
dr n. zdr. inż. Krzysztof Durkalec-Michalski

Adiunkt w Zakładzie Dietetyki
Instytut Żywienia Człowieka i Dietetyki
Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 31
60-624 Poznań
e-mail: durkmich@up.poznan.pl

Autoreferat

1. Imię i Nazwisko

Krzysztof Durkalec-Michalski

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe / artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania

Edukacja

- 11.03.2013 Nadanie stopnia naukowego doktora nauk o zdrowiu przez Radę Wydziału Nauk o Zdrowiu Uniwersytetu Medycznego im. K. Marcinkowskiego w Poznaniu.
Tytuł pracy doktorskiej: „Ocena wpływu suplementacji kwasem beta-hydroksy-beta-metylomastowym (HMB) na wskaźniki wydolności fizycznej zawodników wybranych dyscyplin sportowych”.
Promotor pracy doktorskiej: prof. dr hab. Jan Jeszka.
Recenzenci: prof. dr hab. Tadeusz Rychlewski i prof. dr hab. Marian Grzymisławski.
- 2012 - 2013 Studium Metodologii Badań Naukowych Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu.
- 2008 - 2012 Studia doktoranckie na Wydziale Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu (Zakład Dietetyki, Katedra Higieny Żywienia Człowieka).

-
- 9.11.2007 Uzyskanie tytułu magistra inżyniera.
- 2002 - 2007 Studia magisterskie na Wydziale Nauk o Żywności i Żywieniu, kierunku Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka, specjalizacja: „Żywnienie Człowieka” na Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu.
Tytuł pracy magisterskiej: „Ocena sposobu żywienia, stanu odżywienia i wyróżników stylu życia oraz wybranych wskaźników biochemicznych w krwi i włosach u pacjentów z pierwotnym nadciśnieniem tętniczym”.
Promotor pracy magisterskiej: prof. dr hab. Zbigniew Krejpcio.
- 2005 - 2006 Studia we Francji w Toulouse – Ecole Supérieure d'Agriculture de Purpan, pobyt semestralny z zaliczeniem zajęć w grupach francuskich, w ramach programu stypendialnego Socrates-Erasmus.
- 1998 - 2002 Ukończenie z wyróżnieniem i tytułem „Wzorowego Wychowanka” I Liceum im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/ artystycznych

3.1. Dotychczasowe zatrudnienie w jednostkach naukowych/artystycznych

- 2019 - obecnie Adiunkt w Zakładzie Żywności i Żywienia, Akademia Wychowania Fizycznego w Poznaniu.
- 2013 - obecnie Adiunkt w Zakładzie Dietetyki, w Instytucie Żywienia Człowieka i Dietetyki na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu.
- 2015 - obecnie Wykładowca na Uniwersytecie Medycznym w Poznaniu w ramach Niestacjonarnego Studium Podyplomowego Dietetyki i Poradnictwa Żywnościowego, z zakresu „Żywnienia w wybranych dyscyplinach sportu”.
- 2014 - 2017 Wykładowca na Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku w ramach studiów podyplomowych „Żywnienie i Wspomaganie Dietetyczne w Sporcie”, z zakresu „Żywnienia w wybranych dyscyplinach sportu”.

-
- | | |
|-------------|--|
| 2014 - 2018 | Nauczyciel akademicki w Wyższej Szkole Bankowej w Poznaniu. |
| 2012 - 2013 | Asystent w Zakładzie Dietetyki, w Katedrze Higieny Żywienia Człowieka na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu. |
| 2008 - 2013 | Nauczyciel akademicki w Wielkopolskiej Wyższej Szkole Turystyki i Zarządzania w Poznaniu. |

3.2. Dotychczasowe zatrudnienie i zaangażowanie w innych jednostkach

- 2012 - obecnie Członek sztabu medycznego Kadry Narodowej Zapaśników w stylu wolnym i klasycznym mężczyzn oraz stylu wolnym kobiet, przy Polskim Związku Zapaśniczym.
- Dietetyk Kadry Narodowej Zapaśników w stylu wolnym i klasycznym mężczyzn oraz stylu wolnym kobiet, przy Polskim Związku Zapaśniczym, z obowiązkami obejmującymi opracowywanie indywidualizowanych protokołów suplementacji, przygotowywanie oraz kontrolę diet i suplementacji zawodników, badania składu ciała, testy wysiłkowe i analizy biochemiczne, projektowanie jadłospisów dla działów żywienia, w których odbywają się zgrupowania, a także dobór i realizacja zamówień suplementów.

4. Wskazanie osiągnięcia* wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.)

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Osiągnięcie naukowe Kandydata stanowi jednotematyczny cykl pięciu oryginalnych publikacji naukowych (zebrane w Załączniku nr 5), opublikowanych po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk o zdrowiu, zatytułowany:

„Wpływ wybranych strategii żywieniowych i suplementacyjnych na wskaźniki metaboliczne, wydolność fizyczną i potencjał wysiłkowy sportowców”.

Kandydat we wszystkich publikacjach jest zarówno pierwszym, jak i korespondencyjnym autorem. Jego wkład w proces przygotowania wszystkich wyszczególnionych poniżej osiągnięć naukowych polegał na opracowaniu koncepcji, zaprojektowaniu, organizacji, rejestracji, dostosowaniu metod badawczych i prowadzeniu protokołu badań, a także zbieraniu, opracowaniu, analizie i interpretacji uzyskanych wyników oraz przygotowaniu finalnej wersji manuskryptu.

Udział Kandydata w procesie przygotowania zamieszczonych poniżej osiągnięć, stanowiących jednotematyczny cykl, został oszacowany na poziomie od 90 do 96%. Oświadczenia Kandydata oraz współautorów określające wkład w powstanie poszczególnych prac zamieszczono w Załączniku nr 6.

4.2. Spis prac włączonych do cyklu (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa)

H-1) Durkalec-Michalski K., Zawieja E, Zawieja B., Podgórski T., Jurkowska D., Jeszka J.

Influence of low versus moderate glycemc index of diet on substrate oxidation and energy expenditure during incremental exercise in endurance athletes: A randomized counterbalanced cross-over trial. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 2018; 69(6): 741-752. DOI: 10.1080/09637486.2017.1411891.

IF=2,317, MNiSW=20.

Wkład własny Kandydata w niniejszą publikację: 90%.

H-2) Durkalec-Michalski K., Nowaczyk P.M., Siedzik K.

Effect of a four-week ketogenic diet on exercise metabolism in CrossFit-trained athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 2019; 16(1): 16. DOI: 10.1186/s12970-019-0284-9.

IF=3,135, MNiSW=25.

Wkład własny Kandydata w niniejszą publikację: 96%.

H-3) Durkalec-Michalski K., Zawieja E, Zawieja B., Jurkowska D., Buchowski M.S.,

Jeszka J. Effects of low versus moderate glycemc index diets on aerobic capacity in endurance runners: three-week randomized controlled crossover trial. *Nutrients*, 2018; 10(3): 370. DOI: 10.3390/nu10030370.

IF=4,196, MNiSW=35.

Wkład własny Kandydata w niniejszą publikację: 90%.

H-4) Durkalec-Michalski K., Zawieja E.E., Podgórski T., Łoniewski I., Zawieja B.E., Warzybok M., Jeszka J. The effect of chronic progressive-dose sodium bicarbonate ingestion on CrossFit-like performance: A double-blind, randomized cross-over trial. PLoS ONE, 2018; 13(5): e0197480. DOI: 10.1371/journal.pone.0197480.

IF=2,766, MNiSW=35.

Wkład własny Kandydata w niniejszą publikację: 90%.

H-5) Durkalec-Michalski K., Zawieja E.E., Podgórski T., Zawieja B.E., Michałowska P., Łoniewski I., Jeszka J. The effect of a new sodium bicarbonate loading regimen on anaerobic capacity and wrestling performance. Nutrients, 2018: 10(6), 697. DOI: 10.3390/nu10060697.

IF=4,196, MNiSW=35.

Wkład własny Kandydata w niniejszą publikację: 90%.

Bibliometryczne podsumowanie zamieszczonego powyżej jednotematycznego cyklu pięciu oryginalnych publikacji, stanowiących osiągnięcie naukowe Kandydata:

IF = 16,61; MNiSW = 150 pkt

4.3. Omówienie celu naukowego/artystycznego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

WPROWADZENIE I OMÓWIENIE ZNACZENIA PORUSZANEJ TEMATYKI BADAWCZEJ

Sposób żywienia i ewentualna suplementacja diety, obok właściwej procedury treningowej, są głównymi czynnikami determinującymi poziom adaptacji organizmu do wysiłku i dyspozycji sportowej, jak również w sposób bezpośredni lub pośredni modulują dobrostan psychofizyczny oraz stan zdrowia osób uprawiających sport wyczynowy i rekreacyjny [Hauswirth i Le Meur 2011, Kerksick i wsp., 2018; Rodriguez i wsp., 2009; Thomas i wsp., 2016]. Wysoki poziom wydolności fizycznej sportowców i związane z tym uzyskanie przez organizm specyficznej zdolności wysiłkowej, zależą od szeregu elementów, z których jako szczególnie ważne przyjmuje się: osiągnięcie rozwiniętego potencjału

metabolicznego organizmu w zakresie optymalnego generowania i dystrybucji energii oraz zdolność do utrzymania tego stanu. Determinowana przez te procesy końcowa efektywność pracy mięśni może być regulowana, zwłaszcza poprzez dostępność substratów energetycznych [Burke i wsp., 2004; Kerksick i wsp., 2018; Rodriguez i wsp., 2009; Thomas i wsp., 2016]. W tym aspekcie, kluczowe wydaje się zatem nie tylko samo dostarczenie substratu energetycznego, ale bardziej jego specyfika oraz umiejętność utrzymania przez organizm zdolności do efektywnego przetwarzania i wykorzystywania tego źródła. Nie bez znaczenia są także: intensywność wysiłku, rodzaj substratu energetycznego, charakter metabolizmu spoczynkowego i wysiłkowego organizmu, utrzymanie wysokiej aktywności enzymatycznej oraz równowagi kwasowo-zasadowej.

Pomimo niezaprzeczalnej roli żywienia w zakresie determinowania zdolności organizmu do wykonywania wysiłku, stymulacji procesów regeneracji, adaptacji i finalnie superkompensacji organizmu, dane literaturowe, jak i obserwacje własne Kandydata, pracującego na co dzień zarówno z zawodnikami na poziomie Kadry Olimpijskiej, jak i sportowcami o niższym poziomie wytrenowania wskazują, że osoby uprawiające sport często nie odżywiają się prawidłowo. Popełniane przez nie błędy i nieprawidłowe nawyki żywieniowe skutkują przede wszystkim zaburzeniem bilansu energetycznego, odbiegającym od potrzeb poborem makroskładników diety oraz płynów, jak też nieuzasadnionym stosowaniem różnorodnych strategii żywieniowo-suplementacyjnych [Baranauskas i wsp., 2015; Desbrow i wsp., 2019; Kerksick i wsp., 2018; Maughan i wsp., 2018; Spendlove i wsp., 2015].

Należy podkreślić, że w działaniach prowadzących do wdrożenia jakichkolwiek interwencji żywieniowych, zarówno w badaniach naukowych, jak i działaniach praktycznych, kluczowym aspektem jest prawidłowe i zindywidualizowane określenie zalecanej dziennej podaży energii. Kandydat w swoich badaniach wielokrotnie uwzględniał ten aspekt, m.in. w **publikacjach H-1, H-2 i H-3** zgłoszonego cyklu, jak również w innych jego opracowaniach [Durkalec-Michalski et. al. 2015a,b], w których precyzyjnie szacowano całodobowe wydatki energetyczne, w oparciu o własne badania walidacyjne [Durkalec-Michalski i wsp., 2013].

W praktyce sportowej, oprócz optymalizacji bilansu energetycznego, istotnym problemem żywienia sportowców jest dostosowana do wysiłku fizycznego podaż głównych makroskładników diety. Wytyczne uznanych organizacji i towarzystw naukowych, w tym *International Society of Sports Nutrition (ISSN)*, *International Olympic Committee (IOC)*,

czy *American College of Sports Medicine* (ACSM), podkreślają konieczność zbilansowania diety sportowców, zwłaszcza w odniesieniu do odpowiedniej podaży głównych składników odżywczych [IOC 2012; Kerksick i wsp., 2018; Rodriguez i wsp., 2009; Thomas i wsp., 2016]. Warto podkreślić, że pomimo znacznej wiedzy w zakresie „*evidence based nutrition*” niektóre aspekty związane ze szczegółową charakterystyką i ergogenicznym wpływem makroskładników diety pełniących głównie funkcje energetyczne wydają się wciąż nie w pełni wyjaśnione.

Węglowodany (CHO) i tłuszcze są głównymi substratami energetycznymi, dostarczającymi energii w trakcie wysiłku [Burke i wsp., 2004; Spriet, 2014]. W przeciwieństwie do tłuszczów, endogenne zapasy CHO są ograniczone. Przyjmuje się, że zawartość glikogenu mięśniowego i wątrobowego odpowiada około 1911 kcal energii u osób niewytrenowanych i może być o 20–50% wyższa u wytrenowanych mężczyzn i kobiet [Evans and Hughes, 1985]. Dieta o wysokiej zawartości CHO jest zatem niezbędna do efektywnego zwiększenia zapasów glikogenu w mięśniach szkieletowych [Shiose i wsp., 2016]. Taki model żywienia, zwłaszcza w trakcie wysiłku fizycznego o umiarkowanej i wysokiej intensywności, oddziałuje na mechanizmy resyntezy adenozyntrifosforanu (ATP), zapewniając energię niezbędną do pracy mięśniowej [Cermak i van Loon, 2013; Knuijan i wsp., 2015]. W przypadku sportowców, którzy prowadzą wysiłki z optymalną dostępnością węglowodanów w diecie, korzystne będzie zatem zwiększenie możliwości organizmu do ich szybszego utleniania. Jednocześnie, wysiłki przebiegające z niskim poziomem glikogenu mięśniowego i wątrobowego wydają się nie poprawiać zdolności wysiłkowych. Z tego względu u sportowców, u których istnieje ryzyko wyczerpania zasobów glikogenu w trakcie pracy mięśniowej lub podaż węglowodanów może być z różnych względów utrudniona, konieczne wydaje się opracowanie takich protokołów żywieniowych, które umożliwiłyby zwiększone utlenianie tłuszczów podczas wysiłku fizycznego, przy bardziej oszczędnym gospodarowaniu zasobami glikogenu. Aktualnie przyjmuje się jednak, że optymalny pobór CHO przed, w trakcie i po wysiłku ma kluczowe znaczenie dla optymalizacji wydolności fizycznej i zdolności wysiłkowych [Burke, 2010]. Właściwa proporcja źródeł energetycznych pochodzących ze spożytych CHO i tłuszczów może natomiast zależeć od intensywności i czasu trwania wysiłków, a także dostępności wewnątrz- i zewnątrzmięśniowych substratów energetycznych [Spriet, 2014].

Specyfika i efektywność procesów energetycznych w trakcie pracy mięśniowej może być regulowana rodzajem i ilością podawanych w diecie składników odżywczych. W tym

względnie skuteczne metabolicznie gospodarowanie energią, przy zachowaniu możliwości podaży węglowodanów, wydaje się wiązać z aspektem indeksu glikemicznego diety.

Indeks glikemiczny (GI) definiowany jest jako pole powierzchni pod krzywą glikemii uzyskaną po spożyciu 50 g węglowodanów posiłku testowanego, w stosunku do pola pod krzywą odpowiedzi glikemicznej, po spożyciu analogicznej ilości węglowodanów z produktu standardowego - glukozy lub białego pieczywa [Brouns i wsp., 2005; FAO, 1998]. GI jest zatem wskaźnikiem umożliwiającym klasyfikację żywności, w zależności od jej wpływu na glikemię poposiłkową [Brouns i wsp., 2005; FAO, 1998]. GI żywności określany jest jako: niski (LGI: poniżej 55), średni (MGI: między 55 a 70) oraz wysoki (HGI: powyżej 70) [Aston i wsp., 2008; Foster-Powell i wsp., 2002; Henry i wsp., 2005].

W przeciwieństwie do produktów o wysokim GI (HGI), pokarmy o niskim GI (LGI) są dłużej trawione, a zawarte w nich składniki pokarmowe wolniej wchłaniane, co powoduje stosunkowo niewielki wzrost stężenia glukozy we krwi po ich spożyciu. Można przyjąć, że taka sytuacja byłaby korzystna u wielu sportowców, bowiem podwyższony poziom insuliny we krwi, w odpowiedzi na hiperglikemię poposiłkową może hamować utlenianie tłuszczów podczas wysiłku fizycznego [Shin i wsp., 2013]. Ponadto, nagły wzrost stężenia insuliny we krwi może prowadzić u niektórych osób wykonujących wysiłek, do hipoglikemii reaktywnej, co jest związane zarówno z wystąpieniem różnych symptomów zmęczenia, jak i zmniejszeniem zdolności wysiłkowych [Jentjens i wsp., 2003]. Mimo włączenia GI do projektowania posiłków i diet u pacjentów z cukrzycą, obecne zastosowania indeksu glikemicznego obejmują także różnorodne strategie żywieniowe ukierunkowane m.in. na redukcję masy ciała i wspomaganie wydolności fizycznej organizmu [Jamurtas i wsp., 2011; Kern i wsp., 2007; Moore i wsp., 2010, 2009; Thomas i wsp., 2007]. W dostępnej literaturze przedmiotu, szereg prac wskazuje także na relacje pomiędzy możliwością regulacji GI posiłku przedwysiłkowego, a korzystniejszą odpowiedzią metaboliczną organizmu podczas wysiłku [Chen i wsp., 2008b; Jamurtas i wsp., 2011; Karamanolis i wsp., 2011; Moore i wsp., 2010, 2009; Stevenson i wsp., 2009; Wee i wsp., 2005; Wong i wsp., 2008; Wu i Williams, 2006].

Jak wspomniano powyżej, spożycie posiłków LGI, w porównaniu z posiłkami HGI, wydaje się skutkować bardziej stabilną odpowiedzią glikemiczną i insulinemiczną w okresie poposiłkowym, a także podczas następujących po nich wysiłków [Chen i wsp., 2008a; Jamurtas i wsp., 2011; Karamanolis i wsp., 2011; Sun i wsp., 2013; Wong i wsp., 2008; Wu i Williams, 2006]. Ponadto, podwyższone po spożyciu posiłków HGI stężenie glukozy we krwi może

wykazywać tendencję do szybkiego obniżenia, zarówno w początkowym okresie pierwszych 10–20 min po rozpoczęciu aktywności fizycznej [Chen i wsp., 2008a; Karamanolis i wsp., 2011; Wee i wsp., 2005], lub też, jak w niektórych przypadkach, pozostać na niskim poziomie nawet do momentu zaprzestania wysiłku [Sun i wsp., 2013; Wong i wsp., 2008]. Warto jednak wspomnieć, że ryzyko hipoglikemii reaktywnej jest silnie związane z indywidualną wrażliwością i w praktyce odnosi się do niewielkiej liczby zawodników [Jeukendrup i Killer, 2010]. Znacznie ważniejszy wydaje się jednak argument, że GI posiłku dostarczonego przed wysiłkiem może modulować specyfikę wykorzystania substratów (tłuszczów i węglowodanów) energetycznych w pracujących mięśniach. Większy udział utleniania tłuszczów obserwowano bowiem po doraźnym, przedwysiłkowym spożyciu posiłków LGI w porównaniu z żywnością HGI m.in. w trakcie wysiłków biegowych przy intensywności około 70% VO_2max [Wee i wsp., 2005; Wu i Williams, 2006], w próbach czasowych obejmujących biegi na dystansach 10 i 21 kilometrów [Chen i wsp., 2008a; Wong i wsp., 2008], czy też podczas 45-min wysiłkach kolarskich przy intensywności 65% VO_2max [Sun i wsp., 2013]. Z drugiej strony, wyniki wpływu pojedynczych posiłków różniących się GI na zdolności wysiłkowe pozostają często niespójne [Febbraio i wsp., 2000; Kern i wsp., 2007; Moore i wsp., 2010, 2009; Jamurtas i wsp., 2011; Wong i wsp., 2008]. Brakuje także danych w zakresie zmian metabolicznych zachodzących pod wpływem stosowania diet o zróżnicowanych wartościach GI, następujących przy różnych intensywnościach wysiłku fizycznego. Omówione powyżej aspekty oraz różnice w stosowanych do tej pory protokołach badawczych wskazują zatem na zasadność podjęcia badań w zakresie oceny metabolicznego oraz wydolnościowo-wysiłkowego wpływu długotrwałego stosowania diet o zróżnicowanym indeksie glikemicznym u sportowców.

Jednocześnie, pomimo wspomnianych opinii wskazujących na możliwość ograniczenia wydolności fizycznej i zdolności wysiłkowej w sytuacji kiedy endogenne zasoby CHO są dominującym substratem energetycznym, szereg prac z ostatnich dwóch dekad wydaje się sugerować pewne korzyści, płynące z celowego i ukierunkowanego zmniejszenia dostępności CHO podczas niektórych lub wszystkich sesji treningowych sportowca. Dotyczy to zwłaszcza interwencji, związanych z podażą diet o niskim poziomie CHO i wysokiej zawartości tłuszczów, periodyzacji żywienia związanej z rotacją (niską/wysoką podażą) CHO, czy treningu na czczo/po posiłku [Jeukendrup, 2017; Mirtschin i wsp., 2018; Rothschild i Earnest, 2018; Stellanwerff i wsp., 2018]. Implementacja tego rodzaju reżimów żywieniowych zmierza do optymalizacji uaktywnienia i wykorzystania wolnych kwasów tłuszczowych,

jako alternatywnego dla glikogenu źródła energetycznego podczas wysiłku. W tym względzie szczególną uwagę zwraca dieta ketogeniczna (KD), która jest swoistym przykładem popularnej w ostatnim czasie diety wysokotłuszczowej i niskowęglowodanowej. Klasyczny skład KD został zaprojektowany przy uwzględnieniu proporcji tłuszczów do pozostałych nietłuszczowych składników pokarmowych na poziomie około 4:1, w której udział energii w całodziennych racjach pokarmowych powinien wynosić odpowiednio: 75–80% energii z tłuszczów, około 15% energii z białek i mniej niż 5% energii i/lub 20–50 g z węglowodanów [Evans i wsp., 2017; McSwiney i wsp., 2018; Paoli, 2015; Westman i wsp., 2007]. Warto nadmienić, że pierwsze badania dotyczące KD koncentrowały się głównie na skuteczności tego modelu diety w leczeniu lekoopornej padaczki i pochodziły z wczesnych lat 30. XX wieku [Cooder, 1933].

Głównym mechanizmem oddziaływania KD na organizm człowieka wydaje się jej wpływ na swoistą reorganizację metaboliczną [Evans i wsp., 2017; Paoli i wsp., 2011; Sharman i wsp., 2002; Vidali i wsp., 2015; Volek i Feinman, 2005; Wexler i wsp., 1997]. Po kilku dniach skrajnie ograniczonego poboru CHO, przy utrzymaniu optymalnego bilansu energetycznego, rezerwy glukozy zostają wyczerpane i nie wystarczają do normalnego utleniania tłuszczów poprzez szczawiooctan w cyklu Krebsa oraz dostarczania energii do ośrodkowego układu nerwowego [Paoli, 2015]. Ze względu na brak zrównoważonej dostępności CHO, utlenianie wolnych kwasów tłuszczowych pochodzących z diety lub tkanki tłuszczowej, a także degradacja aminokwasów ketogennych, skutkują formowaniem się ciał ketonowych (KB; β -hydroksymaślanu, acetoctanu i acetonu) w macierzy mitochondrialnej komórek wątroby [Evans i wsp., 2017; Vidali i wsp., 2015]. Po przetransportowaniu KB do komórek pozawątrobowych, KB mogą być wykorzystywane jako substrat (acetylo-CoA) w cyklu Krebsa, a następnie do produkcji ATP na szlaku fosforylacji oksydacyjnej [Vidali i wsp., 2015].

Należy podkreślić, że KD wydaje się charakteryzować znaczną aktywnością plejotropową. Jej wpływ może być związany z adaptacją organizmu poprzez regulację molekularnych mechanizmów sygnalizacji komórkowej [Evans i wsp., 2017; Puchalska i Crawford, 2017; Sumithran i wsp., 2013; Vidali i wsp., 2015]. Aktywacja różnych szlaków sygnałowych może prowadzić do zwiększenia wydolności fizycznej i zdolności wysiłkowych m.in. poprzez stymulowanie biogenezy mitochondriów, kapilaryzacji, wzmocnienia procesów regeneracji komórkowej, a zwłaszcza efektywnego wykorzystania tłuszczów (jako substratu energetycznego) [Drazin i wsp., 2012; Grabacka i wsp., 2013; McCarty i wsp., 2015].

Co więcej, istotny może być również ewentualny związek pomiędzy KD a stanem zapalnym i/lub stresem oksydacyjnym, co zaobserwowano m.in. w terapii zaburzeń metabolicznych, neurodegeneracyjnych i innych jednostek chorobowych, związanych z nasilonym stanem zapalnym (np. cukrzyca i otyłość, zespół policystycznych jajników, autyzm, trądzik, astma, stwardnienie rozsiane, choroby Alzheimera i Parkinsona) [Evans i wsp., 2017; Kashiwaya i wsp., 2000; Mavropoulos i wsp., 2005; Murray Peshkin i Fineman, 1930; Nielsen i Joensson, 2008; Paoli i wsp., 2013, 2012; Seyfried i wsp., 2015; Stafstrom i Rho, 2012; Sumithran i wsp., 2013; Van der Auwera i wsp., 2005; Vidali i wsp., 2015; Yancy i wsp., 2005]. Korzystne efekty KD mogą również obejmować wspomaganie funkcji mózgu i zdolności poznawczych [Grabacka i wsp., 2013; McCarty i wsp., 2015; Murray i wsp., 2016]. Potrzebne są także dalsze badania, aby wykazać faktyczny wpływ KD na syntezę i/lub proteolizę białek mięśniowych, chociaż obecnie wydaje się, że aktywność szlaków anabolicznych może być raczej obniżona u osób stosujących dietę KD [McDaniel i wsp., 2011; Nilsson i wsp., 2016; Vargas i wsp., 2018].

Najważniejsze w przypadku tego modelu żywienia wydają się jednak efekty metaboliczne KB. Mogą być one związane z oszczędzaniem i/lub zmniejszeniem m.in. wykorzystania ograniczonych w praktyce źródeł energetycznych (glikogenu, glukozy) i wytwarzaniem mleczanu podczas wysiłku oraz zwiększonym uzależnieniem od triglicerydów wewnątrzmięśniowych [Evans i wsp., 2017; Puchalska i Crawford, 2017]. Ostatecznie jednak, wpływ KD na wydolność fizyczną i zdolności wysiłkowe w sporcie wydaje się jednak w chwili obecnej nadal niewyczerpująco udokumentowany.

Podsumowując możliwości wielokierunkowego oddziaływania przedstawionych modeli żywienia oraz uwzględniając szereg niewyjaśnionych jeszcze aspektów naukowych i praktycznych, badania metaboliczne i wydolnościowo-wysiłkowe w zakresie ich rzeczywistego wpływu na organizm sportowca wydają się zatem jak najbardziej uzasadnione. Diety wysokowęglowodanowe o niskim/średnim indeksie glikemicznym i/lub dieta ketogeniczna pozwalają na dostarczenie niezbędnych do pracy mięśniowej substratów energetycznych. Jest to istotne ze względu na ograniczone i wyczerpujące się wkrótce po rozpoczęciu wysiłku wewnątrzkomórkowe zasoby ATP, co wymusza od pracujących mięśni nieustannej resyntezy ATP z innych źródeł energetycznych, takich jak węglowodany, tłuszcze i fosfokreatyna (PCr) [Cermak i van Loon, 2013]. Ponadto, należy uwzględnić, że wysiłki związane z treningiem/zawodami sportowymi mogą prowadzić do wystąpienia obwodowego i/lub centralnego zmęczenia, będących skutkiem zwłaszcza m.in. wyczerpania

substratów energetycznych (PCr, glikogenu), akumulacji metabolitów (wzrost stężenia jonów wodorowych, amoniaku, inozynomonofosforanu lub adenozydodifosforanu) oraz zaburzenia potencjału skurczowego mięśni (uwalnianie/pobór jonów Ca^{2+}) i pobudliwości nerwowomięśniowej (zmniejszenie potencjału czynnościowego i aktywności neuroprzekaźników) [Begum i wsp., 2005; Callahan i wsp., 2016].

Wspomniano już, że dostępność substratów energetycznych jest jedynie jednym z niezbędnych czynników warunkujących efektywność mechanizmów wytwarzania energii podczas wysiłku. W trakcie pracy mięśniowej czynnikiem kluczowym może jednak okazać się zdolność do efektywnego wykorzystania tych substratów, którą w znacznym stopniu obniżają, indukowane wysiłkiem zaburzenia równowagi kwasowo-zasadowej [Begum i wsp., 2005]. W praktyce, poważny problemem stanowi obniżenie wartości pH środowiska komórki mięśniowej, co jest ściśle powiązane z aktywnością treningową i/lub startową w sporcie. Intensywne wysiłki fizyczne nasilają proces glikolizy, indukując kumulację jonów wodorowych (H^+) i mleczanu, zwłaszcza gdy dostępność tlenu w miocytach jest niewystarczająca [Del Coso i wsp., 2010]. To obniżenie pH mięśni prowadzi do ich „zmęczenia” i zmniejszenia zdolności do efektywnej pracy m.in. z powodu kompetycji jonów H^+ z jonami wapnia w miejscu wiązania z troponiną, supresji fosforylacji oksydacyjnej i/lub resyntezy fosfokreatyny, hamowania kluczowych enzymów szlaku glikolitycznego, takich, jak m.in. fosforylaza glikogenowa i fosfofruktokinaza [Donaldson i wsp., 1978; Heibel i wsp., 2018; Heisler, 2004; Lancha Junior i wsp., 2015]. Dochodzi wówczas także do zmniejszenia szybkości generowania energii w mitochondriach komórek mięśniowych, m.in. z powodu zmniejszonego gradientu protonów macierzy mitochondrialnej do cytoplazmy komórki [Ciechanowski, 2012]. Warto dodać, że rosnące zakwaszenie wewnątrzkomórkowe jest uważane za jeden z wielu czynników usposabiających do subiektywnego postrzegania odczuwanego zmęczenia [Siegler i wsp., 2016], co jest między innymi wynikiem inhibicji kluczowych enzymów w metabolizmie energetycznym [Sahlin i wsp., 1975], jak również upośledzenia pobudliwości mięśniowej [Fabiato i Fabiato, 1978]. Należy zatem podkreślić, że nie tylko dostępność substratów energetycznych w formie glikogenu (z diety węglowodanowej) lub ciał ketonowych (z diety ketogenicznej), ale także wzmocnienie potencjału i zwiększanie pojemności systemów buforujących, może być istotne dla utrzymania optymalnej kurczliwości mięśni, zmniejszenia symptomów zmęczenia i finalnej zdolności sportowca do wykonywania efektywnego wysiłku fizycznego [Callahan i wsp., 2016; Heisler, 2004]. Podczas wysiłków o wysokiej intensywności, rosnące zakwaszenie mięśniowe jest

regulowane przez wewnątrzkomórkowe, zewnątrzkomórkowe i dynamiczne układy buforowe [Lancha Junior i wsp., 2015]. Ostatecznie jednak to bufor wodorowęglanowy jest w tym zakresie głównym czynnikiem regulującym potencjał systemów buforujących krwi [Juel, 2008]. Można zatem oczekiwać, że zwiększenie stężenia wodorowęglanów (HCO_3^-) prowadziłyby do stymulowania wydolności fizycznej i możliwości wykonywania wysiłków, zwłaszcza o wysokiej intensywności. W licznych pracach wykazano, że doustna podaż wodorowęglanu sodu (SB) prowadziła do wzrostu stężenia HCO_3^- i pH krwi [Carr i wsp., 2013; Driller i wsp., 2013; Percival i wsp., 2015], a także zwiększała efektywność wypływu H^+ i mleczanu z komórek mięśniowych do krwi [Bishop i wsp., 2007]. Sugeruje się również, że alkalozę metaboliczną w mięśniach szkieletowych może skutkować przyspieszeniem glikogenolizy i zwiększać tym samym zależność od zasobów glikogenu mięśniowego, jako kluczowego substratu energetycznego podczas wysiłku fizycznego, a także stymulować depolaryzację błony komórkowej i adaptację mitochondrialną [Percival i wsp., 2015; Hollidge-Horvat i wsp., 2000; Sostaric i wsp., 2006]. Ponadto, niższe stężenie HCO_3^- w surowicy i zwiększona luka anionowa przyczyniają się do zmniejszenia sprawności sercowo-oddechowej [Abramowitz i wsp., 2012].

Uwzględniając te efekty można przyjąć, że zewnątrzkomórkowa alkalizacja metaboliczna oddziałuje korzystnie na efektywność prowadzonych wysiłków fizycznych. Taką tezę sugerują wyniki prac, w których wykazano poprawę wskaźników rejestrowanych w trakcie wysiłków o wysokiej intensywności po podaży SB [Bishop i Claudius, 2005; Driller i wsp., 2013; Krustup i wsp., 2015; Price i wsp., 2003; Tobias i wsp., 2013]. Metaanalizy Peart`a i wsp. [2012] i Carr`a i wsp. [2011] również potwierdziły korzystny wpływ suplementacji SB na wydolność fizyczną i niektóre zdolności wysiłkowe. Z tego też powodu, podaż SB jest proponowana jako efektywne wsparcie ergogeniczne w sporcie. Jednakże do tej pory, skuteczność SB obserwowano głównie w dyscyplinach sportu, w których wysiłki trwały od jednej do czterech minut, natomiast wyniki uzyskane w krótszych i dłuższych okresach pracy mięśniowej były niejednoznaczne [Lancha Junior i wsp., 2015; Kersick i wsp., 2018]. Należy podkreślić, że możliwość praktycznego wdrożenia klasycznych protokołów suplementacji, zalecanych do tej pory w dostępnym piśmiennictwie (SB: 200–500 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ masy ciała, suplementowanego 60–150 min przed wysiłkiem [Carr i wsp., 2011; Maughan i wsp., 2018; Peart i wsp., 2012]), jest często niemożliwa do zastosowania, ze względu na częste występowanie problemów żołądkowo-jelitowych, m.in. nudności, biegunek, wzdęć, odbijania lub uczucia pragnienia [Browman, 2002; Kahle i wsp., 2013; Peart i wsp., 2012].

Ta właściwość znacząco ograniczyła stosowanie SB w celu zwiększenia pojemności buforującej, a tym samym zmniejszyła potencjalną możliwość bardziej efektywnego wykorzystania substratów energetycznych oraz zwiększenia skuteczności pracy mięśniowej w trakcie wysiłku.

Podsumowując, przedstawione powyżej modele żywienia i suplementacji posiadają znaczący potencjał ergogeniczny, który może oddziaływać istotnie na metabolizm wysiłkowy i końcową efektywność pracy mięśniowej. Te strategie żywieniowo-suplementacyjne zawierają jednak nadal szereg niewyjaśnionych dotąd aspektów, zarówno naukowych, jak i praktycznych, co czyni badania w obszarze faktycznego wpływu tego typu interwencji żywieniowo-suplementacyjnych na organizm sportowca w pełni uzasadnionym. Omówione powyżej zagadnienia stały się źródłem inspiracji naukowych Kandydata, co znalazło wyraz w przedstawianym osiągnięciu naukowym, obejmującym jednotematyczny cykl oryginalnych publikacji naukowych.

CEL BADAŃ ZAPREZENTOWANYCH W CYKLU PUBLIKACJI

Przeprowadzenie przez Kandydata niezbędnych badań w odniesieniach naukowych i praktycznych, w zakresie wybranych strategii żywieniowych i suplementacyjnych, wymagało ujęcia cyklu oryginalnych prac naukowych w dwóch aspektach. W pierwszym analizowano wpływ wdrożenia interwencji żywieniowych zróżnicowanych w zakresie specyfiki substratów energetycznych na zmianę metabolizmu wysiłkowego, wydolności fizycznej i zdolności wysiłkowych (**Publikacje H-1, H-2 i H-3**). Celowość wykonania badań w tym zakresie uzasadniają aspekty problematyki przedstawione w części „Wprowadzenie i omówienie znaczenia poruszanej tematyki badawczej”. Wskazują one, że ocena wpływu modeli interwencji żywieniowych opartych o niski i średni indeks glikemiczny, jak i podaż diety ketogenicznej, była w pewnych odniesieniach niejednoznaczna. Wiązało się to szczególnie ze stosowaniem niejednorodnych protokołów, krótkim okresem trwania badań, jak też brakiem danych o wpływie tych modeli dietetycznych na wysiłki o różnych zakresach intensywności.

Drugi aspekt (druga część cyklu) dotyczył strategii suplementacyjnych, które wspomagają zachowanie efektywności pracy mięśniowej w trakcie wysiłku, wykorzystując metodę zwiększenia pojemności buforującej (**Publikacje H-4 i H-5**).

Badania podjęte przez Kandydata w prezentowanym cyklu prac oryginalnych zmierzały zatem do uporządkowania metodycznego zagadnienia, poprzez uzupełnienie danych naukowych z tych obszarów (**Publikacje H-1, H-2, H-3, H-4 i H-5**).

Podsumowując, znacząca luka dotycząca naukowych i praktycznych aspektów skutecznego żywieniowo-suplementacyjnego wspomaganie ergogenicznego w sporcie, była impulsem do podjęcia kilkuletnich badań, których wyniki przedstawione zostały jako osiągnięcie naukowe, zamieszczone w ramach niniejszego jednotematycznego cyklu oryginalnych publikacji, zatytułowanego „Wpływ wybranych strategii żywieniowych i suplementacyjnych na wskaźniki metaboliczne, wydolność fizyczną i potencjał wysiłkowy sportowców”.

CELE GŁÓWNE

- 1) Ocena wpływu diet węglowodanowych o niskim i średnim indeksie glikemicznym oraz diety ketogenicznej na metabolizm wysiłkowy, w trakcie wysiłku progresywnego o wzrastającej intensywności.**
- 2) Weryfikacja wpływu diet węglowodanowych o niskim i średnim indeksie glikemicznym na aerobową wydolność fizyczną i zdolności wysiłkowe u sportowców.**
- 3) Ocena wpływu nowatorskiego protokołu progresywnej suplementacji wodorowęglanem sodu na wydolność fizyczną i specyficzne zdolności wysiłkowe u sportowców.**

PUBLIKACJE PIERWSZEJ CZĘŚCI CYKLU (Publikacje H-1, H-2 i H-3)

Uwzględniając znaczenie węglowodanów i tłuszczów, jako substratów energetycznych wykorzystywanych w trakcie wysiłku, w **publikacjach H-1, H-2 i H-3** zmierzano do określenia wpływu wdrożonych modeli interwencji żywieniowych, zróżnicowanych w zakresie specyfiki substratów energetycznych i podawanych w całodziennych racjach pokarmowych w okresie ≥ 3 tygodni, poprzez ocenę zmiany wybranych wskaźników metabolizmu wysiłkowego, wydolności aerobowej i zdolności wysiłkowych. W tym celu

badanym sportowcom implementowano dietę węglowodanową o niskim i średnim indeksie glikemicznym oraz dietę ketogeniczną.

Celem tych działań naukowych było wykazanie wpływu wdrożonych interwencji żywieniowych na zmianę metabolizmu wysiłkowego, związanego z wykorzystaniem węglowodanów i tłuszczów jako substratów energetycznych oraz wydatkiem energetycznym, przy różnych poziomach intensywności wysiłku (**Publikacja H-1 i H-2**). Realizacja tego celu była możliwa dzięki zastosowaniu badań metabolicznych w trakcie testu progresywnego o wzrastającej intensywności. Weryfikacja obserwowanych zmian (**Publikacja H-1 i H-2**) miała być podstawą do oceny możliwości wykorzystania tych diet w zakresie wspomagania aerobowej wydolności fizycznej i zdolności wysiłkowych (**Publikacja H-3**).

PUBLIKACJE DRUGIEJ CZĘŚCI CYKLU (Publikacje H-4 i H-5)

Uwzględniając obserwacje poczynione w pierwszej części cyklu, Kandydat skłania się ku tezie, że efektywność implementowanych w badaniach naukowych i praktyce diet dostarczających optymalnej ilości węglowodanów i/lub tłuszczów, zwłaszcza w trakcie wysiłków fizycznych, może zależeć od zdolności organizmu do zmaksymalizowania efektywności funkcjonowania szlaków energetycznych, regulujących wydajność przetwarzania i wykorzystania tych substratów energetycznych. Jak już wspomniano, kluczową rolę w tym zakresie może stanowić zwiększenie pojemności buforującej. Z tego względu w pracach **H-4 i H-5** skoncentrowano się na weryfikacji wpływu nowej strategii suplementacji wodorowęglanem sodu, która pozwoliłaby unikać wystąpienia, deklarowanych w praktyce sportowej, zaburzeń żołądkowo-jelitowych, przy jednoczesnym, korzystnym efekcie w obszarze zdolności wysiłkowych.

METODYKA BADAWCZA ZASTOSOWANA W CYKLU PUBLIKACJI

Wszystkie procedury badawcze zamieszczone w ramach prezentowanego cyklu oryginalnych publikacji były ocenione i zatwierdzone przez właściwą lokalną Komisję Bioetyczną. Wszelkie działania prowadzono zgodnie z rekomendowanymi standardami etycznymi zalecanymi w Deklaracji Helsińskiej, a pisemna i świadoma zgoda od wszystkich uczestników została uzyskana przed rozpoczęciem badań. Niniejsze badania zastały także zgłoszone i zarejestrowane jako badania kliniczne w rejestrze *Clinical Trials Gov* (Numery

rejestracyjne badań klinicznych: NCT03062527; NCT03665948; NCT03165357 i NCT03406065).

Protokół badań

Prowadzone badania w zależności od procedury obejmowały pięć (**Publikacje H-1, H-3 i H-4**) lub trzy (**Publikacje H-2 i H-5**) terminy badawcze. Spotkanie wstępne (T₀) polegało na zapoznaniu się uczestników z protokołem badania, procedurą wykonywania prób czynnościowych i pomiarów antropometrycznych, metodami wykonywania zapisu i rejestracji sposobu żywienia oraz przestrzegania diety, a także wypełniania kwestionariusza aktywności fizycznej. Kolejne terminy obejmowały już właściwe procedury badawcze, odpowiednio przed oraz po wdrożeniu zaplanowanych interwencji żywieniowych/suplementacyjnych.

Badania antropometryczne i składu ciała - (Publikacje H-1, H-2, H-3, H-4 i H-5)

Masę i wysokość ciała zarejestrowano z wykorzystaniem wagi medycznej ze stadiometrem (WPT 60/150 OW, RADWAG[®], Polska). Skład ciała oceniano w oparciu o technikę pletyzmografii przy użyciu analizatora Bod Pod[®] (Cosmed, Włochy). Całkowity poziom wody oceniono za pomocą analizy metodą impedancji bioelektrycznej (Bodystat 1500, Wielka Brytania).

Ocena całodobowych wydatków energetycznych - (Publikacje H-1, H-2 i H-3)

Całodobowe wydatki energetyczne oszacowano na podstawie analizy danych z wykorzystaniem metody monitoringu częstości skurczów serca (HR) (Polar RS-400, Finlandia), w oparciu o wcześniej zwalidowaną metodę analiz, prowadzonych w warunkach naturalnych [Durkalec-Michalski i wsp., 2013].

Badania czynnościowe

Test progresywny na cykloergometrze (ICT) - (Publikacje H-1, H-2, H-3 i H-4)

W protokole prac **H-1, H-2 i H-3** uczestnicy wykonywali progresywny test na cykloergometrze (ICT) (Kettler X1, Niemcy). Testy przeprowadzono w godzinach porannych. Warunki w laboratorium były wystandaryzowane. Wszystkie badania były nadzorowane przez tego samego, doświadczonego w tym zakresie prowadzącego (Kandydat). Obciążenie podczas ICT zwiększano co 1,5 min o 25 W, a badane osoby były zobowiązane

do utrzymania tej samej stałej kadencji (70 ± 5 obr./min). Wskaźniki oddechowe i HR monitorowano w sposób ciągły (metodą „*breath-by-breath*”), za pomocą systemu ergospirometrycznego Quark CPET (Cosmed, Włochy).

12-min test biegowy (test Coopera) - (Publikacja H-3)

Wytrzymałościowe zdolności wysiłkowe definiowano na podstawie oceny pokonanej odległości (w metrach) podczas 12-min testu biegowego, prowadzonego w małych grupach (4-6 biegaczy) na stadionie lekkoatletycznym. Zastosowanie 12-min testu biegowego pozwalało na objęcie badaniami zarówno biegaczy na średnich, jak i długich dystansach (reprezentanci obu tych grup uczestniczyli w protokole badawczym).

Test Fight Gone Bad (FGB) - (Publikacja H-4)

Ocenę specyficznych zdolności wysiłkowych - typowych dla programów treningowych, jak CrossFit, wykonano w oparciu o analizę wyników uzyskanych przez uczestników w treningu *Fight Gone Bad* (FGB). FGB składa się z powtarzanych w trzech rundach serii 5-ciu jednoczynnikowych ćwiczeń wielostanowiskowych (*sumo deadlift high-pulls* - unoszenie sztangi do wysokości barków; *wall ball shots (wall ball)* - rzuty piłką lekarską do tarczy; *box jumps* - naskok i zeskok ze skrzyni; *push presses* - wypychanie sztangi nad głowę; *rowing* - ćwiczenie wykonywane na ergometrze wioślarskim). Rundy były oddzielone jednoczynnikowymi przerwami. Powtórzenia były uznawane za prawidłowe tylko wtedy, gdy uczestnik wykonał pełen poprawny technicznie zakres ruchu (wymagany dla każdego ćwiczenia). Cały trening FGB trwał 17 min (3 rundy x 5 min i 2 przerwy x 1 min).

Test Wingate - (Publikacja H-5)

Wydolność anaerobową oceniano za pomocą klasycznego testu Wingate na cykloergometrze (Monark 894E, Szwecja), zgodnie z wszelkimi zaleceniami rekomendowanymi przy prowadzeniu tego testu. Test trwał 30 s, a obciążenie zewnętrzne dostosowywano indywidualnie (7,5% masy ciała). Zarejestrowane wyniki obejmowały wskaźniki m.in. mocy szczytowej, średniej i minimalnej, czasu do osiągnięcia mocy szczytowej oraz maksymalną szybkość, które analizowano za pomocą oprogramowania *Monark Anaerobic Test Software* (Monark, Szwecja).

Manekinowy test rzutowy - (Publikacja H-5)

Specyficzną dla sportu zapaśniczego zdolność wysiłkową określono za pomocą swoistego rzutowego testu manekinowego, który został zmodyfikowany w celu odzwierciedlenia walki zapaśniczej. Test składał się z naprzemiennych rund:

- a) wolnej - celem było wykonanie czterech rzutów suplesowych w ciągu 30 s,
 - b) szybkiej – celem było wykonanie jak największej liczby rzutów suplesowych w ciągu 15 s.
- W każdym teście poszczególne rundy wykonywano naprzemiennie przez 3 min (cztery rundy szybkie i cztery rundy wolne). Wynik testu oceniano na podstawie analizy sumy prawidłowo wykonanych rzutów, wykonanych tylko w „szybkich” rundach.

Charakterystyka interwencji żywieniowych

Badane osoby otrzymały 7–10-dniowe plany żywieniowe dla każdego z ewaluowanych modeli dietetycznych, bazujących na diecie węglowodanowej o niskim (LGI= 39 ± 1) i średnim (MGI= 69 ± 1) indeksie glikemicznym (**Publikacje H-1 i H-3**) lub diecie ketogenicznej (**Publikacje H-2**). Następnie interwencja żywieniowa była prowadzona przez trzy (w dietach LGI i MGI) (**Publikacje H-1 i H-3**) kolejne tygodnie. W przypadku diety KD, okres jej stosowania wydłużono o dodatkowe 7 dni w stosunku do badań z zastosowaniem diet LGI i MGI (**Publikacja H-2**), co wynikało z konieczności umożliwienia badanym sportowcom adaptacji do KD, która trwa przeciętnie około tygodnia.

Wszystkie prowadzone interwencje żywieniowe przygotowano przy użyciu pakietu oprogramowania Dietetyk 2 (JuMar, Polska). Wartość energetyczna diet (LGI, MGI i KD) została dostosowana do indywidualnych wydatków energetycznych każdego badanego. Dzienny pobór energii podzielono na 5–6 posiłków w ciągu dnia. Diety opracowano z uwzględnieniem rodzaju żywności, metod przygotowania i w oparciu o wcześniej ustalone założenia udziału poszczególnych składników odżywczych. Przez cały okres interwencji żywieniowej uczestnicy prowadzili dziennik żywieniowy, co umożliwiło ocenę zgodności faktycznej realizacji diety każdego uczestnika, z zaplanowaną dla niego interwencją żywieniową. Ponadto, w przypadku wszystkich diet, zgodnie z zaleceniami, rekomendowano optymalny pobór płynów w ciągu dnia oraz dodatkową spersonalizowaną procedurę nawadniania przed, w trakcie i po treningu.

a) Specyfika badanych diet węglowodanowych bazujących na indeksie glikemicznym

Skład normoenergetycznych diet MGI i LGI przygotowano w oparciu o podaż 1,6 g·kg⁻¹ masy ciała białek, około 25% energii z tłuszczów i około 60–64% węglowodanów. Wypadkowy indeks glikemiczny, przyjęty dla produktów wykorzystanych przy projektowaniu jadłospisów, bazował na dostępnych danych literaturowych [Aston i wsp., 2008; Henry i wsp., 2005; Foster-Powell i wsp., 2002].

b) Specyfika badanej diety ketogenicznej

Dieta KD była znormalizowana energetycznie i dostosowana do oszacowanych całodobowych wydatków energetycznych. Zgodnie z zaleceniami, dieta dostarczała nie więcej, niż 5% energii z CHO [Evans i wsp., 2017; McSwiney i wsp., 2018; Paoli i wsp., 2015; Westman i wsp., 2007]. Podaż białek dostosowano na poziomie 1,7 g·kg⁻¹ masy ciała. Udział energii z tłuszczów wynosił ponad 75% energii i pokrywał pozostałą energię dostarczoną w całodziennych racjach pokarmowych. W badaniach zapewniono odpowiednią podaż niezbędnych kwasów tłuszczowych w diecie.

SZCZEGÓŁOWE OMÓWIENIE PRAC WŁĄCZONYCH DO PIERWSZEJ CZĘŚCI CYKLU**“PUBLIKACJA H-1”**

Durkalec-Michalski K., Zawieja E, Zawieja B., Podgórski T., Jurkowska D., Jeszka J. Influence of low versus moderate glyceemic index of diet on substrate oxidation and energy expenditure during incremental exercise in endurance athletes: A randomized counterbalanced cross-over trial. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 2018; 69(6): 741-752. DOI: 10.1080/09637486.2017.1411891.

Celem tej publikacji była ocena wpływu 3-tygodniowej diety o niskim (LGI) i średnim (MGI) indeksie glikemicznym na wykorzystanie substratów energetycznych oraz wydatki energetyczne w trakcie testu progresywnego o stopniowo wzrastającej intensywności (ICT). Postawiono w nich hipotezę, że utlenianie tłuszczów w trakcie ICT będzie wyższe po trzech tygodniach stosowania diety LGI, w porównaniu do wyników uzyskanych po zastosowaniu diety MGI.

Badania przeprowadzono w grupie 17 biegaczy (7 kobiet i 10 mężczyzn). Po badaniach wstępnych sportowcy uczestniczyli w dwóch protokołach 3-tygodniowych interwencji żywieniowych prowadzonych w układzie krzyżowym i rozdzielonych 14-dniowym okresem przerwy (*washout*). Podczas każdej z serii badawczych (dieta MGI i LGI) uczestnicy otrzymali diety izoenergetyczne. W trakcie prób czynnościowych oceniano metabolizm wysiłkowy, w oparciu o analizę wykorzystania substratów energetycznych i wydatków energetycznych.

Zgodność pomiędzy implementowaną dietą a oceną prowadzonej przez badane osoby rejestracji codziennego żywienia była wysoka i nie stwierdzono różnic pomiędzy zaleceniami a ich rzeczywistą realizacją.

Nie zaobserwowano istotnych różnic pomiędzy poszczególnymi terminami badań (początkowymi przed interwencją żywieniową: MGI_{pre} , LGI_{pre} ; po interwencji żywieniowej: MGI_{post} , LGI_{post}), w odniesieniu do szybkości utleniania tłuszczów ($g \cdot min^{-1}$). Jednakże, analiza pola powierzchni pod krzywą (AUC) wykazała niższy stopień utleniania tłuszczów po diecie MGI i LGI, w odniesieniu do wartości początkowych przed wdrożeniem tych diet. Nie stwierdzono natomiast znaczących różnic pomiędzy tymi dietami (LGI_{post} vs MGI_{post}). Szybkość utleniania węglowodanów (CHO) była jednak wyższa ($p < 0,05$) po diecie MGI w trakcie ICT. Szczegółowa analiza poszczególnych punktów intensywności wysiłku wykazała, że stopień wykorzystania CHO wzrósł ($p < 0,05$) zarówno w niskich (30–40% VO_{2max}), jak i wysokich (75–85 i 100% VO_{2max}) zakresach intensywności. Nie stwierdzono natomiast istotnych różnic utleniania CHO (w $g \cdot min^{-1}$) po diecie LGI, w odniesieniu do wartości początkowych (LGI_{pre}) i wyników po diecie MGI.

Z kolei, analiza AUC dla wykorzystania badanych substratów energetycznych wykazała po diecie MGI wzrost % utlenienia CHO ($p < 0,01$), podczas gdy AUC dla % wykorzystania tłuszczów było niższe ($p < 0,01$) po tej diecie (MGI). Jednakże, AUC % wykorzystania substratów energetycznych nie różniło się po diecie LGI (w odniesieniu LGI_{pre} i wyników po diecie MGI).

Ocena wydatku energetycznego (EE) ($kcal \cdot min^{-1}$) wykazała wyższą wartość EE po diecie MGI (MGI_{post} vs MGI_{pre}) podczas całego wysiłku ICT ($p < 0,01$). Analizując każdy punkt zakresu intensywności osobno stwierdzono, że EE wzrósł ($p < 0,01$) po diecie MGI_{post} odpowiednio przy średniej i wysokiej (50, 60, 75–85 i 100% VO_{2max}) intensywności wysiłku. Nie wykazano jednak znaczących różnic EE po stosowaniu diety LGI (w odniesieniu do LGI_{pre} i MGI_{post}).

Ocena poboru tlenu (VO_2 , $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$) w trakcie ICT wskazała, że wskaźnik ten był wyższy ($p<0,01$) w każdym z badanych punktów zakresów intensywności (30–100% VO_2max) po diecie MGI w porównaniu do wartości początkowych (MGI_{pre}). Podobnie, po MGI stwierdzono także wzrost ($p<0,05$) objętości wydalanego ditlenku węgla (VCO_2) w trakcie ICT, przy czym szczegółowa analiza poszczególnych punktów intensywności wskazała, że dotyczyło to głównie niskich i średnich (30–50 i 60% VO_2max , $p<0,05$) intensywności wysiłku. Jednocześnie, nie odnotowano znaczących różnic EE, VO_2 i VCO_2 , po diecie LGI w odniesieniu do LGI_{pre} i MGI_{post} .

Podsumowując, należy wskazać, że w niniejszych badaniach zaobserwowano także wzrost wartości VO_2max po diecie MGI (z około $3383 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ do około $3515 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$, $p<0,01$). Co więcej, po diecie MGI dłuższy był również czas do wyczerpania podczas ICT w porównaniu do LGI_{post} (około 12:58 min vs około 12:32 min, $p<0,05$).

Wnioski ogólne

W badaniach nie potwierdzono przyjętej hipotezy badawczej, ponieważ stwierdzono, że obie badane diety węglowodanowe, niezależnie od ich indeksu glikemicznego, wpływają na obniżenie stopnia utleniania tłuszczów podczas progresywnego wysiłku fizycznego. Wykazano jednak, że dieta o średnim indeksie glikemicznym w większym stopniu oddziałuje na metabolizm wysiłkowy i udział substratów energetycznych w procesach energetycznych. Wiązało się to ze zwiększonym procentowym utlenianiem CHO i zmniejszonym wykorzystaniem tłuszczów. Ponadto, po zastosowaniu diety MGI wydatek energetyczny i szybkość utleniania węglowodanów także wzrosły. Jednocześnie maksymalny pobór tlenu oraz objętość pobieranego tlenu i wydalanego ditlenku węgla również były większe po diecie MGI, a czas do wyczerpania w trakcie ICT był istotnie dłuższy po diecie MGI w porównaniu z dietą LGI. Przeprowadzone badania wskazały zatem na większe korzyści stosowania diety MGI w zakresie wspomagania efektywności metaboliczno-wydolnościowej organizmu. Tego rodzaju dieta wiąże się jednak z szybszym wykorzystywaniem zasobów węglowodanowych, co należy uwzględnić przed jej zastosowaniem - w zależności od charakteru dyscypliny sportu i potrzeb zawodnika.

“PUBLIKACJA H-2”

Durkalec-Michalski K., Nowaczyk P.M., Siedzik K. Effect of a four-week ketogenic diet on exercise metabolism in CrossFit-trained athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 2019; 16(1): 16. DOI: 10.1186/s12970-019-0284-9.

Celem drugiej publikacji pierwszej części cyklu (Publikacja H-2) była ocena wpływu czterotygodniowej diety ketogenicznej (KD) na specyfikę wykorzystania tłuszczów i węglowodanów (CHO) podczas testu progresywnego (ICT) u sportowców trenujących CrossFit. W pracy przyjęto hipotezę, że 4-tygodniowa dieta KD u aktywnie trenujących kobiet i mężczyzn wpłynie na zmiany wykorzystania substratów energetycznych, związane z większym wykorzystaniem tłuszczów podczas wysiłków i że adaptacje metaboliczne w tym zakresie będą się różnić w zależności od intensywności wysiłku i płci badanych osób.

Badania przeprowadzono w grupie 22 osób trenujących CrossFit (11 kobiet i 11 mężczyzn). Po włączeniu do badań uczestnicy rozpoczęli 14-dniową fazę wstępną, podczas której odżywiali się w sposób zwyczajowy (dieta CD) i jednocześnie rejestrowali wszystkie spożywane posiłki i napoje metodą bieżącego notowania. Po tym okresie badań w pierwszym terminie badań (T₁), wykonywali test progresywny na cykloergometrze (ICT). Następnego dnia (po T₁) rozpoczynano interwencję żywieniową związaną ze spożywaniem diety KD. Jej wpływ analizowano po czterech tygodniach w trakcie drugiego terminu badawczego (T₂). W prowadzonych badaniach czynnościowych oceniano metabolizm wysiłkowy, w oparciu o analizę wykorzystania substratów energetycznych i wydatków energetycznych. Ponadto, w celu uzyskania dodatkowego potwierdzenia zgodności właściwego stosowania wdrożonej diety KD, oceniano stężenie β -hydroksymaślanu (β HB) w próbkach krwi oraz obecność ciał ketonowych (KB) w moczu.

Zgodność pomiędzy implementowaną dietą a oceną prowadzonej przez badane osoby rejestracji żywienia była wysoka i nie stwierdzono różnic pomiędzy zaleceniami, a ich rzeczywistą realizacją. Co istotne w przypadku KD zgodność właściwego przestrzegania diety przez badane osoby potwierdziła także analiza stężenia β HB we krwi i obecności KB w moczu.

U kobiet szybkość utleniania tłuszczów i procentowy udział utleniania tłuszczów w metabolizmie energetycznym były zauważalnie wyższe po KD (intensywności >60% VO₂max), jednak istotne różnice po KD i podczas CD stwierdzono w tym zakresie jedynie przy intensywności 85% VO₂max (p<0,05). U mężczyzn szybkość utleniania tłuszczów po KD

w odniesieniu do diety CD była wyższa w trakcie próby ICT ($p < 0,05$). Szczegółowa analiza poszczególnych punktów intensywności wysiłku wykazała znaczące różnice w tym zakresie przy niskiej i średniej (35 i 50–65% VO_2max , $p < 0,05$) intensywności wysiłku. Jeszcze większą efektywność w tym względzie stwierdzono w ocenie % udziału tłuszczów w metabolizmie energetycznym, który był wyższy w znacznie szerszych zakresach intensywności (30–35, 50–70 i 80% VO_2max , $p < 0,05$).

Ocena specyfiki wykorzystania CHO wykazała z kolei, że u kobiet szybkość utleniania CHO po KD była choć nieistotnie, to jednak zauważalnie niższa od około 65% VO_2max , w porównaniu z dietą CD. Jednocześnie, % udział CHO w metabolizmie energetycznym był u kobiet znacząco niższy ($p < 0,05$) po KD przy intensywności: 50–55, 75 i 85% VO_2max . U mężczyzn, pomimo, że szybkość utleniania CHO była nieistotnie, choć dostrzegalnie niższa po KD w porównaniu do CD podczas próby ICT, to zarejestrowane wyniki różniły się w tym względzie istotnie w niskich i średnich zakresach (30, 50–65% VO_2max , $p < 0,05$) intensywności wysiłku. Podobnie, udział utleniania CHO w metabolizmie energetycznym podczas wysiłku był również niższy u mężczyzn po KD (w odniesieniu do CD), dla nieco szerszych zakresów (30–35 oraz 50–70% VO_2max , $p < 0,05$) intensywności wysiłku.

W niniejszej pracy oceniono także specyfikę wykorzystania substratów energetycznych i wydatku energetycznego w odniesieniu do płci badanych osób. Wykazano, że szybkość utleniania tłuszczów była wyższa ($p < 0,05$) podczas CD u kobiet w szerokim zakresie (40–70% VO_2max) intensywności wysiłku. W zbliżonych zakresach intensywności (30 oraz 40–70% VO_2max), stwierdzono podczas CD wyższy ($p < 0,05$) u kobiet % udział tłuszczów w metabolizmie energetycznym. Po KD, pomimo widocznych różnic pomiędzy kobietami i mężczyznami, nie odnotowano istotnych różnic w zakresie szybkości utleniania i % udziału energii z tłuszczów. Jednakże, pewne zauważalne międzypłciowe różnice obserwowano w średnich i wysokich zakresach intensywności (70–100% VO_2max), a udział utleniania tłuszczów w metabolizmie energetycznym był w tym względzie nieco wyższy u kobiet w porównaniu z mężczyznami.

W przypadku oceny szybkości utleniania CHO wykazano natomiast, że w trakcie CD u mężczyzn wskaźnik ten był wyższy ($p < 0,05$) jedynie przy intensywności 45% VO_2max , pomimo pewnych widocznych różnic (w odniesieniu do kobiet) w niskich i średnich zakresach intensywności. Ponadto, o ile % udział CHO w metabolizmie energetycznym był wyższy ($p < 0,05$) podczas diety CD u mężczyzn w porównaniu do kobiet, w stosunkowo szerokich

zakresach intensywności (30, 40–70% VO_2max), to po KD różnice międzypłciowe w tym zakresie były znaczące jedynie przy intensywnościach 45–50% VO_2max .

Należy również wspomnieć, że chociaż EE ($\text{kcal}\cdot\text{min}^{-1}$) badanych osób podczas ICT wydawał się być porównywalny w trakcie CD i po KD, to jednak u kobiet zarejestrowano niższe ($p<0,05$) EE po KD, przy średnich i wysokich intensywnościach (55 i 85–95% VO_2max). Co więcej, u mężczyzn podczas CD i po KD, EE były znacząco wyższe w porównaniu do kobiet, w każdym z analizowanych zakresów intensywności. Warto jednak podkreślić, że po wyrażeniu EE w odniesieniu do beztłuszczowej masy ciała ($\text{kcal}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}_{\text{FFM}}^{-1}$) nie zaobserwowano już różnic pomiędzy mężczyznami a kobietami. Jednocześnie, u kobiet po KD, a w porównaniu do CD, EE był niższy ($p<0,05$) zarówno przy niskich, średnich i wysokich (45, 55–65, 75 i 85–95% VO_2max) intensywnościach wysiłku.

W niniejszych badaniach dokonano również analiz pola powierzchni pod krzywą (AUC) wykorzystania badanych substratów energetycznych i wydatku energetycznego podczas CD i po KD u kobiet i mężczyzn. U kobiet nie stwierdzono różnic AUC w przypadku szybkości utleniania tłuszczów i CHO, czy procentowego udziału utleniania tłuszczów i CHO w metabolizmie energetycznym, w trakcie ICT pomiędzy dietami CD i KD. Jednakże u kobiet, AUC dla EE ($\text{kcal}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}_{\text{FFM}}^{-1}$) było znacznie niższe po KD, aniżeli w trakcie CD. U mężczyzn AUC w zakresie szybkości oraz % udziału utleniania tłuszczów w metabolizmie energetycznym były znacznie wyższe po KD w porównaniu do CD. Nie było jednak różnic w procentowych zmianach AUC pomiędzy kobietami i mężczyznami dla żadnego z mierzonych wskaźników metabolicznych. Ponadto, w większym stopniu mężczyźni, w porównaniu z kobietami, wydawali się odznaczać wzrostem AUC wykorzystania tłuszczów i zmniejszeniem AUC wykorzystania CHO po diecie KD, chociaż nadal różnice w tym zakresie nie wykazywały istotności statystycznych.

Dane pozyskane w tej pracy były również interpretowane w odniesieniu do intensywności wysiłku niższej/równej lub wyższej aniżeli 65% VO_2max . U kobiet, przy $\leq 65\%$ VO_2max , nie stwierdzono różnic w AUC wykorzystania tłuszczów lub CHO ($\text{g}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}_{\text{FFM}}^{-1}$ i % utleniania) lub EE ($\text{kcal}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}_{\text{FFM}}^{-1}$) pomiędzy dietami CD a KD. U mężczyzn zaobserwowano natomiast znaczący wzrost wykorzystania tłuszczów i obniżenie utylizacji CHO. Przy intensywności $>65\%$ VO_2max zarejestrowano natomiast zmniejszenie AUC dla % utleniania CHO i EE ($\text{kcal}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}_{\text{FFM}}^{-1}$) u kobiet. W tym zakresie intensywności nie zaobserwowano znaczących różnic u mężczyzn. W żadnym z zakresów intensywności

wysiłku (przy $\leq 65\%$ VO_{2max} lub $>65\%$ VO_{2max}) nie odnotowano różnic międzypłciowych dla procentowych zmian AUC badanych wskaźników.

Wnioski ogólne

Wykonane badania potwierdziły przyjętą hipotezę badawczą. W porównaniu z dietą zwyczajową, 4-tygodniowa dieta ketogeniczna skutkuje większym utlenianiem tłuszczów i niższym utlenianiem węglowodanów przy intensywności wysiłków $\leq 65\%$ VO_{2max} u mężczyzn. U kobiet obserwowane są jedynie pewne tendencje do zwiększonego utleniania tłuszczów przy intensywności wysiłku $>65\%$ VO_{2max} po KD. Jednakże, w przypadku całościowej oceny wpływu diety KD to mężczyźni wydają się być bardziej podatni na zmiany wykorzystania makroskładników odżywczych podczas wysiłku. Przedstawione dane dotyczące adaptacji metabolicznej w odpowiedzi na KD wydają się zatem wskazywać, że sportowcy w konkurencjach, takich jak CrossFit, mogą skutecznie przystosować się w tym względzie do treningu w szerokim, ale jednocześnie zależnym od płci zakresie intensywności pracy mięśniowej.

“PUBLIKACJA H-3”

Durkalec-Michalski K., Zawieja E, Zawieja B., Jurkowska D., Buchowski M.S., Jeszka J. Effects of low versus moderate glycemic index diets on aerobic capacity in endurance runners: three-week randomized controlled crossover trial. *Nutrients*, 2018; 10(3): 370. DOI: 10.3390/nu10030370.

Celem trzeciej publikacji pierwszej części cyklu (Publikacja H-3) była ocena wpływu 3-tygodniowej diety o niskim (LGI) i średnim (MGI) indeksie glikemicznym na wydolność aerobową i zdolności wysiłkowe u biegaczy. Badania te stanowiły kontynuację publikacji H-1 i miały określić czy diety węglowodanowe zróżnicowane w zakresie indeksu glikemicznego, oprócz potencjału w zakresie modulowania metabolizmu wysiłkowego (praca H-1), oddziałują również na adaptację wysiłkową. W pracy H-3 postawiono hipotezę, że u aktywnie trenujących sportowców dieta LGI w porównaniu do MGI może indukować poprawę wskaźników wydolności tlenowej (maksymalny pobór tlenu, próg wymiany gazowej) i zdolności wysiłkowych (odległość w 12-min teście biegowym; czas do wyczerpania i maksymalne obciążenie w trakcie testu progresywnego ICT).

Badania przeprowadzono w grupie 21 biegaczy (8 kobiet i 13 mężczyzn). Każda z badanych grup biegowych przestrzegała zwyczajowego i stałego harmonogramu treningowego w trakcie okresu prowadzenia badań. Sportowcy uczestniczyli w protokołach dwóch 3-tygodniowych interwencji żywieniowych, prowadzonych w układzie krzyżowym i rozdzielonych 14-dniowym okresem przerwy (*washout*). Podczas każdej z serii badawczej (dieta MGI i LGI) uczestnicy otrzymali diety izoenergetyczne. W trakcie prób czynnościowych oceniano wydolność aerobową w podczas testu ICT oraz specyficzne zdolności wysiłkowe w trakcie 12-min testu biegowego.

Zgodność pomiędzy wdrożoną dietą a oceną prowadzonej przez badane osoby rejestracji żywienia była wysoka i nie stwierdzono różnic pomiędzy zaleceniami a ich rzeczywistą realizacją. W rezultacie wdrożenia obu eksperymentalnych modeli interwencji żywieniowych, masa ciała była niższa po LGI, aniżeli po MGI ($p=0,0483$, około $-0,8\text{kg}$). Wartości masy, jak i wskaźniki składu ciała nie różniły się jednak znacząco po diecie MGI i LGI w odniesieniu do wartości początkowych, przed wdrożeniem tych diet.

W przypadku analizy wskaźników oddechowych, VO_2max ($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$) zwiększył się znacząco po diecie MGI, w porównaniu do wyników bazowych (przed MGI) ($p=0,0159$, około $3,8\%$). Jednakże, po adjustacji wartości tego wskaźnika w odniesieniu do masy ciała ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$), nie obserwowano już istotnych różnic w tym zakresie. Po diecie LGI poprawił się natomiast czas do wyczerpania ($p=0,0474$, około $5,5\%$), w porównaniu do wyników początkowych (LGI_{pre} - przed stosowaniem tej diety). HR_{max} różniło się istotnie po obu dietach (LGI: $p=0,0001$, MGI: $p=0,0359$). Różnice w przypadku HR_{max} obserwowano także pomiędzy grupami - przed stosowaniem diet MGI i LGI ($p=0,0003$), jak również po tych dietach ($p=0,0163$). Należy jednak wskazać, że zmiany tego wskaźnika można w praktyce uznać za klinicznie nieistotne.

W niniejszej pracy stwierdzono zmiany wielkości wskaźników przy progu wymiany gazowej (GET). W odniesieniu do wyników bazowych, przed wdrożeniem interwencji żywieniowych (MGI_{pre} i LGI_{pre}), czas do uzyskania GET w trakcie ICT wydłużył się znacząco zarówno po diecie MGI ($p=0,0091$, około $5,7\%$), jak i diecie LGI ($p=0,0003$, około $4,7\%$). Podobnie, moc progowa (obciążenie progowe cykloergometru) przy GET (W_{GET}) wzrosła znacząco po diecie MGI (w porównaniu do MGI_{pre} : $p=0,0459$, około $4,4\%$) i LGI (w porównaniu do LGI_{pre} : $p<0,0001$, około $6,2\%$).

Uwagę zwraca także fakt stwierdzonych w niniejszej pracy zmian w zakresie wytrzymałościowych zdolności wysiłkowych. Zarejestrowano, że średnia długość dystansu

pokonywanego w 12-min teście biegowym zwiększyła się istotnie po diecie LGI w porównaniu do wartości wyjściowych ($p=0,0015$, około 2,1%). Nie stwierdzono natomiast zmian tego wskaźnika przed i po stosowaniu diety MGI.

Wnioski ogólne

W pracy częściowo potwierdzono przyjęte hipotezy i wykazano, że 3-tygodniowa dieta węglowodanowa o niskim indeksie glikemicznym (LGI) wpływa u biegaczy wytrzymałościowych na niewielką, ale jednocześnie znaczącą poprawę zdolności wysiłkowych, związanych ze zwiększeniem długości dystansu pokonywanego w czasie 12-min testu biegowego oraz wydłużeniem czasu do wyczerpania podczas wysiłku progresywnego (ICT) na cykloergometrze. Dieta węglowodanowa o średnim indeksie glikemicznym (MGI) prowadzi natomiast do wzrostu wartości VO_{2max} , ale jednocześnie nie wpływa na specyficzne biegowe zdolności wysiłkowe. Sugeruje to, że potencjał metaboliczny i wydolnościowy może niekoniecznie jednoznacznie rzutować na końcową efektywność wykonywania wysiłku fizycznego. Finalnie jednak, obie diety węglowodanowe LGI i MGI korzystnie wspomagają adaptację aerobową w zakresie poprawy czasu i mocy progowej (obciążenia cykloergometru) przy progu wymiany gazowej w trakcie ICT.

SZCZEGÓŁOWE OMÓWIENIE PRAC WŁĄCZONYCH DO DRUGIEJ CZĘŚCI CYKLU

“PUBLIKACJA H-4”

Durkalec-Michalski K., Zawieja E.E., Podgórski T., Łoniewski I., Zawieja B.E., Warzybok M., Jeszka J. The effect of chronic progressive-dose sodium bicarbonate ingestion on CrossFit-like performance: A double-blind, randomized cross-over trial. PLoS ONE, 2018; 13(5): e0197480. DOI: 10.1371/journal.pone.0197480.

Celem pierwszej publikacji zawartej w drugiej części cyklu była ocena wpływu autorskiego protokołu schematu progresywnej suplementacji wodorowęglanem sodu na wydolność tlenową, specyficzne zdolności wysiłkowe oraz zmianę stężenia wybranych markerów biochemicznych we krwi przed i po wysiłku w wybranej grupie osób trenujących CrossFit. W niniejszej pracy przyjęto hipotezę, że wdrożona suplementacja

będzie skutecznie wspomagać poprawę wydolności tlenowej i zdolności wysiłkowych, bez skutków ubocznych ze strony przewodu pokarmowego, które związane były w praktyce z klasycznym protokołem podawania wodorowęglanu sodu (SB).

Badania przeprowadzono w grupie 21 osób trenujących CrossFit (9 kobiet i 12 mężczyzn). Protokół badań obejmował dwa 10-dniowe okresy suplementacji rozdzielone 14-dniowym okresem przerwy (*washout*). Procedury prowadzono zgodnie ze standardem randomizowanych, kontrolowanych placebo badań krzyżowych z podwójnie ślepą próbą. Nowatorski model suplementacji prowadzono poprzez stopniowe zwiększanie podawanej dawki SB i/lub placebo (PLA). Preparat suplementowano zgodnie z następującym układem (dawki SB): dni 1–2: $37,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (25% docelowej dawki $150 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), dni 3–4: $75 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (50% docelowej dawki), dni 5–7: $112,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (75% docelowej dawki) i ostatecznie dni 8–10: $150 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (100% docelowej dawki). Uczestnicy otrzymywali przyjmowane preparaty (SB: Alkala T, Sanum, Niemcy; PLA: maltodekstyna z NaCl) w formie nieoznaczonych tabletek. Zarówno SB, jak i PLA były zażywane w trzech dawkach dzielonych w ciągu dnia. Przed i po zakończeniu protokołów suplementacji badane osoby wykonywały test progresywny (ICT) oraz test specyficznych zdolności wysiłkowych *Fight Gone Bad* (FGB). Przed i po zakończeniu każdej próby czynnościowej pobierano materiał biologiczny (krew kapilarna), w którym oznaczano stężenie mleczanu, pirogronianu i glukozy oraz aktywność kinazy kreatynowej (CK) i dehydrogenazy mleczanowej (LDH).

Protokół progresywnego dawkowania SB okazał się być dobrze tolerowany i żaden z uczestników nie deklarował występowania skutków ubocznych ze strony funkcjonowania przewodu pokarmowego w całym protokole badawczym.

Ocena prób czynnościowych wykazała po stosowaniu SB korzystny wzrost liczby prawidłowo wykonywanych powtórzeń w specyficznym teście FGB - zarówno w pierwszej ($p=0,002$, około 5,8%), drugiej ($p=0,0002$, około 6,4%), jak i trzeciej ($p=0,021$, około 6,2%) rundzie. W rundzie drugiej liczba wykonywanych powtórzeń była wyższa po suplementacji SB ($p=0,036$, około 4,3%), aniżeli PLA. Ponadto suma wszystkich powtórzeń wykonanych łącznie w trzech rundach FGB zwiększyła się po suplementacji SB zarówno w odniesieniu do PLA ($p=0,040$, około 3,1%), jak i wartości początkowych przed suplementacją ($p<0,001$, około 6,1%).

W trakcie testu ICT stwierdzono ponadto znaczące różnice w przypadku wartości wskaźników progu wentylacyjnego (VT). Po suplementacji SB zaobserwowano bowiem wzrost mocy progowej (progowego obciążenia cykloergometru) przy VT - zarówno

w odniesieniu do wartości początkowych ($p=0,028$, około 4,0%), jak i w stosunku do PLA_{post} ($p=0,037$, około 4,6%). Podobne zależności dotyczyły czasu do osiągnięcia VT, który wydłużył się po SB ($p=0,027$, około 4,2%) i był wyższy także w odniesieniu do PLA_{post} ($p=0,020$, około 5,1%). Również częstość skurczów serca przy VT była wyższa SB_{post} niż PLA_{post} ($p=0,030$, około 4,2%). Ponadto, po suplementacji SB wyższa była maksymalna objętość wydychanego ditlenku węgla ($p=0,049$, około 4,8%). Jednocześnie, nie stwierdzono jednak różnic w zakresie czasu do wyczerpania, maksymalnej mocy (obciążenie cykloergometru) i maksymalnej częstości skurczów serca w próbie ICT po podaży SB.

Analizy biochemiczne badanych markerów we krwi wykazały niezależny od zażywanego preparatu, powysiłkowy (ICT i FGB) wzrost stężenia mleczanu, pirogronianu i glukozy oraz aktywności LDH i CK. Znaczące różnice obserwowane były jedynie w przypadku wyższych spoczynkowych wartości stężenia pirogronianu przed ICT - po suplementacji SB [w odniesieniu do wartości początkowych ($p=0,001$, około 28%) i po PLA ($p=0,001$, około 23%)]. W odniesieniu do wartości początkowych stwierdzono także obniżenie aktywności CK przed ICT zarówno po SB, jak i PLA.

Wnioski ogólne

W pracy potwierdzono przyjęte hipotezy i wykazano, że progresywna (w zakresie podawanych dawek) suplementacja wodorowęglanem sodu pozwala na skuteczne uniknięcie niepożądanych problemów żołądkowo-jelitowych, obserwowanych przy klasycznej jednorazowej podaży. Co więcej, zastosowana podaż SB wpłynęła na znaczącą poprawę specyficznych dla CrossFitu zdolności wysiłkowych. Ponadto, podczas testu ICT stwierdzono wzrost progowych wartości częstości skurczów serca i wyższą moc (obciążenia cykloergometru) przy VT, jak i opóźnienie czasu osiągnięcia VT po suplementacji SB. Obserwacje te dowodzą zatem korzystnej stymulacji adaptacji wydolnościowo-wysiłkowej sportowców indukowanej suplementacją wodorowęglanem sodu.

“PUBLIKACJA H-5”

Durkalec-Michalski K., Zawieja E.E., Podgórski T., Zawieja B.E., Michałowska P., Łoniewski I., Jeszka J. The effect of a new sodium bicarbonate loading regimen on anaerobic capacity and wrestling performance. *Nutrients*, 2018; 10(6): 697. DOI: 10.3390/nu10060697.

Celem drugiej publikacji zawartej w drugiej części cyklu była ocena autorskiego protokołu schematu progresywnej suplementacji wodorowęglanem sodu (SB) na wydolność anaerobową, ocenianą w klasycznych testach Wingate oraz specyficzne dla sportu zapasniczego zdolności wysiłkowe weryfikowane z wykorzystaniem manekinowego testu rzutowego. W badaniach przyjęto hipotezę, że kilkudniowa, progresywna suplementacja małej (w odniesieniu do rekomendacji) dawki SB zmniejszy ryzyko występowania problemów żołądkowo-jelitowych, jak i będzie nadal korzystnie wspomagać poprawę wydolności fizycznej i zdolności wysiłkowych.

Badania przeprowadzono w grupie 49 zapasników (18 kobiet i 31 mężczyzn). Protokół badań obejmował 10-dniowy okres suplementacji. Procedury prowadzono zgodnie ze standardem randomizowanych, kontrolowanych placebo badań z podwójnie ślepą próbą, prowadzonych w układzie równoległym. Nowatorską suplementację implementowano poprzez stopniowe zwiększanie (w ciągu kilku dni) podawanej dawki SB (lub w grupie kontrolnej placebo: PLA). Po randomizacji sportowcy byli przydzielani do grupy otrzymującej SB (Alkala T, Sanum, Niemcy) lub PLA (maltodekstryna z NaCl) w formie nieoznaczonych tabletek. W grupie otrzymującej SB preparat podawano zgodnie z protokołem: dni 1–2: 25 mg·kg⁻¹ (25% docelowej dawki 100 mg·kg⁻¹), dni 3–5: 50 mg·kg⁻¹ (50% docelowej dawki), dni 6–7: 75 mg·kg⁻¹ (75% docelowej dawki) i dni 8–10: 100 mg·kg⁻¹ (100% docelowej dawki). Zarówno SB, jak i PLA były zażywane w trzech dawkach dzielonych w ciągu dnia. Przed i po zakończeniu protokołów suplementacji badani zapasnicy w trakcie każdego spotkania badawczego wykonywali dwa klasyczne testy anaerobowe Wingate (WT, cycloergometer Monark 894E, Szwecja), pomiędzy którymi prowadzono także 3-min manekinowy test rzutowy. Ponadto przed i po zakończeniu każdej próby czynnościowej [przed pierwszym (WT₁) i 3-min po drugim teście Wingate] pobierano również materiał biologiczny (krew kapilarna), w którym oznaczano stężenie mleczanu i glukozy.

W trakcie badań nie stwierdzono występowania jakichkolwiek efektów ubocznych, związanych z zaburzeniami funkcjonowania przewodu pokarmowego.

Ocena wyników testów Wingate wykonywanych przed i po manekinowym teście rzutowym wykazała znaczące różnice w zakresie czasu do osiągnięcia mocy szczytowej, w trakcie drugiego testu Wingate (WT₂ - po teście manekinowym), który uległ znaczącej poprawie i skróceniu po podaży SB zarówno w odniesieniu do wartości początkowych (p=0,0018, około 31,7%), jak i w stosunku do wyników grupy stosującej PLA (p=0,0142, 23,7%). Choć po suplementacji SB wartości obserwowanych wskaźników wydawały się

zauważalnie wyższe, to nie stwierdzono znaczących różnic pomiędzy SB i PLA w zakresie szczytowej (różnice $SB_{vs\ PLA}$: 7,3% w WT_1 i 9,6% w WT_2), średniej (różnice $SB_{vs\ PLA}$: 4,2% w WT_1 i 5,9% w WT_2) i minimalnej (różnice $SB_{vs\ PLA}$: 6,1% w WT_1 i 2,7% w WT_2) mocy anaerobowej. Co więcej, podobnie w odniesieniu do wartości przed i po podaży SB, nie stwierdzono istotnych zmian w obrębie tej suplementowanej grupy w zakresie wzrostu szczytowej (wzrost po $SB_{post\ vs\ pre}$: 8,3% w WT_1 i 12,0% w WT_2) i średniej (wzrost po $SB_{post\ vs\ pre}$: 0,9% w WT_1 i 5,0% w WT_2) mocy.

Jednocześnie, pomimo pewnych tendencji ($p=0,0711$) nie zarejestrowano także znaczącej poprawy wyników manekinowego testu rzutowego po SB, jak i nie obserwowano różnic w zakresie stężenia mleczanu i glukozy we krwi.

Wnioski ogólne

Wyniki badań zamieszczonych w niniejszej pracy częściowo potwierdzają przyjęte hipotezy i wskazują, że opracowany nowatorsko protokół progresywnej podaży niskich dawek wodorowęglanu sodu pozwala na uniknięcie wystąpienia problemów żołądkowo-jelitowych. Jednocześnie pomimo indukowanego poprzednimi wysiłkami zmęczenia, wykazano także po suplementacji wodorowęglanem sodu korzystne skrócenie czasu do osiągnięcia mocy szczytowej w drugim teście Wingate (po manekinowym teście rzutowym). Pozostałe analizowane wskaźniki wydolnościowo-wysiłkowe pomimo pewnych zauważalnych korzystnych tendencji nie różniły się jednak istotnie. Wydaje się, że przyczyny braku zmian w tym zakresie można upatrywać w dawce preparatu, która mogła być zbyt mała, aby umożliwić znaczący wzrost wydolności anaerobowej i specyficznych zapaśniczych zdolności wysiłkowych.

PODSUMOWANIE BADAŃ ZAPREZENTOWANYCH W CYKLU PUBLIKACJI

W niniejszym osiągnięciu naukowym zrealizowano wszystkie cele przyjęte w ramach zamieszczonego we wniosku jednotematycznego cyklu oryginalnych publikacji, zatytułowanego „**Wpływ wybranych strategii żywieniowych i suplementacyjnych na wskaźniki metaboliczne, wydolność fizyczną i potencjał wysiłkowy sportowców**”.

Ewaluacja wpływu diet węglowodanowych o niskim (LGI) i średnim (MGI) indeksie glikemicznym oraz diety ketogenicznej na metabolizm wysiłkowy, w trakcie wysiłku progresywnego o wzrastającej intensywności wykazała, że dieta MGI wpływa na stymulację

efektywności metabolicznej (w obszarze zwiększenia szybkości utleniania i udziału węglowodanów w metabolizmie energetycznym), a także wydolnościowej organizmu (w zakresie wzrostu maksymalnego poboru tlenu). Tego rodzaju model żywienia jest zatem skutecznym wsparciem ergogenicznym, pozwalającym na wzrost możliwości wykorzystania węglowodanowych substratów energetycznych. Jego znaczenie istotne jest zwłaszcza u sportowców, którzy prowadzą wysiłki z optymalnymi zasobami glikogenu mięśniowego/wątrobowego i/lub zachowaną właściwą podażą węglowodanów. Jednocześnie, dieta MGI może wpływać jednak na wzrost wydatków energetycznych i szybsze zużywanie zasobów węglowodanowych, co należy uwzględnić przed jej zastosowaniem - w zależności m.in. od charakteru dyscypliny sportu i zindywidualizowanych potrzeb zawodnika. Z kolei stosowanie diety LGI nie prowadziło, w przeciwieństwie do diety MGI, do wzrostu wydatku energetycznego i zwiększenia wykorzystania węglowodanów w trakcie wysiłku ICT, co wskazuje, że ten model żywienia jest metabolicznie bardziej „ekonomiczny”. Z tego względu wydaje się on korzystniejszy dla sportowców wytrzymałościowych i/lub trenujących w warunkach niskiej dostępności węglowodanów/glikogenu.

Co więcej, w pracy **H-1** wykazano także, że długotrwałe stosowanie diet węglowodanowych bez względu na ich indeks glikemiczny prowadzi do obniżenia wysiłkowego wykorzystania tłuszczów, jako substratu energetycznego. Może to wskazywać na nowe kierunki badań w tym zakresie. Hipotetycznie jest bowiem możliwe, że w przeciwieństwie do prezentowanych w części literaturowej prac, wydłużone w czasie stosowanie diet węglowodanowych prowadzi do osiągnięcia swoistej adaptacji metabolicznej organizmu, gdzie nie jest już obserwowany związek pomiędzy indeksem glikemicznym a zmianą wysiłkowego wykorzystania tłuszczów. Badania wykonane w ramach pracy **H-1** wskazują zatem, że w sytuacji, gdy celem strategii żywieniowej jest mobilizacja wykorzystania tłuszczów, stosowanie diet węglowodanowych wydaje się nieefektywne. W takich przypadkach uwagę zwraca możliwość rozważenia zasadności wdrożenia diety ketogenicznej. W pracy **H-2** wykazano bowiem, że dieta KD skutkuje większym wykorzystaniem tłuszczów i niższym węglowodanów. Mogłoby to być korzystne zwłaszcza u sportowców ultrawytrzymałościowych lub prowadzących wysiłki fizyczne w niskiej lub średniej intensywności. Należy mieć na względzie, że istotne w tym zakresie mogą być jednak czynniki, takie jak: specyfika wysiłku, płeć, właściwe przestrzeganie zaleceń diety oraz indywidualna zdolność organizmu do długotrwałej adaptacji do tego modelu żywienia. Poczynione obserwacje należy przyjmować z pewną ostrożnością, ponieważ choć w pracy **H-2**

nie obserwowano znaczących zmian adaptacji aerobowej (z niewielkimi, choć zauważalnymi tendencjami do obniżenia $VO_2\max$), to jednak w praktyce sportowej adaptacja metaboliczna może nie wspierać bezpośrednio zdolności wysiłkowych, zwłaszcza w sporcie wyczynowym. Z tego powodu nie wydaje się obecnie uzasadnione rekomendowanie diety ketogenicznej, w celu zwiększenia wydolności fizycznej i zdolności wysiłkowych organizmu.

Zgodnie z wynikami pracy **H-1** i **H-2** oraz danymi literaturowymi wskazującymi, że w miarę wzrostu intensywności wysiłku zwiększa się znaczenie węglowodanów, jako efektywnych substratów energetycznych, a sportowcy większości dyscyplin sportu prowadzą wysiłki fizyczne ze stosunkowo wysoką intensywnością, jako skuteczniejsze pod względem wspomaganie dyspozycji sportowej zawodników przyjęto diety węglowodanowe. W tym celu w pracy **H-3** weryfikowano wpływ diet węglowodanowych zróżnicowanych pod względem indeksu glikemicznego. Przeprowadzone badania potwierdziły obserwowany w pracy **H-1** wzrost maksymalnego poboru tlenu badanych sportowców w efekcie stosowania diety MGI. Obie badane diety (MGI i LGI) skutkowały korzystną modulacją wskaźników wydolnościowych przy progu wymiany gazowej w trakcie testu ICT. Jednocześnie, stwierdzono jednak, że to dieta węglowodanowa LGI wpłynęła na poprawę specyficznych biegowych zdolności wysiłkowych oraz wydłużenie czasu do wyczerpania podczas wysiłku progresywnego (ICT). Dieta MGI nie rzutowała na wystąpienie zmian w tym zakresie. Może to zatem potwierdzać przedstawioną w niniejszym podsumowaniu (w ocenie pracy **H-2**) tezę i sugerować, że potencjał metaboliczny i wydolnościowy niekoniecznie jednoznacznie oddziałują na końcowy rezultat, specyficznej dla dyscypliny sportu, zdolności do wysiłku fizycznego.

Wykazana w powyższych pracach (**H-1** i **H-3**) skuteczność diet węglowodanowych, jak i (wskazana w części „Wprowadzenie i omówienie znaczenia poruszanej tematyki badawczej”) rola zmniejszenia indukowanych wysiłkiem zaburzeń równowagi kwasowo-zasadowej, były podstawą do prowadzenia badań, obejmujących kolejny istotny aspekt (obok podaży węglowodanów z uwzględnieniem zależnego od potrzeb GI diety). W zakresie wdrożenia skutecznej strategii żywieniowo-suplementacyjnej u sportowców, skoncentrowano się nad opracowaniem metod optymalnego zwiększenia pojemności buforującej. Zostało to zrealizowane w pracach **H-4** i **H-5**, w których oceniono wpływ nowatorskiego protokołu progresywnej suplementacji wodorowęglanem sodu na wydolność fizyczną i specyficzne zdolności wysiłkowe wybranych grup sportowców. Badania w tym względzie były o tyle istotne, że w praktyce znaczące ograniczenie w stosowaniu wodorowęglanu sodu

spowodowane było powszechnym występowaniem problemów żołądkowo-jelitowych, które prowadziły do pogarszania zdolności wysiłkowych. W pracach **H-4** i **H-5** wykazano skuteczność zastosowanej nowatorskiej procedury suplementacji w zakresie przeciwdziałania tym niepożądanym efektom ubocznym. Co więcej, podaż SB wpływała korzystnie na modulację wskaźników aerobowej (**Publikacja H-4**) i anaerobowej (**Publikacja H-5**) wydolności fizycznej, a także specyficznych zdolności wysiłkowych (**Publikacja H-4**).

Jednocześnie, Kandydat jest zdania, że kluczowe w obszarze suplementacji SB jest opracowanie w sposób bardziej zindywidualizowany zażywanych dawek wodorowęglanu sodu. W tym zakresie Kandydat prowadzi aktualnie swoje projekty badawcze. Uwagę zwraca fakt, że zastosowana w pracach **H-4** i **H-5** docelowa dawka SB mogła być prawdopodobnie zbyt mała, aby skutkować bardziej znaczącymi zmianami wydolnościowo-wysiłkowymi i/lub biochemicznymi. Znajduje to potwierdzenie w fakcie, że przy nieco wyższej dawce (150 mg·kg⁻¹_{masy ciała}), podawanej w publikacji **H-4**, obserwowano istotną poprawę specyficznych dla CrossFitu zdolności wysiłkowych, czego nie rejestrowano już w przypadku specyficznej dla zapasów zdolności wysiłkowej, przy finalnie niższej dawce (100 mg·kg⁻¹), podawanej w publikacji **H-5**. Co więcej, w pracy **H-4** badane osoby otrzymywały wyższą dawkę w trakcie kolejnych dni suplementacji, a ponadto o jeden dzień dłużej otrzymywały 75% dawki (dni 5–7: 112,5 mg·kg⁻¹), niż w pracy **H-5** (dni 6–7: 75 mg·kg⁻¹), w której w dniu piątym podawano 50% dawki docelowej. W związku z powyższymi obserwacjami, konieczne wydają się dalsze badania kilkudniowego wpływu przyjmowania SB, z uwzględnieniem możliwości zróżnicowania w zakresie stopniowego zwiększania dawek i regulacji liczby dni. Mogłoby to przyczynić się do szerszego zrozumienia kluczowych mechanizmów i opracowania protokołów, pozwalających na zmaksymalizowanie wzrostu zdolności wysiłkowej. Zmiany wydolnościowo-wysiłkowe obserwowane w pracach **H-4** i **H-5** należy jednak uznać za szczególnie cenne, ponieważ w praktyce mogą one determinować możliwość odniesienia końcowego sukcesu i zwycięstwa zawodnika, zwłaszcza w sytuacji gdy rywalizuje on w stanie zmęczenia indukowanego wysiłkiem fizycznym.

GLÓWNE ELEMENTY NOWATORSKIE LUB ORYGINALNE OSIĄGNIĘCIA AUTORA

- a) **opracowanie i wdrożenie modeli żywienia o znaczącym potencjale, w zakresie możliwości praktycznego i długotrwałego ich stosowania w warunkach treningowych i/lub startowych,**

-
- b) ewaluacja ważnego, z punktu widzenia naukowo-praktycznego, metabolicznego i wydolnościowo-wysiłkowego wpływu implementowanych modeli żywienia, po stosunkowo długim (>3-tygodniowym) okresie prowadzenia interwencji żywieniowych,
- c) przygotowanie i weryfikacja skuteczności nowatorskiego protokołu progresywnej suplementacji wodorowęglanem sodu, który ograniczałby występowanie niepożądanych efektów ubocznych, z jednocześnie korzystnym wpływem na stymulację wzrostu wydolności fizycznej i specyficznych zdolności wysiłkowych,
- d) opracowanie i wykorzystanie w protokole badań oryginalnych procedur, obejmujących szeroki zakres badanych wskaźników i formułowanie wniosków, które mogą stanowić rzetelne źródło wiedzy dla naukowców, trenerów i sportowców, rozważających wdrożenie prezentowanych w niniejszym cyklu strategii żywieniowo-suplementacyjnych,
- e) sformułowanie cennych z punktu widzenia naukowego i aplikacyjnego kierunków przyszłych badań naukowych.

PIŚMIENNICTWO (wykorzystane do opisu cyklu publikacji)

1. Abramowitz MK, Hostetter TH, Melamed ML. Lower serum bicarbonate and a higher anion gap are associated with lower cardiorespiratory fitness in young adults. *Kidney Int.* 2012; 81(10): 1033-1042.
2. AIS 2019. <https://www.sportaus.gov.au/ais/nutrition>.
3. Aston, L.M.; Gambell, J.M.; Lee, D.M.; Bryant, S.P.; Jebb, S.A. Determination of the glycaemic index of various staple carbohydrate-rich foods in the UK diet. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2008; 62: 279-285.
4. Baranauskas M, Stukas R, Tubelis L, Žagminas K, Šurkienė G, Švedas E, Giedraitis VR, Dobrovolskij V, Abaravičius JA. Nutritional habits among high-performance endurance athletes. *Medicina (Kaunas).* 2015; 51(6): 351-362.

5. Begum G, Cunliffe A, Leveritt M. Physiological role of carnosine in contracting muscle. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2005;15: 493-514.
6. Bishop D, Claudius B. Effects of induced metabolic alkalosis on prolonged intermittent-sprint performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2005; 37(5): 759-767.
7. Bishop D, Edge J, Thomas C, Mercier J. High-intensity exercise acutely decreases the membrane content of MCT1 and MCT4 and buffer capacity in human skeletal muscle. *J Appl Physiol* (1985). 2007; 102(2): 616-621.
8. Brouns F, Bjorck I, Frayn KN, Gibbs AL, Lang V, Slama G, Wolever TM. Glycaemic index methodology. *Nutr Res Rev.* 2005; 18(1): 145-171.
9. Browman, S.A. The effect of different dosing strategies of sodium bicarbonate upon collegiate swimmers. MS in Exercise and Sports Science - Human Performance, University of Wisconsin - La Crosse. 2002. Available online: <https://minds.wisconsin.edu/bitstream/handle/1793/48658/Obowmansteven2002.PDF?sequence=1> (accessed on 10 May 2018).
10. Burke LM, Kiens B, Ivy JL. Carbohydrates and fat for training and recovery. *J Sports Sci.* 2004; 22: 15-30.
11. Burke LM. Fueling strategies to optimize performance: training high or training low? *Scand J Med Sci Sports.* 2010; 20 Suppl 2: 48-58.
12. Callahan DM, Umberger BR, Kent JA. Mechanisms of in vivo muscle fatigue in humans: investigating age-related fatigue resistance with a computational model. *J Physiol.* 2016; 594(12): 3407-3421.
13. Carr AJ, Hopkins WG, Gore CJ. Effects of acute alkalosis and acidosis on performance: a meta-analysis. *Sports Med.* 2011; 41(10): 801-814.
14. Carr BM, Webster MJ, Boyd JC, Hudson GM, Scheett TP. Sodium bicarbonate supplementation improves hypertrophy-type resistance exercise performance. *Eur J Appl Physiol.* 2013; 113(3): 743-752.
15. Cermak NM, van Loon LJ. The use of carbohydrates during exercise as an ergogenic aid. *Sports Med.* 2013; 43(11): 1139-1155.
16. Chen YJ, Wong SH, Xu X, Hao X, Wong CK, Lam CW. Effect of CHO loading patterns on running performance. *Int J Sports Med.* 2008a; 29: 598-606.
17. Chen YJ, Wong SH, Wong CK, Lam CW, Huang YJ, Siu PM. Effect of preexercise meals with different glycemic indices and loads on metabolic responses and endurance running. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2008b; 18: 281-300.

18. Ciechanowski K. To dialyze or to alkalyze? (Dializować czy alkalizować?). Forum Nefrol. 2012; 5, 347-350.
19. Cooder HR. Epilepsy in children: with particular reference to the ketogenic diet. Cal West Med. 1933; 39: 169-173.
20. Del Coso J, Hamouti N, Aguado-Jimenez R, Mora-Rodriguez R. Restoration of blood pH between repeated bouts of high-intensity exercise: effects of various active-recovery protocols. Eur J Appl Physiol. 2010; 108(3): 523-532.
21. Desbrow B, Burd NA, Tarnopolsky M, Moore DR, Elliott-Sale KJ. Nutrition for special populations: young, female, and masters athletes. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2019; 29(2): 220-227.
22. Donaldson SK, Hermansen L, Bolles L. Differential, direct effects of H⁺ on Ca²⁺-activated force of skinned fibers from the soleus, cardiac and adductor magnus muscles of rabbits. Pflugers Arch. 1978; 376(1): 5565.
23. Drazin B, Wang C, Adochio R, Leitner JW, Cornier MA. Effect of dietary macronutrient composition on AMPK and SIRT1 expression and activity in human skeletal muscle. Horm Metab Res. 2012; 44: 650-655.
24. Driller MW, Gregory JR, Williams AD, Fell JW. The effects of chronic sodium bicarbonate ingestion and interval training in highly trained rowers. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2013; 23(1): 40-47.
25. Durkalec-Michalski K., Baraniak A., Jeszka J.: Wpływ zbilansowania diety na skład ciała i zdolności wysiłkowe rekreacyjnych biegaczy długodystansowych. Problemy Higieny i Epidemiologii, 2015b; 96(3): 662-667.
26. Durkalec-Michalski K., Gościańska I., Jeszka J.: Does conventional body weight reduction decreasing anaerobic capacity of boxers in the competition period? Archives of Budo, 2015a; 11: 251-258.
27. Durkalec-Michalski K., Woźniewicz M., Bajerska J., Jeszka J.: Comparison of accuracy of various non-calorimetric methods measuring energy expenditure at different intensities. Human Movement, 2013; 14(2): 161-167.
28. Evans M, Cogan KE, Egan B. Metabolism of ketone bodies during exercise and training: physiological basis for exogenous supplementation. J Physiol. 2017; 595: 2857-2871.
29. Evans WJ, Hughes VA. Dietary carbohydrates and endurance exercise. Am J Clin Nutr. 1985; 41(Suppl 5): 1146-1154.

30. Fabiato A, Fabiato F. Effects of pH on the myofilaments and the sarcoplasmic reticulum of skinned cells from cardiac and skeletal muscles. *J Physiol.* 1978; 276: 233-255.
31. FAO Food and Nutrition Paper 66: Carbohydrates in human nutrition, report of a Joint FAO/WHO expert consultation, Rome 14–18 April 1997, FAO Rome 1998.
32. Febbraio MA, Keenan J, Angus DJ, Campbell SE, Garnham AP. Preexercise carbohydrate ingestion, glucose kinetics, and muscle glycogen use: effect of the glycemic index. *J Appl Physiol.* 2000; 89: 1845-1851.
33. Foster-Powell K, Holt SH, Brand-Miller JC. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *Am J Clin Nutr.* 2002; 76: 5-56.
34. Grabacka M, Pierzchalska M, Reiss K. Peroxisome proliferator activated receptor a ligands as anticancer drugs targeting mitochondrial metabolism. *Curr Pharm Biotechnol.* 2013; 14: 342-356.
35. Hausswirth C, Le Meur Y. Physiological and nutritional aspects of post-exercise recovery: specific recommendations for female athletes. *Sports Med,* 2011; 41(10): 861-882.
36. Heisler N. Buffering and H⁺ ion dynamics in muscle tissues. *Respir Physiol Neurobiol.* 2004; 144(2–3): 161-172.
37. Heibel AB, Perim PHL, Oliveira LF, McNaughton LR, Saunders B. Time to optimize supplementation: modifying factors influencing the individual responses to extracellular buffering agents. *Front Nutr.* 2018; 5: 35.
38. Henry CJ, Lightowler HJ, Strik CM, Storey M. Glycaemic index values for commercially available potatoes in Great Britain. *Br. J. Nutr.* 2005; 94: 917-921.
39. Hollidge-Horvat MG, Parolin ML, Wong D, Jones NL, Heigenhauser GJ. Effect of induced metabolic alkalosis on human skeletal muscle metabolism during exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2000; 278(2): E316-329.
40. IOC Nutrition Working Group of the International Olympic Committee: Nutrition for athletes. IOC Consensus Conference, Lausanne 2010 (updated in 2012).
41. Jamurtas AZ, Tofas T, Fatouros I, Nikolaidis MG, Paschalis V, Yfanti C, Raptis S, Koutedakis Y. The effects of low and high glycemic index foods on exercise performance and beta-endorphin responses. *J Int Soc Sports Nutr.* 2011; 8: 15.
42. Jentjens RL, Cale C, Gutch C, Jeukendrup AE. Effects of pre-exercise ingestion of differing amounts of carbohydrate on subsequent metabolism and cycling performance. *Eur J Appl Physiol.* 2003; 88: 444-452.

43. Jeukendrup AE, Killer SC. The myths surrounding pre-exercise carbohydrate feeding. *Ann Nutr Metab.* 2010; 57 Suppl 2: 18-25.
44. Jeukendrup AE. Periodized nutrition for athletes. *Sports Med.* 2017; 47: 51-63.
45. Juel C. Regulation of pH in human skeletal muscle: adaptations to physical activity. *Acta Physiol (Oxf).* 2008; 193(1): 17-24.
46. Kahle LE, Kelly PV, Eliot KA, Weiss EP. Acute sodium bicarbonate loading has negligible effects on resting and exercise blood pressure but causes gastrointestinal distress. *Nutr Res.* 2013; 33(6): 479-486.
47. Karamanolis IA, Laparidis KS, Volaklis KA, Douda HT, Tokmakidis SP. The effects of pre-exercise glycemic index food on running capacity. *Int J Sports Med.* 2011; 32: 666-671.
48. Kashiwaya Y, Takeshima T, Mori N, Nakashima K, Clarke K, Veech RL. D-β-Hydroxybutyrate protects neurons in models Alzheimer's and Parkinson's disease. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2000; 97: 5440-5444.
49. Kerksick CM, Wilborn CD, Roberts MD, Smith-Ryan A, Kleiner SM, Jäger R, Collins R, Cooke M, Davis JN, Galvan E, Greenwood M, Lowery LM, Wildman R, Antonio J, Kreider RB. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *J Int Soc Sports Nutr.* 2018; 15(1): 38.
50. Kern M, Heslin CJ, Rezende RS. Metabolic and performance effects of raisins versus sports gel as pre-exercise feedings in cyclists. *J Strength Cond Res.* 2007; 21: 1204-1207.
51. Knuijman P, Hopman MT, Mensink M. Glycogen availability and skeletal muscle adaptations with endurance and resistance exercise. *Nutr Metab (Lond).* 2015; 12: 59.
52. Krustrup P, Ermidis G, Mohr M. Sodium bicarbonate intake improves high-intensity intermittent exercise performance in trained young men. *J Int Soc Sports Nutr.* 2015; 12: 25.
53. Lancha Junior AH, Painelli Vde S, Saunders B, Artioli GG. Nutritional strategies to modulate intracellular and extracellular buffering capacity during high-intensity exercise. *Sports Med.* 2015; 45(Suppl 1): S71-81.
54. Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM, Rawson ES, Walsh NP, Garthe I, Geyer H, Meeusen R, van Loon LJC, Shirreffs SM, Spriet LL, Stuart M, Vernece A, Currell K, Ali VM, Budgett RG, Ljungqvist A, Mountjoy M,

-
- Pitsiladis YP, Soligard T, Erdener U, Engebretsen L. IOC consensus statement: Dietary supplements and the high-performance athlete. *Br J Sports Med.* 2018; 52(7): 439-455.
55. Mavropoulos JC, Yancy WS, Hepburn J, Westman EC. The effects of a low-carbohydrate, ketogenic diet on the polycystic ovary syndrome: a pilot study. *Nutr Metab (Lond).* 2005; 2: 35.
56. McCarty MF, DiNicolantonio JJ, O-Keefe JH. Ketosis may promote brain macroautophagy by activating Sirt1 and hypoxia-inducible factor-1. *Med Hypotheses.* 2015; 85: 631-639.
57. McDaniel SS, Rensing NR, Thio LL, Yamada KA, Wong M. The ketogenic diet inhibits the mammalian target of rapamycin (mTOR) pathway. *Epilepsia.* 2011; 52: e7-11.
58. McSwiney FT, Wardrop B, Hyde PN, Lafountain RA, Volek JS, Doyle L. Keto-adaptation enhances exercise performance and body composition responses to training in endurance athletes. *Metabolism.* 2018; 81: 25-23.
59. Mirtschin JG, Forbes SF, Cato LE, Heikura IA, Strobel N, Hall R, Burke LM. Organization of dietary control for nutrition-training intervention involving periodized carbohydrate availability and ketogenic low-carbohydrate high-fat diet. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2018; 28: 480-489.
60. Moore LJ, Midgley AW, Thomas G, Thurlow S, McNaughton LR. The effect of low- and high- glycemic index meals on time trial performance. *Int J Sports Physiol Perform.* 2009; 4: 331-344.
61. Moore LJ, Midgley AW, Thomas G, Thurlow S, McNaughton LR. Effect of the glycaemic index of a pre-exercise meal on metabolism and cycling time trial performance. *J Sci Med Sport.* 2010; 13: 182-188.
62. Murray AJ, Knight KS, Cole MA, Cochlin LE, Carter E, Tchabanenko K, Pichulik T, Gulston MK, Atherton HJ, Schroeder MA, Deacon RM, Kashiwaya Y, King MT, Pawlosky R, Rawlins JN, Tyler DJ, Griffin JL, Robertson J, Veech RL, Clarke K. Novel ketone diet enhances physical and cognitive performance. *FASEB J.* 2016; 30: 4021-4032.
63. Murray Peshkin M, Fineman AH. The role of ketogenic diet and low carbohydrate diets in the treatment of selected group of patients. *Am J Dis Child.* 1930; 39: 1240-1254.

64. Nielsen JV, Joensson E. Low-carbohydrate diet in type 2 diabetes: stable improvement of bodyweight and glycemic control during 44 months follow-up. *Nutr Metab (Lond)*. 2008; 5: 14.
65. Nilsson J, Ericsson M, Joibari MM, Anderson F, Carlsson L, Nilsson SK, Sjödin A, Burén J. A low-carbohydrate high-fat diet decreases lean mass and impairs cardiac function in pair-fed female C57BL/6J mice. *Nutr Metab (Lond)*. 2016; 13: 79.
66. Paoli A, Bianco A, Grimaldi KA. The ketogenic diet and sport: a possible marriage? *Exerc Sport Sci Rev*. 2015; 43: 153-162.
67. Paoli A, Canato M, Toniolo L, Bargossi AM, Neri M, Mediatì M, Alesso D, Sanna G, Grimaldi KA, Fazzari AL, Bianco A. The ketogenic diet: an underappreciated therapeutic option? *Clin Ter*. 2011; 162: e145-143. Italian.
68. Paoli A, Grimaldi K, Toniolo L, Canato M, Bianco A, Fratter A. Nutrition and acne: therapeutic potential of ketogenic diet. *Skin Pharmacol Physiol*. 2012; 25: 111-117.
69. Paoli A, Rubini A, Volek JS, Grimaldi KA. Beyond weight loss: a review of the therapeutic uses of very-low-carbohydrate (ketogenic) diets. *Eur J Clin Nutr*. 2013; 67: 789-796.
70. Peart DJ, Siegler JC, Vince RV. Practical recommendations for coaches and athletes: a meta-analysis of sodium bicarbonate use for athletic performance. *J Strength Cond Res*. 2012; 26(7): 1975-1983.
71. Percival ME, Martin BJ, Gillen JB, Skelly LE, MacInnis MJ, Green AE, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. Sodium bicarbonate ingestion augments the increase in PGC-1 α mRNA expression during recovery from intense interval exercise in human skeletal muscle. *J Appl Physiol (1985)*. 2015; 119(11): 1303-1312.
72. Price M, Moss P, Rance S. Effects of sodium bicarbonate ingestion on prolonged intermittent exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2003; 35(8): 1303-1308.
73. Puchalska P, Crawford PA. Multi-dimensional roles of ketone bodies in fuel metabolism, signaling, and therapeutics. *Cell Metab*. 2017; 25: 262-284.
74. Rodriguez NR, Di Marco NM, Langley S. American College of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2009; 41(3): 709-731.
75. Rothschild J, Earnest CP. Dietary manipulations concurrent to endurance training. *J Funct Morphol Kinesiol*. 2018; 3: 41.

76. Sahlin K, Harris RC, Hultman E. Creatine kinase equilibrium and lactate content compared with muscle pH in tissue samples obtained after isometric exercise. *Biochem J.* 1975; 152(2): 173-180.
77. Seyfried TM, Flores R, Poff AM, D'Agostino DP, Mukherjee P. Metabolic therapy: a new paradigm for managing malignant brain cancer. *Cancer Lett.* 2015; 356: 289-300.
78. Sharman MJ, Kraemer WJ, Love DM, Avery NG, Gomez AL, Scheett TP, Volek JS. A ketogenic diet favorably affects serum biomarkers for cardiovascular disease in normal-weight men. *J Nutr.* 2002; 132: 1879-1885.
79. Shin YH, Jung HL, Ryu JW, Kim PS, Ha TY, An JY, Kang HY. Effects of a pre-exercise meal on plasma growth hormone response and fat oxidation during walking. *Prev Nutr Food Sci.* 2013; 18: 175-180.
80. Shiose K, Yamada Y, Motonaga K, Sagayama H, Higaki Y, Tanaka H, Takahashi H. Segmental extracellular and intracellular water distribution and muscle glycogen after 72-h carbohydrate loading using spectroscopic techniques. *J Appl Physiol (1985).* 2016; 121(1): 205-211.
81. Siegler JC, Marshall PW, Bishop D, Shaw G, Green S. Mechanistic insights into the efficacy of sodium bicarbonate supplementation to improve athletic performance. *Sports Med Open.* 2016; 2(1): 41.
82. Sostaric SM, Skinner SL, Brown MJ, Sangkabutra T, Medved I, Medley T, Selig SE, Fairweather I, Rutar D, McKenna MJ. Alkalosis increases muscle K⁺ release, but lowers plasma [K⁺] and delays fatigue during dynamic forearm exercise. *J Physiol.* 2006; 570(Pt 1): 185-205.
83. Spendlove J, Mitchell L, Gifford J, Hackett D, Slater G, Cobley S, O'Connor H. Dietary intake of competitive bodybuilders. *Sports Med.* 2015; 45(7): 1041-1063.
84. Spriet LL. New insights into the interaction of carbohydrate and fat metabolism during exercise. *Sports Med.* 2014; 44(Suppl 1): S87-96.
85. Stafstrom CE, Rho JM. The ketogenic diet as treatment paradigm for diverse neurological disorders. *Front Pharmacol.* 2012; 3: 59.
86. Stellanwerff T, Bovim IM, Whitfield J. Contemporary nutrition interventions to optimize performance in middle-distance runners. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2018; 9: 1-29.
87. Stevenson EJ, Thelwall PE, Thomas K, Smith F, Brand-Miller J, Trenell MI. Dietary glycemic index influences lipid oxidation but not muscle or liver

-
- glycogen oxidation during exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2009; 296: E1140-1147.
88. Sumithran P, Prendergast LA, Delbridge E, Purcell K, Shulkes A, Kriketos A, Proietto J. Ketosis and appetite-mediating nutrients and hormones after weight loss. *Eur J Clin Nutr.* 2013; 67: 759-764.
89. Sun FH, O'Reilly J, Li L, Wong SH. Effect of the glycemic index of pre-exercise snack bars on substrate utilization during subsequent exercise. *Int J Food Sci Nutr.* 2013; 64: 1001-1006.
90. Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2016; 48(3): 543-568.
91. Thomas DE, Elliott EJ, Baur L. Low glycaemic index or low glycaemic load diets for overweight and obesity. *Cochrane Database Syst Rev.* 2007; 3: CD005105.
92. Tobias G, Benatti FB, de Salles Painelli V, Roschel H, Gualano B, Sale C, Harris RC, Lancha AH Jr, Artioli GG. Additive effects of beta-alanine and sodium bicarbonate on upper-body intermittent performance. *Amino Acids.* 2013; 45(2): 309-317.
93. Van der Auwera I, Wera S, Van Leuven F, Henderson ST. A ketogenic diet reduces amyloid beta 40 and 42 in a mouse model of Alzheimer's disease. *Nutr Metab (Lond).* 2005; 2: 28.
94. Vargas S, Romance R, Petro JL, Bonilla DA, Galancho I, Espinar S, Kreider RB, Benítez-Porres J. Efficacy of ketogenic diet on body composition during resistance training in trained men: a randomized controlled trial. *J Int Soc Sports Nutr.* 2018; 15: 31.
95. Vidali S, Aminzadeh S, Lambert B, Rutherrford T, Sperl W, Kofler B, Feichtinger RG. Mitochondria: the ketogenic diet--a metabolism-based therapy. *Int J Biochem Cell Biol.* 2015; 63: 55-59.
96. Volek JS, Feinman RD. Carbohydrate restriction improves the features of metabolic syndrome. Metabolic syndrome may be defined by the response to carbohydrate restriction. *Nutr Metab (Lond).* 2005; 2: 31.
97. Wee SL, Williams C, Tsintzas K, Boobis L. Ingestion of a high-glycemic index meal increases muscle glycogen storage at rest but augments its utilization during subsequent exercise. *J Appl Physiol.* 2005; 99: 707-714.

98. Westman EC, Feinman RD, Mavropoulos JC, Vernon MC, Volek JS, Wortman JA, Yancy WS, Phinney SD. Low-carbohydrate nutrition and metabolism. *Am J Clin Nutr.* 2007; 86: 276-284.
99. Wexler ID, Hemalatha SG, McConnell J, Buist NRM, Dahl H-HM, Berry SA, Cederbaum SD, Patel MS, Kerr DS. Outcome of pyruvate dehydrogenase deficiency treated with ketogenic diet. Studies in patients with identical mutations. *Neurology.* 1997; 49(6): 1655-1661.
100. Wong SH, Siu PM, Lok A, Chen YJ, Morris J, Lam CW. Effect of the glycaemic index of pre-exercise carbohydrate meals on running performance. *Eur J Sports Sci.* 2008; 8: 23-33.
101. Wu CL, Williams C. A low glycemic index meal before exercise improves endurance running capacity in men. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2006; 16: 510-527.
102. Yancy WS, Foy M, Chalecki AM, Vernon MC, Westman EC. A low-carbohydrate, ketogenic diet to treat type 2 diabetes. *Nutr Metab (Lond).* 2005; 2: 34.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych (artystycznych)

Sumaryczny dorobek naukowy Kandydata uwzględniający prace poza jednotematycznym cyklem pięciu oryginalnych publikacji, stanowiących osiągnięcie naukowe Kandydata obejmuje:

IF = 12,00; MNiSW = 293 pkt

Pełny wykaz osiągnięć naukowo-badawczych, obejmujący dorobek publikacyjny, aktywność naukową i dydaktyczną oraz inną działalność kandydata zamieszczono w Załączniku nr 4.

5.1. Główne zwieńczone dorobkiem publikacyjnym zainteresowania naukowe Kandydata, wykraczające poza przedstawiane osiągnięcie naukowe, obejmujące jednotematyczny cykl oryginalnych publikacji naukowych

5.1.1 Ocena wpływu suplementacji kwasem β -hydroksy- β -metylomasłowym (HMB) u sportowców

Celem niniejszych badań, które zaowocowały trzema publikacjami (Tabela 1), była ocena skuteczności suplementacji HMB w dłuższym okresie czasu (12 tygodni) na skład ciała, wydolność aerobową i anaerobową oraz poziom wybranych wskaźników biochemicznych we krwi wytrenowanych sportowców.

Na potrzebę prowadzenia takich badań wskazują niejednoznaczne wyniki publikowanych do tej pory prac, jak również stosunkowo niewielka liczba publikacji oceniających skuteczność podaży HMB w dłuższym okresie czasu, z udziałem dostatecznie licznej populacji wytrenowanych sportowców.

Wpływ 12-tygodniowej suplementacji HMB oceniano na podstawie randomizowanych kontrolowanych placebo badań krzyżowych z podwójnie ślepą próbą. W badaniach uczestniczyli wytrenowani sportowcy uprawiający wioślarstwo i sporty walki (zapasy, judo, Brazylijskie Jiu-Jitsu i karate).

Tabela 1. Publikacje Kandydata w zakresie oceny skuteczności suplementacji kwasem β -hydroksy- β -metylomasłowym (HMB) u sportowców.

Rok	Lp.	Opis bibliograficzny
2017	1	Durkalec-Michalski K. , Jeszka J., Podgórski T. The effect of a 12-week beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) supplementation on highly-trained combat sports athletes: a randomised, double-blind, placebo-controlled crossover study. <i>Nutrients</i> , 2017; 9(7): E753. DOI: 10.3390/nu9070753.
2016	2	Durkalec-Michalski K. , Jeszka J.: The effect of HMB on aerobic capacity and body composition in trained athletes. <i>The Journal of Strength & Conditioning Research</i> , 2016; 30(9): 2617–2626. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001361.
2015	3	Durkalec-Michalski K. , Jeszka J.: The efficacy of a β -hydroxy- β -methylbutyrate supplementation on physical capacity, body composition and biochemical markers in elite rowers: a randomised, double-blind, placebo-controlled crossover study. <i>Journal of the International Society of Sports Nutrition</i> , 2015; 12: 31. DOI: 10.1186/s12970-015-0092-9.

Wyniki wyszczególnionych prac wskazują, że suplementacja HMB w treningu wytrzymałościowym wpływa korzystnie na zwiększenie wydolności tlenowej oraz obniżenie masy tkanki tłuszczowej. Podobnie, u zawodników sportów walki podaż HMB wspomaga zarówno redukcję masy tkanki tłuszczowej i wzrost beztłuszczowej masy ciała, jak też szczytową i średnią moc anaerobową lub powysiłkowe stężenie mleczanu po testach mocy oraz niektóre wskaźniki wydolności aerobowej przy progu wentylacyjnym. Można przyjąć, że długoterminowa suplementacja HMB nie wpływa już znacząco na zmianę wybranych wskaźników biochemicznych we krwi sportowców.

5.1.2 Ocena wpływu zwyczajowej redukcji masy ciała na skład ciała i wydolność fizyczną w sportach walki

Celem niniejszych badań, które zaowocowały dwiema publikacjami (Tabela 2), była ocena wpływu powszechnie stosowanych w sportach walki zwyczajowych metod przedstartowej redukcji masy ciała na skład ciała, samopoczucie i wybrane wskaźniki wydolności fizycznej.

Znaczenie tych badań jest związane z faktem, że w sportach walki metody szybkiej przedstartowej redukcji masy ciała (RWL), pozwalające na kwalifikację do niższej kategorii wagowej, są powszechnie praktykowane. Jednocześnie, mogą one negatywnie oddziaływać na zdolności wysiłkowe i końcowy sukces sportowy, a nawet stanowić poważne zagrożenie zdrowia sportowców. W badaniach uczestniczyli wytrenowani sportowcy uprawiający boks i zapasy w klubach sportowych z terenu Wielkopolski.

Tabela 2. Publikacje Kandydata w zakresie oceny wpływu zwyczajowej redukcji masy ciała w sportach walki.

Rok	Lp.	Opis bibliograficzny
2015	1	Durkalec-Michalski K. , Gościańska I., Jeszka J.: Does conventional body weight reduction decreasing anaerobic capacity of boxers in the competition period? Archives of Budo, 2015; 11: 251–258.
2014	2	Durkalec-Michalski K. , Gościańska I., Jeszka J., Podgórski T.: The effect of conventional methods of body weight reduction on overall sense of well-being, body composition and anaerobic capacity of athletes practicing selected combat sports. Journal of Combat Sports and Martial Arts, 2014; 5(2): 89–95.

Wyniki wyszczególnionych prac wskazują, że sportowcy uprawiający boks i zapasy zwyczajowo stosują metody RWL, związane głównie ze znacznym zmniejszeniem poboru energii w diecie. RWL prowadzi jednak do niekorzystnych zmian, związanych z większą

redukcją beztłuszczowej masy ciała i całkowitego poziomu wody w organizmie, przy stosunkowo niewielkim zmniejszeniu masy tkanki tłuszczowej. Praktyki te wpływają również negatywnie na poziom wydolności anaerobowej (redukcja mocy beztlenowej i wydłużenie czasu do osiągnięcia szczytowej mocy) oraz samopoczucie sportowców.

5.1.3 Ocena związku pomiędzy wskaźnikami składu ciała i wydolnością fizyczną u sportowców

Celem tych badań, które zakończyły się dwoma publikacjami (Tabela 3), było określenie związku pomiędzy składem ciała a poziomem wydolności tlenowej i beztlenowej u wytrenowanych mężczyzn wioślarzy i zawodników trenujących sporty walki.

Znaczenie tych badań potwierdza fakt, że w realizacji profesjonalnej strategii treningowej, uzasadnione wydaje się wdrożenie kontrolowanej regulacji składu ciała. Jest to o tyle istotne, że zarówno masa ciała, jak i proporcja komponentów składu ciała mogą oddziaływać na poziom wydolności fizycznej i zdolności wysiłkowych.

Z tego względu w wyszczególnionych pracach analizowano zależność pomiędzy składem ciała a poziomem wydolności tlenowej i beztlenowej u wytrenowanych wioślarzy i zawodników sportów walki (zapaśników, judoków, zawodników Brazylijskiego Jiu-Jitsu i karate).

Tabela 3. Publikacje Kandydata w zakresie oceny związku pomiędzy wskaźnikami składu ciała i wydolnością fizyczną u sportowców.

Rok	Lp.	Opis bibliograficzny
2019	1	Durkalec-Michalski K. , Nowaczyk P.M., Podgórski T., Kusy K., Osiński W., Jeszka J. Relationship between body composition and the level of aerobic and anaerobic capacity in highly-trained male rowers. <i>The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness</i> , 2019 (J Sports Med Phys Fitness-8951).*
2016	2	Durkalec-Michalski K. , Podgórski T., Sokołowski M., Jeszka J.: Relationship between body composition indicators and physical capacity of the combat sports athletes. <i>Archives of Budo</i> , 2016; 12: 247–256.

* punktacja nie została jeszcze wliczona do dorobku Kandydata

Analiza uzyskanych wyników wykazała, że skład ciała jest ściśle związany z poziomem wydolności tlenowej i beztlenowej u wioślarzy. Podobnie, poziom komponentów tkankowych jest istotnie skorelowany z poziomem wydolności tlenowej i może on być także związany ze stężeniem niektórych wskaźników biochemicznych we krwi osób trenujących sporty walki.

Wskazuje to na znaczenie optymalnej regulacji składu ciała już w przygotowawczym okresie treningowym, co ułatwiłoby większą skuteczność procedury wysiłkowej i wyeliminowałoby ryzyko zmniejszenia zdolności wysiłkowych, indukowanych szybką przedstartową redukcją masy ciała.

5.1.4 Badania oceny sposobu żywienia, stanu odżywienia i aktywności fizycznej sportowców, osób rekreacyjnie aktywnych i prowadzących siedzący tryb życia

Badania w zakresie oceny sposobu żywienia, stanu odżywienia i aktywności fizycznej prowadzono w różnych grupach zarówno sportowców (sprinterzy, biegacze długodystansowi, siatkarze, wioślarze), jak i osób rekreacyjnie aktywnych oraz prowadzących siedzący tryb życia (Tabela 4). Zaowocowały one dotychczas pięcioma publikacjami.

Znaczenie tych badań wiąże się z faktem, że sposób żywienia i nawyki żywieniowe mogą znacząco wpływać na zdolności wysiłkowe w sporcie. Ponadto, aktywność fizyczna wspólnie z czynnikami żywieniowymi odgrywa istotną rolę w regulacji stanu odżywienia organizmu, zachowaniu prawidłowego stanu zdrowia i prewencji szeregu chorób cywilizacyjnych.

Tabela 4. Publikacje Kandydata w zakresie oceny sposobu żywienia, stanu odżywienia i aktywności fizycznej sportowców, osób rekreacyjnie aktywnych i prowadzących siedzący tryb życia.

Rok	Lp.	Opis bibliograficzny
2016	1	Durkalec-Michalski K. , Baraniak A., Kusy K., Król-Zielińska M., Zieliński J.: The assessment of nutrition and body composition in elite polish sprinters. <i>Antropomotoryka. Journal of Kinesiology and Exercise Sciences (JKES)</i> , 2016; 74(26): 47–54.
2016	2	Durkalec-Michalski K. , Zawieja B., Zawieja E., Podgórski T., Jeszka J.: Ocena sposobu żywienia, stanu odżywienia i zdolności wysiłkowych wybranej grupy mężczyzn uprawiających siatkówkę. <i>Problemy Higieny i Epidemiologii</i> , 2016; 97(1): 56–61.
2015	3	Durkalec-Michalski K. , Baraniak A., Jeszka J.: Wpływ zbilansowania diety na skład ciała i zdolności wysiłkowe rekreacyjnych biegaczy długodystansowych. <i>Problemy Higieny i Epidemiologii</i> , 2015; 96 (3): 662–667.
2011	4	Durkalec-Michalski K. , Suliburska J., Jeszka J.: Ocena nawyków żywieniowych i stanu odżywienia młodych mężczyzn w zależności od aktywności fizycznej. <i>Standardy medyczne/Pediatrics</i> , 2011; 8: 100–106.
2011	5	Durkalec-Michalski K. , Suliburska J., Jeszka J.: Ocena stanu odżywienia i nawyków żywieniowych wybranej grupy zawodników uprawiających wioślarstwo. <i>Bromatologia i Chemia Toksykologiczna</i> , 2011; XLIV(3): 262–270.

W badaniach wykazano, że sportowcy o wysokim poziomie wytrenowania popełniają stosunkowo mało błędów żywieniowych, a ich dieta w większości przypadków jest prawidłowo zbilansowana. Znaczne dysproporcje i nieprawidłowości w tym zakresie obserwowane są w większym stopniu u osób prowadzących siedzący tryb życia, aniżeli u osób aktywnych fizycznie. Jednocześnie, w każdej z badanych grup rejestruje się jednak różnorodne błędy żywieniowe, które należałoby skorygować, celem racjonalizacji sposobu żywienia. Jest to o tyle istotne, że w niektórych z przytoczonych powyżej pracach wykazano związek pomiędzy sposobem żywienia a składem ciała i wydolnością fizyczną organizmu.

5.1.5 Badania sposobu żywienia, stanu odżywienia i stylu życia osób chorych na pierwotne nadciśnienie tętnicze.

Celem tych badań była ocena poziomu wiedzy żywieniowej, sposobu żywienia i stanu odżywienia oraz wyróżników stylu życia osób z pierwotnym nadciśnieniem tętniczym, jak również weryfikacja wskaźników gospodarki lipidowej i stężenia glukozy we krwi oraz stężenia wybranych składników mineralnych we krwi i włosach osób badanych (Tabela 5). Badania opisane zostały w dziewięciu publikacjach.

Prowadzenie badań w tym zakresie wynika z faktu powszechnego występowania chorób cywilizacyjnych, a wśród nich pierwotnego nadciśnienia tętniczego. W zakresie profilaktyki i skutecznej terapii tej jednostki chorobowej konieczne jest wdrożenie nefarmakologicznych metod, w których kluczową rolę odgrywa sposób żywienia, aktywność fizyczna i styl życia.

Tabela 5. Publikacje Kandydata w zakresie oceny sposobu żywienia, stanu odżywienia i stylu życia osób chorych na pierwotne nadciśnienie tętnicze.

Rok	Lp.	Opis bibliograficzny
2012	1	Durkalec-Michalski K. , Suliburska J., Krejpcio Z., Jeszka J., Bogdański P.: Analiza zależności pomiędzy spożyciem wybranych składników mineralnych a ich zawartością we włosach w wybranej grupie pacjentów z pierwotnym nadciśnieniem tętniczym. <i>Żywność. Nauka. Technologia. Jakość</i> , 2012; 2(81): 186–197.
2010	2	Durkalec-Michalski K. , Suliburska J., Krejpcio Z., Bogdański P.: Ocena spożycia alkoholu, tłuszczu i sodu w wybranej grupie pacjentów z pierwotnym nadciśnieniem tętniczym. <i>Żywność. Nauka. Technologia. Jakość</i> , 2010; 5(72): 178–190.
2010	3	Durkalec-Michalski K. , Suliburska J., Krejpcio Z., Bogdański P.: Palenie tytoniu a poziom wybranych składników mineralnych we krwi pacjentów z pierwotnym nadciśnieniem tętniczym. <i>Nowiny Lekarskie</i> , 2010; 79(4): 279–284.

2010	4	Durkalec-Michalski K. , Suliburska J., Krejpcio Z., Jeszka J.: Physical activity and occurrence of obesity among primary arterial hypertension outpatients. Polish Journal of Sports Medicine [Med. Sport], 2010; 26(2-3): 78–86.
2010	5	Durkalec-Michalski K. , Suliburska J., Krejpcio Z., Bogdański P.: Ocena wiedzy i nawyków żywieniowych wybranej grupy pacjentów z pierwotnym nadciśnieniem tętniczym. Jakość i bezpieczeństwo żywności wyzwaniem XXI wieku. Wydawnictwo Naukowe PTTŻ, Kraków 2010: 212–220. ISBN 978-83-929209-8-4.
2009	6	Durkalec-Michalski K. , Suliburska J., Krejpcio Z.: Palenie tytoniu w wybranej grupie pacjentów z nadciśnieniem tętniczym. Przegląd Lekarski, 2009; 66(10): 729–732.
2009	7	Durkalec-Michalski K. , Suliburska J., Krejpcio Z., Bogdański P.: Ocena stosowania suplementów witaminowo-mineralnych oraz preparatów ziołowych przez wybraną grupę pacjentów z pierwotnym nadciśnieniem tętniczym. Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, 2009; 3: 728–733.
2009	8	Durkalec-Michalski K. , Suliburska J., Krejpcio Z., Bogdański P.: Ocena stosowanych modyfikacji dietetycznych i profilu lipidowego pacjentów z pierwotnym nadciśnieniem tętniczym. Żywnienie Człowieka i Metabolizm, 2009; 36(2): 396–401.
2008	9	Suliburska J., Krejpcio Z., Durkalec-Michalski K. , Bogdański P., Pupek-Musialik D.: Ocena wybranych wskaźników biochemicznych krwi osób z pierwotnym nadciśnieniem tętniczym w aspekcie ich sposobu żywienia się. Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii, 2008; 4 (3): 101–106.

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na częstsze występowanie nadwagi i otyłości w grupie osób z pierwotnym nadciśnieniem tętniczym, w porównaniu do grupy kontrolnej. Osoby chorujące na pierwotne nadciśnienie tętnicze częściej paliły tytoń, a zarazem wykazywały mniejszą odporność na stres w porównaniu do grupy kontrolnej. Posiadały one także mniejszą wiedzę na temat zasad prawidłowego żywienia. Ponadto, analiza sposobu żywienia wykazała, że chorzy na pierwotne nadciśnienie tętnicze odżywiali się nieprawidłowo i popełniali liczne błędy żywieniowe. Co więcej, u pacjentów z nadciśnieniem tętniczym zaobserwowano ponadnormatywny poziom niektórych wskaźników biochemicznych we krwi. Stwierdzono również różnice w zakresie stężenia niektórych składników mineralnych we włosach w odniesieniu do osób zdrowych włączonych do grupy kontrolnej.

5.2. Prowadzone, zgłoszone i zarejestrowane badania kliniczne

Aktualnie Kandydat prowadzi cztery oficjalnie zarejestrowane badania kliniczne – w trzech w charakterze głównego badacza i kierownika badań, w jednym jako jeden

z głównych badaczy (Tabela 6). W ramach trwających obecnie badań NCT03665948 opublikowano już jedną pracę (**Durkalec-Michalski K.**, Nowaczyk P.M., Siedzik K. Effect of a four-week ketogenic diet on exercise metabolism in CrossFit-trained athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 2019; 16(1): 16. DOI: 10.1186/s12970-019-0284-9).

Kandydat zakończył także cztery oficjalnie zarejestrowane badania kliniczne, które prowadził w charakterze głównego badacza i kierownika badań (Tabela 7). W ramach tych badań klinicznych opublikowano do chwili obecnej następujące prace:

- a) NCT03406065: **Durkalec-Michalski K.**, Zawieja E.E., Podgórski T., Zawieja B.E., Michałowska P., Łoniewski I., Jeszka J. The effect of a new sodium bicarbonate loading regimen on anaerobic capacity and wrestling performance. *Nutrients*; 2018; 10(6): 697. DOI: 10.3390/nu10060697.
- b) NCT03062527: **Durkalec-Michalski K.**, Zawieja E, Zawieja B., Jurkowska D., Buchowski M.S., Jeszka J. Effects of low versus moderate glycemic index diets on aerobic capacity in endurance runners: three-week randomized controlled crossover trial. *Nutrients*, 2018; 10(3): 370. DOI: 10.3390/nu10030370.
- c) NCT03165357: **Durkalec-Michalski K.**, Zawieja E.E., Podgórski T., Łoniewski I., Zawieja B.E., Warzybok M., Jeszka J. The effect of chronic progressive-dose sodium bicarbonate ingestion on CrossFit-like performance: A double-blind, randomized cross-over trial. *PLoS ONE*, 2018; 13(5): e0197480. DOI: 10.1371/journal.pone.0197480.
- d) NCT03062527: **Durkalec-Michalski K.**, Zawieja E, Zawieja B., Podgórski T., Jurkowska D., Jeszka J. Influence of low versus moderate glycemic index of diet on substrate oxidation and energy expenditure during incremental exercise in endurance athletes: A randomized counterbalanced cross-over trial. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 2018; 69(6): 741-752. DOI: 10.1080/09637486.2017.1411891.
- e) NCT03028649: **Durkalec-Michalski K.**, Jeszka J., Podgórski T. The effect of a 12-week beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) supplementation on highly-trained combat sports athletes: a randomised, double-blind, placebo-controlled crossover study. *Nutrients*, 2017; 9(7): E753. DOI: 10.3390/nu9070753.

Tabela 6. Aktualnie prowadzone zarejestrowane badania kliniczne.

PROWADZONE OBECNIE BADANIA KLINICZNE								
Oficjalny tytuł badań	Numer identyfikacyjny	Prowadzący	Data rozpoczęcia badań	Data planowanego zakończenia	Zakres i słowa kluczowe	Interwencja	Koordinacja i finansowanie	Współpraca
The Effect of Acute Sodium Bicarbonate Supplementation on Buffering Potential Kinetics, Physical Capacity and Discipline-Specific Performance	NCT03810404	Krzysztof Durkalec-Michalski (Responsible Party and Principal Investigator)	2018-12-20	2020-03-01	Supplementation Sport Sports Nutrition Sodium bicarbonate Physical capacity Specific performance Training support CrossFit, hockey Body composition Buffering potential Biochemical markers	Dietary Supplement: Sodium bicarbonate supplementation Dietary Supplement: Placebo treatment'	Poznan University of Life Sciences	Poznan University of Physical Education
The Effect of Ketogenic and Carbohydrate, Low-Glycemic Index Diet on Physical and Specific Performance Capacity, and Exercise Metabolism in Crossfit- Trained Athletes	NCT03665948	Krzysztof Durkalec-Michalski (Responsible Party and Principal Investigator)	2017-01-09	2020-12-20	Sports Nutrition Sport Ketogenic Diet Glycemic Index CrossFit Exercise metabolism Physical capacity Specific performance Training support Body composition	Dietary Intervention - Ketogenic Diet (KD) Dietary Intervention - Low-Glycemic Index Diet (CHO-LGI)	Poznan University of Life Sciences	Poznan University of Physical Education; Pomeranian Medical University
The Influence of Caffeine Supplementation on Discipline-Specific Performance and Training Activities in Combat Sports and Speed-Strength Disciplines	NCT03822663	Krzysztof Durkalec-Michalski (Responsible Party and Principal Investigator)	2017-05-15	2020-03-01	Supplementation Sport Sports Nutrition Caffeine Physical capacity Specific performance Training support Combat sports	Dietary Supplement: Caffeine supplementation Dietary Supplement: Placebo treatment	Poznan University of Life Sciences	Poznan University of Physical Education

The Effect of Betaine Supplementation on Body Composition and Physical Capacity of Speed-strength Male Athletes	NCT03702205	Krzysztof Durkalec-Michalski (Co-Principal Investigator)	2018-10-15	2021-06-12	Supplementation Sports Sports nutrition Betaine CrossFit Physical capacity Exercise performance Training support Body composition Biochemical markers	Dietary Supplement: Betaine supplementation Dietary Supplement: Placebo treatment	Poznan University of Life Sciences	National Science Centre, Poland
---	-------------	--	------------	------------	--	--	------------------------------------	---------------------------------

Tabela 7. Zakończone zarejestrowane badania kliniczne.

PROWADZONE BADANIA KLINICZNE - ZAKOŃCZONE								
Oficjalny tytuł badań	Numer identyfikacyjny	Prowadzący	Data rozpoczęcia badań	Data zakończenia	Zakres i słowa kluczowe	Interwencja	Koordynacja i finansowanie	Współpraca
The Effect of Sodium Bicarbonate Supplementation on Physical and Specific Performance Capacity in Combat Sports Athletes	NCT03406065	Krzysztof Durkalec-Michalski (Responsible Party and Principal Investigator)	2014-10-10	2016-04-05	Supplementation Sport Sports Nutrition Sodium bicarbonate Physical capacity Specific performance Training support CrossFit Body composition Buffering potential Biochemical markers	Dietary Supplement: Sodium bicarbonate supplementation Dietary Supplement: Placebo treatment	Poznan University of Life Sciences	Poznan University of Physical Education; Pomeranian Medical University
The Effect of Sodium Bicarbonate Supplementation on Physical Capacity and Body Composition in Trained Athletes	NCT03165357	Krzysztof Durkalec-Michalski (Responsible Party and Principal Investigator)	2015-10-10	2016-04-05	Supplementation Sport Sports Nutrition Sodium bicarbonate Physical capacity Specific performance Training support CrossFit Body composition Buffering potential Biochemical markers	Dietary Supplement: Sodium bicarbonate supplementation Dietary Supplement: Placebo treatment	Poznan University of Life Sciences	Poznan University of Physical Education; Pomeranian Medical University

Effects of Low and Versus Moderate Glycemic Index Diets on Physical Capacity and Body Composition in Endurance- Trained Runners	NCT03062527	Krzysztof Durkalec-Michalski (Responsible Party and Principal Investigator)	2015-01-01	2015-05-01	Sports Nutrition Sport Carbohydrates Glycemic Index Physical capacity Training support Exercise metabolism	Dietary Intervention: Low glycemic index diet Dietary Intervention: Moderate glycemic index diet	Poznan University of Life Sciences	-
The Effect of β -hydroxy- β -methylbutyrate Supplementation on Physical Capacity and Body Composition in Trained Athletes	NCT03028649	Krzysztof Durkalec-Michalski (Responsible Party and Principal Investigator)	2010-01-01	2014-02-20	Supplementation Sport Sports Nutrition HMB Physical capacity Training support Body composition Biochemical markers	Dietary Supplement: β -hydroxy- β -methylbutyrate supplementation Dietary Supplement: placebo treatment	Poznan University of Life Sciences; Poznan University of Medical Sciences	National Science Centre, Poland; Poznan University of Physical Education; Poznan University of Medical Sciences

PODSUMOWANIE ILOŚCIOWE DZIAŁALNOŚCI NAUKOWEJ KANDYDATA

Publikacje pełnotekstowe			Rozdziały w podręcznikach i monografiach		
Czasopisma indeksowane w bazie <i>Journal Citation Reports</i>, posiadające współczynnik wpływu <i>Impact Factor</i> (IF)	Łącznie opublikowane	13	Rozdziały w podręcznikach	Łącznie opublikowane	2
	Opublikowane po doktoracie	11		Opublikowane po doktoracie	2
	Opublikowane przed doktoratem	2		Opublikowane przed doktoratem	-
	Przyjęte do publikacji	1			
Czasopisma nieindeksowane w bazie <i>Journal Citation Reports</i>, posiadające punkty MNiSW	Łącznie opublikowane	17	Rozdziały w monografiach	Łącznie opublikowane	7
	Opublikowane po doktoracie	6		Opublikowane po doktoracie	2
	Opublikowane przed doktoratem	11		Opublikowane przed doktoratem	5
Liczba cytowań (stan w dniu 22 kwietnia 2019 roku)	Web of Science	51	Wskaźnik Hirscha (<i>h-index</i>) (stan w dniu 22 kwietnia 2019 roku)	Web of Science	4
	Scopus	53		Scopus	4
	Google Scholar	113		Google Scholar	5
Publikacje popularnonaukowe			Łącznie		5
Doniesienia i wykłady na konferencjach naukowych i szkoleniowych			Łącznie		93
			Międzynarodowe		16
			Krajowe		44
			Wykłady na zaproszenie		33
Nagrody i wyróżnienia			Łącznie		7
			Konferencyjne		6
			Inne		7
Recenzje publikacji wykonane na zaproszenie w czasopismach naukowych recenzje publikacji wykonane na zaproszenie w czasopismach naukowych			Łącznie		16
			Recenzje artykułów w czasopismach indeksowanych w bazie <i>Journal Citation Reports</i>		14
Promotorstwo prac dyplomowych			Recenzja artykułów w czasopismach nieindeksowanych w bazie <i>Journal Citation Reports</i>		2
			Prace magisterskie		18
Recenzje prac dyplomowych			Prace licencjackie		13
			Prace magisterskie		3
Działalność dydaktyczna			Prace licencjackie		3
			Przedmioty - studia magisterskie		8
Granty stypendia			Przedmioty - studia licencjackie		4
			Łącznie		4
Staże			Łącznie		3
Współpraca z ośrodkami krajowymi i inne			Ośrodki naukowe		5
			Inne		2

ŁĄCZNA PUNKTACJA OPUBLIKOWANYCH PRAC WYNOSI IF = 28,61; MNiSW = 443 pkt, w tym IF = 16,61; MNiSW = 150 pkt stanowi osiągnięcie habilitacyjne.

Szczegóły bibliometryczne całości dorobku naukowego sprawdzone i potwierdzone przez upoważnioną jednostkę (Biblioteka AWF w Poznaniu) zamieszczono w **Załączniku nr 3**.

Dane obejmujące inne osiągnięcia i aktywność naukowo-zawodową Kandydata (m.in. prace i wystąpienia naukowe, projekty badawcze, staże i szkolenia, aktywność i osiągnięcia dydaktyczne oraz działania pozwalające na zestawienie nauki z praktyką i popularyzujące naukę) zaprezentowano zbiorczo, na stronie 56 autoreferatu, natomiast zestawienie szczegółowe zamieszczono jako Załącznik nr 4.

