnienia z RPE jest praktycznie znaczący, dopóki utrata masy ciała nie wyniesie co najmniej 3% (Deshayes i wsp., 2022). W wysiłkach beztlenowych, odwodnienie o około 3% masy ciała spowodowało o około 1 jednostkę większe postrzeżenie wysiłku podczas sprintów w 10 punktowej skali, bez związku z czasem trwania sprintu (Gann i wsp., 2016). Podobny, ujemny związek z postrzeganiem wysiłku po odwodnieniu rzędu około 3% zanotowano w odniesieniu do treningu oporowego (Kraft i wsp., 2010). Jednakże w badaniu Ganna i wsp. (2021) nie

odnotowano negatywnego związku odwodnienia około 3% masy ciała z postrzeganiem wysiłku. Związek gwałtownej redukcji masy ciała z RPE jest niejednoznaczny, jednak zakładając, iż w okresie regeneracji zawodnik doprowadzi do stanu euhydratacji lub do momentu, w którym odwodnienie będzie niewielkie, prawdopodobnie nie doświadczy znaczącego, negatywnego odczucia zastosowania gwałtownej redukcji masy ciała.

5.3. Gwałtowna redukcja masy ciała a UMACL

Gwałtowna redukcja masy ciała nie spowodowała zmian w nastroju wyrażonego w pobudzeniu nerwowym (PN), energetycznym (PE) i tonie hedonistycznym (TH). Jednak podczas Z2 zaobserwowano istotne zwiększenie PN w grupie EKS w porównaniu z KON. Inni badacze zaobserwowali ujemny związek stosowania strategii gwałtownej redukcji masy ciała ze zdrowiem psychicznym zawodników. Jednym z modeli zdrowia psychicznego przewidującym sukcesy sportowe jest model zdrowia psychicznego Morgana w oparciu o kwestionariusz POMS (ang. *The Profil of Mood States*) nazywany profilem góry lodowej (Morgan, 1980). W oparciu o skale POMS, zawodnicy odnoszący sukcesy są mniej podatni na napięcie, przygnębienie, gniew, znużenie, zakłopotanie i cechują się większym wigorem w porównaniu ze sportowcami nieodnoszącymi sukcesów. Mimo niejednoznacznych wyników, większość skal POMS było wiarygodnymi predyktorami wyników sportowych, a profil góry lodowej był nadal realną metodą zrozumienia i poprawy wyników sportowych (Lochbaum i wsp., 2021). Gwałtowna redukcja masy ciała może negatywnie oddziaływać na profil góry lodowej. Utrata 5,16% masy ciała wśród bokserów zwiększała odczuwanie gniewu (ES = -0,7), znużenia (ES = -0,47) i napięcia (ES = -1,05) a także zmniejszała wigor (ES = -1,03). Związek z przygnębieniem (ES = -0,35) i zakłopotaniem (ES = -0,36) był nieistotny statystycznie (Hall i Lane, 2001). Stan psychiczny sportowców jest znaczącym predyktorem wyników osiągniętych podczas zawodów (Lochbaum i wsp., 2022). Podobnie, negatywne oddziaływanie gwałtownej redukcji masy ciała na komfort psychiczny zaobserwowano po utracie 4,34% masy ciała w grupie zawodników podnoszenia ciężarów (Durguerian i wsp., 2016). Brak negatywnych zmian w zdrowiu psychicznym spowodowanych zastosowaniem strategii gwałtownej redukcji masy, w badaniu przeprowadzonym na potrzeby niniejszej pracy, może wynikać z faktu, iż uczestnicy przestrzegali indywidualnej strategii zaplanowanej przez dietetyka. W większości innych

badani uczestnicy stosowali strategię zaplanowaną przez siebie, co zwiększało ryzyko zachowań nieracjonalnych (np. brak stosowania diety niskobłonnikowej w zamian której stosuje się bardziej intensywne metody pocenia pasywnego). Dodatkowo, testem wykorzystywanym do oceny zdrowia psychicznego sportowców jest najczęściej POMS, który nie jest testem poddany walidacji w języku polskim. Z drugiej strony, sportowcy utożsamiają gwałtowną redukcję masy ciała z tożsamością sportową. W wywiadach przeprowadzonych z 14 sportowcami szwedzkiej reprezentacji narodowej w sportach walki, proces gwałtownej redukcji masy ciała był powiązany z tożsamością sportową, braniem odpowiedzialności za swoje czyny i przewagą psychiczną (Pettersson i wsp., 2013). Regulacja masy ciała poprzez tworzenie poczucia zwiększonego skupienia i zaangażowania, jest dla sportowców ważną częścią przygotowań do zawodów. Dla przykładu, jeden z uczestników wypowiadał się:

„Myślę, że dobrze jest stracić kilka kilogramów przed zawodami, ponieważ czuję, że jeśli nie zmniejszę masy ciała przed zawodami to nie zamierzam rywalizować. Jeśli nie chudnę, czuję się niepewnie, czuję, że nie wiem, gdzie jestem. Po prostu czuję się zagubiony. Ale kiedy zmniejszam masę ciała, czuję, że teraz czas na zawody - jestem gotowy do rywalizacji, przygotowuję się do zawodów. To trudne nie zmniejszać masy ciała przed zawodami, czuję się dziwnie” (Pettersson i wsp., 2013).

Z wszystkich badanych parametrów psychologicznych, jedyną istotną różnicę zaobserwowano w PN pomiędzy EKS a KON przed Z2. Większe PN w EKS mogłoby predysponować do osiągnięcia niższego TOTAL, jednak badania przeprowadzone na potrzeby niniejszej pracy pokazują, że PN zawodników trójboju siłowego nie spowodowało obniżenia maksymalnych możliwości siłowych. Jednocześnie można wyciągnąć wniosek, że przeprowadzenie procesu gwałtownej redukcji masy ciała zaplanowanej przez dietetyka nie powoduje pogorszenia nastroju.

5.4. Dieta a możliwości siłowe

Odpowiednio dobrany energetycznie posiłek, adekwatne spożycie białka oraz węglowodanów wydaje się kluczowymi elementami żywieniowymi wpływającymi na wydolność sportowców (Slater i Phillips, 2011). Wartość energetyczna diety w badaniu przeprowadzonym na potrzeby niniejszej pracy istotnie i dodatnio korelowała z SQ

oraz TOTAL, co może wynikać z większej wartości energetycznej diety osób o większej masie mięśni szkieletowych. Masa mięśni szkieletowych wykazuje dodatni związek z SQ, BP, DL oraz TOTAL. Odniesienie wartości energetycznej diety do masy ciała (kcal/kg) powoduje brak istotnego związku z maksymalnymi możliwościami siłowymi, co może oznaczać, że spożycie powyżej pewnego, prawidłowego pułapu (dodatni bilans energetyczny diety), nie daje dodatkowych korzyści w postaci zwiększenia maksymalnych możliwości siłowych. W badaniu przeprowadzonym na potrzeby niniejszej pracy, uczestnikom rekomendowano utrzymywanie neutralnego bilansu energetycznego podczas pierwszego tygodnia eksperymentu. Jak pokazuje badanie Crewthera i wsp. (2016) w grupie rugbyistów, stosowanie 4-tygodniowego planu treningowego podczas neutralnego bilansu energetycznego (brak istotnych zmian w masie ciała) spowodowało zwiększenie 1RM dolnych partii ciała. Podobnie wnioski wynikają z badania, w którym 73 mężczyzn stosowało przez 8 tygodni plan treningowy ukierunkowany na hipertrofię mięśniową. Mężczyzn podzielono na trzy grupy, jedna spożywała 4350 kcal, druga 4340 kcal, a trzecia 2600 kcal. Mimo, iż w grupach spożywającej 4350 kcal i 4340 kcal zaobserwowano większe zwiększenie masy ciała oraz beztłuszczowej masy ciała w porównaniu z grupą spożywającą 2600 kcal, to 1RM dolnych i górnych partii ciała nie różniły się istotnie pomiędzy żadną z grup (Rozenek i wsp., 2002). Metaanailiza Murphyego i Koehlera (2022) biorąca pod uwagę randomizowane badania kontrolne trwające trzy tygodnie lub dłużej, w których uczestnicy wykonywali trening oporowy stosując dietę z deficytem energetycznym wykazała, że mimo iż deficyt ten przyczynia się do spowolnienia zwiększenia LBM podyktowanego treningiem oporowym, to w okresie deficytu nie obserwuje się istotnego zmniejszenia maksymalnych możliwości siłowych. Trudno jest ustalić jaki pułap zapotrzebowania energetycznego jest wymagany do zapewnienia optymalnego zwiększenia maksymalnych możliwości siłowych w połączeniu z treningiem oporowym. Ze zmniejszeniem wydajności sportowej wynikającej z niedostatecznego energetycznie posiłku wiąże się względny ujemny bilans energetyczny w sporcie (RED-S, ang. *Relative Energy Deficiency in Sport*). Za punkt graniczny predysponujący do wystąpienia RED-S uznaje się pułap energii dostępnej wynoszącej mniej niż 30 kcal/kg LBM u kobiet oraz mniej niż 25 kcal/kg LBM u mężczyzn. Energia dostępna jest zdefiniowana jako energia pochodząca z diety pomniejszona o wydatek energetyczny podczas ćwiczeń (Mountjoy i wsp., 2018).

Zawodnicy dyscyplin z podziałem na kategorie wagowe są predysponowani do występowania RED-S. W badaniu przeprowadzonym na potrzeby niniejszej dysertacji, nie oceniano energii dostępnej uczestników, lecz biorąc pod uwagę niską objętość i intensywność treningową w pierwszym tygodniu, można założyć, że pułap energii dostępnej poniżej 25 kcal/kg LBM mogło spełniać wyłącznie 2 – 4 zawodników. Dodatkowo, zapotrzebowanie energetyczne w badaniu przeprowadzonym na potrzeby niniejszej pracy było wyższe niż zaobserwowane w publikacji Olivera i wsp. (2010), wynoszącej 25 ± 8 kcal/kg.

Spożycie białka nie wykazywało związku z maksymalnymi możliwościami siłowymi co jest sprzeczne z aktualną wiedzą naukową. W metaanalizie Mortona i wsp. (2018) zaobserwowano dodatni związek pomiędzy zwiększonym spożyciem białka a maksymalnymi możliwościami siłowymi. Co warto odnotowania, sam trening oporowy jest zdecydowanie silniejszym bodźcem do zwiększenia maksymalnych możliwości siłowych od zwiększonego spożycia białka. Kiedy średnie zwiększenie maksymalnych możliwości siłowych wynikające z treningu oporowego wyniosło 27 kg, zwiększone spożycie białka w diecie podnosiło maksymalne możliwości siłowe o 2,49 kg. Tagawy i wsp. (2022) opublikowali, że spożycie białka w połączeniu z treningiem oporowym jest związane ze zwiększeniem maksymalnych możliwości siłowych niezależnie od wieku, płci, wyjściowego spożycia białka czy części ciała, dla której szacowane były maksymalne możliwości siłowe. Jednocześnie, maksymalnych możliwości siłowych nie można zwiększyć jedynie poprzez zwiększone spożycie białka (bez wykonywania treningu oporowego). Zwiększenie maksymalnych możliwości siłowych podczas treningu oporowego wykazało zależny od dawki, dodatni związek ze spożyciem białka (g/kg). Zaobserwowano zwiększenie maksymalnych możliwości siłowych o 0,72% na każde 0,1 g/kg/dobę zwiększenia spożycia białka, aż do pułapu 1,5 g/kg/dobę, lecz po przekroczeniu pułapu 1,5 g/kg/dobę nie obserwowano dalszego przyrostu (Tagawa i wsp., 2022). Brak związku pomiędzy spożyciem białka a maksymalnymi możliwościami siłowymi w badaniu przeprowadzonym na potrzeby niniejszej pracy, wynika prawdopodobnie z faktu, iż 25 z 26 uczestników badania spełniało rekomendowane spożycie białka wynoszące minimum 1,5 g/kg/dobę, przekraczając maksymalny, dodatkowy pułap dający dodatkowe korzyści w postaci teoretycznego zwiększenia maksymalnych możliwości siłowych. Spożycie białka

w badaniu przeprowadzonym na potrzeby pracy było wyższe niż zaobserwowane w publikacji Oliviera i wsp. (2010), wynoszące średnio $1,18 \pm 0,36$ g/kg.

Mimo, iż w większości dyscyplin sportowych, spożycie węglowodanów jest jednym z głównych, żywieniowych determinantów osiągnięć sportowych, w niniejszym badaniu nie zaobserwowano istotnego związku pomiędzy spożyciem węglowodanów i maksymalnymi możliwościami siłowymi. Jest to zgodne z przeglądem Henselmansa i wsp. (2022), którzy wykazali, iż jest mało prawdopodobne, aby w przypadku, kiedy wysiłek wykonywany jest po posiłku, spożycie węglowodanów samo z siebie miałooby związek ze zdolnościami wysiłkowymi w treningu oporowym. Do tej pory przeprowadzono kilka badań oceniających związek diety niskowęglowodanowej (Dipla i wsp., 2008; Leveritt i Aberenthy, 1999) i ketogenicznej (Brinkworth i wsp., 2009; Greene i wsp., 2018; Gregory i wsp., 2017; Kephart i wsp., 2018; Mitchell i wsp., 1997; Paoli i wsp., 2012; Rhyu i Cho, 2014; Wilson i wsp., 2017; Wood i wsp., 2012) w porównaniu z dietą o większym udziale węglowodanów, ze zmianami w maksymalnych możliwościach siłowych. Dipla i wsp. (2008) zaobserwowali, że zmniejszenie spożycia węglowodanów o 25% (z 55% do 30% wartości energetycznej diety) nie spowodowało zmniejszenia maksymalnych możliwości siłowych u kobiet. Jednak Leveritt i wsp. (1999) zaobserwowali spadek powtórzeń SQ po obniżeniu podaży węglowodanów do 19% wartości energetycznej diety (1,2 g/kg masy ciała) przez dwie doby.

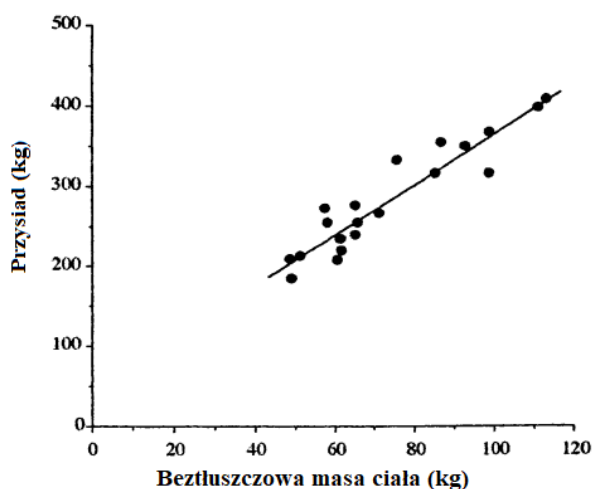
W badaniu Wood i wsp. (2012) zaobserwowano istotny, ujemny związek diety ketogenicznej z maksymalnymi możliwościami siłowymi w wyciskaniu prasy w siadzie i wypychaniu kończyn dolnych na suwnicy. W pozostałych badaniach nie zaobserwowano istotnych zmian w maksymalnych możliwościach siłowych po okresie stosowania diety ketogenicznej (Brinkworth i wsp., 2009; Gregory i wsp., 2017; Paoli i wsp., 2019; Wood i wsp., 2012; Gregory i wsp., 2017; Brinkworth, 2009; Rhyu i Cho, 2014). Ograniczeniami w niektórych eksperymentach badających związek spożycia węglowodanów z maksymalnymi możliwościami siłowymi jest większe spożycie białka w grupach stosujących dietę ketogeniczną (Brinkworth i wsp., 2009; Gregory i wsp., 2017; Paoli i wsp., 2012; Rhyu i Cho, 2014; Wood i wsp., 2012) i grupach o niskim poziomie sportowym (Brinkworth i wsp., 2009; Wood i wsp., 2012).

Zaobserwowano również, iż czterodniowe zwiększenie spożycia węglowodanów z 4,4 g/kg do 6,5 g/kg nie ma związku z mocą maksymalną, mocą średnią oraz pracą w fazie odbicia skoku pionowego SJ z obciążeniem 30% 1RM (Hatfield i wsp., 2006). Van Zant i wsp. (2002) donieśli, 1RM w BP oraz liczba powtórzeń BP przy obciążeniu 80% 1RM nie różniły się w zależności od zastosowanej diety: dostarczającej 62% energii pochodzącej z węglowodanów, 18% z białka i 20% z tłuszczów, w porównaniu z dietą dostarczającą 42% energii pochodzącej z węglowodanów, 40% z tłuszczów i 18% z białka. Spożycie węglowodanów w badaniu przeprowadzonym na potrzeby niniejszej pracy było wyższe niż zaobserwowane w publikacji Oliviera i wsp. (2010) i wynosiło średnio $3,06 \pm 0,91$ g/kg.

Jednocześnie, zawodnicy trójboju siłowego w Polsce cechują się niską dbałością o jakość diety. Zgodnie z moją wiedzą, badanie przeprowadzone na potrzeby niniejszej pracy jest pierwszym oceniającym częstotliwość spełniania norm na składniki odżywcze. 84,6% uczestników nie stosowało żadnego, specyficznego modelu żywieniowego. Sposób żywienia uczestników badania był zbliżony do diety zachodniej, opartej na ultraprzetworzonej żywności, oczyszczonych zbożach oraz mięsie, przy jednocześnie niskim spożyciu warzyw, owoców, pełnoziarnistych produktów zbożowych. Taki model diety sprzyja zbyt dużemu spożyciu nasyconych kwasów tłuszczowych i sodu przy jednoczesnym, zbyt małym spożyciu kwasu alfa-linolenowego, co odzwierciedlają przeprowadzone badania. Średnia energetyczność pochodząca z nasyconych kwasów tłuszczowych wynosiła bowiem 11,1%, średnie spożycie sodu 3350 mg, a średnia energetyczność pochodząca z kwasu alfa-linolenowego 0,578% (0,433% w KON). Jednocześnie, w przypadku każdego badanego składnika odżywczego z wyjątkiem fosforu zanotowano niespełnienie normy u przynajmniej jednego zawodnika. Największe rozpowszechnienie zbyt niskiego spożycia zanotowano w przypadku kwasu alfa-linolenowego, kwasu alfa-linolenowego, kwasu eikozapentaenowego z kwasem dokozaheksaenowym, witaminy D, magnezu, potasu, folianów i witaminy A. Największe rozpowszechnienie zbyt wysokiego spożycia zanotowano w przypadku nasyconych kwasów tłuszczowych. Wskazany wyżej model żywieniowy predysponuje do szybszego rozwoju chorób cywilizacyjnych (Clemente-Suarez i wsp., 2023). Z tego względu, w przyszłych badaniach trójboistów siłowych należy skupić się na jakości diety.

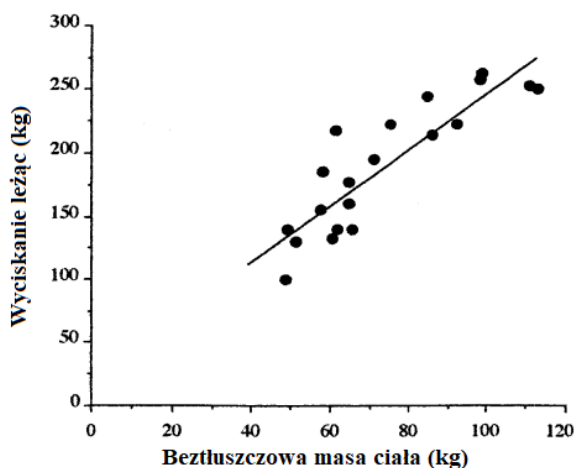
5.5. Skład ciała a maksymalne możliwości siłowe

W przeprowadzonym przeze mnie badaniu FFM oraz masa mięśni szkieletowych wykazała istotny i dodatni związek z SQ, BP, DL i TOTAL. Jest to spójne z aktualną wiedzą naukową. W badaniu z udziałem wytrenowanych trójboistów siłowych płci męskiej, Brechue i Abe (2002) zaobserwowali dodatni związek między zawartością beztłuszczowej masy ciała, a SQ ($r = 0.94$; rycina 5), BP ($r = 0.88$; rycina 6) i DL ($r = 0.86$; rycina 7).



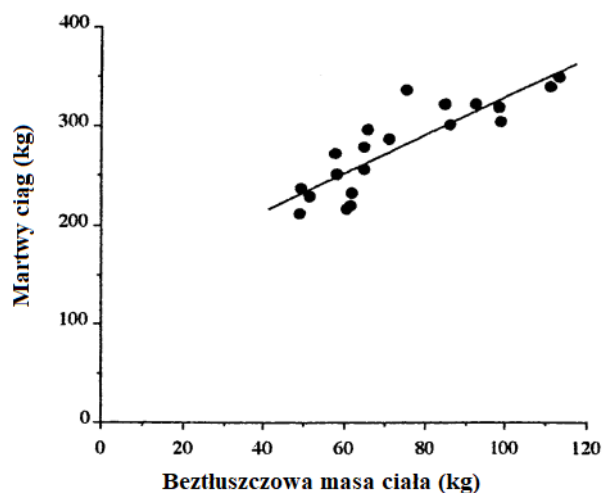
Rycina 5. Związek między beztłuszczową masą ciała z SQ

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Brechue i Abe (2002)



Rycina 6. Związek beztłuszczowej masy ciała z BP

Źródło: Opracowane własne, na podstawie Brechue i Abe (2002)



Rycina 7. Związek beztłuszczowej masy ciała z DL

Źródło: Opracowanie własne, na podstawie Brechue i Abe (2002)

Podobny, dodatni związek między masą mięśni szkieletowych całego ciała a SQ ($r = 0,93$), BP ($r = 0,88$) i DL ($r = 0,84$) zaobserwowali Ye i wsp. (2013) w badaniu z udziałem 20 elitarnych trójboistów siłowych (w tym 4 mistrzów świata). Jest to zgodne z doniesieniami Siahkouhiana i Hedayatneja (2010), którzy opisali dodatni związek między FFM, a wynikiem w rwaniu ($r = 0.89$), podrzucie ($r = 0.89$), przysiadzie przednim ($r = 0.90$) i SQ ($r = 0.84$). Keogh i wsp. (2009) zaobserwowali większą masę mięśniową, większą wartość wskaźnika Brugscha (stosunek obwodu klatki piersiowej do wysokości ciała) oraz większe obwody ramienia, klatki piersiowej i przedramienia wśród zawodników osiągających większą punktację z użyciem współczynnika Wilks'a w porównaniu z zawodnikami osiągającymi mniejszą punktację (Keogh i wsp., 2009). Podobne wnioski płyną z pracy Palma-Lafourcade i wsp. (2019), którzy odnotowali związek między zawartością beztłuszczowej masy ciała a TOTAL wśród trójboistów siłowych startujących w Mistrzostwach Chile. Natomiast Lovera i Keogh (2015) donieśli, iż zawodnicy wygrywający zawody cechują się około 2,7% wyższą masą mięśniową w porównaniu z zawodnikami, którzy nie wygrali zawodów. W badaniu przeprowadzonym na potrzeby niniejszej pracy, zawartość masy tkanki tłuszczowej oraz procentowa zawartość tkanki tłuszczowej była ujemnie i istotnie związana z IPF GL i IPF GL BP. W przypadku zawodników dwuboju siłowego zaobserwowano ujemny związek między zawartością tkanki tłuszczowej oraz wskaźnikiem WHR (ang. *waist-hip ratio*) z wynikami w rwaniu, podrzucie,

przysiadałach oraz przysiadałach ze sztangą z przodu (Siahkouhian i Hedayatneja, 2010). Doniesienia te dają podstawy by zalecać zawodnikom trójboju siłowego utrzymywanie możliwie dużej zawartości beztłuszczowej masy ciała oraz możliwie małej zawartości tkanki tłuszczowej przy zachowaniu zdrowia fizycznego i psychicznego. Taki skład ciała będzie predysponował zawodników do startowania w możliwie niskiej kategorii wagowej, co przy zachowaniu maksymalnych możliwości siłowych będzie predysponowało do osiągania najlepszych możliwych rezultatów sportowych. Jednocześnie, proces gwałtownej redukcji masy ciała w EKS wiązał się ze zmniejszeniem FFM o $2,36 \pm 1,76\%$ z 75,5 kg do 73,7 kg. Dlatego, podczas procesu regeneracji należy promować uzupełnienie płynów będących główną składową FFM.

Trójbojści siłowi zwiększają FFM wraz ze wzrostem kategorii wagowej (Brechue i Abe, 2002; Palma-Lafourcade i wsp., 2019). Większa zawartość tkanki tłuszczowej zwiększa bezwzględną masę ciała skutkując rywalizowaniem w wyższych kategoriach wagowych. W badaniu Brechue i wsp. (2002) do kategorii lekkiej, średniej i ciężkiej zaliczano kolejno zawodników o masie ciała ≤ 67.5 kg, 70 – 100 kg i >110 kg. Natomiast w badaniu Palma-Lafourcade i wsp. (2019) zawodników płci męskiej do kategorii lekkiej, średniej i ciężkiej zaliczano, kiedy zawodnicy charakteryzowali się masą ciała kolejno ≤ 74 kg, 74.01 - 93 kg i >93 kg. Zawodniczki, z uwagi na małą grupę badaną ($n = 16$) podzielono na dwie grupy: lekką ≤ 52 kg oraz średnią i ciężką połączoną w jedną >52 kg. Skład ciała zawodników trójboju siłowego w opisanych badaniach przedstawia tabela 48.

Tabela 48. Charakterystyka antropometryczna zawodników i zawodniczek trójboju siłowego na podstawie piśmiennictwa

Płeć	Mężczyźni			Kobiety	
	Lekka	Średnia	Ciężka	Lekka	Średnia + ciężka
Masa ciała (kg)	63,9-70,7	78,4-87,1	107,7-135,1	49,4	63,7
FFM (kg)	55,2-59,2	67-71,2	74,3-97,7	38,8	46,9
Tłuszcz (%)	13,7-16,4	14,4-18	26,7-30,8	21,5	25,3

Zródło: Opracowanie własne na podstawie (Brechue i Abe, 2002; Palma-Lafourcade i wsp., 2019)

W badaniu przeprowadzonym na potrzeby niniejszej pracy, średnia masa ciała uczestników wynosiła 92,8 kg, zawartość tkanki tłuszczowej w organizmie uczestników

wynosiła 18,28%, a zawartość FFM wynosiła 75,48 kg. Są to wartości zbliżone do wartości obserwowanych w badaniu Lovera i Koegha (2015), którzy odnotowali stały rozkład zawartości tkanki tłuszczowej na poziomie 18,7 – 21,6%, z wyjątkiem kategorii do 125 kg, w której średnia zawartość tkanki tłuszczowej wynosiła 26%. Największa odnotowana zawartość masy mięśniowej u kobiety wynosi 82 kg (77 kg po skorygowaniu o beztłuszczową część tkanki tłuszczowej) (Abe i wsp., 2019). W literaturze naukowej został opisany również przypadek Raya Williamsa, rekordzisty świata federacji IPF, który przy masie 183,1 kg posiadał 138,6 kg FFM i 58 kg masy mięśni szkieletowych (Abe i wsp., 2018).

Reasumując, osiągnięcie możliwie niskiej masy ciała podczas pomiaru przed zawodami, przy jednoczesnej, możliwie wysokiej zawartości beztłuszczowej masy ciała i możliwie niskiej zawartości tkanki tłuszczowej, która jednocześnie nie wpływa negatywnie na funkcje organizmu, wydaje się optymalnym postępowaniem wśród zawodników trójboju siłowego. Zawartość tkanki tłuszczowej po zakończeniu procesu zmniejszenia zawartości tkanki tłuszczowej w organizmie nie powinna wynosić mniej niż 5% u mężczyzn i 12% u kobiet. Należy jednak pamiętać, że parametry składu ciała nie są jedynym wyznacznikiem zdolności wysiłkowych i optymalna kompozycja sylwetki nie powinna być zalecana dla żadnej grupy sportowców (Sundgot-Borgen i wsp., 2013).

5.6. Styl życia a maksymalne możliwości siłowe

W badaniu przeprowadzonym na potrzeby niniejszej pracy nie odnotowano związku ogólnej oceny stylu życia mierzonej za pomocą liczby zdobytych punktów w HLPCQ ani żadnej składowej stylu życia, z maksymalnymi możliwościami siłowymi. Choć w badaniu Farina i wsp. (2020) lepsza jakość diety definiowana jako wyższe spożycie warzyw, nasion roślin strączkowych, owoców morza i białka roślinnego predysponowała do osiągnięcia lepszej wydajności fizycznej w testach sprawności fizycznej, podciąganiu na drążku, bieganiu oraz marszu z obciążeniem oraz jednocześnie była związana z większą szansą na wybór do wojskowych sił specjalnych, to inne badania nie wykazały związku między jakością diety a obiektywnymi pomiarami wydolności fizycznej (McConnell i wsp. 2018; Spronk i wsp. 2015). Brak związku pomiędzy zorganizowanymi ćwiczeniami fizycznymi a maksymalnymi możliwościami siłowymi może wynikać z faktu, iż wszyscy uczestnicy

niniejszych badań byli zawodnikami trójboju siłowego, uprawiającymi regularny trening przez minimum 2 lata, więc wykonywali określony schemat treningowy.

Ograniczeniami badania przeprowadzonego na potrzeby pracy, zwiększającymi ryzyko błędu, jest monitorowanie nawyków żywieniowych za pomocą dzienniczka żywieniowego. Dodatkowo, w porównaniu z testem 1RM, podczas symulowanych zawodów trójboju siłowego uczestnicy mogli nie doprowadzić do uzyskania 1RM, ponieważ mieli do dyspozycji wyłącznie trzy boje. Oznacza to, że kiedy zawodnik po wykonaniu trzeciej próby boju (np. SQ) deklarowałby, że jest w stanie zwiększyć obciążenie, to nie miał możliwości wykonania takiej próby. Ograniczeniem badania jest również stosowanie strategii gwałtownej redukcji masy ciała w warunkach domowych, bez dostępu do urządzenia do pomiaru masy ciała stosowanego w badaniu. Powodowało to różną procentową utratę masy ciała wśród zawodników (0,58% – 8,10%) ze średnią 4,81% i SD 1,99%.

Dodatkowo, wśród badanej grupy, 50% zawodników nie przeprowadzało nigdy wcześniej gwałtownej redukcji masy ciała. Natomiast, w tym zakresie nie zaobserwowano istotnych różnic pomiędzy EKS i KON.

6. WNIOSKI

1. Stosowanie strategii gwałtownej redukcji około 5% masy ciała z następującym okresem regeneracji nie powoduje wśród zawodników trójboju siłowego istotnych zmian w maksymalnych możliwościach siłowych przejawianych w martwym ciągu, przysiadzie, wyciskaniu leżąc oraz sumie trzech największych uzyskanych bojów. Prawidłowo przeprowadzona, pod opieką dietetyka, gwałtowna redukcja masy ciała nie powoduje zatem negatywnych skutków dla wyniku sportowego, umożliwiając jednocześnie start w niższych kategoriach wagowych.
2. Stosowanie strategii gwałtownej redukcji około 5% masy ciała z następującym okresem regeneracji powoduje zwiększenie zdobytych punktów IPF GL i IPF GL BP, przyznawanych w Międzynarodowej Federacji Trójboju Siłowego po odniesieniu do współczynników uwzględniających masę ciała. Prawidłowo przeprowadzona, pod opieką dietetyka, gwałtowna redukcja masy ciała jest zatem skuteczną strategią umożliwiającą uzyskanie wyższych lokat w zawodach trójboju siłowego.
3. Stosowanie strategii gwałtownej redukcji około 5% masy ciała z następującym okresem regeneracji nie powoduje różnicy w subiektywnym odczuwaniu wysiłku podczas symulowanych zawodów trójboju siłowego. Prawidłowo przeprowadzona, pod opieką dietetyka, gwałtowna redukcja masy ciała nie powoduje negatywnego odczucia jej zastosowania.
4. Więcej punktów IPF GL i IPF GL BP uzyskują zawodnicy o mniejszej masie tkanki tłuszczowej oraz mniejszej procentowej zawartości tkanki tłuszczowej. Z kolei większym możliwościom siłowym towarzyszy większa beztłuszczowa masa ciała, dlatego zawodnicy trójboju siłowego powinni dążyć do zwiększenia zawartości beztłuszczowej masy ciała i redukcji tkanki tłuszczowej.
5. Zawodnicy spożywający względne większe ilości białka charakteryzowali się mniejszymi wartościami masą ciała, BMI, masą tkanki tłuszczowej oraz procentową zawartością tkanki tłuszczowej. Z tego względu kontrola jakości diety powinna być nieodłącznym elementem treningu trójboistów siłowych.

6. Stosowanie strategii gwałtownej redukcji około 5% masy ciała z następującym okresem regeneracji nie powoduje zmian w nastroju trójboistów siłowych. Prawidłowo przeprowadzona, pod opieką dietetyka, gwałtowna redukcja masy ciała nie powoduje negatywnych skutków w zdrowiu psychicznym zawodników.
7. Styl życia trójboistów siłowych nie wykazuje związku z maksymalnymi możliwościami siłowymi. Zdrowy styl życia nie jest wyznacznikiem osiągnięć związanych z maksymalizacją zdolności siłowych.

7. PIŚMIENNICTWO

Abe T, Buckner S, Mattocks K, Jessee MB. Skeletal muscle mass and architecture of the world's strongest raw powerlifter: a case study. *Asian J Sports Med* 2018, 9(2): e61763.

Abe T, Wong V, Dankel SJ, Bell ZW, Spitz RW, Viana RB, Loenneke JP. Skeletal muscle mass in female athletes: the average and the extremes. *Am J Hum Biol* 2020, 32(2): e23333.

Alsalmiy N, Madi L, Awaisu A. Efficacy and safety of laxatives for chronic constipation in long-term care settings: a systematic review. *J Clin Pharm Ther* 2018, 43(5): 595-605.

American College of Sports Medicine; American Dietetic Association; Dietitians of Canada. Joint Position Statement: nutrition and athletic performance. American College of Sports Medicine, American Dietetic Association, and Dietitians of Canada. *Med Sci Sports Exerc* 2000, 32(12): 2130-2145.

Aragon AA, Schoenfeld BJ. Magnitude and composition of the energy surplus for maximizing muscle hypertrophy. *Strength Cond J* 2020, 42(5): 79-86.

Areta JL, Burke LM, Camera DM, West DW, Crawshay S, Moore DR, Stellingwerff T, Phillips SM, Hawley JA, Coffey VG. Reduced resting skeletal muscle protein synthesis is rescued by resistance exercise and protein ingestion following short-term energy deficit. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2014, 306(8): E989-997.

Armstrong LE. Assessing hydration status: the elusive gold standard. *J Am Coll Nutr* 2007, 26(5 Suppl): 575S-584S.

Baker LB, Barnes KA, Anderson ML, Passe DH, Stofan JR. Normative data for regional sweat sodium concentration and whole-body sweating rate in athletes. *J Sports Sci* 2016, 34(4): 358-368.

Ball R, Weidman D. Analysis of USA Powerlifting Federation Data From January 1, 2012-June 11, 2016. *J Strength Cond Res* 2018, 32(7): 1843-1851.

Baty JJ, Hwang H, Ding Z, Bernard JR, Wang B, Kwon B, Ivy JL. The effect of a carbohydrate and protein supplement on resistance exercise performance, hormonal response, and muscle damage. *J Strength Cond Res* 2007, 21(2): 321-329.

Bax L, Staes F, Verhagen A. Does neuromuscular electrical stimulation strengthen the quadriceps femoris? A systematic review of randomised controlled trials. *Sports Med* 2005, 35(3): 191-212.

Bober T, Zawadzki J. *Biomechanika układu ruchu człowieka*. Wydawnictwo BK, 2003.

Brechney GC, Cannon J, Goodman SP. Effects of weight cutting on exercise performance in combat athletes: a meta-analysis. *Int J Sports Physiol Perform* 2022, 17(7): 995-1010.

Brechue WF, Abe T. The role of FFM accumulation and skeletal muscle architecture in powerlifting performance. *Eur J Appl Physiol* 2002, 86(4): 327-336.

Brinkworth GD, Noakes M, Clifton PM, Buckley JD. Effects of a low carbohydrate weight loss diet on exercise capacity and tolerance in obese subjects. *Obesity* 2009, 17(10): 1916–23.

Brown SR, Cann PA, Read NW. Effect of coffee on distal colon function. *Gut* 1990, 5(4): 450-453.

Chatterton S, Helms ER, Zinn C, Storey A. The effect of an 8-week low carbohydrate high fat (LCHF) diet in sub-elite Olympic weightlifters and powerlifters on strength, body composition, mental state and adherence: a pilot case-study. *Aust. Strength Cond* 2017, 25(2): 6–13.

Cheuvront SN, Kenefick RW. Dehydration: physiology, assessment, and performance effects. *Compr Physiol* 2014, 4(1): 257-85.

Cholewa JM, Newmire DE, Zanchi NE. Carbohydrate restriction: friend or foe of resistance-based exercise performance? *Nutrition* 2019, 60: 136-146.

Cleather DJ. Adjusting powerlifting performances for differences in body mass. *J Strength Cond Res* 2006, 20(2): 412-421.

Clemente-Suárez VJ, Beltrán-Velasco AI, Redondo-Flórez L, Martín-Rodríguez A, Tornero-Aguilera JF. Global impacts of western diet and its effects on metabolism and health: a narrative review. *Nutrients* 2023, 14(12): 2749.

Connor J, Egan B. Prevalence, magnitude and methods of rapid weight loss reported by male mixed martial arts athletes in Ireland. *Sports (Basel)* 2019, 7(9): 206.

Costill DL, Saltin B. Factors limiting gastric emptying during rest and exercise. *J Appl Physiol* 1974, 37(5): 679-683.

Coufalová K, Cochrane D, Maly T, Heller J. Changes in body composition, anthropometric indicators and maximal strength due to weight reduction in judo. *Arch. Budo* 2014, 10(1): 161–168.

Crewther BT, Heke T, Keogh J. The effects of two equal-volume training protocols upon strength, body composition and salivary hormones in male rugby union players. *Biol Sport* 2016, 33(2): 111-6.

Cronin P, Joyce SA, O'Toole PW, O'Connor EM. Dietary fibre modulates the gut microbiota. *Nutrients* 2021, 13(5): 1655.

Cunningham JJ. A reanalysis of the factors influencing basal metabolic rate in normal adults. *Am J Clin Nutr* 1980, 33(11): 2372-4.

Czapla M, Juárez-Vela R, Rozensztrauch A, Karniej P, Uchmanowicz I, Santolalla-Arnedo I, Baska A. Psychometric properties and cultural adaptation of the polish version of the Healthy Lifestyle and Personal Control Questionnaire (HLPCQ). *Int J Environ Res Public Health* 2021, 18(17): 9190.

Davies GJ, Crowder M, Reid B, Dickerson JW. Bowel function measurements of individuals with different eating patterns. *Gut* 1986, 27(2): 164-169.

Degoutte F, Jouanel P, Bègue RJ, Colombier M, Lac G, Pequignot JM, Filaire E. Food restriction, performance, biochemical, psychological, and endocrine changes in judo athletes. *Int J Sports Med* 2006, 27(1): 9-18.

Deshayes TA, Pancrate T, Goulet EDB. Impact of dehydration on perceived exertion during endurance exercise: A systematic review with meta-analysis. *J Exerc Sci Fit* 2022, 20(3): 224-235.

Dipla K, Makri M, Zafeiridis A, Soulas D, Tsalouhidou S, Mougios V. An isoenergetic high-protein, moderate-fat diet does not compromise strength and fatigue during resistance exercise in women. *Br J Nutr* 2008, 100(2): 283–6.

Duchateau J, Semmler JG, Enoka RM. Training adaptations in the behavior of human motor units. *J Appl Physiol* (1985) 2006, 101(6): 1766-1775.

Durguerian A, Bougard C, Drogou C, Sauvet F, Chennaoui M, Filaire E. Weight loss, performance and psychological related states in high-level weightlifters. *Int J Sports Med* 2016, 37(3): 230-238.

Enoka RM. Muscle strength and its development. New perspectives. *Sports Med* 1988, 6(3): 146-168.

Farina EK, Thompson LA, Knapik JJ, Pasiakos SM, Lieberman HR, McClung JP. Diet quality is associated with physical performance and special forces selection. *Med Sci Sports Exerc* 2020, 52(1): 178-186.

Fernández-Elías VE, Ortega JF, Nelson RK, Mora-Rodriguez R. Relationship between muscle water and glycogen recovery after prolonged exercise in the heat in humans. *Eur J Appl Physiol* 2015, 115(9): 1919-1926.

Fleming S, Costarelli V. Nutrient intake and body composition in relation to making weight in young male Taekwondo players. *Food Sci. Nutr.* 2007, 37(5): 358–366.

Foo WL, Harrison JD, Mhizha FT, Langan-Evans C, Morton JP, Pugh JN, Areta JL. A short-term low-fiber diet reduces body mass in healthy young men: implications for weight-sensitive sports. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2022, 32(4): 256-264.

Gaitanos GC, Williams C, Boobis LH, Brooks S. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J Appl Physiol* (1985) 1993, 75(2): 712-719.

Gann JJ, Green JM, O’Neal EK, Renfroe LG, Andre TL. Effects of hypohydration on repeated 40-yd sprint performance. *J Strength Cond Res* 2016, 30(4): 901-909.

Gann JJ, Andre TL, Gallucci AR, Willoughby DS. Effects of hypohydration on muscular strength, endurance, and power in women. *J Strength Cond Res* 2021, 1;35(Suppl 1): S102-S106.

Goryńska E. Przymiotnikowa Skala Nastroju UMACL Geralda Matthews, A.Grahama Chamberlaina, Dylana M. Jonesa. Podręcznik. Warszawa: Pracowna Testów Psychologicznych Polskiego Towarzystwa Psychologicznego. 2005.

Greene DA, Varley BJ, Hartwig TB, Chapman P, Rigney M. A low-carbohydrate ketogenic diet reduces body mass without compromising performance in powerlifting and Olympic weightlifting athletes. *J Strength Cond Res* 2018, 32(12): 3373-3382.

Gregory RM, Hamdan H, Torisky DM, Akers JD. A low-carbohydrate ketogenic diet combined with 6-weeks of Crossfit training improves body composition and performance. *Sports and Exercise Medicine* 2017, 3(2): 100-122.

Grgic J, Schoenfeld BJ, Skrepnik M, Davies TB, Mikulic P. Effects of rest interval duration in resistance training on measures of muscular strength: a systematic review. *Sports Med* 2018, 48(1): 137-151.

Hackett DA, Wilson GC, Mitchell L, Haghighi MM, Clarke JL, Mavros Y, O'Connor H, Hagstrom AD, Slater GJ, Keogh J, McLellan C. Effect of training phase on physical and physiological parameters of male powerlifters. *Sports (Basel)* 2020, 30;8(8): 106.

Haff GG, Stone MH, Warren BJ, Johnson RL, Niemann DC, Williams F, Kirksey KB, Keith R. The effect of carbohydrate supplementation on multiple sessions and bouts of resistance exercise. *J. Strength Cond* 1999, 13(2): 111–117.

Haff GG, Schroeder CA, Koch AJ, Kuphal KE, Comeau MJ, Potteiger JA. The effects of supplemental carbohydrate ingestion on intermittent isokinetic leg exercise. *J Sports Med Phys Fitness* 2001, 41(2): 216-222.

Hall CJ, Lane AM. Effects of rapid weight loss on mood and performance among amateur boxers. *Br J Sports Med* 2001, 35(6): 390-395.

Hall JG, Allanson JE, Gripp KW, Slavotinek AM: *Handbook of Physical Measurements*. Oxford University Press, 2007.

Hatfield DL, Kraemer WJ, Volek JS, Rubin MR, Grebien B, Gómez AL, French DN, Scheett TP, Ratamess NA, Sharman MJ, McGuigan MR, Newton RU, Häkkinen K. The effects of carbohydrate loading on repetitive jump squat power performance. *J Strength Cond Res* 2006, 20(1): 167-171.

Hawley JA, Schabort EJ, Noakes TD, Dennis SC. Carbohydrate-loading and exercise performance. An update. *Sports Med* 1997, 24(2): 73-81.

He FJ, Markandu ND, Sagnella GA, MacGregor GA. Effect of salt intake on renal excretion of water in humans. *Hypertension* 2001, 38(3): 317-320.

Henselmans M, Bjørnsen T, Hedderman R, Vårvik FT. The Effect of Carbohydrate Intake on Strength and Resistance Training Performance: A Systematic Review. *Nutrients* 2022, 14(4): 856.

Holte K, Nielsen KG, Madsen JL, Kehlet H. Physiologic effects of bowel preparation. *Dis Colon Rectum* 2004, 47(8): 1397-1402.

Hsu RK, Hsu CY. The role of acute kidney injury in chronic kidney disease. *Semin Nephrol* 2016, 36(4): 283-292.

Jeukendrup AE. Carbohydrate intake during exercise and performance. *Nutrition* 2004, 20(7-8): 669-677.

Joseph M, Gupta RD, Prema L, Inbakumari M, Thomas N. Are predictive equations for estimating resting energy expenditure accurate in Asian Indian male weightlifters? *Indian J Endocrinol Metab* 2017, 21(4): 515-519.

Judelson DA, Maresh CM, Farrell MJ, Yamamoto LM, Armstrong LE, Kraemer WJ, Volek JS, Spiering BA, Casa DJ, Anderson JM. Effect of hydration state on strength, power, and resistance exercise performance. *Med Sci Sports Exerc* 2007a, 39(10): 1817-1824.

Judelson DA, Maresh CM, Anderson JM, Armstrong LE, Casa DJ, Kraemer WJ, Volek JS. Hydration and muscular performance: does fluid balance affect strength, power and high-intensity endurance? *Sports Med* 2007b, 37(10): 907-921.

Keogh JW, Hume PA, Pearson SN, Mellow PJ. Can absolute and proportional anthropometric characteristics distinguish stronger and weaker powerlifters? *J Strength Cond Res* 2009, 23(8): 2256-2265.

Kephart W, Pledge C, Roberson P, Mumford P, Romero M, Mobley C. The three-month effects of a ketogenic diet on body composition, blood parameters, and performance metrics in CrossFit trainees: a pilot study. *Sports* 2018, 6(1):1.

Kinnunen O, Winblad I, Koistinen P, Salokannel J. Safety and efficacy of a bulk laxative containing senna versus lactulose in the treatment of chronic constipation in geriatric patients. *Pharmacology* 1993, 47(1): 253-255.

Kishore BK, Terris JM, Knepper MA. Quantitation of aquaporin-2 abundance in microdissected collecting ducts: axial distribution and control by AVP. *Am J Physiol* 1996, 271(2): 62-70.

Kokke FT, Scholtens PA, Alles MS, Decates TS, Fiselier TJ, Tolboom JJ, Kimpfen JL, Benninga MA. A dietary fiber mixture versus lactulose in the treatment of childhood constipation: a double-blind randomized controlled trial. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2008, 47(5): 592-297.

Kotarska K, Nowak L, Szark-Eckardt M, Nowak M. Selected healthy behaviors and quality of life in people who practice combat sports and martial arts. *Int J Environ Res Public Health* 2019, 16(5): 875.

Kraft JA, Green JM, Bishop PA, Richardson MT, Neggers YH, Leeper JD. Impact of dehydration on a full body resistance exercise protocol. *Eur J Appl Physiol* 2010, 109(2): 259-267.

Krieger JW. Single versus multiple sets of resistance exercise: a meta-regression. *J Strength Cond Res* 2009, 23(6): 1890-1901.

Krings BM, Rountree JA, McAllister MJ, Cummings PM, Peterson TJ, Fountain BJ, Smith JW. Effects of acute carbohydrate ingestion on anaerobic exercise performance. *J Int Soc Sports Nutr* 2016, 10(13): 40.

Kulik JR, Touchberry CD, Kawamori N, Blumert PA, Crum AJ, Haff GG. Supplemental carbohydrate ingestion does not improve performance of high-intensity resistance exercise. *J Strength Cond Res*, 2008, 22(4): 1101-1107.

Kwan K, Helms E. Prevalence, magnitude, and methods of weight cutting used by world class powerlifters. *J Strength Cond Res* 2022, 36(4): 998-1002.

Lakicevic N, Paoli A, Roklicer R, Trivic T, Korovljev D, Ostojic SM, Proia P, Bianco A, Drid P. Effects of rapid weight loss on kidney function in combat sport athletes. *Medicina (Kaunas)* 2021, 57(6): 551.

Lambert CP, Flynn M, Boone JB, Michaud T, Rodriguez-Zayas J. Effects of carbohydrate feeding on multiple-bout resistance exercise. *J Strength Cond Res* 1991, 5(4): 192.

Lambert CP, Flynn MG. Fatigue during high-intensity intermittent exercise: application to bodybuilding. *Sports Med* 2002, 32(8): 511-522.

Langan-Evans C, Reale R, Sullivan J, Martin D. Nutritional considerations for female athletes in weight category sports. *Eur J Sport Sci* 2022, 22(5): 720-732.

Latella C, van den Hoek D, Teo WP. Differences in strength performance between novice and elite athletes: evidence from powerlifters. *J Strength Cond Res* 2019, 33(1): 103-112.

Laurenson DM, Dubé DJ. Effects of carbohydrate and protein supplementation during resistance exercise on respiratory exchange ratio, blood glucose, and performance. *J Clin Transl Endocrinol* 2014, 2(1): 1-5.

Leiper JB. Fate of ingested fluids: factors affecting gastric emptying and intestinal absorption of beverages in humans. *Nutr Rev* 2015, 73(2): 57-72.

Leveritt M, Abernethy PJ. Effects of Carbohydrate Restriction on Strength Performance. *J Strength Cond Res* 1999, 13(1): 52–7.

Lis D, Ahuja KD, Stellingwerff T, Kitic CM, Fell J. Case Study: Utilizing a Low FODMAP diet to combat exercise-induced gastrointestinal symptoms. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2016, 26(5): 481-487.

Lochbaum M, Zanatta T, Kirschling D, May E. The Profile of Moods States and athletic performance: a meta-analysis of published studies. *Eur J Investig Health Psychol Educ* 2021, 11(1): 50-70.

Lochbaum M, Stoner E, Hefner T, Cooper S, Lane AM, Terry PC. Sport psychology and performance meta-analyses: a systematic review of the literature. *PLoS One* 2022, 17(2): e0263408.

Lovera M, Keogh J. Anthropometric profile of powerlifters: differences as a function of bodyweight class and competitive success. *J Sports Med Phys Fitness* 2015, 55(5): 478-87.

Makizaki Y, Maeda A, Oikawa Y, Tamura S, Tanaka Y, Nakajima S, Yamamura H. Alleviation of low-fiber diet-induced constipation by probiotic *Bifidobacterium bifidum* G9-1 is based on correction of gut microbiota dysbiosis. *Biosci Microbiota Food Health* 2019, 38(2): 49-53.

Matras A, Czapla M, Struzik A. Gwałtowna redukcja masy ciała w trójboju siłowym – studium przypadku. W: Winiarski S, Kowaluk A, Węgrzyn M. (red). V Ogólnopolska Konferencja dla Młodych Naukowców „Wieczór Naukowca 2022: wokół człowieka”: program i streszczenia. Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, Wrocław, 2022, ss. 29.

Maughan RJ, Owen JH, Shirreffs SM, Leiper JB. Post-exercise rehydration in man: effects of electrolyte addition to ingested fluids. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1994, 69(3): 209-215.

Maughan RJ, Watson P, Cordery PA, Walsh NP, Oliver SJ, Dolci A, Rodriguez-Sanchez N, Galloway SD. a randomized trial to assess the potential of different beverages to affect hydration status: development of a beverage hydration index. *Am J Clin Nutr* 2016, 103(3): 717-723.

McConnell C, McPherson A, Woolf K. Competition level not associated with diet quality in marching artists. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2018, 1;28(1): 66-74.

Miller KC, Mack G, Knight KL. Electrolyte and plasma changes after ingestion of pickle juice, water, and a common carbohydrate-electrolyte solution. *J Athl Train* 2009, 44(5): 454-461.

Mitchell JB, DiLauro PC, Pizza FX, Cavender DL. The effect of preexercise carbohydrate status on resistance exercise performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 1997, 7(3): 185–96.

Moghaddami A, Gerek Z, Karimiasl A, Nozohouri H. The effect of acute dehydration and rehydration on biomechanical parameters of elite wrestling techniques. *J Sports Sci* 2016, 4(2): 93-101.

Morgan WP. Test of champions the iceberg profile. *Psychology Today* 1980, 14(92): 108.

Morton RW, Murphy KT, McKellar SR, Schoenfeld BJ, Henselmans M, Helms E, Aragon AA, Devries MC, Banfield L, Krieger JW, Phillips SM. A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *Br J Sports Med* 2018, 52(6): 376-384.

Mountjoy M, Sundgot-Borgen JK, Burke LM, Ackerman KE, Blauwet C, Constantini N, Lebrun C, Lundy B, Melin AK, Meyer NL, Sherman RT, Tenforde AS, Klungland Torstveit M, Budgett R. IOC consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S): 2018 update. *Br J Sports Med* 2018, 52(11): 687-697.

Murphy C, Koehler K. Energy deficiency impairs resistance training gains in lean mass but not strength: A meta-analysis and meta-regression. *Scand J Med Sci Sports* 2022, 32(1): 125-137.

Murray B, Rosenbloom C. Fundamentals of glycogen metabolism for coaches and athletes. *Nutr Rev* 2018, 76(4): 243-259.

Nolan D, Lynch AE, Egan B. Self-reported prevalence, magnitude, and methods of rapid weight loss in male and female competitive powerlifters. *J Strength Cond Res* 2022, 36(2): 405-410.

O'Grady J, O'Connor EM, Shanahan F. Review article: dietary fibre in the era of microbiome science. *Aliment Pharmacol Ther* 2019, 49(5): 506-515.

O'Keefe SJ, Li JV, Lahti L, Ou J, Carbonero F, Mohammed K, Posma JM, Kinross J, Wahl E, Ruder E, Vippera K, Naidoo V, Mtshali L, Tims S, Puylaert PG, DeLany J, Krasinskas A, Benefiel AC, Kaseb HO, Newton K, Nicholson JK, de Vos WM, Gaskins HR, Zoetendal EG. Fat, fibre and cancer risk in African Americans and rural Africans. *Nat Commun* 2015, 6: 6342.

Oliver JM, Mardock MA, Biehl AJ, Riechman SE. Macronutrient intake in collegiate powerlifters participating in off season training. *J Int Soc Sports Nutr* 2010, 15;7(Suppl 1): 8.

de Oliveira EP, Burini RC, Jeukendrup A. Gastrointestinal complaints during exercise: prevalence, etiology, and nutritional recommendations. *Sports Med* 2014, 44(1): 79-85.

de Oliveira EP, Burini RC. Food-dependent, exercise-induced gastrointestinal distress. *J Int Soc Sports Nutr* 2011, 8: 12.

Oppliger RA, Bartok C. Hydration testing of athletes. *Sports Med* 2002, 32(15): 959-971.

Padrão Dos Santos AL. Quality of life in professional, semiprofessional, and amateur athletes: an exploratory analysis in Brazil. *Sage Open* 2013, 1-8.

Palma-Lafourcade P, Cisterna D, Hernandez J, Ramirez-Campillo R, Alvarez C, Keogh JW. Body composition of male and female Chilean powerlifters of varying body mass. *Motriz: Revista de Educação Física* 2019, 25(1): 11-18.

Paoli A, Grimaldi K, D'Agostino D, Cenci L, Moro T, Bianco A. Ketogenic diet does not affect strength performance in elite artistic gymnasts. *J Int Soc Sports Nutr* 2012, 26;(9): 34.

Paravlic AH, Slimani M, Tod D, Marusic U, Milanovic Z, Pisot R. Effects and dose-response relationships of motor imagery practice on strength development in healthy adult populations: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med* 2018, 48(5): 1165-1187.

Pettersson S, Ekström MP, Berg CM. Practices of weight regulation among elite athletes in combat sports: a matter of mental advantage? *J Athl Train* 2013, 48(1): 99-108.

Pettersson S, Pipping Ekström M, Berg CM. The food and weight combat. a problematic fight for the elite combat sports athlete. *Appetite* 2012, 59(2): 234-242.

Phillips PA, Rolls BJ, Ledingham JG, Forsling ML, Morton JJ, Crowe MJ, Wollner L. Reduced thirst after water deprivation in healthy elderly men. *N Engl J Med* 1984, 311(12): 753-759.

Phillips PA, Bretherton M, Risvanis J, Casley D, Johnston C, Gray L. Effects of drinking on thirst and vasopressin in dehydrated elderly men. *Am J Physiol* 1993, 264(2): 877-881.

Phinney SD, Bistrian BR, Evans WJ, Gervino E, Blackburn GL. The human metabolic response to chronic ketosis without caloric restriction: preservation of submaximal exercise capability with reduced carbohydrate oxidation. *Metabolism* 1983, 32(8): 769-76.

Prouteau S, Pelle A, Collomp K, Benhamou L, Courteix D. Bone density in elite judoists and effects of weight cycling on bone metabolic balance. *Med Sci Sports Exerc* 2006, 38(4): 694-700.

Reale R, Slater G, Cox GR, Dunican IC, Burke LM. The effect of water loading on acute weight loss following fluid restriction in combat sports athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2018, 28(6): 565-573.

Reale R, Slater G, Burke LM. Acute-weight-loss strategies for combat sports and applications to Olympic success. *Int J Sports Physiol Perform* 2017a, 12(2): 142-151.

Reale R, Slater G, Burke LM. Individualised dietary strategies for Olympic combat sports: acute weight loss, recovery and competition nutrition. *Eur J Sport Sci* 2017b, 17(6): 727-740.

Rehrer NJ, Brouns F, Beckers EJ, ten Hoor F, Saris WH. Gastric emptying with repeated drinking during running and bicycling. *Int J Sports Med* 1990, 11(3): 238-243.

Rhyu H, Cho SY. The effect of weight loss by ketogenic diet on the body composition, performance-related physical fitness factors and cytokines of Taekwondo athletes. *J Exerc Rehabil* 2014, 10(5): 326-31.

Ribas MR, de Oliveira WC. The assessment of hand grip strength and rapid weight loss in Muay Thai athletes. *J. Exerc. Physiol. Online* 2019, 22(4): 130-142.

Rose C, Parker A, Jefferson B, Cartmell E. The characterization of feces and urine: a review of the literature to inform advanced treatment technology. *Crit Rev Environ Sci Technol* 2015, 45(17): 1827-1879.

Rozenek R, Ward P, Long S, Garhammer J. Effects of high-calorie supplements on body composition and muscular strength following resistance training. *J Sports Med Phys Fitness* 2002, 42(3): 340-347.

Sahlin K. Muscle energetics during explosive activities and potential effects of nutrition and training. *Sports Med* 2014, 44(2): 167-173.

Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, Stachenfeld NS. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc* 2007, 39(2): 377-390.

Sawyer JC, Wood RJ, Davidson PW, Collins SM, Matthews TD, Gregory SM, Paolone VJ. Effects of a short-term carbohydrate-restricted diet on strength and power performance. *J Strength Cond Res* 2013, 27(8): 2255-2262.

Schleh MW, Dumke CL. Comparison of sports drink versus oral rehydration solution during exercise in the heat. *Wilderness Environ Med* 2018, 29(2): 185-193.

Schoenfeld BJ, Grgic J, Van Every DW, Plotkin DL. Loading recommendations for muscle strength, hypertrophy, and local endurance: a re-examination of the repetition continuum. *Sports (Basel)* 2021, 9(2): 32.

Schoffstall JE, Branch JD, Leutholtz BC, Swain DE. Effects of dehydration and rehydration on the one-repetition maximum bench press of weight-trained males. *J Strength Cond Res* 2001, 15(1): 102-108.

Schranner D, Kastenmüller G, Schönfelder M, Römisch-Margl W, Wackerhage H. Metabolite concentration changes in humans after a bout of exercise: a systematic review of exercise metabolomics studies. *Sports Med Open* 2020, 6(1): 11.

Shirreffs SM, Merson SJ, Fraser SM, Archer DT. The effects of fluid restriction on hydration status and subjective feelings in man. *Br J Nutr* 2004, 91(6): 951-958.

Siahkouhian M, Hedayatneja M. Correlations of anthropometric and body composition variables with the performance of young elite weightlifters. *J. Hum. Kinet* 2010, 25: 125-131.

Škarabot J, Brownstein CG, Casolo A, Del Vecchio A, Ansdell P. The knowns and unknowns of neural adaptations to resistance training. *Eur J Appl Physiol* 2021, 121(3): 675-685.

Slater G, Phillips SM. Nutrition guidelines for strength sports: sprinting, weightlifting, throwing events, and bodybuilding. *J Sports Sci* 2011, 29(1): 67-77.

Slater GJ, Dieter BP, Marsh DJ, Helms ER, Shaw G, Iraki J. Is an energy surplus required to maximize skeletal muscle hypertrophy associated with resistance training. *Front Nutr.* 2019 Aug 20(6): 131.

Slysz J, Stultz J, Burr JF. The efficacy of blood flow restricted exercise: a systematic review & meta-analysis. *J Sci Med Sport* 2016, 19(8): 669-675.

Smith M, Dyson R, Hale T, Hamilton M, Kelly J, Wellington P. The effects of restricted energy and fluid intake on simulated amateur boxing performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2001, 11(2): 238-247.

Spiering BA, Clark BC, Schoenfeld BJ, Foulis SA, Pasiakos SM. Maximizing strength: the stimuli and mediators of strength gains and their application to training and rehabilitation. *J Strength Cond Res* 2023, 37(4): 919-929.

Spronk I, Heaney SE, Prvan T, O'Connor HT. Relationship between general nutrition knowledge and dietary quality in elite athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2015, 25(3): 243-51

Stephen AM, Cummings JH. Mechanism of action of dietary fibre in the human colon. *Nature* 1980a, 284(5753): 283-284.

Stephen AM, Cummings JH. The microbial contribution to human faecal mass. *J Med Microbiol* 1980b, 13(1): 45-56.

Storey A, Smith HK. Unique aspects of competitive weightlifting: performance, training and physiology. *Sports Med* 2012, 42(9): 769-790.

Struzik A, Pietraszewski B. Examination of the relationship between the static moment of force and the height of Counter Movement Jump (CMJ) by using modern measuring devices. *Acta Bio-Optica et Informatica Medica* 2010, 16: 346-350.

Sundgot-Borgen J, Meyer NL, Lohman TG, Ackland TR, Maughan RJ, Stewart AD, Müller W. How to minimise the health risks to athletes who compete in weight-sensitive sports review and position statement on behalf of the Ad Hoc Research Working Group on Body Composition, Health and Performance, under the auspices of the IOC Medical Commission. *Br J Sports Med* 2013, 47(16): 1012-22.

Tagawa R, Watanabe D, Ito K, Ueda K, Nakayama K, Sanbongi C, Miyachi M. Dose-response relationship between protein intake and muscle mass increase: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutr Rev* 2020, 79(1): 66–75.

Theses G, Raposo K. The effects of pre-exercise carbohydrate supplementation on resistance training performance during an acute resistance training session. *J Strength Cond Res* 2011, 17(1): 187–196.

Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *J Acad Nutr Diet* 2016, 116(3): 501-528.

Timpmann S, Burk A, Medijainen L, Tamm M, Kreegipuu K, Vähi M, Unt E, Oöpik V. Dietary sodium citrate supplementation enhances rehydration and recovery from rapid body mass loss in trained wrestlers. *Appl Physiol Nutr Metab* 2012, 37(6): 1028-1037.

De Vadder F, Kovatcheva-Datchary P, Goncalves D, Vinera J, Zitoun C, Duchamp A, Bäckhed F, Mithieux G. Microbiota-generated metabolites promote metabolic benefits via gut-brain neural circuits. *Cell* 2014, 156(1-2): 84-96.

Vanhouwaert E, Matthys C, Verdonck L, De Preter V. Low-residue and low-fiber diets in gastrointestinal disease management. *Adv Nutr* 2015, 6(6): 820-827.

Verbalis JG. Disorders of body water homeostasis. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab* 2003, 17(4): 471-503.

Vist GE, Maughan RJ. Gastric emptying of ingested solutions in man: effect of beverage glucose concentration. *Med Sci Sports Exerc* 1994, 26(10): 1269-1273.

Wax B, Kavazis AN, Brown SP. Effects of supplemental carbohydrate ingestion during superimposed electromyostimulation exercise in elite weightlifters. *J Strength Cond Res* 2013, 27(11): 3084-3090.

Wilson JM, Lowery RP, Roberts MD, Sharp MH, Joy JM, Shields KA, Partl JM, Volek JS, D'Agostino DP. Effects of ketogenic dieting on body composition, strength, power, and hormonal profiles in resistance training men. *J Strength Cond Res* 2020, 34(12): 3463-3474.

Wood RJ, Gregory SM, Sawyer J, Milch CM, Matthews TD, Headley SAE. Preservation of fat-free mass after two distinct weight loss diets with and without progressive resistance exercise. *Metab Syndr Relat Disord* 2012, 10(3): 167–74.

Wu KL, Rayner CK, Chuah SK, Chiu KW, Lu CC, Chiu YC. Impact of low-residue diet on bowel preparation for colonoscopy. *Dis Colon Rectum* 2011, 54(1): 107-112.

Yankanich J, Kenney WL, Fleck S, Kraemer WJ. Precompetition weight loss and changes in vascular fluid volume in NCAA Division and College Wrestlers. *J Strength Cond Res* 1998, 12(3): 138–145.

Ye X, Loenneke JP, Fahs CA, Rossow LM, Thiebaud RS, Kim D, Bembem MG, Abe T. Relationship between lifting performance and skeletal muscle mass in elite powerlifters. *J Sports Med Phys Fitness* 2013, 53(4): 409-414.

Zajac A, Chalimoniuk M, Maszczyk A, Gołasz A, Lngfort J. Central and peripheral fatigue during resistance exercise – a critical review. *J Hum Kinet* 2015, 49: 159-169.

Van Zant RS, Conway JM, Seale JL. A moderate carbohydrate and fat diet does not impair strength performance in moderately trained males. *J Sports Med Phys Fitness* 2002, 42(1): 31-37.

Zourdos MC, Klemp A, Dolan C, Quiles JM, Schau KA, Jo E, Helms E, Esgro B, Duncan S, Garcia Merino S, Blanco R. Novel resistance training-specific rating of perceived exertion scale measuring repetitions in reserve. *J Strength Cond Res* 2016, 30(1): 267-75.

Zubac D, Reale R, Karnincic H, Sivric A, Jelaska I. Urine specific gravity as an indicator of dehydration in Olympic combat sport athletes; considerations for research and practice. *Eur J Sport Sci* 2018, 18(7): 920-929.

Źródła internetowe

Jarosz M, Rychlik E, Stoś K, Charzewska J. Normy żywienia dla populacji Polski i ich zastosowanie. 2019 [on-line], dostępny w: https://www.pzh.gov.pl/wp-content/uploads/2020/12/Normy_zywienia_2020web-1.pdf [data: 28.04.2024].

Maiwald C, Mayer T. Method proposals to calculate best lifter scores (relative scores) in IPF Powerlifting Competitions. 2018 [on-line], dostępny w: https://www.powerlifting.sport/fileadmin/ipf/data/ipf-formula/IPF_Evaluation_Report_V3_2018-10-29_anonymized.pdf [data: 4.09.2023].

Marksteiner J. IPF Point - proposed replacement for Wilks coefficients. 2019 [on-line], dostępny w: https://www.powerlifting.sport/fileadmin/ipf/data/ipf-formula/IPF_Points_Proposal.pdf [data: 24.04.2020].

Kolegium Sędziów Polskiego Związku Kulturystyki, Fitness i Trójboju Siłowego. Przepisy organizacji i sędziowania zawodów trójboju siłowego. 2023, 18-23. [on-line], dostępny w: https://www.pzkfits.pl/wp-content/uploads/2023/01/IPF_rulebook_2023_pl-18-pzkfits.pl_.pdf [data: 28.04.2024].

WHO. Reduced osmolarity : oral rehydration salts (ORS) formulation : a report from a meeting of experts jointly organised by UNICEF and WHO : UNICEF house, New York, USA, 2020, [on-line], Dostępny w: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/67322> [data 24.04.2020].

STRESZCZENIE

GWAŁTOWNA REDUKCJA MASY CIAŁA A MAKSYMALNE MOŻLIWOŚCI SIŁOWE ZAWODNIKÓW TRÓJBOJU SIŁOWEGO

SŁOWA KLUCZOWE: dieta, nastrój, siła mięśniowa, skład ciała

Celem niniejszego badania jest określenie, czy gwałtowna redukcja około 5% z następującym okresem regeneracji masy ciała spowoduje różnicę w maksymalnym poziomie zdolności siłowych zawodników trójboju. Dodatkowo, sformułowano następujące pytania badawcze:

1. Czy skład ciała zawodników ma związek z maksymalnymi możliwościami siłowymi?
2. Czy nawyki żywieniowe zawodników są powiązane z maksymalnymi możliwościami siłowymi?
3. Czy stosowanie strategii doprowadzającej do gwałtownej redukcji około 5% masy ciała z następującym okresem regeneracji spowoduje różnicę w subiektywnym odczuwaniu wysiłku podczas symulowanych zawodów trójboju siłowego?
4. Czy stosowanie strategii doprowadzającej do gwałtownej redukcji około 5% masy ciała z następującym okresem regeneracji spowoduje zmiany w nastroju trójboistów siłowych?
5. Czy styl życia zawodników ma związek z maksymalnymi możliwościami siłowymi?

Było to kontrolowane, randomizowane, równoległe badanie otwarte. Badanie zostało przeprowadzone na dobrze wytrenowanych zawodnikach trójboju siłowego ($n = 26$), w wieku $24,6 \pm 4,5$ lat, podzielonych na grupę doprowadzającą do gwałtownej redukcji masy ciała (EKS) i niedoprowadzającą do gwałtownej redukcji masy ciała (KON). Maksymalne możliwości siłowe oceniono za pomocą symulowanych zawodów trójboju siłowego. Gwałtowna redukcja masy ciała została przeprowadzona za pomocą stosowania niskobłonnikowej diety ketogenicznej z ujemnym bilansem energetycznym w połączeniu ze stosowaniem strategii zwiększonej konsumpcji płynów, następnie jej ograniczenia oraz pocenia. Porównanie zmiennych jakościowych wykonano za pomocą testu chi-kwadrat lub

testu Fishera dla niskich oczekiwanych licznosci. Porównanie zmiennych ilościowych pomiędzy grupami wykonano za pomocą testu *U* Manna-Whitney'a. Związki pomiędzy zmiennymi ilościowymi analizowano za pomocą współczynnika korelacji Spearmana. Porównanie wartości zmiennych ilościowych w dwóch powtarzanych pomiarach wykonano za pomocą testu kolejności par Wilcoxon. W analizie przyjęto poziom istotności 0,05.

Gwałtowna redukcja masy ciała doprowadziła do średniej utraty $4,81 \pm 1,99\%$. Pomiędzy pierwszymi symulowanymi zawodami (Z1), a drugimi symulowanymi zawodami (Z2) w żadnej z grup nie odnotowano istotnych różnic w TOTAL (EKS Z1 540 ± 82 kg; EKS Z2 538 ± 83 kg; KON Z1 534 ± 55 kg; KON Z2 537 ± 54 kg), przysiadzie SQ (EKS Z1 190 ± 31 kg; EKS Z2 189 ± 28 kg; KON Z1 192 ± 22 kg; KON Z2 194 ± 22 kg), wyciskaniu leżąc BP (EKS Z1 125 ± 26 kg; EKS Z2 125 ± 27 kg; KON Z1 122 ± 15 kg; KON Z2 122 ± 16 kg), ani martwym ciągu DL (EKS Z1 224 ± 35 kg; EKS z 224 ± 35 kg; KON Z1 220 ± 26 kg; KON Z2 220 ± 24 kg). W EKS zaobserwowano istotne zwiększenie osiągniętych punktów w IPF GL (Z1 $70,5 \pm 9,9$ pkt; Z2 $73,1 \pm 10,4$ pkt) i IPF GL BP (Z1 $59,3 \pm 11,8$ pkt; Z2 $61,8 \pm 12,3$ pkt). Gwałtowna redukcja masy ciała nie powodowała istotnych zmian w subiektywnym postrzeganiu wysiłku ani nastroju. Wnioski:

1. Stosowanie strategii gwałtownej redukcji około 5% masy ciała z następującym okresem regeneracji nie powoduje wśród zawodników trójboju siłowego istotnych zmian w maksymalnych możliwościach siłowych przejawianych w martwym ciągu, przysiadzie, wyciskaniu leżąc oraz sumie trzech największych uzyskanych bojów. Prawidłowo przeprowadzona, pod opieką dietetyka, gwałtowna redukcja masy ciała nie powoduje zatem negatywnych skutków dla wyniku sportowego, umożliwiając jednocześnie start w niższych kategoriach wagowych.
2. Stosowanie strategii gwałtownej redukcji około 5% masy ciała z następującym okresem regeneracji powoduje zwiększenie zdobytych punktów IPF GL i IPF GL BP, przyznawanych w Międzynarodowej Federacji Trójboju Siłowego po odniesieniu do współczynników uwzględniających masę ciała. Prawidłowo przeprowadzona, pod opieką dietetyka, gwałtowna redukcja masy ciała jest zatem skuteczną strategią umożliwiającą uzyskanie wyższych lokat w zawodach trójboju siłowego.
3. Stosowanie strategii gwałtownej redukcji około 5% masy ciała z następującym okresem regeneracji nie powoduje różnicy w subiektywnym odczuwaniu wysiłku

podczas symulowanych zawodów trójboju siłowego. Prawidłowo przeprowadzona, pod opieką dietetyka, gwałtowna redukcja masy ciała nie powoduje negatywnego odczucia jej zastosowania.

4. Więcej punktów IPF GL i IPF GL BP uzyskują zawodnicy o mniejszej masie tkanki tłuszczowej oraz mniejszej procentowej zawartości tkanki tłuszczowej. Z kolei większym możliwościom siłowym towarzyszy większa beztłuszczowa masa ciała, dlatego zawodnicy trójboju siłowego powinni dążyć do zwiększenia zawartości beztłuszczowej masy ciała i redukcji tkanki tłuszczowej.
5. Zawodnicy spożywający względnie większe ilości białka charakteryzowali się mniejszymi wartościami masą ciała, BMI, masą tkanki tłuszczowej oraz procentową zawartością tkanki tłuszczowej. Z tego względu kontrola jakości diety powinna być nieodłącznym elementem treningu trójboistów siłowych.
6. Stosowanie strategii gwałtownej redukcji około 5% masy ciała z następującym okresem regeneracji nie powoduje zmian w nastroju trójboistów siłowych. Prawidłowo przeprowadzona, pod opieką dietetyka, gwałtowna redukcja masy ciała nie powoduje negatywnych skutków w zdrowiu psychicznym zawodników.
7. Styl życia trójboistów siłowych nie wykazuje związku z maksymalnymi możliwościami siłowymi. Zdrowy styl życia nie jest wyznacznikiem osiągnięć związanych z maksymalizacją zdolności siłowych.

ABSTRACT

RAPID WEIGHT LOSS AND MAXIMAL STRENGTH CAPACITY IN POWERLIFTING ATHLETES

KEYWORDS: diet, mood, muscle strength, body composition

The aim of this study is to determine whether a rapid weight loss of approximately 5% followed by a recovery period will cause a difference in the maximal strength capacity of powerlifting athletes. Additionally, the following research questions were formulated:

1. Is there a relationship between body composition and maximal strength capacity in athletes?
2. Are athletes' dietary habits associated with their maximal strength capacity?
3. Will the strategy of rapid weight loss of approximately 5% followed by a recovery period cause a difference in the subjective perception of effort during simulated powerlifting competitions?
4. Will the strategy of rapid weight loss of approximately 5% followed by a recovery period cause changes in the mood of powerlifters?
5. Is there a relationship between the lifestyle of athletes and their maximal strength capacity?

This was a controlled, randomized, parallel, open-label study. The study was conducted on well-trained powerlifting athletes ($n = 26$), aged 24.6 ± 4.5 years, divided into a group undergoing rapid weight loss (EKS) and a group not undergoing rapid weight loss (KON). Maximal strength capacity was assessed using simulated powerlifting competitions. Rapid weight loss was achieved through a low-fiber ketogenic diet with a negative energy balance combined with increased fluid consumption, followed by its restriction and sweating. Qualitative variables were compared using the chi-square test or Fisher's test for low expected frequencies. Quantitative variables between groups were compared using the Mann-Whitney U test. Relationships between quantitative variables were analyzed using Spearman's correlation coefficient. Comparison of quantitative variables in two repeated measurements was performed using the Wilcoxon signed-rank test. A significance level of 0.05 was adopted in the analysis.

Rapid weight loss led to an average loss of $4.81 \pm 1.99\%$. Between the first simulated competition (Z1) and the second simulated competition (Z2), no significant differences were observed in TOTAL (EKS Z1 540 ± 82 kg; EKS Z2 538 ± 83 kg; KON Z1 534 ± 55 kg; KON Z2 537 ± 54 kg), squat (SQ) (EKS Z1 190 ± 31 kg; EKS Z2 189 ± 28 kg; KON Z1 192 ± 22 kg; KON Z2 194 ± 22 kg), bench press (BP) (EKS Z1 125 ± 26 kg; EKS Z2 125 ± 27 kg; KON Z1 122 ± 15 kg; KON Z2 122 ± 16 kg), or deadlift (DL) (EKS Z1 224 ± 35 kg; EKS Z2 224 ± 35 kg; KON Z1 220 ± 26 kg; KON Z2 220 ± 24 kg). In the EKS group, a significant increase in points achieved in IPF GL (Z1 70.5 ± 9.9 pts; Z2 73.1 ± 10.4 pts) and IPF GL BP (Z1 59.3 ± 11.8 pts; Z2 61.8 ± 12.3 pts) was observed. Rapid weight loss did not cause significant changes in the subjective perception of effort or mood. Conclusions:

1. The use of a strategy for rapid weight loss of approximately 5% followed by a recovery period does not cause significant changes in the maximal strength capacity of powerlifting athletes in the deadlift, squat, bench press, or the total of the three lifts. Properly conducted, under the supervision of a dietitian, rapid weight loss does not cause negative effects on sports performance, allowing for participation in lower weight categories.
2. The use of a strategy for rapid weight loss of approximately 5% followed by a recovery period leads to an increase in IPF GL and IPF GL BP points awarded by the International Powerlifting Federation relative to body weight coefficients. Properly conducted, under the supervision of a dietitian, rapid weight loss is an effective strategy for achieving higher placements in powerlifting competitions.
3. The use of a strategy for rapid weight loss of approximately 5% followed by a recovery period does not cause a difference in the subjective perception of effort during simulated powerlifting competitions. Properly conducted, under the supervision of a dietitian, rapid weight loss does not cause negative subjective feelings of its application.
4. More IPF GL and IPF GL BP points are achieved by athletes with lower fat mass and lower percentage of body fat. In turn, greater strength capacity is accompanied by higher lean body mass, therefore powerlifting athletes should strive to increase lean body mass and reduce fat tissue.

5. Athletes consuming relatively higher amounts of protein had lower body weight, BMI, fat mass, and percentage of body fat. Therefore, diet quality control should be an integral part of powerlifting training.
6. The use of a strategy for rapid weight loss of approximately 5% followed by a recovery period does not cause changes in the mood of powerlifters. Properly conducted, under the supervision of a dietitian, rapid weight loss does not cause negative effects on athletes' mental health.
7. The lifestyle of powerlifters does not show a relationship with maximal strength capacity. A healthy lifestyle is not an indicator of achievements related to the maximization of strength capacities.

SPIS RYCIN

Rycina 1. Rozkład 5% najlepszych wyników trójboju siłowego z uwzględnieniem współczynnika Wilksa, z podziałem na kategorie wagowe.....	15
Rycina 2. Porównanie rozkładu 5% najlepszych wyników w przeliczniku Wilks'a oraz IPF Formula z podziałem na kategorie wagowe.	16
Rycina 3. Schemat badań.....	33
Rycina 4. Tempo opróżniania żołądka w zależności od liczby podawanych bolusów.	92
Rycina 5. Związek między beztłuszczową masą ciała z SQ.....	104
Rycina 6. Związek beztłuszczowej masy ciała z BP.	104
Rycina 7. Związek beztłuszczowej masy ciała z DL.....	105

SPIS TABEL

Tabela 1. Podział na kategorie wagowe w trójboju siłowym	13
Tabela 2. Wartości stałe używane do obliczania współczynnika Wilks'a	14
Tabela 3. Wartości stałe używane do obliczania współczynnika IPF Good Lift	17
Tabela 4. Różnice w liczbie zdobytych punktów w IPF GL w zależności od masy ciała: wybrane przykłady.....	17
Tabela 5. Pomiary antropometryczne EKS i KON podczas Z1	39
Tabela 6. Charakterystyka EKS i KON	40
Tabela 7. Deklarowane metody gwałtownej redukcji masy ciała stosowane przez zawodników przed przystąpieniem do eksperymentu	43
Tabela 8. Charakterystyka składników pokarmowych w EKS i KON przed Z1	44
Tabela 9. Częstotliwość spełniania rekomendacji żywieniowych przez EKS i KON.....	49
Tabela 10. Procentowa utrata masy ciała w EKS i KON podczas strategii gwałtownej utraty masy ciała	52
Tabela 11. Maksymalne możliwości siłowe EKS i KON podczas Z1	53
Tabela 12. Maksymalne możliwości siłowe EKS i KON podczas Z2	54
Tabela 13. Różnice w maksymalnych możliwościach siłowych EKS między Z1 a Z2.....	55
Tabela 14. Różnice w maksymalnych możliwościach siłowych KON między Z1 a Z2.....	56
Tabela 15. Związek masy ciała z maksymalnymi możliwościami siłowymi podczas Z1 ...	57
Tabela 16. Związek FFM z maksymalnymi możliwościami siłowymi podczas Z1.....	57
Tabela 17. RPE w EKS a KON podczas Z1	58
Tabela 18. RPE w EKS a KON podczas Z2	59
Tabela 19. Gwałtowna redukcja masy ciała a RPE w EKS.....	61
Tabela 20. Różnice w składzie ciała w EKS pomiędzy Z1 a Z2	62
Tabela 21. Różnice w składzie ciała w KON pomiędzy Z1 a Z2.....	63
Tabela 22. Różnice w charakterystyce diety EKS pomiędzy pomiarem 1 i pomiarem 2....	64
Tabela 23. Różnice w charakterystyce diety KON pomiędzy pomiarem 1 i pomiarem 2 ..	65
Tabela 24. Różnice w charakterystyce diety EKS i KON podczas pomiaru 2.....	66

Tabela 25. Związek ogólnej oceny stylu życia mierzonej za pomocą liczby zdobytych punktów w HLPCQ a maksymalnymi możliwościami siłowymi wszystkich zawodników trójboju siłowego (EKS + KON)	68
Tabela 26. Związek prawidłowych wyborów żywieniowych z maksymalnymi możliwościami siłowymi	68
Tabela 27. Związek pomiędzy dietetycznym unikaniem szkód a maksymalnymi możliwościami siłowymi	69
Tabela 28. Związek pomiędzy codzienną rutyną a maksymalnymi możliwościami siłowymi	69
Tabela 29. Związek pomiędzy zorganizowanymi ćwiczeniami fizycznymi a maksymalnymi możliwościami siłowymi	70
Tabela 30. Związek pomiędzy wsparciem społecznym i zdrowiem psychicznym a maksymalnymi możliwościami siłowymi.....	70
Tabela 31. Związek między wartością energetyczną diety a maksymalnymi możliwościami siłowymi.....	71
Tabela 32. Związek między względną wartością energetyczną diety a maksymalnymi możliwościami siłowymi	71
Tabela 33. Związek między spożyciem białka a maksymalnymi możliwościami siłowymi	72
Tabela 34. Związek między względnym spożyciem białka a maksymalnymi możliwościami siłowymi.....	72
Tabela 35. Związek między względnym spożyciem tłuszczów a maksymalnymi możliwościami siłowymi	73
Tabela 36. Związek między spożyciem węglowodanów a maksymalnymi możliwościami siłowymi.....	73
Tabela 37. Związek między względnym spożyciem węglowodanów a maksymalnymi możliwościami siłowymi	74
Tabela 38. Związek pomiędzy wartością energetyczną diety a składem ciała.....	74
Tabela 39. Związek pomiędzy względną wartością energetyczną diety a składem ciała....	75
Tabela 40. Związek pomiędzy względnym spożyciem białka a składem ciała.....	75
Tabela 41. Związek pomiędzy procentowym udziałem tłuszczu w diecie a składem ciała	76

Tabela 42. Związek między ilością spożytych węglowodanów a składem ciała	76
Tabela 43. Związek pomiędzy względnym spożyciem węglowodanów a składem ciała ...	77
Tabela 44. Porównanie parametrów UMACL pomiędzy EKS a KON przed Z1	77
Tabela 45. Porównanie parametrów UMACL pomiędzy EKS a KON przed Z2.....	78
Tabela 46. Różnice w PN, PE oraz TE pomiędzy Z1 a Z2 w EKS	78
Tabela 47. Różnice w PN, PE oraz TE pomiędzy Z1 a Z2 w EKS	79
Tabela 48. Charakterystyka antropometryczna zawodników i zawodniczek trójboju siłowego w piśmiennictwie.....	106