



Ewa Śliwicka

AUTOREFERAT

Opis dorobku i osiągnięć naukowych

Poznań, 2023

Spis treści

1. Imię i nazwisko.....	3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe - z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.....	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych	3
4. Omówienie osiągnięcia, o którym mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.)	4
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego:	4
4.2. Wykaz publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe:.....	4
4.3. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.)	6
4.4. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych.....	32
Prace naukowe opublikowane przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora	32
Prace naukowe opublikowane po uzyskaniu stopnia naukowego doktora	33
5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.....	41
5.1. Staże naukowe	41
5.2. Współpraca z instytucjami naukowymi.....	42
6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.....	44
6.1. Osiągnięcia dydaktyczne	44
6.2. Osiągnięcia organizacyjne	46
6.3. Osiągnięcia popularyzujące naukę	46
7. Inne, ważne informacje, dotyczące kariery zawodowej wnioskodawcy, z pominięciem kwestii wymienionych w pkt. 1-6.....	49

1. Imię i nazwisko: Ewa Śliwicka

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe - z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

2006 – magister wychowania fizycznego, trener II klasy w wioślarstwie, Wydział Wychowania Fizycznego, Akademia Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu

2011 – doktor nauk o kulturze fizycznej, Wydział Wychowania Fizycznego, Akademia Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu

Tytuł rozprawy: „Wybrane adipokiny we krwi a indeks insulinooporności (HOMA_{IR}) – wpływ treningu fizycznego”

Promotor w przewodzie doktorskim: prof. dr hab. Łucja Pilaczyńska-Szcześniak

Recenzenci w przewodzie doktorskim: prof. dr hab. Barbara Kłapcińska

prof. dr hab. med. Tadeusz Rychlewski

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

01.08.2008 – 30.09.2011 - samodzielny technik, Zakład Higieny, Akademia Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu

01.10.2011 – 31.10.2019 - adiunkt, Zakład Higieny, Akademia Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu

01.11.2019 – obecnie - adiunkt, Zakład Fizjologii i Biochemii, Akademia Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu

01.10.2014 – obecnie - wykładowca, Wydział Nauk Społecznych i Nauk o Zdrowiu, Wyższa Szkoła Uni-Terra w Poznaniu

4. Omówienie osiągnięcia, o którym mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.)

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego:

Moim osiągnięciem, o którym mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy jest cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych pod wspólnym tytułem:

Metabolizm kostno-mięśniowy w warunkach obciążenia wysiłkiem fizycznym oraz w ekstremalnych warunkach środowiskowych

4.2. Wykaz publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe:

P-1. Śliwicka E., Nowak A., Zep W., Leszczyński P., Pilaczyńska-Szcześniak Ł. Bone mass and bone metabolic indices in male master rowers. *J Bone Miner Metab.* 2015; 33(5): 540-6. doi: 10.1007/s00774-014-0619-1.

Impact Factor: 2.460; MEiN: 25

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na: stworzeniu koncepcji badań, zaplanowaniu i prowadzeniu badania (rekrutacja uczestników badań, wykonanie analiz biochemicznych), opracowaniu i analizie statystycznej danych, interpretacji wyników zamieszczonych w manuskrypcie, przygotowaniu tekstu manuskryptu, redakcji odpowiedzi do recenzentów oraz końcowej wersji manuskryptu. W pracy tej jestem pierwszym autorem oraz korespondencyjnym.

P-2. Śliwicka E., Cisoń T., Kasprzak Z., Nowak A., Pilaczyńska-Szcześniak Ł. Serum irisin and myostatin levels after 2 weeks of high-altitude climbing. *PLoS One.* 2017; 12(7): e0181259. doi: 10.1371/journal.pone.0181259.

Impact Factor: 2.766; MEiN: 40

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na: stworzeniu koncepcji badań, zaplanowaniu i prowadzeniu badania (wykonanie analiz biochemicznych), opracowaniu i analizie statystycznej danych, interpretacji wyników zamieszczonych w manuskrypcie, przygotowaniu rycin i tabel zamieszczonych w manuskrypcie, przygotowaniu tekstu manuskryptu, redakcji odpowiedzi do recenzentów oraz końcowej wersji manuskryptu. W pracy tej jestem pierwszym autorem oraz korespondencyjnym.

P-3. Śliwicka E., Cisoń T., Pilaczyńska-Szcześniak Ł., Ziemia A., Straburzyńska-Lupa A. Effects of marathon race on selected myokines and sclerostin in middle-aged male amateur runners. *Sci Rep.* 2021; 11: 2813. doi: 10.1038/s41598-021-82288-z.

Impact Factor: 4.996; MEiN: 140

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na: stworzeniu koncepcji badań, zaplanowaniu i prowadzeniu badania (wykonanie analiz biochemicznych), opracowaniu i analizie statystycznej danych, interpretacji wyników zamieszczonych w manuskrypcie, przygotowaniu rycin zamieszczonych w manuskrypcie, przygotowaniu tekstu manuskryptu, redakcji odpowiedzi do recenzentów oraz końcowej wersji manuskryptu. W pracy tej jestem pierwszym autorem oraz korespondencyjnym.

P-4. Śliwicka E., Cisoń T., Straburzyńska-Lupa A., Pilaczyńska-Szcześniak Ł. The effects of whole-body cryotherapy on 25-hydroxyvitamin D, irisin, myostatin and interleukin-6 levels in healthy young men with different physical fitness levels. *Sci Rep.* 2020; 10: 6175. doi: 10.1038/s41598-020-63002-x.

Impact Factor: 4.380; MEiN: 140

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na: stworzeniu koncepcji badań, zaplanowaniu i prowadzeniu badania (wykonanie analiz biochemicznych), opracowaniu i analizie statystycznej danych, interpretacji wyników zamieszczonych w manuskrypcie, przygotowaniu rycin zamieszczonych w manuskrypcie, przygotowaniu tekstu manuskryptu, redakcji odpowiedzi do recenzentów oraz końcowej wersji manuskryptu. W pracy tej jestem pierwszym autorem oraz korespondencyjnym.

P-5. Straburzyńska-Lupa A., Cisoń T., Gomarasca M., Babińska A., Banfi G., Lombardi G., **Śliwicka E.** Sclerostin and bone remodeling biomarkers responses to whole-body cryotherapy (– 110°C) in healthy young men with different physical fitness levels. *Sci Rep.* 2021; 11: 16156. doi: 10.1038/s41598-021-95492-8

Impact Factor: 4.996; MEiN: 140

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na: stworzeniu koncepcji badań, zaplanowaniu i prowadzeniu badania (wykonanie analiz biochemicznych), opracowaniu i analizie statystycznej danych, interpretacji wyników zamieszczonych w manuskrypcie, przygotowaniu rycin zamieszczonych w manuskrypcie, przygotowaniu tekstu manuskryptu, redakcji odpowiedzi do recenzentów oraz końcowej wersji manuskryptu. W pracy tej jestem ostatnim autorem oraz korespondencyjnym.

Sumaryczny współczynnik wpływu Impact Factor dla cyklu pięciu opublikowanych, powiązanych tematycznie artykułów naukowych wynosi **19.598 punktów oraz 485 punktów MEiN (65 punktów według skali punktacji obowiązującej do końca 2018 r. i 420 punktów MEiN według skali punktacji obowiązującej od roku 2019).**

4.3. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.)

Wstęp

Prezentowany cykl opublikowanych prac jest ściśle powiązany z moimi zainteresowaniami sportowymi. W przeszłości uprawiałam wyczynowo wioślarstwo, natomiast w ostatnich latach startowałam w biegach terenowych (trailowych), w szczególności długodystansowych, tzw. biegach ultra.

Wysiłek fizyczny, podobnie jak ekspozycja na ekstremalne warunki środowiskowe (hipoksja hipobaryczna, niska temperatura otoczenia), indukuje wiele fizjologicznych zmian w organizmie człowieka [Allen i wsp., 2015; Docherty i wsp., 2022]. Zmiany te są zależne od rodzaju bodźca oraz czasu jego trwania. Podzielić je można na efekty ostre oraz odległe. Pierwsze występują w trakcie i bezpośrednio po zadziałaniu bodźca, natomiast drugie

występują po ustaniu efektów ostrych i obejmują zmiany poziomów spoczynkowych lub podstawowych [Roca-Rodríguez i wsp., 2015; Pedersen, 2017].

Pojedynczy bodziec wysiłkowy działa jako stresor zarówno podczas wykonywania wysiłku, jak i po jego zakończeniu i indukuje odpowiedź zapalną organizmu [Cerqueira i wsp., 2020]. Kaskada zapalna charakteryzuje się początkową odpowiedzią prozapalną (od 1,5 do 24 godzin po wysiłku), podczas której w układzie krążenia istotnie wzrasta stężenie cytokin prozapalnych: interleukiny-6 (ang. *interleukin-6*; IL-6), czynnika martwicy nowotworu α (ang. *tumor necrosis factor α* ; TNF- α), interleukiny-1 (ang. *interleukin-1*; IL-1). Zaraz po niej następuje odpowiedź przeciwzapalna (od 24 do 72 godzin po wysiłku), mająca kluczowe znaczenie dla regeneracji mięśni [Allen i wsp., 2015; Cerqueira i wsp., 2020], charakteryzująca się wzrostem produkcji czynników przeciwzapalnych, takich jak interleukina-10 (ang. *interleukin-10*; IL-10) i antagonist receptoru interleukiny 1 (ang. *interleukin-1 receptor antagonist*; IL-1ra) [Petersen, Pedersen, 2005; Allen i wsp., 2015]. Wzrost stężenia cytokin prozapalnych podczas aktywności fizycznej związany jest głównie z uszkodzeniami komórek mięśniowych oraz z mobilizacją zewnątrzkomórkowych substratów energetycznych i/lub zwiększeniem dostarczania wymienionych substratów do mięśni szkieletowych [Petersen i Pedersen, 2005].

Systematyczna aktywność fizyczna jest uważana za czynnik obniżający ryzyko wystąpienia zaburzeń metabolicznych [Gleeson i wsp., 2011; Allen i wsp., 2015; Pedersen, 2017]. Korzystnie wpływa na skład ciała, szczególnie na masę mięśniową oraz zawartość tkanki tłuszczowej [McTiernan i wsp., 2007; Nowak i wsp., 2008; Pilch i wsp., 2018; Nowak i wsp., 2020]. Przyczynia się także do wzrostu wrażliwości insulinowej poprzez zwiększenie domięśniowego transportu glukozy związanego z samym skurczem mięśniowym, a także ze wzrostem ekspresji i translokacji glukotransporterów GLUT-4 i kodującego je mRNA [Santos i wsp., 2008; Flores-Opazo i wsp., 2020; Merz i Thurmond, 2020]. Ponadto, regularny wysiłek fizyczny prowadzi do wzmocnienia elementów kaskady sygnalizacyjnej, które obejmuje receptor oraz substrat-1 receptora insulinowego oraz zwiększa powinowactwo receptora insulinowego do agonisty [McGee i Hargreaves, 2006; Kanaley i wsp., 2022].

Korzystny wpływ regularnych ćwiczeń fizycznych odnotowano także w odniesieniu do metabolizmu lipidów. Dane z literatury przedmiotu wskazują, że systematyczna aktywność fizyczna prowadzi do wzrostu lipolizy, a także zwiększonej oksydacji kwasów tłuszczowych oraz zwiększenia funkcji metabolicznych mitochondriów, zarówno u osób z zaburzonym metabolizmem lipidów, jak i u zdrowych, z prawidłową zawartością tkanki tłuszczowej [Horowitz, 2001; Poirier i Després, 2001]. Ponadto, badania wielu autorów wykazały

pozytywny wpływ aktywności fizycznej na stężenie frakcji HDL-cholesterolu i triglicerydów [Durstine i wsp., 2002; Green i wsp., 2012]. Stwierdzono także zwiększenie aktywności lipazy lipoproteinowej (EC 3.1.1.34) w tkance tłuszczowej i mięśniach oraz zmniejszenie aktywności wątrobowej lipazy triglicerydowej (EC 3.1.1.3), co prowadzi do zwiększenia syntezy frakcji HDL-cholesterolu [Després i Lamarche, 1994].

Systematyczny wysiłek fizyczny w znacznym stopniu modyfikuje metabolizm tkanki kostnej [Kohrt i wsp., 2009; Morseth i wsp., 2011; Dalz i wsp., 2016]. Bodźce mechaniczne oddziałujące na tkankę kostną w czasie wykonywania ćwiczeń, odgrywają istotną rolę w indukowaniu obrotu kostnego, szczególnie w miejscach obciążenia [Długołęcka i wsp., 2011]. Obserwuje się istotnie wyższe wartości gęstości mineralnej kości (ang. *bone mineral density*; BMD) u osób aktywnych fizycznie, zarówno młodych, jak i dorosłych, w porównaniu do osób nieaktywnych [Morseth i wsp., 2011]. Z literatury przedmiotu wynika, że mechaniczne obciążenia tkanki kostnej są efektem oddziaływania sił grawitacji i sił reakcji podłoża (ang. *ground-reaction forces*) oraz wpływu kurczących się mięśni (ang. *muscle-reaction forces*) [Morseth i wsp., 2011].

Aktywność fizyczna indukuje zmiany immunologiczne obejmujące wiele komórek i szlaków odpornościowych [Docherty i wsp., 2022]. Wykazano, że ćwiczenia fizyczne w różnym stopniu wpływają na subpopulacje limfocytów, aktywność komórek NK (ang. *natural killer*), funkcjonowanie neutrofilów oraz liczbę leukocytów [Pedersen i Hoffman-Goetz, 2000]. Regularny wysiłek fizyczny przyczynia się także do zmniejszenia ogólnoustrojowego stanu zapalnego, przejawiającego się zmniejszeniem ilości białek ostrej fazy oraz innych wskaźników stanu zapalnego [Vieira i wsp., 2009; Nimmo i wsp., 2013; Allen i wsp., 2015].

Dane z literatury przedmiotu wskazują na współzależność metabolizmu mięśni szkieletowych oraz tkanki kostnej, a także ich rolę w kształtowaniu zdrowia człowieka [Colaiaanni i wsp., 2016]. W odpowiedzi na bodziec wysiłkowy tkanki te komunikują się poprzez mechanotransdukcję oraz na drodze endokrynnej, do której zaliczają się miokiny (np. miostatyna, iryzyna, IL-6) i osteokiny (np. sklerostyna) [Kirk i wsp., 2020].

Miokiny biorą udział w autokrynnej regulacji metabolizmu, angiogenezy i wzrostu mięśni, a także w parakrynnej i endokrynnej regulacji innych tkanek i narządów, takich jak kości, wątroba, mózg i tkanka tłuszczowa [Leal i wsp., 2018].

Miostatyna i iryzyna odgrywają przeciwstawne role w funkcjonowaniu mięśni szkieletowych oraz kości [Colaiaanni i wsp., 2016]. Dotychczasowe badania wykazały, że obie miokiny, poprzez szlak IGF-1/Akt/mTOR, wywierają przeciwny wpływ na masę i siłę mięśni

[Goodman i wsp., 2013; Reza i wsp., 2017]. Miostatyna zmniejsza syntezę białek przy jednoczesnym zwiększeniu ich degradacji w mięśniach szkieletowych [Goodman i wsp., 2013], natomiast iryzyna indukuje hipertrofię mięśni szkieletowych [Reza i wsp., 2017].

Miostatyna należy do grupy transformujących czynników wzrostu beta (ang. *transforming growth factor-β*; TGF-β). Występuje głównie w mięśniach szkieletowych jako negatywny regulator ich masy [Kirk i wsp., 2020]. Miostatyna ma również negatywny wpływ na tkankę kostną, bowiem zwiększa ich katabolizm i resorpcję poprzez nasilenie osteoklastogenezy i zmniejszenie tempa kościotworzenia [Kirk i wsp., 2020].

Iryzyna jest miokina zależną od koaktywatora receptorów aktywowanych przez proliferatory peroksysomów gamma 1 alfa (ang. *peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1α*; PGC-1α) [Boström i wsp., 2012]. Jej synteza ma miejsce głównie w tkance mięśniowej. Do układu krążenia jest uwalniana podczas aktywności fizycznej, przyczyniając się do zwiększenia wydatku energetycznego, metabolizmu oksydacyjnego oraz poprawy metabolizmu glukozy [Lombardi i wsp., 2016]. Badania na modelu zwierzęcym wykazały, że iryzyna może zwiększać osteoblastogenezę i masę kostną [Colaianni i wsp., 2015; Zhang i wsp., 2017].

Interleukina-6 jest wytwarzana przez komórki immunologiczne śródbłonna, tkanki łącznej, tłuszczowej, naskórka i komórki mięśni szkieletowych [Febbraio i Pedersen, 2002]. Jest wielokierunkowo działającą miokina, uczestniczącą zarówno w odpowiedzi zapalnej, jak i w wychwycie glukozy, utlenianiu kwasów tłuszczowych, a także w metabolizmie kości poprzez zwiększenie tworzenia osteoklastów i różnicowanie osteoblastów [Lara-Castillo i Johnson, 2020].

Biochemiczne markery metabolizmu kostnego stanowią uwalniane w czasie procesów kościotworzenia i resorpcji kostnej fragmenty białkowe elementów strukturalnych kości, produkty ich degradacji, enzymy oraz białka. Do jednych z najczęściej stosowanych należą: osteokalcyna (ang. *osteocalcin*; OC) oraz C-końcowy usieciowany telopeptyd kolagenu typu I (ang. *C-terminal telopeptid of type I collagen*; CTx-I) [Vasikaran i wsp., 2011].

Osteokalcyna (OC) jest niekolagenowym białkiem zawierającym trzy γ -karboksylowe reszty kwasu glutaminowego, a jej ekspresja i wydzielanie odbywa się prawie wyłącznie w osteoblastach [Kim i wsp., 2010]. Bierze udział w mineralizacji kości, a jej stężenie we krwi uznawane jest za jeden ze wskaźników kościotworzenia [Neve i wsp., 2011]. Karboksylowana postać OC (ang. *carboxylated osteocalcin*; c-OC) ma duże powinowactwo do jonów wapnia. Jony te wiązane są w kryształach hydroksyapatytu (ang. *hydroxyapatite*; HAP) zewnątrzkomórkowej macierzy kostnej [Kim i wsp., 2010]. Natomiast niekarboksylowana

osteokalcyna (ang. *undercarboxylated osteocalcin*, uc-OC) wykazuje mniejsze powinowactwo do jonów wapnia oraz obniżoną zdolność do mineralizacji kości. Badania przeprowadzone na modelu zwierzęcym wykazały, że wytwarzana przez komórki kostne uc-OC nasila proliferację komórek β trzustki, stymuluje ekspresję i sekrecję insuliny oraz zwiększa ekspresję adiponektyny w adipocytach [Mizokami i wsp., 2017].

C-końcowy usieciowany telopeptyd kolagenu typu I (CTx-I) jest uwalniany do krwi i moczu z cząsteczki kolagenu typu I w czasie osteoklastycznej resorpcji kości, wskutek aktywności enzymu katepsyny K. Dane z literatury przedmiotu wskazują na wzrost stężenia CTx-I u kobiet po menopauzie oraz na pozytywną korelację pomiędzy stężeniem CTx-I a ubytkiem masy kostnej u pacjentów z osteoporozą [Vasikaran i wsp., 2011]. CTx-I charakteryzuje wysoka zmienność dobową, z najniższymi wartościami w godzinach popołudniowych, co wynika z fizjologicznie największego nasilenia resorpcji kości w godzinach nocnych [Szulc i wsp., 2017]. Ponadto, stężenie CTx-I ulega zmianie w odpowiedzi na bodziec wysiłkowy lub przyjęcie pokarmu [Dolan i wsp., 2020].

Szlak RANKL/RANK/OPG, którego głównymi składnikami są: osteoprotegeryna (ang. *osteoprotegerin*; OPG), receptor aktywujący jądrowy czynnik NF- κ B (ang. *receptor activator of nuclear factor NF- κ B*; RANK) oraz ligand RANK (ang. *receptor activator of nuclear factor NF- κ B ligand*; RANKL), odgrywa istotną rolę w regulacji resorpcji kości [Boyce i Xing, 2008]. RANKL, należący do nadrodziny białek czynników martwicy nowotworów (ang. *tumor necrosis factor*; TNF), kontroluje różnicowanie osteoklastów poprzez specyficzny receptor znajdujący się na powierzchni komórek prekursorowych osteoklastów. Aktywuje proces tworzenia dojrzałych osteoklastów, a także stymuluje uwalnianie niedojrzałych prekursorów osteoklastów [Boyce i wsp., 2009]. RANK jest białkiem transbłonowym, a jego połączenie ze swym ligandem na powierzchni osteoklastów doprowadza do uruchomienia kaskady sygnałów, które aktywują swoiste geny odpowiadające za przeżycie i różnicowanie osteoklastów, a także za resorpcję kości [Boyce i Xing, 2008]. Osteoprotegeryna należy do nadrodziny receptorów czynników martwicy nowotworów (ang. *tumor necrosis factor receptor*; TNFR). Jest rodzajem receptora przypominającego budową RANK (ang. *decoy receptor*) i tym samym działa jako antagonistą kompetywny dla RANKL [Marcadet i wsp., 2022]. Łącząc się z nim, blokuje połączenie z RANK, tym samym zapobiegając jego aktywacji na powierzchni osteoklasta i wystąpieniu resorpcji kości poprzez modulację syntezy osteoklastów [Boyce i wsp., 2009]. W warunkach fizjologicznych istnieje ścisła równowaga pomiędzy ilością białka RANKL i OPG, a stosunek RANKL do OPG jest uznawany za wiarygodny wskaźnik stanu metabolicznego kości [Boyce i Xing, 2008]. Aktywacja szlaku

Wnt/ β -katenina w osteoblastach zwiększa ekspresję OPG i zmniejsza resorpcję kości [Baron i Kneissel, 2013; Maeda i wsp., 2019].

Sklerostyna jest glikoproteiną wydzielaną głównie przez osteocyty. Działa jako antagonistka kościotworzenia poprzez kanoniczny szlak sygnałowy Wnt/ β -katenina [Kawao i Kaji, 2015]. Szlak ten odgrywa rolę w rozwoju insulinooporności, stanach zapalnych, zaburzeniach metabolicznych [Kawao i Kaji, 2015] i regeneracji mięśni szkieletowych [Kim i wsp., 2019]. Wyniki badań wskazują, że sklerostyna może również działać jako regulator metabolizmu kości [Kawao i Kaji, 2015; Kim i wsp., 2019]. Robling i wsp. [2008] wykazali, że ekspresja sklerostyny zmniejsza się pod wpływem obciążenia, co prowadzi do zwiększonego tworzenia kości. Wyniki te sugerują, że sklerostyna może być kluczowym białkiem zaangażowanym w obciążenie mechaniczne. Ponadto, komórki kościotwórcze posiadają receptory jądrowe dla 1,25(OH)₂D oraz receptory błonowe dla parathormonu (ang. *parathyroid hormone*; PTH) [Biliński i wsp., 2019].

PTH jest kluczowym hormonem uczestniczącym w metabolizmie wapnia i fosforu [Lombardi i wsp., 2020]. Odgrywa ważną rolę w przewodnictwie nerwowo-mięśniowym, skurczu mięśni, a także biosyntezie adenosynotryfosforanu (ang. *adenosine triphosphate*; ATP) oraz innych substratów energetycznych. Dlatego ćwiczenia mogą wpływać na ekspresję i wydzielanie PTH [Lombardi i wsp., 2020]. Badania na modelu zwierzęcym wykazały obecność receptorów PTH na błonie komórkowej włókien mięśni szkieletowych, a także udział w regulacji wychwytu i uwalniania 25(OH)D przez komórki mięśniowe [Abbott i wsp., 2017].

Witamina D odgrywa istotną rolę w metabolizmie kości i mięśni. Głównym zadaniem witaminy D jest utrzymanie homeostazy wapniowo-fosforanowej, poprzez wpływ na PTH oraz absorpcję wapnia [Girgis i wsp., 2015]. Natomiast badania ostatnich lat dowodzą, że witamina ta wykazuje także działanie bezpośrednie, które jest związane z lokalną aktywnością receptora witaminy D (ang. *vitamin D receptor*; VDR) w niektórych tkankach, jak np. mięśnie szkieletowe, tkanka tłuszczowa [Wang i wsp., 2012]. Witamina D może również pośrednio wpływać na metabolizm kostno-mięśniowy poprzez uwalnianie w obrębie tych tkanek molekuły, takie jak miostatyna, IL-6 i sklerostyna [Girgis i wsp., 2015].

Cel badań

Głównym celem prac ujętych w cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych była ocena wybranych wskaźników metabolizmu kostno-mięśniowego w warunkach obciążenia wysiłkiem fizycznym oraz w ekstremalnych warunkach środowiskowych. Natomiast cele szczegółowe dotyczyły:

1. Oceny wpływu systematycznego treningu wioślarskiego na masę kostną, poziom markerów obrotu kostnego i wskaźników metabolizmu węglowodanowego u mężczyzn amatorsko uprawiających wioślarstwo w kategorii *masters* (**P-1**).
2. Oceny wpływu dwutygodniowej ekspozycji na hipoksję hipobaryczną na poziom wybranych wskaźników metabolizmu kostno-mięśniowego oraz 25(OH)D u mężczyzn uprawiających amatorsko wspinaczkę wysokogórską (**P-2**).
3. Oceny wpływu ekstremalnego wysiłku fizycznego podczas wyścigu maratońskiego w warunkach górskich na poziom wybranych wskaźników metabolizmu mięśniowo-szkieletowego oraz 25(OH)D u biegaczy amatorów w średnim wieku (**P-3**).
4. Oceny wpływu pojedynczego bodźca oraz serii 10 zabiegów krioterapii ogólnoustrojowej na metabolizm tkanki mięśniowej i kostnej u młodych nietreningujących mężczyzn o zróżnicowanym poziomie wydolności fizycznej (**P-4** i **P-5**).

Realizacja powyższych celów zakładała przeprowadzenie kilku badań, których wyniki uzyskano w ramach realizacji projektów naukowych finansowanych z działalności statutowej Zakładu Higieny AWF w Poznaniu, a także badań własnych realizowanych z dotacji na Rozwój Młodych Pracowników Nauki AWF w Poznaniu.

Wszyscy uczestnicy badań zostali zapoznani z protokołem badań, procedurą wykonywania pomiarów antropometrycznych, gęstości mineralnej kości, poziomu wydolności fizycznej, pobierania krwi żyłnej, a także wypełniania kwestionariusza aktywności fizycznej.

Wszystkie procedury badawcze, zamieszczone w ramach prezentowanego cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych, zostały ocenione i zatwierdzone przez właściwą lokalną komisję bioetyczną. Wszelkie działania prowadzone były zgodnie z rekomendowanymi standardami etycznymi zalecanymi w Deklaracji Helsińskiej, a od wszystkich uczestników uzyskano pisemną i świadomą zgodę przed rozpoczęciem badań.

W ramach realizacji **pierwszego celu szczegółowego**, dokonałam oceny wpływu systematycznego treningu wioślarskiego na masę kostną, poziom markerów obrotu kostnego i wskaźników metabolizmu węglowodanowo-lipidowego u mężczyzn amatorsko

uprawiających wioślarstwo w kategorii *masters* (**P-1**). Systematyczna aktywność fizyczna uznawana jest za jeden z czynników prewencyjnych wielu schorzeń, w tym otyłości, cukrzycy typu 2, osteoporozy [Gleeson i wsp., 2011; Allen i wsp., 2015; Pedersen, 2017]. Wykazano, że osoby podejmujące aktywność fizyczną, podczas której szkielet obciążony jest ciężarem własnego ciała (ang. *weight-bearing*) mają większą masę kostną aniżeli osoby o podobnych parametrach [Chrysikopoulos i wsp., 2010]. Wioślarstwo należy do dyscyplin sportowych, w której szkielet zawodnika podtrzymywany jest przez łódź (ang. *non-weight-bearing*). Badania przeprowadzone w grupie młodych wioślarzy wskazują na zróżnicowaną odpowiedź osteogenną na obciążenia mechaniczne w określonych obszarach szkieletu, a także na przypadki złamań kości, głównie żeber [Warden i wsp., 2002; Vinther i wsp., 2006; McDonnell i wsp., 2011].

Grupę badaną stanowiło 29 mężczyzn w wieku od 32 do 59 lat, deklarujących dobry stan zdrowia, których podzielono na dwie grupy. Grupę I (n=14) stanowili mężczyźni amatorsko uprawiający wioślarstwo w kategorii *masters*, natomiast grupę II (n=15) mężczyźni, którzy nie podejmowali żadnej systematycznej aktywności fizycznej. U badanych dokonano pomiarów antropometrycznych oraz gęstości mineralnej kości, natomiast w krwi żyłnej oznaczono wskaźniki metabolizmu tkanki kostnej (osteokalcyna – OC, C-końcowy usieciowany telopeptyd kolagenu typu I – CTx-I), metabolizmu węglowodanów (glukoza, insulina) i adipokiny (rezystyna i wisfatyna).

Przeprowadzone badania wykazały, że systematyczny trening wioślarski (częstotliwość od 4 do 7 razy w tygodniu i łącznym czasie wiosłowania średnio $5 \pm 1,5$ godzin tygodniowo), który zawierał także elementy kolarstwa, biegania, pływania oraz narciarstwa biegowego (średnio $3 \pm 1,2$ godzin/tydzień), przyczynia się do wzrostu gęstości mineralnej kości (BMD) oraz zawartości składników mineralnych (ang. *bone mineral content*; BMC) całego szkieletu oraz poszczególnych jego fragmentów: odcinka lędźwiowego kręgosłupa i szyjki kości udowej, przy równoczesnym braku zmian w poziomie markerów obrotu kostnego (OC i CTx-I), w porównaniu z grupą kontrolną. U wioślarzy odnotowano także mniejszą zawartość tkanki tłuszczowej oraz niższe wartości stężenia insuliny i wskaźnika $HOMA_{IR}$. Oceniano także wpływ systematycznej aktywności fizycznej na poziom rezystyny i wisfatyny, biorących udział w metabolizmie węglowodanów i tkanki kostnej. Uzyskane wyniki badań nie wykazały istotnych różnic między badanymi grupami w poziomie wybranych adipokin, a także ich zależności ze wskaźnikiem oporności insulinowej $HOMA_{IR}$, co może być uwarunkowane doborem uczestników badań pod względem wskaźnika wagowo-wzrostowego.

Oceny gęstości mineralnej kości (BMD) dokonano także u 10 mężczyzn w wieku od 32 do 51 lat, którzy amatorsko trenowali bieganie od 4 do 5 razy w tygodniu, pokonując tygodniowo dystans średnio 58,5 km (**P-3**).

Ćwiczenia z obciążeniem szkieletu ciężarem własnego ciała (ang. *weight-bearing*) są powszechnie uznawane za korzystne dla utrzymania prawidłowej budowy oraz funkcji tkanki kostnej. Jednakże Scofield i Hecht [2012], analizując wyniki badań innych autorów stwierdzili, że u biegaczy i kolarzy często odnotowuje się niższe wartości BMD niż u sportowców uprawiających dyscypliny siłowe i zespołowe gry sportowe. Z kolei Fredericson i wsp. [2007] obserwowali wyższe BMD u biegaczy długodystansowych wyłącznie w miejscach bezpośrednio obciążonych (np. kość piętowa). Ponadto, u 40% uczestniczących w ich badaniu biegaczy odnotowano wartości *T-score* dolnego odcinka lędźwiowego kręgosłupa wskazujące na osteopenię. Zdaniem cytowanych autorów, taki obraz zmian może być wynikiem zwiększonego poziomu hormonów stresu, niższego poziomu testosteronu lub podwyższonego stężenia markerów stanu zapalnego [Fredericson i wsp., 2007].

Przeprowadzone przeze mnie badania (**P-3**) wykazały, że u biegaczy-amatorów wartości BMD całego szkieletu, jak i poszczególnych jego fragmentów, nie wskazują na występowanie osteopenii czy osteoporozy, w odniesieniu do zakresów referencyjnych zaproponowanych przez Światową Organizację Zdrowia (ang. *World Health Organization*; WHO) [2007]. Należy jednak zauważyć, że dystans pokonywany przez biegaczy nie przekraczał 70 km tygodniowo.

Podsumowanie:

Systematyczny trening wioślarski przyczynia się do normalizacji gospodarki węglowodanowej, masy tłuszczowej ciała oraz korzystnie wpływa na metabolizm tkanki kostnej, co może być wykorzystane w prewencji osteoporozy i cukrzycy typu 2 (**P-1**). Podobne efekty odnotowano w przypadku biegów długodystansowych, uprawianych na poziomie amatorskim (**P-3**).

W ostatnich latach zwiększyło się zainteresowanie różnymi formami aktywności fizycznej, w tym wspinaczką wysokogórską. Dlatego też w ramach realizacji **drugiego celu szczegółowego**, podjęłam się oceny wpływu dwutygodniowej ekspozycji wysokogórskiej (hipoksja hipobaryczna) na poziom wybranych wskaźników metabolizmu kostno-mięśniowego oraz 25(OH)D u mężczyzn uprawiających amatorsko wspinaczkę wysokogórską (**P-2**).

W górach wysokich (> 2500 m n.p.m.) trudne warunki środowiska naturalnego, takie jak obniżone ciśnienie parcjalne tlenu oraz niska temperatura powietrza, modyfikują odpowiedź układu immunologicznego [Hartmann i wsp., 2000; Facco i wsp., 2005] oraz komponenty składu ciała [Howald i Hoppeler, 2003]. Chroniczna hipoksja istotnie zwiększa generację reaktywnych form tlenu i azotu (ang. *reactive oxygen and nitrogen species*; RONS), a także wyzwała reakcje zapalne, które przyczyniają się do upośledzenia funkcji mitochondriów i uszkodzenia miocytów [Jacobs i wsp. 2013]. W warunkach wysokogórskich uwalnianie czynników prozapalnych może dodatkowo nasilać niska temperatura otoczenia i promieniowanie ultrafioletowe (UV) [Askew, 2002; Hagobian i wsp., 2006]. Ponadto, wysiłek fizyczny wykonywany na dużych wysokościach (>2500 m n.p.m.) zwiększa odpowiedź immunologiczną, m.in. poprzez wzrost zapotrzebowania na substraty energetyczne oraz indukowanie znacznych uszkodzeń miocytów [Magalhães i wsp., 2005].

Grupę badaną stanowiło 8 mężczyzn, systematycznie podejmujących aktywność fizyczną (wspinaczka, turystyka wysokogórska) w wieku od 23 do 31 lat, będących uczestnikami wyprawy wspinaczkowej w Alpach (**P-2**). Badani mężczyźni przez 14 dni, na przełomie lipca i sierpnia, przebywali na wysokości od 3200 do 3600 m n.p.m. Każdego dnia spędzali od 6 do 16 godzin na wspinaczce, przy temperaturze od 14°C do -12°C. Celem uczestników ekspedycji było wejście na 4000-metrowe szczyty masywu Mont Blanc. Dzień przed wyjazdem w góry oraz dwa dni po powrocie z ekspedycji od uczestników pobrano krew z żyły łokciowej, w której oznaczono wskaźniki uszkodzeń mięśni (mioglobina), odpowiedzi zapalnej (hsCRP), miokina (IL-6, iryzyna, miostatyna), metabolizmu tkanki kostnej (osteoprotegeryna – OPG i ligand receptora aktywującego czynnik jądrowy kappa B - sRANKL) oraz 25(OH)D.

Dwutygodniowy pobyt alpinistów na wysokości 3000 – 4000 m n.p.m. przyczynił się do nasilenia procesów zapalnych oraz uszkodzeń włókien mięśniowych, co potwierdzają istotnie wyższe stężenia hsCRP, hsIL-6 oraz mioglobiny odnotowane po powrocie z ekspedycji. U uczestników wyprawy odnotowano także istotny spadek beztłuszczowej masy ciała, co jest zgodne z doniesieniami innych autorów [MacDougall i wsp., 1991; Howald i Hoppeler, 2003; Hamad i Travis, 2006]. Wśród przyczyn takich zmian wymienia się wzrastający wraz z hipoksją i czasem ekspozycji deficyt energii związany z utrzymaniem temperatury ciała [Stancic i wsp., 2013, Martin i wsp. 2010] oraz koszt energetyczny wysiłku fizycznego [Fulco i wsp., 1992]. Ponadto, w niniejszej pracy odnotowano istotne obniżenie stężenia iryzyny i 25(OH)D, co może być związane z przesunięciem kaskady metabolicznej odpowiedzi komórkowej w kierunku anaerobowych źródeł energii oraz redukcją gęstości mitochondriów [Zhang i wsp., 2008].

Podsumowanie:

Wysiłek fizyczny w warunkach hipoksji hipobarycznej indukuje niekorzystne reakcje fizjologiczne, o czym świadczą wykazane zależności pomiędzy wskaźnikami stanu zapalnego oraz szlaku sygnałowego OPG/RANKL ze stężeniem iryzyny i miostatyny. Dane te sugerują ich udział w modyfikacji zarówno procesów energetycznych, jak i regeneracyjnych tkanki mięśniowej w odpowiedzi na dwutygodniowy pobyt w warunkach hipoksji hipobarycznej.

Przedstawione wyżej prace obrazują wpływ systematycznej aktywności fizycznej (**P-1**) oraz dwutygodniowej ekspedycji wysokogórskiej (**P-2**) na organizm człowieka. Natomiast kolejna praca przedstawia wpływ pojedynczego bodźca wysiłkowego, jakim był bieg maratoński w warunkach górskich, na poziom wybranych wskaźników metabolizmu mięśniowo-szkieletowego oraz 25(OH)D u biegaczy amatorów w średnim wieku (**P-3**).

Istotną komponentą biegów długodystansowych, w szczególności w warunkach górskich, są ekscentryczne skurcze mięśni, które indukują uszkodzenia włókien mięśniowych, tkanki łącznej i kostnej [Suzuki i wsp., 2003; Järvinen i wsp., 2014; Barros i wsp., 2017]. Uszkodzenia mięśni wywołane wysiłkiem fizycznym (ang. *exercise-induced muscle damage*; EIMD) objawiają się opóźnioną bolesnością mięśni (ang. *delayed onset muscle soreness*; DOMS), ich osłabieniem oraz zmniejszeniem zakresu ruchu [Jaworska i wsp., 2020]. EIMD wiążą się z odpowiedzią zapalną [Cerqueira i wsp., 2020], która ma kluczowe znaczenie dla prawidłowego przebiegu procesów regeneracyjnych, a także dla adaptacji do systematycznego treningu fizycznego [Oishi i Manabe, 2018].

Grupę badaną stanowiło 10 mężczyzn w wieku od 32 do 51 lat, deklarujących dobry stan zdrowia, którzy systematycznie trenowali bieganie od 4 do 5 razy w tygodniu, pokonując dystans średnio 58,5 km tygodniowo. Badani mężczyźni byli uczestnikami Maratonu Wyszehradzkiego (różnica poziomów: 1161 m i całkowite przewyższenie: 491 m), który ze względu na różnice wzniesień, można zaliczyć do najtrudniejszych maratonów organizowanych w Europie. Trasa posiadała atest Polskiego Związku Lekkiej Atletyki (PZLA). Maraton odbywał się w miesiącu czerwcu. W dniu zawodów temperatura powietrza wynosiła od 10°C na starcie do 23°C na mecie, a wilgotność względna pomiędzy 40 i 46%. Podczas maratonu ilości płynów oraz egzogennych węglowodanów były dostępne *ad libitum*. Ponadto, 24 godziny przed startem w maratonie oraz 24 i 72 godziny po jego zakończeniu pobrano krew z żyły łokciowej, w której oznaczono stężenie wybranych wskaźników uszkodzeń mięśni (mioglobina), odpowiedzi zapalnej (hsCRP i TNF α), miokin (IL-6, iryzyna, miostatyna),

metabolizmu tkanki kostnej (parathormon – PTH, osteoprotegeryna – OPG i sklerostyna) oraz 25(OH)D.

Uzyskane wyniki wskazują, że okres 24 godzin po zakończeniu biegu maratońskiego charakteryzuje się wzrostem stężenia wszystkich badanych wskaźników, a okres 72 godzin jest niewystarczającym do przywrócenia przedwysiłkowych wartości sklerostyny i PTH, co świadczy o nasileniu procesów degradacji tkanki kostnej. W przypadku 25(OH)D nie odnotowano istotnych zmian stężenia oznaczanego metabolitu, jednakże pozytywna korelacja pomiędzy zmianami stężenia 25(OH)D i iryzyny może sugerować, że witamina D wykazuje właściwości przeciwzapalne. Potwierdzają to także doniesienia naukowe z wcześniejszych lat, zgodnie z którymi witamina ta coraz częściej uznawana jest za ważny metabolit dla prawidłowego funkcjonowania mięśni u osób trenujących [Kasprzak i wsp., 2015].

Podsumowanie:

Niniejsze badania udokumentowały negatywny wpływ ekstremalnych wysiłków na stan czynnościowy i funkcjonalny mięśni, kości i układu odpornościowego. Jednakże odnotowane u badanych biegaczy wartości BMD całego szkieletu oraz jego wybranych fragmentów wskazują na adaptację organizmu, obejmującą doskonalenie czynności poszczególnych tkanek i narządów oraz towarzyszące im zmiany morfologiczne i funkcjonalne zwiększające rezerwę adaptacyjną ustroju do stopniowo wzrastających obciążeń.

Do ekstremalnych warunków środowiskowych należy zaliczyć skrajnie niskie temperatury otoczenia. Dlatego też realizacja **czwartego celu szczegółowego** obejmowała ocenę wpływu pojedynczego bodźca oraz serii 10 zabiegów krioterapii ogólnoustrojowej na metabolizm tkanki mięśniowej i kostnej u młodych nietrenujących mężczyzn o zróżnicowanym poziomie wydolności fizycznej (**P-4** i **P-5**).

Ekstremalnie niska temperatura otoczenia może spowodować głębokie, nieodwracalne uszkodzenie tkanek, dlatego wyzwała zachowania ochronne i jest odczuwana jako ból [MacDonald i wsp., 2020]. Jednak subiektywne odczucie zimna zależy również od temperatury, wilgotności i ruchu powietrza [Manolis i wsp., 2019]. Powszechnie stosowaną formą skrajnie niskich temperatur na organizm człowieka jest krioterapia ogólnoustrojowa (ang. *whole body cryotherapy*; WBC), polegająca na krótkotrwałej ekspozycji ciała (od 1 do 3 minut) na działanie zimnego powietrza (-110°C) w komorze kriogenicznej [Lombardi i wsp., 2017]. WBC jest stosowana przede wszystkim ze względu na swoje działanie przeciwbólowe i przeciwzapalne w chorobach o podłożu reumatoidalnym [Guillot i wsp., 2014], a także jako profilaktyka stanów

zapalnych i dolegliwości bólowych wywołanych wysiłkiem fizycznym [Lombardi i wsp., 2017]. Celem podjętych przeze mnie badań było określenie, czy i w jaki sposób pojedynczy zabieg oraz seria 10 sesji krioterapii ogólnoustrojowej przyczyni się do naruszenia homeostazy organizmu młodych, zdrowych i nietrenujących mężczyzn.

Grupę badaną stanowiło 22 nietrenujących mężczyzn, w wieku od 19 do 23 lat, deklarujących dobry stan zdrowia. Uwzględniając pułap tlenowy ($\dot{V}O_{2max}$), badanych podzielono na dwie grupy: o wyższym ($\dot{V}O_{2max} \geq 43$, HPhL; n=11) oraz niższym ($\dot{V}O_{2max} < 43$, LPhL, n=11) poziomie wydolności fizycznej.

Wszyscy uczestnicy badań zostali poddani 10 sesjom krioterapii ogólnoustrojowej (3 minuty w temperaturze $-110^{\circ}C$) w komorze kriogenicznej. Po pobycie w komorze badani mężczyźni wykonywali ćwiczenia fizyczne na cykloergometrze z obciążeniem 100 W przez 15 minut. Ponadto, przed rozpoczęciem pierwszej sesji krioterapii i po ostatnim zabiegu (przed, po oraz po 24-godzinnej restytucji) pobrano krew z żyły łokciowej, w której oznaczono stężenie wybranych wskaźników metabolizmu mięśni (mioglobina, iryzyna, miostatyna), stanu zapalnego (hsCRP, hsIL-6 i $TNF\alpha$) oraz 25(OH)D (**P-4**), a także metabolizmu tkanki kostnej (osteokalcyna – OC, C-końcowy usieciowany telopeptyd kolagenu typu I – CTx-I, sklerostyna, osteoprotegeryna - OPG i ligand receptora aktywującego czynnik jądrowy kappa B - sRANKL) (**P-5**).

Wyniki przeprowadzonych badań zostały przedstawione w dwóch pracach. Pierwsza z nich (**P-4**) dotyczy wpływu pojedynczego bodźca oraz serii 10 zabiegów WBC na wskaźniki metabolizmu mięśni i 25(OH)D. W obu grupach badane wskaźniki wykazują zbliżony przebieg zmian podczas zabiegów WBC, z wyjątkiem poziomów mioglobiny, hsIL-6, iryzyny oraz 25(OH)D. W przypadku hsIL-6 odnotowano istotny wzrost jej stężenia w 30 minut po pierwszym zabiegu krioterapii ogólnoustrojowej, wyłącznie w grupie HPhL. Z kolei seria 10 zabiegów WBC przyczyniła się do nieistotnego wzrostu stężenia iryzyny w obu badanych grupach, w porównaniu z poziomem przed terapią (17% w grupie HPhL i 16% w grupie LPhL). Jednakże w grupie LPhL nastąpił istotny wzrost stężenia iryzyny po 24 godzinach od dziesiątego zabiegu (o 16%), w porównaniu do poziomu obserwowanego przed zastosowaniem bodźca termicznego. Wzrost stężenia iryzyny w odpowiedzi na niską temperaturę otoczenia może być indukowany termogenezą drzeniową, która zwiększa jej uwalnianie z mięśni [Dulian i wsp., 2015].

W obu badanych grupach odnotowano istotne zmiany stężenia 25(OH)D mierzonego 30 minut po 10 sesjach WBC, w porównaniu do poziomów przed terapią. Jednakże kierunek tych zmian był odwrotny: w grupie HPhL stwierdzono wzrost poziomu metabolitu

witaminy D, a w grupie LPhL jego spadek. Po 24 godzinach od dziesiątego zabiegu WBC zaobserwowano również dalszy, nieznaczny spadek poziomu 25(OH)D w grupie LPhL, w porównaniu do wartości sprzed terapii. Taki obraz zmian może być wynikiem udziału witaminy D w odpowiedzi zapalnej, na którą wskazuje odwrotna zależność odnotowana w grupie HPhL między zmianami stężeń 25(OH)D i hsCRP (po 30 minutach po pierwszym zabiegu WBC). Bowiern jak wykazały badania innych autorów, witamina D posiada naturalne właściwości przeciwutleniające i przeciwzapalne [Bhat i Ismail, 2015; Śliwicka i wsp., 2017]. Ponadto, przeanalizowane w obu grupach zależności pomiędzy zmianami 25(OH)D a miokinami potwierdzają antyzapalne działanie witaminy D i iryzyny, co jest zgodne z wcześniejszymi doniesieniami innych autorów [Kasprzak i wsp., 2015; Mazur- Biały i wsp., 2017].

Podsumowanie:

Ekspozycja na niską temperaturę otoczenia powoduje niewielkie i przejściowe zmiany stężenia wskaźników zapalnych oraz metabolizmu tkanki mięśniowej, a odpowiedź organizmu jest warunkowana poziomem wydolności fizycznej. Wyniki niniejszych badań potwierdziły przeciwzapalne działanie iryzyny oraz 25(OH)D.

Kolejna z opublikowanych prac dotyczyła wpływu pojedynczego bodźca oraz serii 10 zabiegów WBC na wskaźniki metabolizmu tkanki kostnej (**P-5**).

Przeprowadzone badania wykazały istotnie wyższe wartości gęstości mineralnej kości (BMD) całego szkieletu i odcinka lędźwiowego kręgosłupa w grupie o wysokim poziomie wydolności fizycznej (HPhL). W grupie tej odnotowano także istotnie wyższe spoczynkowe wartości stężenia sklerostyny, co zdaniem Zagrodnej i wsp. [2016] może być związane z całkowitą masą szkieletu, gdyż masywniejszy szkielet może wytwarzać i uwalniać więcej sklerostyny do układu krążenia.

W obu grupach, po pierwszym zabiegu WBC odnotowano istotny spadek CTx-I po 30 minutach od zadziałania bodźca, a następnie wzrost po 24 godzinach od ekspozycji. Po 10 sesjach WBC przebieg zmian stężenia markera resorpcji kości był bardzo podobny w obu grupach, jednakże istotny wzrost w 24 godziny po 10 sesjach WBC odnotowano wyłącznie w grupie HPhL. Z jednej strony może to świadczyć o dużej wrażliwości CTx-I na bodziec termiczny, natomiast z drugiej, wzrost stężenia CTx-I odnotowany w obu grupach po 24 godzinach od zakończenia terapii wskazywać może na długo utrzymujące się zaburzenia pomiędzy procesami resorpcji i kościotworzenia [Scott i wsp., 2010; Kohrt i wsp., 2018].

W przypadku sRANKL, odnotowano istotnie zróżnicowaną reakcję obu badanych grup na pierwszy bodziec termiczny. Ponadto, po upływie 24 godzin od zakończenia 10. sesji WBC, w porównaniu do poziomów przed terapią, odnotowano różnokierunkową, choć nieistotną odpowiedź w badanych grupach: wzrost (21%) w grupie LPhL oraz spadek (13%) w grupie HPhL. Wykazane zmiany poziomu sRANKL potwierdzają, że bodziec termiczny o skrajnie niskiej temperaturze może modyfikować reakcję organizmu w zależności od poziomu wydolności fizycznej.

W odniesieniu do sklerostyny, przeprowadzona analiza statystyczna wykazała znaczące efekty czasowe, a zatem efekty bodźca termicznego, odnotowane 24 godziny po pierwszej ekspozycji na WBC, w porównaniu z wartością wyjściową. Zmiany te były zależne od poziomu wydolności fizycznej badanych, o czym świadczy 23% wzrost stężenia sklerostyny w grupie LPhL o i zaledwie o 6% w grupie HPhL (wzrosty te nie nosiły znamion istotności statystycznej). Zaobserwowany po terapii, większy wzrost stężenia sklerostyny w grupie LPhL oraz istotna dodatnia zależność między zmianami stężenia sklerostyny i sRANKL oraz markerem resorpcji kości - CTx-I, potwierdza negatywny wpływ niskiej temperatury na metabolizm tkanki kostnej. Z kolei odnotowana dodatnia korelacja między zmianami stężenia sklerostyny i markera kościotworzenia – OC potwierdza doniesienia Gombosa i wsp. [2016], że bezpośrednio po zadziałaniu bodźca (obciążeniu mechanicznym) rozpoczyna się resorpcja kości i jednocześnie, tylko w mniejszym stopniu, rozpoczyna się również proces kościotworzenia.

W poprzedniej pracy (**P-4**) wykazano, że ekspozycja na ekstremalne zimno w grupie LPhL istotnie modyfikuje poziom iryzyny oraz miostatyny. Obie miokiny uczestniczą także w regulacji bilansu energetycznego, dlatego ekspozycja na niską temperaturę może prowadzić do zmian ich stężenia [Śliwicka i wsp., 2020], a tym samym wpływać na metabolizm kostny. Zdaniem Kim i wsp. [2018], iryzyna sprzyja resorpcji kości poprzez zwiększenie ekspresji sklerostyny w osteocytach. W niniejszych badaniach stwierdzono dodatnią korelację między zmianami stężenia sklerostyny i miostatyny w grupie HPhL, natomiast w grupie LPhL między zmianami stężenia sklerostyny i iryzyny. Zatem przytoczone wyniki sugerują, że na metabolizm tkanki kostnej wpływa aktywność mięśni indukowana bodźcem termicznym o niskiej temperaturze, jednak pełne wyjaśnienie tego mechanizmu wymaga dalszych badań.

Podsumowanie:

Ekspozycja na niską temperaturę otoczenia indukuje proces resorpcji kostnej. Różnokierunkowe zmiany stężenia sRANKL odnotowane w badanych grupach sugerują, że reakcja organizmu na zimno może być zależna od poziomu wydolności fizycznej.

Główny przekaz naukowy i praktyczne implikacje zaprezentowanego cyklu artykułów pt.: *Metabolizm kostno-mięśniowy w warunkach obciążenia wysiłkiem fizycznym oraz w ekstremalnych warunkach środowiskowych*

Wyniki badań własnych pozwoliły na realizację założonych celów oraz na sformułowanie następujących osiągnięć:

- systematyczna aktywność fizyczna korzystnie oddziałuje na masę i skład ciała oraz wskaźniki metabolizmu węglowodanowego i tkanki kostnej;
- krążące we krwi markery stanu zapalnego oraz wskaźniki metabolizmu kostno-mięśniowego dostarczają informacji o procesach zachodzących w omawianych tkankach i mogą być wykorzystywane do oceny reakcji organizmu na zastosowany bodziec (wysiłek fizyczny i warunki środowiskowe);
- zmiany w poziomach badanych wskaźników mają charakter przejściowy i są warunkiem adaptacji organizmu do stopniowo wzrastających obciążeń oraz ekstremalnych warunków środowiskowych;
- zmiany stężenia sRANKL w reakcji na bodziec termiczny (-110°C) są zależne od poziomu wydolności fizycznej i mogą świadczyć o rozwijaniu się adaptacji do redukcji stanów zapalnych u osób bardziej aktywnych.;
- odnotowane korelacje pomiędzy miokinami a sklerostyną potwierdzają współzależność metabolizmu kostno-mięśniowego, w szczególności wpływ aktywności mięśni indukowanej bodźcem wysiłkowym oraz termicznym o niskiej temperaturze na metabolizm tkanki kostnej;
- zależności odnotowane pomiędzy wskaźnikami stanu zapalnego oraz szlaku sygnałowego OPG/RANKL ze stężeniem iryzyny oraz 25(OH)D sugerują ich udział w modyfikacji zarówno procesów energetycznych, jak i regeneracyjnych tkanki mięśniowej, a także mogą stanowić potwierdzenie przeciwzapalnego działania iryzyny oraz 25(OH)D.

Poszerzenie wiedzy dotyczącej reakcji organizmu w zakresie zmian wskaźników stanu zapalnego, metabolizmu węglowodanowego oraz kostno-mięśniowego przyczynić się może do lepszego programowania aktywności fizycznej jako formy profilaktyki i terapii chorób o podłożu metabolicznym. Ponadto, wiedza ta może być przydatna w planowaniu treningów oraz wybranych zabiegów odnowy biologicznej (krioterapia) w rekreacyjnej aktywności fizycznej, oraz w sporcie amatorskim i wyczynowym.

Zaprezentowane wyniki badań pozwoliły na sformułowanie cennych, z punktu widzenia naukowego i aplikacyjnego, kierunków przyszłych badań naukowych, mających na celu określenie sposobów promowania szybkiej regeneracji powysiłkowej, a także adaptacji mięśni szkieletowych oraz tkanki kostnej do ćwiczeń.

Piśmiennictwo:

1. Abboud M., Rybchyn M.S., Liu J., Ning Y., Gordon-Thomson C., Brennan-Speranza T.C., Cole L., Greenfield H., Fraser D.R., Mason R.S. The effect of parathyroid hormone on the uptake and retention of 25-hydroxyvitamin D in skeletal muscle cells. *J Steroid Biochem Mol Biol.* 2017; 173: 173-9. doi: 10.1016/j.jsbmb.2017.01.001.
2. Allen J., Sun Y., Woods J.A. Exercise and the regulation of inflammatory responses. *Prog Mol Biol Transl Sci.* 2015; 135: 337-54. doi: 10.1016/bs.pmbts.2015.07.003.
3. Askew E.W. Work at high altitude and oxidative stress: antioxidant nutrients. *Toxicology.* 2002; 180(2): 107-19. doi: 10.1016/s0300-483x(02)00385-2.
4. Baron R., Kneissel M. WNT signaling in bone homeostasis and disease: from human mutations to treatments. *Nat Med.* 2013; 19(2): 179-92. doi: 10.1038/nm.3074.
5. Barros E.S., Nascimento D.C., Prestes J., Nóbrega O.T., Córdova C., Sousa F., Boullosa D.A. Acute and chronic effects of endurance running on inflammatory markers: A systematic review. *Front Physiol.* 2017; 8: 779. doi: 10.3389/fphys.2017.00779.
6. Bhat M., Ismail A. Vitamin D treatment protects against and reverses oxidative stress induced muscle proteolysis. *J Steroid Biochem Mol Biol.* 2015 Aug;152:171-9. doi: 10.1016/j.jsbmb.2015.05.012.
7. Biliński W., Paradowski P.T., Sypniewska G. The interplay between bone, muscle and adipose tissue - is there a role for potential new metabolic biomarker? *Med Res J.* 2019; 4(3): 171-3. doi: 10.5603/MRJ.a2019.0023.
8. Boström P., Wu J., Jedrychowski M.P., Korde A., Ye L., Lo J.C., Rasbach K.A., Boström E.A., Choi J.H., Long J.Z., Kajimura S., Zingaretti M.C., Vind B.F., Tu H.,

- Cinti S., Højlund K., Gygi S.P., Spiegelman B.M. A PGC1- α -dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. *Nature*. 2012; 481(7382): 463-8. doi: 10.1038/nature10777.
9. Boyce B.F., Xing L. Functions of RANKL/RANK/OPG in bone modeling and remodeling. *Arch Biochem Biophys*. 2008; 473(2): 139-46. doi: 10.1016/j.abb.2008.03.018.
 10. Boyce B.F., Yao Z., Xing L. Osteoclasts have multiple roles in bone in addition to bone resorption. *Crit Rev Eukaryot Gene Expr*. 2009; 19(3):171-80. doi: 10.1615/critreveukargeneexpr.v19.i3.10.
 11. Cerqueira É., Marinho D.A., Neiva H.P., Lourenço O. Inflammatory effects of high and moderate intensity exercise - A systematic review. *Front Physiol*. 2020; 10: 1550. doi: 10.3389/fphys.2019.01550.
 12. Chrysikopoulos K., Koytedaikis Y., Diafas V., Jamurtas A., Taxildaris K., Fatouros I., Kaloupsis S. Weight-bearing vs non weight-bearing physical activities in relation to bone density and muscle mass in male competitors. *I J Fitness*. 2010, 6(2): 1-10.
 13. Colaianni G., Cuscito C., Mongelli T., Pignataro P., Buccoliero C., Liu P., Lu P., Sartini L., Di Comite M., Mori G., Di Benedetto A., Brunetti G., Yuen T., Sun L., Reseland J.E., Colucci S., New M.I., Zaidi M., Cinti S., Grano M. The myokine irisin increases cortical bone mass. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2015; 112(39): 12157-62. doi: 10.1073/pnas.1516622112.
 14. Colaianni G., Mongelli T., Colucci S., Cinti S., Grano M. Crosstalk between muscle and bone via the muscle-myokine irisin. *Curr Osteoporos Rep*. 2016; 14(4): 132-7. doi: 10.1007/s11914-016-0313-4.
 15. Dalz M., Śliwicka E., Huta-Osiecka A., Nowak A. The role of physical activity in bone metabolism and osteoporosis prevention. *Trends in Sport Sciences*. 2016; 23(2): 63-71.
 16. Després J.P., Lamarche B. Low-intensity endurance exercise training, plasma lipoproteins and the risk of coronary heart disease. *J Intern Med*. 1994; 236(1): 7-22. doi: 10.1111/j.1365-2796.1994.tb01114.x.
 17. Długolecka B., Czeczelewski J., Raczyńska B. Bone mineral content and bone mineral density in female swimmers during the time of peak bone mass attainment. *Biol Sport*. 2011; 28(1): 69-74. doi: 10.5604/935874.
 18. Docherty S., Harley R., McAuley J.J., Crowe L.A.N., Pedret C., Kirwan P.D., Siebert S., Millar N.L. The effect of exercise on cytokines: implications for musculoskeletal

- health: a narrative review. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2022; 14(1): 5. doi: 10.1186/s13102-022-00397-2.
19. Dolan E., Varley I., Ackerman K.E., Pereira R.M.R., Elliott-Sale K.J., Sale C. The bone metabolic response to exercise and nutrition. *Exerc Sport Sci Rev.* 2020; 48(2): 49-58. doi: 10.1249/JES.0000000000000215.
20. Dulian K., Laskowski R., Grzywacz T., Kujach S., Flis D.J., Smaruj M., Ziemann E. The whole body cryostimulation modifies irisin concentration and reduces inflammation in middle aged, obese men. *Cryobiology.* 2015; 71(3): 398-404. doi: 10.1016/j.cryobiol.2015.10.143.
21. Durstine J.L., Grandjean P.W., Cox C.A., Thompson P.D. Lipids, lipoproteins, and exercise. *J Cardiopulm Rehabil.* 2002; 22(6): 385-98. doi: 10.1097/00008483-200211000-00002.
22. Facco M., Zilli C., Siviero M., Ermolao A., Travain G., Baesso I., Bonamico S., Cabrelle A., Zaccaria M., Agostini C. Modulation of immune response by the acute and chronic exposure to high altitude. *Med Sci Sports Exerc.* 2005; 37(5): 768-74. doi: 10.1249/01.mss.0000162688.54089.ce.
23. Febbraio M.A., Pedersen B.K. Muscle-derived interleukin-6: mechanisms for activation and possible biological roles. *FASEB J.* 2002; 16(11): 1335-47. doi: 10.1096/fj.01-0876rev.
24. Flores-Opazo M., McGee S.L., Hargreaves M. Exercise and GLUT4. *Exerc Sport Sci Rev.* 2020; 48(3): 110-18. doi: 10.1249/JES.0000000000000224.
25. Fredericson M., Chew K., Ngo J., Cleek T., Kiratli J., Cobb K. Regional bone mineral density in male athletes: a comparison of soccer players, runners and controls. *Br J Sports Med.* 2007; 41(10): 664-8. doi: 10.1136/bjism.2006.030783.
26. Fulco C.S., Hoyt R.W., Baker-Fulco C.J., Gonzalez J., Cymerman A. Use of bioelectrical impedance to assess body composition changes at high altitude. *J Appl Physiol* (1985). 1992; 72(6): 2181-7. doi: 10.1152/jappl.1992.72.6.2181.
27. Girgis C.M., Baldock P.A., Downes M. Vitamin D, muscle and bone: Integrating effects in development, aging and injury. *Mol Cell Endocrinol.* 2015; 410: 3-10. doi: 10.1016/j.mce.2015.03.020.
28. Gleeson M., Bishop N.C., Stensel D.J., Lindley M.R., Mastana S.S., Nimmo M.A. The anti-inflammatory effects of exercise: mechanisms and implications for the prevention and treatment of disease. *Nat Rev Immunol.* 2011; 11(9): 607-15. doi: 10.1038/nri3041.

29. Gombos G.C., Bajsz V., Pék E., Schmidt B., Sió E., Molics B., Betlehem J. Direct effects of physical training on markers of bone metabolism and serum sclerostin concentrations in older adults with low bone mass. *BMC Musculoskelet Disord.* 2016; 17: 254. doi: 10.1186/s12891-016-1109-5.
30. Goodman C.A., McNally R.M., Hoffmann F.M., Hornberger T.A. Smad3 induces atrogin-1, inhibits mTOR and protein synthesis, and promotes muscle atrophy in vivo. *Mol Endocrinol.* 2013; 27(11): 1946-57. doi: 10.1210/me.2013-1194.
31. Greene N.P., Martin S.E., Crouse S.F. Acute exercise and training alter blood lipid and lipoprotein profiles differently in overweight and obese men and women. *Obesity (Silver Spring).* 2012; 20(8): 1618-27. doi: 10.1038/oby.2012.65.
32. Guillot X., Tordi N., Mourot L., Demougeot C., Dugué B., Prati C., Wendling D. Cryotherapy in inflammatory rheumatic diseases: a systematic review. *Expert Rev Clin Immunol.* 2014; 10(2): 281-94. doi: 10.1586/1744666X.2014.870036.
33. Hagobian T.A., Jacobs K.A., Subudhi A.W., Fattor J.A., Rock P.B., Muza S.R., Fulco C.S., Braun B., Grediagin A., Mazzeo R.S., Cymerman A., Friedlander A.L. Cytokine responses at high altitude: effects of exercise and antioxidants at 4300 m. *Med Sci Sports Exerc.* 2006; 38(2): 276-85. doi: 10.1249/01.mss.0000188577.63910.51.
34. Hamad N., Travis S.P. Weight loss at high altitude: pathophysiology and practical implications. *Eur J Gastroenterol Hepatol.* 2006; 18(1): 5-10. doi: 10.1097/00042737-200601000-00002.
35. Hartmann G., Tschöp M., Fischer R., Bidlingmaier C., Riepl R., Tschöp K., Hautmann H., Endres S., Toepfer M. High altitude increases circulating interleukin-6, interleukin-1 receptor antagonist and C-reactive protein. *Cytokine.* 2000; 12(3): 246-52. doi: 10.1006/cyto.1999.0533.
36. Horowitz J.F. Regulation of lipid mobilization and oxidation during exercise in obesity. *Exerc Sport Sci Rev.* 2001; 29(1): 42-6. doi: 10.1097/00003677-200101000-00009.
37. Howald H., Hoppeler H. Performing at extreme altitude: muscle cellular and subcellular adaptations. *Eur J Appl Physiol.* 2003; 90(3-4): 360-4. doi: 10.1007/s00421-003-0872-9.
38. Jacobs R.A., Boushel R., Wright-Paradis C., Calbet J.A., Robach P., Gnaiger E., Lundby C. Mitochondrial function in human skeletal muscle following high-altitude exposure. *Exp Physiol.* 2013; 98(1): 245-55. doi: 10.1113/expphysiol.2012.066092.
39. Jaworska J., Rodziewicz-Flis E., Kortas J., Kozłowska M., Micielska K., Babińska A., Laskowski R., Lombardi G., Ziemann E. Short-term resistance training supported by

- whole-body cryostimulation induced a decrease in myostatin concentration and an increase in isokinetic muscle strength. *Int J Environ Res Public Health*. 2020; 17(15): 5496. doi: 10.3390/ijerph17155496.
40. Järvinen T.A., Järvinen M., Kalimo H. Regeneration of injured skeletal muscle after the injury. *Muscles Ligaments Tendons J*. 2014; 3(4): 337-45.
41. Kanaley J.A., Colberg S.R., Corcoran M.H., Malin S.K., Rodriguez N.R., Crespo C.J., Kirwan J.P., Zierath J.R. Exercise/physical activity in individuals with type 2 diabetes: A consensus statement from the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc*. 2022; 54(2): 353-68. doi: 10.1249/MSS.0000000000002800.
42. Kasprzak Z., Śliwicka E., Hennig K., Pilaczyńska-Szcześniak Ł., Huta-Osiecka A., Nowak A. Vitamin D, iron metabolism, and diet in alpinists during a 2-week high-altitude climb. *High Alt Med Biol*. 2015; 16(3): 230-5. doi: 10.1089/ham.2015.0008.
43. Kawao N., Kaji H. Interactions between muscle tissues and bone metabolism. *J Cell Biochem*. 2015; 116(5): 687-95. doi: 10.1002/jcb.25040.
44. Kim Y.S., Paik I.Y., Rhie Y.J., Suh S.H. Integrative physiology: defined novel metabolic roles of osteocalcin. *J Korean Med Sci*. 2010; 25(7): 985-91. doi: 10.3346/jkms.2010.25.7.985.
45. Kim H., Wrann C.D., Jedrychowski M., Vidoni S., Kitase Y., Nagano K., Zhou C., Chou J., Parkman V.A., Novick S.J., Strutzenberg T.S., Pascal B.D., Le P.T., Brooks D.J., Roche A.M., Gerber K.K., Mattheis L., Chen W., Tu H. Bouxsein M.L., Griffin P.R., Baron R., Rosen C.J., Bonewald L.F., Spiegelman B.M. Irisin mediates effects on bone and fat via αV integrin receptors. *Cell*. 2018; 175(7): 1756-1768.e17. doi: 10.1016/j.cell.2018.10.025.
46. Kim J.A., Roh E., Hong S.H., Lee Y.B., Kim N.H., Yoo H.J., Seo J.A., Kim N.H., Kim S.G., Baik S.H., Choi K.M. Association of serum sclerostin levels with low skeletal muscle mass: The Korean Sarcopenic Obesity Study (KSOS). *Bone*. 2019; 128: 115053. doi: 10.1016/j.bone.2019.115053.
47. Kirk B., Feehan J., Lombardi G., Duque G. Muscle, bone, and fat crosstalk: the biological role of myokines, osteokines, and adipokines. *Curr Osteoporos Rep*. 2020; 18(4): 388-400. doi: 10.1007/s11914-020-00599-y.
48. Kohrt W.M., Barry D.W., Schwartz R.S. Muscle forces or gravity: what predominates mechanical loading on bone? *Med Sci Sports Exerc*. 2009; 41(11): 2050-5. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181a8c717.

49. Kohrt W.M., Wherry S.J., Wolfe P., Sherk V.D., Wellington T., Swanson C.M., Weaver C.M., Boxer R.S. Maintenance of serum ionized calcium during exercise attenuates parathyroid hormone and bone resorption responses. *J Bone Miner Res.* 2018; 33(7): 1326-34. doi: 10.1002/jbmr.3428.
50. Lara-Castillo N., Johnson M.L. Bone-muscle mutual interactions. *Curr Osteoporos Rep.* 2020; 18(4): 408-21. doi: 10.1007/s11914-020-00602-6.
51. Leal L.G., Lopes M.A., Batista M.L. Jr. Physical exercise-induced myokines and muscle-adipose tissue crosstalk: A review of current knowledge and the implications for health and metabolic diseases. *Front Physiol.* 2018; 9: 1307. doi: 10.3389/fphys.2018.01307.
52. Lombardi G., Sanchis-Gomar F., Perego S., Sansoni V., Banfi G. Implications of exercise-induced adipo-myokines in bone metabolism. *Endocrine.* 2016; 54(2): 284-305. doi: 10.1007/s12020-015-0834-0.
53. Lombardi G., Ziemann E., Banfi G. Whole-body cryotherapy in athletes: From therapy to stimulation. An updated review of the literature. *Front Physiol.* 2017; 8: 258. doi: 10.3389/fphys.2017.00258.
54. Lombardi G., Ziemann E., Banfi G., Corbetta S. Physical activity-dependent regulation of parathyroid hormone and calcium-phosphorous metabolism. *Int J Mol Sci.* 2020; 21(15): 5388. doi: 10.3390/ijms21155388.
55. MacDonald D.I., Wood J.N., Emery E.C. Molecular mechanisms of cold pain. *Neurobiol Pain.* 2020; 7: 100044. doi: 10.1016/j.ynpai.2020.100044.
56. MacDougall J.D., Green H.J., Sutton J.R., Coates G., Cymerman A., Young P., Houston C.S. Operation Everest II: structural adaptations in skeletal muscle in response to extreme simulated altitude. *Acta Physiol Scand.* 1991; 142(3): 421-7. doi: 10.1111/j.1748-1716.1991.tb09176.x.
57. Maeda K., Kobayashi Y., Koide M., Uehara S., Okamoto M., Ishihara A., Kayama T., Saito M., Marumo K. The regulation of bone metabolism and disorders by Wnt signaling. *Int J Mol Sci.* 2019; 20(22): 5525. doi: 10.3390/ijms20225525.
58. Magalhães J., Ascensão A., Soares J.M., Ferreira R., Neuparth M.J., Marques F., Duarte J.A. Acute and severe hypobaric hypoxia increases oxidative stress and impairs mitochondrial function in mouse skeletal muscle. *J Appl Physiol (1985).* 2005; 99(4): 1247-53. doi: 10.1152/jappphysiol.01324.2004.
59. Manolis A.S., Manolis S.A., Manolis A.A., Manolis T.A., Apostolaki N., Melita H. Winter swimming: Body hardening and cardiorespiratory protection via sustainable

- acclimation. *Curr Sports Med Rep.* 2019; 18(11): 401-415. doi: 10.1249/JSR.0000000000000653.
60. Marcadet L., Bouredji Z., Argaw A., Frenette J. The Roles of RANK/RANKL/OPG in cardiac, skeletal, and smooth muscles in health and disease. *Front Cell Dev Biol.* 2022; 10: 903657. doi: 10.3389/fcell.2022.903657.
61. Martin D.S., Levett D.Z., Grocott M.P., Montgomery H.E. Variation in human performance in the hypoxic mountain environment. *Exp Physiol.* 2010; 95(3): 463-70. doi: 10.1113/expphysiol.2009.047589.
62. Mazur-Biały A.I., Pocheć E., Zarawski M. Anti-inflammatory properties of irisin, mediator of physical activity, are connected with TLR4/MyD88 signaling pathway activation. *Int J Mol Sci.* 2017; 18(4): 701. doi: 10.3390/ijms18040701.
63. McDonnell L.K., Hume P.A., Nolte V. Rib stress fractures among rowers: definition, epidemiology, mechanisms, risk factors and effectiveness of injury prevention strategies. *Sports Med.* 2011; 41(11): 883-901. doi: 10.2165/11593170-000000000-00000.
64. McGee S.L., Hargreaves M. Exercise and skeletal muscle glucose transporter 4 expression: molecular mechanisms. *Clin Exp Pharmacol Physiol.* 2006; 33(4): 395-9. doi: 10.1111/j.1440-1681.2006.04362.x.
65. McTiernan A., Sorensen B., Irwin M.L, Morgan A., Yasui Y., Rudolph R.E., Surawicz C., Lampe J.W., Lampe P.D., Ayub K., Potter J.D. Exercise effect on weight and body fat in men and women. *Obesity (Silver Spring).* 2007; 15(6): 1496-512. doi: 10.1038/oby.2007.178.
66. Merz K.E., Thurmond D.C. Role of skeletal muscle in insulin resistance and glucose uptake. *Compr Physiol.* 2020; 10(3): 785-809. doi: 10.1002/cphy.c190029.
67. Mizokami A., Kawakubo-Yasukochi T., Hirata M. Osteocalcin and its endocrine functions. *Biochem Pharmacol.* 2017; 132: 1-8. doi: 10.1016/j.bcp.2017.02.001.
68. Morseth B., Emaus N., Jørgensen L. Physical activity and bone: The importance of the various mechanical stimuli for bone mineral density. *Norsk Epidemiologi.* 2011; 20(2): 173-8. doi: 10.5324/nje.v20i2.1338.
69. Neve A., Corrado A., Cantatore F.P. Osteoblast physiology in normal and pathological conditions. *Cell Tissue Res.* 2011; 343(2): 289-302. doi: 10.1007/s00441-010-1086-1.
70. Nimmo M.A., Leggate M., Viana J.L., King J.A. The effect of physical activity on mediators of inflammation. *Diabetes Obes Metab.* 2013; 15 Suppl 3: 51-60. doi: 10.1111/dom.12156.

71. Nowak A., Pilaczyńska-Szcześniak Ł., Śliwicka E., Deskur-Smielecka E., Karolkiewicz J., Piechowiak A. Insulin resistance and glucose tolerance in obese women: the effects of a recreational training program. *J Sports Med Phys Fitness*. 2008; 48(2): 252-8.
72. Nowak A., Dalz M., Śliwicka E., Elegañczyk-Kot H., Kryściak J., Domaszewska K., Laurentowska M., Kocur P., Pospieszna B. Vitamin D and indices of bone and carbohydrate metabolism in postmenopausal women subjected to a 12-week aerobic training program-The pilot study. *Int J Environ Res Public Health*. 2020; 17(3): 1074. doi: 10.3390/ijerph17031074.
73. Oishi Y., Manabe I. Macrophages in inflammation, repair and regeneration. *Int Immunol*. 2018; 30(11): 511-28. doi: 10.1093/intimm/dxy054.
74. Pedersen B.K., Hoffman-Goetz L. Exercise and the immune system: regulation, integration, and adaptation. *Physiol Rev*. 2000; 80(3): 1055-81. doi: 10.1152/physrev.2000.80.3.1055.
75. Pedersen B.K. Anti-inflammatory effects of exercise: role in diabetes and cardiovascular disease. *Eur J Clin Invest*. 2017; 47(8): 600-11. doi: 10.1111/eci.12781.
76. Petersen A.M., Pedersen B.K. The anti-inflammatory effect of exercise. *J Appl Physiol (1985)*. 2005; 98(4): 1154-62. doi: 10.1152/jappphysiol.00164.2004.
77. Pilch W., Tota Ł., Piotrowska A., Śliwicka E., Czerwińska-Ledwig O., Zuziak R., Pilaczyńska-Szcześniak Ł. Effects of Nordic Walking on oxidant and antioxidant status: Levels of calcidiol and proinflammatory cytokines in middle-aged women. *Oxid Med Cell Longev*. 2018; 2018: 6468234. doi: 10.1155/2018/6468234.
78. Reza M.M., Subramaniam N., Sim C.M., Ge X., Sathiakumar D., McFarlane C., Sharma M., Kambadur R. Irisin is a pro-myogenic factor that induces skeletal muscle hypertrophy and rescues denervation-induced atrophy. *Nat Commun*. 2017; 8(1): 1104. doi: 10.1038/s41467-017-01131-0.
79. Robling A.G., Niziolek P.J., Baldrige L.A., Condon K.W., Allen M.R., Alam I., Mantila S.M., Gluhak-Heinrich J., Bellido T.M., Harris S.E., Turner C.H. Mechanical stimulation of bone in vivo reduces osteocyte expression of Sost/sclerostin. *J Biol Chem*. 2008; 283(9): 5866-75. doi: 10.1074/jbc.M705092200.
80. Roca-Rodríguez M. del M., Garrido-Sánchez L., García-Almeida J.M., Ruiz-Nava J., Alcaide-Torres J., Gómez-González A., Montiel-Trujillo A., Tinahones-Madueño F. Effects of exercise on inflammation in cardiac rehabilitation. *Nutr Hosp*. 2015; 31(6): 2633-40. doi: 10.3305/nh.2015.31.6.8868.

81. Santos J.M., Ribeiro S.B., Gaya A.R., Appell H.J., Duarte J.A. Skeletal muscle pathways of contraction-enhanced glucose uptake. *Int J Sports Med.* 2008; 29(10): 785-94. doi: 10.1055/s-2008-1038404.
82. Scofield K.L., Hecht S. Bone health in endurance athletes: runners, cyclists, and swimmers. *Curr Sports Med Rep.* 2012; 11(6): 328-34. doi: 10.1249/JSR.0b013e3182779193.
83. Scott J.P., Sale C., Greeves J.P., Casey A., Dutton J., Fraser W.D. The effect of training status on the metabolic response of bone to an acute bout of exhaustive treadmill running. *J Clin Endocrinol Metab.* 2010; 95(8): 3918-25. doi: 10.1210/jc.2009-2516.
84. Stancic A., Buzadzic B., Korac A., Otasevic V., Jankovic A., Vucetic M., Markelic M., Velickovic K., Golic I., Korac B. Regulatory role of PGC-1 α /PPAR signaling in skeletal muscle metabolic recruitment during cold acclimation. *J Exp Biol.* 2013; 216(Pt 22): 4233-41. doi: 10.1242/jeb.089334.
85. Suzuki K., Nakaji S., Yamada M., Liu Q., Kurakake S., Okamura N., Kumae T., Umeda T., Sugawara K. Impact of a competitive marathon race on systemic cytokine and neutrophil responses. *Med Sci Sports Exerc.* 2003; 35(2): 348-55. doi: 10.1249/01.MSS.0000048861.57899.04.
86. Szulc P., Naylor K., Hoyle N.R., Eastell R., Leary E.T.; National Bone Health Alliance Bone Turnover Marker Project. Use of CTX-I and PINP as bone turnover markers: National Bone Health Alliance recommendations to standardize sample handling and patient preparation to reduce pre-analytical variability. *Osteoporos Int.* 2017; 28(9): 2541-56. doi: 10.1007/s00198-017-4082-4.
87. Śliwicka E., Cisoń T., Kasprzak Z., Nowak A., Pilaczyńska-Szcześniak Ł. Serum irisin and myostatin levels after 2 weeks of high-altitude climbing. *PLoS One.* 2017; 12(7): e0181259. doi: 10.1371/journal.pone.0181259.
88. Śliwicka E., Cisoń T., Straburzyńska-Lupa A., Pilaczyńska-Szcześniak Ł. Effects of whole-body cryotherapy on 25-hydroxyvitamin D, irisin, myostatin, and interleukin-6 levels in healthy young men of different fitness levels. *Sci Rep.* 2020; 10(1): 6175. doi: 10.1038/s41598-020-63002-x.
89. Vasikaran S., Eastell R., Bruyère O., Foldes A.J., Garnero P., Griesmacher A., McClung M., Morris H.A., Silverman S., Trenti T., Wahl D.A., Cooper C., Kanis J.A.; IOF-IFCC Bone Marker Standards Working Group. Markers of bone turnover for the prediction of fracture risk and monitoring of osteoporosis treatment: a need for international reference standards. *Osteoporos Int.* 2011; 22(2): 391-420. doi: 10.1007/s00198-010-1501-1.

90. Vieira V.J., Hu L., Valentine R.J., McAuley E., Evans E.M., Baynard T., Woods J.A. Reduction in trunk fat predicts cardiovascular exercise training-related reductions in C-reactive protein. *Brain Behav Immun.* 2009; 23(4): 485-91. doi: 10.1016/j.bbi.2009.01.011.
91. Vinther A., Kanstrup I.L., Christiansen E., Alkjaer T., Larsson B., Magnusson S.P., Ekdahl C., Aagaard P. Exercise-induced rib stress fractures: potential risk factors related to thoracic muscle co-contraction and movement pattern. *Scand J Med Sci Sports.* 2006; 16(3): 188-96. doi: 10.1111/j.1600-0838.2005.00473.x.
92. Wang Y., Zhu J., DeLuca H.F. Where is the vitamin D receptor? *Arch Biochem Biophys.* 2012; 523(1): 123-33. doi: 10.1016/j.abb.2012.04.001.
93. Warden S.J., Gutschlag F.R., Wajswelner H., Crossley K.M. Aetiology of rib stress fractures in rowers. *Sports Med.* 2002; 32(13): 819-36. doi: 10.2165/00007256-200232130-00002.
94. World Health Organization. Assessment of osteoporosis at the primary health care level. Technical Report. World Health Organization Collaborating Centre for Metabolic Bone Diseases, University of Sheffield. The University of Sheffield; 2007. 339 p.
95. Zagrodna A., Józków P., Mędraś M., Majda M., Słowińska-Lisowska M. Sclerostin as a novel marker of bone turnover in athletes. *Biol Sport.* 2016; 33(1): 83-7. doi: 10.5604/20831862.1194125.
96. Zhang H., Bosch-Marce M., Shimoda L.A., Tan Y.S., Baek J.H., Wesley J.B., Gonzalez F.J., Semenza G.L. Mitochondrial autophagy is an HIF-1-dependent adaptive metabolic response to hypoxia. *J Biol Chem.* 2008; 283(16): 10892-903. doi: 10.1074/jbc.M800102200.
97. Zhang J., Valverde P., Zhu X., Murray D., Wu Y., Yu L., Jiang H., Dard M.M., Huang J., Xu Z., Tu Q., Chen J. Exercise-induced irisin in bone and systemic irisin administration reveal new regulatory mechanisms of bone metabolism. *Bone Res.* 2017; 5: 16056. doi: 10.1038/boneres.2016.56.

4.4. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Prace naukowe opublikowane przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora

Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora opublikowałam 4 prace oryginalne, w tym 3 w czasopiśmie znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR) oraz jeden rozdział w monografii naukowej, a także wzięłam udział w czterech konferencjach naukowych, na których zaprezentowałam łącznie 4 doniesienia naukowe. Dla wymienionych publikacji łączna wartość współczynnika wpływu **Impact Factor** wyniosła **3.382 punktów** i **66 punktów MEiN** (według skali punktacji obowiązującej do końca 2018 roku).

- A.1.** Nowak A., Pilaczyńska-Szcześniak Ł., Śliwicka E., Deskur-Śmielecka E., Karolkiewicz J., Piechowiak A. Insulin resistance and glucose tolerance in obese women - the effects of a recreational training program. *J Sports Med Phys Fitness*. 2008; 48(2): 252-8.
Impact Factor: 0.695; MEiN: 15
- A.2.** Karolkiewicz J., Pilaczyńska-Szcześniak Ł., Deskur-Śmielecka E., Nowak A., Michalak E., Śliwicka E. Association between oxidative stress markers and metabolic disturbances in overweight and obese women. *Studies in Physical Culture and Tourism*. 2009; 16(2): 175-8.
MEiN: 6
- A.3.** Straburzyńska-Lupa A., Nowak A., Pilaczyńska-Szcześniak Ł., Straburzyńska-Migaj E., Romanowski W., Karolkiewicz J., Śliwicka E. Visfatin, resistin, hsCRP and insulin resistance to abdominal obesity in women with rheumatoid arthritis. *Clin Exp Rheumatol*. 2010; 28(1): 19-24.
Impact Factor: 2.358; MEiN: 27
- A.4.** Śliwicka E., Nowak A., Kasprzak Z., Lisiecki D., Podgórski T., Pilaczyńska-Szcześniak Ł. Wskaźnik insulinooporności i zmiany stężenia rezystyny i wisfatyny we krwi u siatkarzy plażowych w wybranych okresach rocznego cyklu treningowego. [W]: Marecki B. (red.) Sport i turystyka we współczesnym stylu życia. *Monografia AWF Poznań* nr 393, 2009, 109 – 19.
MEiN: 3

A.5. Pilaczyńska-Szcześniak Ł., Lisiecki D., Kasprzak Z., Karolkiewicz J., Śliwicka E., Nowak A., Podgórski T., Lewandowska M. Effects of annual training cycle on the metabolic response to supra-maximal exercise test in beach volleyball players. *J Hum Kinet.* 2011; 27: 81-95. doi: 10.2478/v10078-011-0007-z.

Impact Factor: 0.329; MEiN: 15

Wraz z podjęciem studiów doktoranckich w 2006 roku, a następnie pracy zawodowej w 2008 roku w Akademii Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu, moja praca naukowa związana była z realizacją projektów badawczych w Zakładzie Higieny i dotyczyła:

- wpływu aktywności fizycznej na wrażliwość insulinową osób z ponadnormatywną masą ciała (**A-1**);
- współzależności pomiędzy biochemicznymi wskaźnikami stresu oksydacyjnego a zaburzeniami metabolicznymi u osób z nadwagą i otyłością (**A-2**);
- współzależności pomiędzy wisceralną tkanką tłuszczową a wybranymi adipokinami (rezystyna i wisfatyna), stanem zapalnym i wskaźnikiem oporności insulinowej u osób z reumatoidalnym zapaleniem stawów (**A-3**);
- wpływu rocznego cyklu treningowego na wskaźniki metabolizmu węglowodanów u siatkarzy plażowych (**A-4, A-5**).

Prace naukowe opublikowane po uzyskaniu stopnia naukowego doktora

Po uzyskaniu stopnia doktora opublikowałam (poza pracami stanowiącymi podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego) 12 prac oryginalnych, w tym 11 artykułów w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR), 1 artykuł przeglądowy, 3 rozdziały w monografiach naukowych i opracowaniach zbiorowych, a także wzięłam udział w 13 konferencjach naukowych, w tym w 4 międzynarodowych, gdzie łącznie zaprezentowałam 20 doniesień naukowych. Dla wymienionych publikacji łączna wartość współczynnika wpływu **Impact Factor** wyniosła **31.998 punktów** i **873 punkty MEiN** (133 punkty według skali punktacji obowiązującej do końca 2018 roku i 740 punktów MEiN według skali punktacji obowiązującej od roku 2019).

B.1. Straburzyńska-Migaj E., Pilaczyńska-Szcześniak Ł., Nowak A., Straburzyńska-Lupa A., Śliwicka E., Grajek S. Serum concentrations of visfatin are decreased in patients with chronic heart failure. *Acta Biochim Pol.* 2012; 59(3): 339-43.

Impact Factor: 1.185; MEiN: 15

B.2. Śliwicka E., Pilaczyńska-Szcześniak Ł., Nowak A., Zieliński J. Resistin, visfatin and insulin sensitivity in selected phases of annual training cycle of triathletes. *Acta Physiol Hung.* 2012; 99(1): 51-60. doi: 10.1556/APhysiol.99.2012.1.6.

Impact Factor: 0.882; MEiN: 15

B.3. Zep W., Nowak A., Śliwicka E., Pilaczyńska-Szcześniak Ł. Ocena wartości odżywienia oraz wartości odżywczej racji pokarmowych młodych wioślarzy w okresie przygotowawczym [w]: Lewandowski J., Marecki B. (red.) Kultura fizyczna i turystyka w badaniach naukowych doktorantów. *Monografia AWF Poznań nr 418*, 2012, 110-5.

B.4. Nowak A., Śliwicka E., Wieczorek-Baranowska A., Dalz M., Laurentowska M., Pilaczyńska-Szcześniak Ł. Współzależność metabolizmu tkanki kostnej z metabolizmem węglowodanów u kobiet po menopauzie. *Medycyna metaboliczna.* 2013; XVII(2): 29-34.

MEiN: 4

B.5. Kasprzak Z., Śliwicka E., Hennig K., Pilaczyńska-Szcześniak Ł., Huta-Osiecka A., Nowak A. Vitamin D, iron metabolism and diet in alpinists during a 2-week high-altitude climb. *High Alt Med Biol.* 2015; 16(3): 230-5. doi: 10.1089/ham.2015.0008.

Impact Factor: 1.525; MEiN: 25

B.6. Dalz M., Śliwicka E., Huta-Osiecka A., Nowak A. The role of physical activity in bone metabolism and osteoporosis prevention. *Trends in Sport Sciences.* 2016; 23(2): 63-71.

MEiN: 9

- B.7.** Pilch W., Tyka A., Cebula A., Śliwicka E., Pilaczyńska-Szcześniak Ł., Tyka A. Effects of 6-week Nordic Walking training on changes in 25(OH)D blood concentration in women after 55 years of age. *J Sports Med Phys Fitness*. 2017; 57(1-2): 124-9. doi: 10.23736/S0022-4707.16.05964-X.
Impact Factor: 1.120; MEiN: 20
- B.8.** Radojewski M., Podgórski T., Pospieszna B., Kryściak J., Śliwicka E., Karolkiewicz J. Skeletal muscle cell damage indicators in volleyball players after the main competitive phase of the training cycle. *J Hum Kinet*. 2018; 62: 81-90. doi: 10.1515/hukin-2017-0160.
Impact Factor: 1.414; MEiN: 15
- B.9.** Pilch W., Tota Ł., Piotrowska A., Śliwicka E., Czerwińska-Ledwig O., Zuziak R., Pilaczyńska-Szcześniak Ł. Effects of Nordic walking on oxidant and antioxidant status, levels of calcidiol and proinflammatory cytokines in healthy women. *Oxid Med Cell Longev*. 2018; 2018: 6468234. doi: 10.1155/2018/6468234.
Impact Factor: 4.868; MEiN: 30
- B.10.** Śliwicka E., Warchoł M. Żywnienie osób aktywnych fizycznie [w]: Krauss H. (red.) Fizjologia żywienia. PZWL Wydawnictwo Lekarskie, Warszawa, 2019, 311-38.
MEiN: 20
- B.11.** Nowak A., Dalz M., Śliwicka E., Elegañczyk-Kot H., Kryściak J., Domaszewska K., Laurentowska M., Kocur P., Pospieszna B. Vitamin D and indices of bone and carbohydrate metabolism in postmenopausal women subjected to a 12-week aerobic training program – the pilot study. *Int J Environ Res Public Health*. 2020; 17(3): E1074. doi: 10.3390/ijerph17031074.
Impact Factor: 3.390; MEiN: 140
- B.12.** Gogojewicz A., Śliwicka E., Durkalec-Michalski K. Assessment of dietary intake and nutritional status in CrossFit-trained individuals. *Int J Environ Res Public Health*. 2020; 17(13): E4772. doi: 10.3390/ijerph17134772.
Impact Factor: 3.390; MEiN: 140

B.13. Gogojewicz A., Pospieszna B., Bartkowiak J., Śliwicka E., Karolkiewicz J. Assessment of nutrition status in amateur windsurfers during the competitive period. *Int J Environ Res Public Health*. 2021; 18:, 6451. doi: 10.3390/ijerph18126451.

Impact Factor: 4.614; MEiN: 140

B.14. Wiśniewski D., Śliwicka E., Malik J., Durkalec-Michalski K. Evaluation of fluid loss and customary fluid intake among a selected group of young swimmers: A preliminary field study. *Int J Environ Res Public Health*. 2021; 18: 3205. doi: 10.3390/ijerph18063205.

Impact Factor: 4.614; MEiN: 140

B.15. Straburzyńska-Lupa A., Korman P., Śliwicka E., Kryściak J., Ogurkowska M.B. The use of thermal imaging for monitoring the training progress of professional male sweep rowers. *Sci Rep*. 2022; 12(1): 16507. doi: 10.1038/s41598-022-20848-7.

Impact Factor: 4.996; MEiN: 140

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora moje zainteresowania naukowe i problematyka naukowo – badawcza obejmuje obszary:

- metabolizm węglowodanów i czynniki go warunkujące u sportowców wyczynowych oraz osób dotkniętych patologią (**B-1, B-2**);
- współzależność metabolizmu węglowodanowego z metabolizmem tkanki kostnej u kobiet po menopauzie (**B-4, B-11**);
- rola witaminy D w organizmie człowieka (**B-5, B-7, B-9, B-11**);
- inwazyjne i nieinwazyjne metody oceny treningu fizycznego (**B-8, B-15**);
- ocenę sposobu żywienia i stanu odżywienia osób aktywnych fizycznie (**B-3, B-5, B-12, B-13, B-14**).

Pierwszy obszar moich zainteresowań badawczych jest kontynuacją badań nad metabolizmem węglowodanów i czynnikami go warunkującymi u sportowców wyczynowych oraz osób dotkniętych patologią (**B-1, B-2**).

Adipokiny odgrywają istotną rolę w metabolizmie węglowodanów, lipidów, procesach zapalnych, a także w patofizjologii układu sercowo-naczyniowego (**B-1**). Celem podjętych

badania było porównanie stężenia wisfatyny, hsCRP oraz wskaźników metabolizmu węglowodanowo-lipidowego u pacjentów z niewydolnością serca (ang. *heart failure*; HF) spowodowaną dysfunkcją skurczową lewej komory z grupą kontrolną osób zdrowych, dobraną pod względem wieku i wskaźnika masy ciała (BMI). Klasyfikacji ciężkości objawów niewydolności serca dokonano z wykorzystaniem skali zaproponowanej przez Nowojorskie Towarzystwo Kardiologiczne (ang. *New York Heart Association*; NYHA). Wyniki niniejszych badań wykazały, że stężenie wisfatyny w surowicy jest istotnie niższe u mężczyzn z niewydolnością serca spowodowaną dysfunkcją skurczową w porównaniu z grupą kontrolną. Ponadto stężenia wisfatyny są niższe u pacjentów z cięższą HF (NYHA_{III+IV}), w porównaniu z łagodną HF (NYHA_{I+II}). Stężenie wisfatyny było niezależne od wieku, BMI, poziomu wskaźników metabolizmu węglowodanowo-lipidowego, a także spoczynkowej wartości częstości skurczów serca i VO₂max.

Celem następnej pracy (**B-2**) była ocena wpływu treningu triathlonowego, który podejmowali zawodnicy podczas 6-tygodniowego okresu przygotowawczego, na wrażliwość insulinową, a w szczególności na udział w niej adipokin: rezystyny i wisfatyny. Jak pokazały wyniki badań, zastosowane obciążenia treningowe tylko w niewielkim stopniu modulują stężenia badanych adipokin. Natomiast pojedynczy bodziec wysiłkowy wywołuje odpowiedź tych molekuł w kierunku prozapalnym.

Prowadzone przeze mnie badania w ramach **drugiego obszaru tematycznego**, miały na celu ocenę współzależności metabolizmu węglowodanów z metabolizmem tkanki kostnej u kobiet po menopauzie (**B-4, B-11**). W pierwszym z artykułów poświęconych tej tematyce (**B-4**) dokonano oceny współzależności pomiędzy wskaźnikami obrazującymi metabolizm węglowodanów i tkanki kostnej u kobiet po menopauzie o zróżnicowanej zawartości wisceralnej tkanki tłuszczowej (bez otyłości brzusznej < 80 cm, ze zwiększoną zawartością wisceralnej tkanki tłuszczowej 80 – 87 cm i z otyłością brzuszną ≥ 88 cm). Analiza wariancji wykazała istotne zróżnicowanie między badanymi grupami kobiet w odniesieniu do poziomu stężenia insuliny i wskaźnika HOMA_{IR}, natomiast nie odnotowano istotnych różnic w odniesieniu do stężenia/aktywności wskaźników przemiany kostnej. Uzyskane wyniki badań, nie potwierdzają także związku markerów obrotu kostnego z zawartością wisceralnej tkanki tłuszczowej.

Wyniki przedstawione w drugim z artykułów dotyczącym związku metabolizmu węglowodanów z tkanką kostną (**B-11**) wykazały, że 12-tygodniowy trening *Nordic Walking*, z częstotliwością 3 razy w tygodniu, u kobiet po menopauzie (BMI = 25,1 kg/m²), przyczynił

się do istotnego obniżenia masy ciała oraz zawartości masy tłuszczu przy jednoczesnym braku zmian w poziomie wskaźników metabolizmu węglowodanów oraz markerów obrotu kostnego. Taki obraz zmian może być wynikiem zastosowania ćwiczeń o zbyt niskiej intensywności u szczupłych kobiet, biorących udział w badaniu. Dlatego też w przyszłości należy rozważyć indywidualizację programu treningowego (intensywność, objętość i rodzaj ćwiczeń), adekwatnie do masy i składu ciała oraz potrzeb zdrowotnych.

Trzeci obszar moich zainteresowań badawczych skupia się na roli witaminy D w organizmie człowieka (**B-5, B-7, B-9, B-11**).

Witamina D odgrywa znaczącą rolę w kształtowaniu zdrowia, a także metabolizmu wysiłkowego. Badania jej poziomu u osób narażonych na skrajne warunki środowiskowe (niska temperatura otoczenia, hipoksja) mogą przyczynić się do wyjaśnienia udziału witaminy D w metabolizmie mięśniowym i jej protekcyjnej roli w procesach zapalnych. Wyniki badań wykazały (**B-5**), że dwutygodniowy pobyt na wysokości 3000 – 4000 m n.p.m. u uczestników wyprawy przyczynił się do istotnego obniżenia poziomu 25(OH)D w surowicy krwi. Wykazano także zależność pomiędzy zmianami stężenia 25(OH)D i liczby leukocytów we krwi, co może sugerować negatywny wpływ obniżonego stężenia witaminy D na odporność immunologiczną mierzoną liczbą leukocytów. Uzyskane wyniki są zgodne z doniesieniami innych autorów, wskazujących na udział witaminy D w kształtowaniu odporności immunologicznej.

W kolejnej publikacji (**B-7**) zaprezentowano wyniki badań uzyskane w grupie 17 kobiet po 55. roku życia, które w okresie jesiennym (październik – listopad) uczestniczyły w 6-tygodniowym programie treningowym typu *Nordic Walking* o intensywności 60-70% VO_2max . Zastosowany program treningowy przyczynił się do istotnych zmian w masie i składzie ciała badanych kobiet, a także obniżenia stężenia 25(OH)D we krwi, co może być efektem mniejszej biosyntezy skórnej witaminy D, uwarunkowanej porą roku.

Natomiast w przypadku 3-miesięcznego treningu *Nordic Walking* (**B-9**) w okresie od marca do czerwca, u kobiet w wieku od 40 do 50 lat, doprowadził do korzystnych zmian w masie i składzie ciała: istotnego spadku całkowitej i tłuszczowej masy ciała, przy równoczesnym wzroście beztłuszczowej masy ciała. Odnotowano także wzrost poziomu 25(OH)D oraz całkowitej pojemności antyoksydacyjnej osocza (ang. *total antioxidant status*; TAS). Uzyskane wyniki pozwalają na wysunięcie wniosku, że 12-tygodniowy trening *Nordic Walking* podejmowany przez kobiety przed menopauzą ma nie tylko pozytywny wpływ na skład ciała, ale także na całkowitą pojemność antyoksydacyjną osocza.

Podobne wyniki otrzymano w kolejnych badaniach przeprowadzonych w grupie kobiet po menopauzie, uczestniczących w 12-tygodniowym treningu *Nordic Walking* (marzec – czerwiec), z częstotliwością 3 razy w tygodniu (**B-11**). Zastosowany program treningowy, przyczynił się do istotnego wzrostu stężenia 25(OH)D w surowicy krwi, co należy przypisać ekspozycji na promieniowanie UVB.

Czwarty obszar moich zainteresowań badawczych obejmuje inwazyjne i nieinwazyjne metody oceny treningu fizycznego (**B-8, B-15**).

U zawodników trenujących piłkę siatkową (**B-8**), na różnym poziomie rozgrywek ligi polskiej oceniano markery uszkodzeń włókien mięśniowych. Po zakończeniu fazy rozgrywek u zawodników odnotowano istotny wzrost wskaźników uszkodzenia komórek mięśniowych, jednakże wszystkie uzyskane wartości mieściły się w granicach wartości referencyjnych. Brak istotnych różnic w poziomie wydolności fizycznej, biochemicznych wskaźników uszkodzenia włókien mięśniowych oraz poziomie statusu antyoksydacyjnego badanych sportowców przed i po okresie startowym może wskazywać, że zastosowane obciążenia treningowe i meczowe oraz związane z tym uszkodzenia włókien mięśniowych nie wpłynęły negatywnie na poziom wydolności fizycznej zawodników badanych drużyn.

W sporcie wyczynowym dużą wagę przywiązuje się do monitorowania postępów treningowych pod kątem optymalnego zbilansowania obciążeń treningowych i późniejszej regeneracji, w celu osiągnięcia wysokiej wydolności fizycznej oraz zminimalizowania ryzyka przetrenowania oraz niekorzystnych skutków zdrowotnych, jakimi są kontuzje. W tym celu wykorzystuje się wiele metod nieinwazyjnych, do których między innymi należy termografia w podczerwieni (ang. *infrared thermography*; IRT). Celem kolejnej pracy (**B-15**) była ocena profilu termicznego skóry u wysoko wytrenowanych wioślarzy oraz zbadanie związku między spoczynkową temperaturą skóry (ang. *skin temperature*; Ts) a szczytowymi momentami obrotowymi mięśni (ang. *muscle peak torque*; PT) mierzonymi w warunkach statycznych na początku (jesień) i na końcu (wiosna) okresu przygotowawczego. Badania te stanowiły próbę wykazania przydatności pomiarów termowizyjnych do oceny zdolności stabilizacyjnych mięśni zaangażowanych podczas wiosłowania. U wioślarzy nie stwierdzono istotnych asymetrii Ts, z wyjątkiem przednich części przedramion po teście wysiłkowym wykonanym wiosną. Natomiast w odniesieniu do PT mierzonych jesienią, stwierdzono znaczną asymetrię prostowników stawu kolanowego. Wiosną, w porównaniu do pomiarów wykonanych jesienią, Ts w wielu obszarach ciała były nieco wyższe, podobnie jak PT mięśni leżących pod nimi. Stwierdzono także istotne korelacje pomiędzy spoczynkowymi Ts a PT leżących pod nimi

mięśni. Mając na uwadze uzyskane wyniki, należy stwierdzić, że termowizja umożliwia obserwację zmian temperatury i symetrii skóry przed i po wysiłku fizycznym, jednakże na tym etapie nie wydaje się, aby była to metoda, która bez wsparcia innych metod, np. oceniających funkcję mięśni, pozwoli na precyzyjne monitorowanie postępów treningowych.

Ostatni obszar moich zainteresowań badawczych dotyczy oceny sposobu żywienia i stanu odżywienia osób aktywnych fizycznie (**B-3, B-5, B-12, B-13, B-14**).

Regularna aktywność fizyczna oraz dobrze zbilansowana dieta są niezmiernie ważnymi czynnikami determinującymi zdrowie oraz wynik sportowy zawodnika. Nieprawidłowe żywienie osób uprawiających sport może prowadzić do wystąpienia komplikacji zdrowotnych, w tym urazów w obrębie układu ruchu, zaburzeń hormonalnych czy nawet pojawienia się chronicznego zmęczenia, zwanego syndromem przetrenowania.

W pierwszej pracy dokonano oceny całodziennych racji pokarmowych oraz stanu odżywienia młodych wioślarzy w okresie przygotowawczym (**B-3**). W badanej grupie odnotowano niską podaż energii w diecie, aczkolwiek udział energii pochodzącej z węglowodanów mieścił się w granicach wartości referencyjnych. Podaż wapnia i żelaza była niższa od wartości zalecanych dla sportowców, natomiast spożycie witamin z grupy antyoksydantów było na względnie wysokim poziomie w odniesieniu do wartości rekomendowanych dla populacji osób zdrowych. W badanej grupie sportowców stwierdzono niską zawartość wody w organizmie, a także zbyt niską podaż płynów w czasie treningów.

W kolejnej pracy oceniano sposób żywienia alpinistów podczas dwutygodniowej wyprawy w Alpy (**B-5**). Dieta badanych wspinaczy dostarczała zaledwie 1919,3 kcal, co było zdecydowanie poniżej wartości rekomendowanych dla osób aktywnych fizycznie, podobnie jak podaż białka i węglowodanów w przeliczeniu na kilogram masy ciała.

W przypadku zawodniczek i zawodników trenujących CrossFit® (**B-12**), stwierdzono zbyt niską podaż energii oraz węglowodanów w diecie, w stosunku do zalecanego zapotrzebowania. Ponadto, u zawodniczek odnotowano niedostateczne spożycie folianów, witaminy E, żelaza i wapnia.

Ocena sposobu żywienia zawodników amatorsko uprawiających windsurfing (**B-13**) wykazała zbyt niską podaż makroskładników diety w porównaniu z zaleceniami dla osób uprawiających sporty ekstremalne. Stwierdzono także niewystarczające dzienne spożycie płynów, witaminy D i wapnia, natomiast zbyt wysokie cholesterolu, sodu, potasu i fosforu.

Ostatnia praca dotyczyła oceny utraty płynów i zwyczajowego spożycia płynów podczas sesji treningowej w grupie młodych pływaków (**B-14**). U badanych zawodników

wykazano związek między utratą płynów a całkowitą zawartością wody w organizmie przed treningiem. Stwierdzono także, że trening pływacki w środowisku wodnym wiąże się z utratą płynów, która wydaje się nieco mniejsza niż w środowisku lądowym, jednakże może zwiększać ryzyko odwodnienia u pływaków.

Powyższe badania wskazują na występowanie błędów żywieniowych u zawodników różnych dyscyplin sportu oraz na potrzebę edukacji żywieniowej i poradnictwa dietetycznego. Dieta osób aktywnych fizycznie powinna być dopasowana do indywidualnych potrzeb, w zależności od intensywności oraz okresu treningowego. Szczególną uwagę należy zwrócić na odpowiednią podaż energii i makroskładników diety, a także na skuteczne procedury nawadniania podczas jednostek treningowych z uwzględnieniem wszystkich czynników zewnętrznych, w celu uniknięcia jego negatywnych skutków dla zdrowia i zdolności wysiłkowych zawodnika.

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

5.1. Staże naukowe

- krajowy dwutygodniowy staż naukowy w Instytucie Kultury Fizycznej Wyższej Państwowej Szkoły Zawodowej w Nowym Sączu w dniach 01-14.08.2018; opiekun: prof. nadzw. dr hab. Zbigniew Szyguła;
- staż naukowy we Włoszech: IRCCS Istituto Ortopedico Galeazzi w Mediolanie w dniach 24.06.-03.07.2021; dyrektor naukowy prof. Giuseppe Banfi; kierownik Laboratory of Experimental Biochemistry & Molecular Biology: prof. dr. hab. Giovanni Lombardi.

5.2. Współpraca z instytucjami naukowymi

- współpraca z dr. n med. Wojciechem Romanowskim z Wielkopolskiego Ośrodka Reumatologicznego w Śremie

wspólna publikacja:

Straburzyńska-Lupa A., Nowak A., Pilaczyńska-Szcześniak Ł., Straburzyńska-Migaj E., Romanowski W., Karolkiewicz J., Śliwicka E. Visfatin, resistin, hsCRP and insulin resistance to abdominal obesity in women with rheumatoid arthritis. *Clin Exp Rheumatol.* 2010; 28(1): 19-24.

- współpraca z prof. dr hab. n med. Ewą Straburzyńską-Migaj z Katedry Kardiologii oraz I Kliniki Kardiologii Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

wspólna publikacja:

Straburzyńska-Migaj E., Pilaczyńska-Szcześniak Ł., Nowak A., Straburzyńska-Lupa A., **Śliwicka E.**, Grajek S. Serum concentrations of visfatin are decreased in patients with chronic heart failure. *Acta Biochim Pol.* 2012; 59(3): 339-43.

- współpraca z prof. dr. hab. n med. Piotrem Leszczyńskim z Katedry i Kliniki Reumatologii, Rehabilitacji i Chorób Wewnętrznych Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

wspólna praca:

Śliwicka E., Nowak A., Zep W., Leszczyński P., Pilaczyńska-Szcześniak Ł. Bone mass and bone metabolic indices in male master rowers. *J Bone Miner Metab.* 2015; 33(5): 540-6. doi: 10.1007/s00774-014-0619-1.

- współpraca z prof. AWF dr hab. Wandą Pilch z Zakładu Chemii i Biochemii (Wydział Rehabilitacji Ruchowej) Akademii Wychowania Fizycznego im. Bronisława Czecha w Krakowie

wspólne prace:

Pilch W., Tyka A., Cebula A., **Śliwicka E.**, Pilaczyńska-Szcześniak Ł., Tyka A. Effects of 6-week Nordic Walking training on changes in 25(OH)D blood concentration in women after 55 years of age. *J Sports Med Phys Fitness*. 2017; 57(1-2): 124-9. doi: 10.23736/S0022-4707.16.05964-X.

Pilch W., Tota Ł., Piotrowska A., **Śliwicka E.**, Czerwińska-Ledwig O., Zuziak R., Pilaczyńska-Szcześniak Ł. Effects of Nordic walking on oxidant and antioxidant status, levels of calcidiol and proinflammatory cytokines in healthy women. *Oxid Med Cell Longev*. 2018: 2018: 6468234. doi: 10.1155/2018/6468234.

- współpraca z dr. Tomaszem Cisoniem z Katedry Fizjoterapii, Instytutu Kultury Fizycznej Akademii Nauk Stosowanych w Nowym Sączu

wspólne prace:

Śliwicka E., Cisoń T., Kasprzak Z., Nowak A., Pilaczyńska-Szcześniak Ł. Serum irisin and myostatin levels after 2 weeks of high-altitude climbing. *PLoS One*. 2017; 12(7): e0181259. doi: 10.1371/journal.pone.0181259.

Śliwicka E., Cisoń T., Straburzyńska-Lupa A., Pilaczyńska-Szcześniak Ł. The effects of whole-body cryotherapy on 25-hydroxyvitamin D, irisin, myostatin and interleukin-6 levels in healthy young men with different physical fitness levels. *Sci Rep*. 2020; 10: 6175. doi: 10.1038/s41598-020-63002-x.

- współpraca z prof. dr hab. Andrzejem Ziemką z Zespołu Kliniczno-Badawczego Fizjologii Stosowanej, Instytutu Medycyny Doświadczalnej i Klinicznej im. Mirosława Mossakowskiego Polskiej Akademii Nauk w Warszawie

wspólna praca:

Śliwicka E., Cisoń T., Pilaczyńska-Szcześniak Ł., Ziembra A., Straburzyńska-Lupa A. Effects of marathon race on selected myokines and sclerostin in middle-aged male amateur runners. *Sci Rep.* 2021; 11: 2813. doi: 10.1038/s41598-021-82288-z.

- współpraca z prof. Giuseppe Banfi, prof. Giovanni Lombardi i dr Marta Gomasca z IRCCS Istituto Ortopedico Galeazzi, Mediolan, Włochy

wspólna praca:

Straburzyńska-Lupa A., Cisoń T., Gomasca M., Babińska A., Banfi G., Lombardi G., **Śliwicka E.** Sclerostin and bone remodeling biomarkers responses to whole-body cryotherapy (– 110°C) in healthy young men with different physical fitness levels. *Sci Rep.* 2021; 11:, 16156. doi: 10.1038/s41598-021-95492-8.

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę

6.1. Osiągnięcia dydaktyczne

- posiadane dodatkowe uprawnienia i ukończone szkolenia:
 - uprawnienia wychowawcy placówek wypoczynku dzieci i młodzieży (2002);
 - instruktor pływania (2005);
 - trener II klasy z wioślarstwa (2006);
 - szkolenie podstawowe w zakresie programu *Statistica* (2008);
 - kurs Polskiego Towarzystwa Nauk o Zwierzętach Laboratoryjnych dla osób planujących doświadczenia, wykonujących procedury i uśmiercających zwierzęta (2017);

- kurs trenerów piłki nożnej UEFA Grassroots C, licencja UEFA C nr 000024653 (2019);
- szkolenie dla kadry dydaktycznej nt. „Podwyższenie umiejętności z języka angielskiego” oraz „Statystyczna analiza danych” zrealizowanych w ramach projektu pt. „Zintegrowana Strategia Rozwoju Akademii Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu” (2020).

- bierny udział w konferencjach szkoleniowych:
 - „Zdrowe kości”, Poznań, 20-21.04.2012;
 - „Zdrowe kości”, Poznań, 8-9.03.2013;
 - „Żywnienie ludzi aktywnych”, Warszawa, 4-5.10.2013;
 - I Zjazd Polskiego Towarzystwa Dietetyki Sportowej „Od teorii do praktyki”, Warszawa, 2-3.10.2015;
 - IV Konferencja "Żywnienie a zdrowie prokreacyjne kobiety", 17.11.2022, Poznań.

- prowadzenie zajęć dydaktycznych z przedmiotów:
 - kierunek Dietetyka: Podstawy żywienia człowieka, Podstawy dietetyki, Żywnienie człowieka chorego, Dietoprofilaktyka i dietoterapia w chorobach chirurgicznych i onkologicznych, Kuchnia dla aktywnych fizycznie, Kuchnia dla sportowca, Żywnienie w warunkach ekstremalnych;
 - kierunek Wychowanie Fizyczne: Aktywności plenerowe;
 - kierunek Taniec w Kulturze Fizycznej: Żywnienie w aktywności fizycznej, Dietoprofilaktyka chorób żywieniowo zależnych, Kuchnia dla aktywnych;
 - prowadzenie zajęć podczas obozów letnich: Gry terenowe, Kajakarstwo.

- przygotowanie autorskiego programu z przedmiotu Żywnienie w warunkach ekstremalnych oraz opracowanie kart z przedmiotów (sylabusów) m.in.: Podstawy żywienia człowieka, Podstawy dietetyki, Kuchnia dla sportowca.
- opiekun naukowy 42 prac licencjackich oraz 18 prac magisterskich.
- promotor pomocniczy obronionej w 2015 roku w Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu pracy doktorskiej mgr Moniki Dalz zatytułowanej „Wpływ aktywności fizycznej typu *Nordic Walking* na metabolizm tkanki kostnej u kobiet”, której promotorem była prof. dr hab. Alicja Nowak.

- opiekun Studenckiego Koła Naukowego „Dietetycy AWF Poznań”.
- członek zespołu ds. opracowania zagadnień na egzamin dyplomowy kierunku Dietetyka, studia pierwszego stopnia (od listopada 2021).
- członek Komisji ds. utworzenia nowych specjalności na studiach II stopnia kierunku Dietetyka (od października 2022 roku).

6.2. Osiągnięcia organizacyjne

- organizacja międzynarodowych regat wioślarskich:
 - członek Komitetu Organizacyjnego Pucharu Świata oraz Olimpijskich Regat Kwalifikacyjnych w Wioślarstwie Poznań 2008;
 - członek Komitetu Organizacyjnego Mistrzostw Świata Seniorów w Wioślarstwie Poznań 2009;
 - członek Komitetu Organizacyjnego Światowych Regat Wioślarskich Masters Poznań 2011;
 - udział w organizacji Mistrzostw Europy Seniorów w Wioślarstwie Poznań 2015;
 - udział w organizacji Młodzieżowych Mistrzostw Świata w Wioślarstwie Poznań 2018;
 - udział w organizacji Mistrzostw Europy Seniorów w Wioślarstwie Poznań 2020;
 - udział w organizacji Pucharu Świata w Wioślarstwie Poznań 2016, 2017, 2019 i 2022.
- organizacja oraz prowadzenie gabinetu dietetycznego w AWF Poznań (od maja 2022 roku).

6.3. Osiągnięcia popularyzujące naukę

- wygłoszenie cyklu wykładów w ramach projektu „STOP chorobom układu krążenia” oraz Światowego Dnia Serca w Zespole Szkół Ekonomicznych w Słupcy (Słupca, 26 września 2011);
- wygłoszenie cyklu wykładów dla zawodników sekcji wioślarskiej Klubu Sportowego AZS AWF Poznań w ramach programu Urzędu Miasta Poznań: Działania integrujące psychoprofilaktykę z aktywnością sportową poprzez prowadzenie zajęć sportowo-

rekreacyjnych dla dzieci i młodzieży Miasta Poznania w obszarze przeciwdziałania uzależnieniom i patologiom społecznym (Poznań, rok 2011);

- wygłoszenie wykładu „*Stawiam na śniadanie. Dlaczego śniadanie jest takie ważne?*” dla uczniów i nauczycieli Szkoły Podstawowej nr 3 i. Bolesława Krzywoustego w Poznaniu w ramach obchodów Dnia Zdrowego Śniadania (Poznań, 24 listopada 2015)
- wygłoszenie wykładu „*Styl życia współczesnej młodzieży*” dla uczniów i nauczycieli Zespołu Szkół Budownictwa nr 1 w Poznaniu (Poznań, 22 marca 2016);
- wygłoszenie wykładu na temat diagnostyki celiakii podczas seminarium „*Nawyki żywieniowe. Jak je skutecznie zmienić?*” organizowanego przez Polskie Stowarzyszenie Osób z Celiakią i na Diecie Bezglutenowej (Poznań, 8 kwietnia 2017);
- wygłoszenie wykładu oraz przeprowadzenie warsztatu „*Owocowe smoothie - doskonała przekąska sportowca*” podczas XX Poznańskiego Festiwalu Nauki i Sztuki, (Poznań, 23-26.04.2017);
- wygłoszenie wykładu „*Żywienie okołotreningowe w sporcie*” podczas Kursokonferencji trenerów i instruktorów wioślarstwa organizowanej przez Polski Związek Towarzystw Wioślarskich (Poznań, 1 grudnia 2018);
- wygłoszenie wykładu dotyczącego zdrowego odżywiania młodych piłkarzy „*Dieta młodego piłkarza*” dla zawodników i trenerów klubu piłkarskiego UKS Śrem (Śrem, 2 kwietnia 2019);
- wygłoszenie wykładu „*Superfoods*” w diecie sportowca – czy to działa?” dla uczestników 12. PKO Poznań Półmaraton (Poznań, 13 kwietnia 2019);
- wygłoszenie wykładu „*Dietetyczne fakty i mity. Jak dbać o żywienie, czego unikać? Najczęściej popełniane błędy*” podczas konferencji Fit Medical odbywającej się w ramach targów Fit Expo (Poznań, 24-26 maja 2019);
- przeprowadzenie warsztatów „*Jak dbać o dietę osób aktywnych fizycznie?*” oraz „*Żywienie w profilaktyce osteoporozy*” podczas konferencji Fit Medical odbywającej się w ramach targów Fit Expo (Poznań, 24-26 maja 2019);
- wygłoszenie wykładu „*Wiem, co jem*” oraz przeprowadzenie warsztatów dietetycznych „*Dieta mistrzów*” dla aktywnych fizycznie dzieci oraz ich rodziców z gminy Czerwonak, których organizatorem było Piłkarskie Stowarzyszenie Sportowe JUNIOR (Czerwonak, 12 czerwca 2019);

- prowadzenie dietetycznego punktu konsultacyjnego podczas Pucharu Świata w Wioślarstwie na poznańskiej Malcie (Poznań, 19-24.06.2019);
- prowadzenie dietetycznego punktu konsultacyjnego podczas Poznań Business Run (Poznań, 08.09.2019);
- współpraca z firmą Aktive Life oraz Centrum Wsparcia Rodziny i Seniora w Owińskich polegająca na wygłoszeniu cyklu wykładów oraz prowadzenia poradnictwa dietetycznego dla osób starszych (Owińska, październik – grudzień 2020);
- wystąpienie w programie „Otwarta antena” w telewizji WTK na temat „*Jak lockdown wpłynął na nasze odżywianie i aktywność fizyczną?*” (Poznań, 21 kwietnia 2021)
<https://fb.watch/gvTaJm3LS/>
- wygłoszenie wykładu na zaproszenie Centrum Kształcenia Zawodowego i Ustawicznego w Środzie Wielkopolskiej dla uczniów szkół w Środzie Wielkopolskiej, w ramach projektu „*Woda źródłem życia*” (Środa Wielkopolska, 30 kwietnia 2021);
- prowadzenie zajęć edukacyjno-zdrowotnych dla aktywnych zawodowo osób powyżej 50. roku życia w ramach projektu „Rehabilitacja dla Ciebie - terapia, edukacja, działanie” realizowanego przez Centrum Medyczne ENEL-MED. S.A. we współpracy z Akademią Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu oraz Fundacją Medycyna i Sztuka. Projekt jest współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego (Poznań, grudzień 2019 - grudzień 2022);
- wygłoszenie wykładu „*Człowiek w warunkach ekstremalnych - co upolować, by przeżyć?*” podczas panelu naukowo – dyskusyjnego „Żywność osób aktywnych fizycznie – profilaktyka, wspomaganie, bezpieczeństwo” organizowanego przez Akademię Wychowania Fizycznego w Poznaniu (Poznań, 21 kwietnia 2021);
- wygłoszenie wykładu „*Człowiek w warunkach ekstremalnych - co upolować, by przeżyć?*” podczas konferencji dydaktyczno-szkoleniowej „Żywność osób aktywnych fizycznie – profilaktyka, wspomaganie, bezpieczeństwo” organizowanej przez Akademię Wychowania Fizycznego w Poznaniu (Poznań, 19 maja 2022);
- udzielanie porad w gabinecie dietetycznym podczas XXV Poznańskiego Festiwalu Nauki i Sztuki, (Poznań, 01.06.2022);
- udział w artykule prasowym „Dzieci ważą coraz więcej” autorstwa Oliwii Trojanowskiej opublikowanym w Gazecie Wyborczej Poznań (16.10.2022)
<https://poznan.wyborcza.pl/poznan/7,36001,29023545,dzieci-waza-coraz-wiecej-zamiast-do-dietetyka-rodzice-zabierali.html>

7. Inne, ważne informacje, dotyczące kariery zawodowej wnioskodawcy, z pominięciem kwestii wymienionych w pkt. 1-6


- otrzymane nagrody i wyróżnienia:
 - nagroda Senackiej Komisji Nauki Akademii Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu „Ciągłe naprzód” za wybitne osiągnięcia naukowo-badawcze w roku akademickim 2012/2013;
 - nagroda zbiorowa za pracę przedstawioną podczas Jubileuszowego Kongresu Naukowego Polskiego Towarzystwa Medycyny Sportowej „Aspekty medyczne w wybranych dyscyplinach sportowych” Poznań 18-20 października 2012 r.: Zep W., Nowak A., Śliwicka E., Pilaczyńska-Szcześniak Ł. Wskaźniki metabolizmu tkanki kostnej w wybranych okresach cyklu treningowego wioślarzy.
- pełnione funkcje:
 - pełnomocnik Dziekana Wydziału Nauk o Zdrowiu ds. współpracy z interesariuszami zewnętrznymi (od kwietnia 2022);
 - członek Rady Programowej na kadencję 2020 – 2024;
 - członek Uczelnianego Kolegium Elektorów na kadencję 2020 – 2024;
 - przewodnicząca Komisji ds. regulaminu studiów na kadencję 2020 – 2024;
 - przewodnicząca Komisji ds. programu studiów dla kierunku Dietetyka na kadencję 2020 – 2024;
 - członek Senatu Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu w latach 2016 – 2020;
 - członek Rady Bibliotecznej na w latach 2016 – 2020 oraz 2020 – 2024;
 - członek Wydziałowej Komisji ds. Jakości Kształcenia w latach 2016 – 2019;
 - członek Komisji ds. utworzenia programu studiów II stopnia kierunku Dietetyka w latach 2018 – 2019;
 - sekretarz Uczelnianej Komisji ds. Oceny Jakości Kształcenia w latach 2009 – 2020.

- recenzowanie prac naukowych w czasopismach międzynarodowych i krajowych:
 - *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej* (Impact Factor: 0.878) – 1 recenzja;
 - *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Impact Factor: 4.614) – 3 recenzje;
 - *Plos One* (Impact Factor: 3.752) – 1 recenzja;
 - *Journal of Human Kinetics* (Impact Factor: 2.923) – 1 recenzja;
 - *Frontiers in Endocrinology* (Impact Factor: 6.005) – 6 recenzji;
 - *Trends in Sport Sciences* – 3 recenzje.

- aktywność sportowa:

Biorę aktywny udział w zawodach sportowych, głównie biegowych. W ostatnich latach do największych sukcesów mogę zaliczyć:

 - II miejsce wśród kobiet pracujących na poznańskich uczelniach w Półmaratonie 100-lecia Uniwersytetu Poznańskiego, który odbył się w ramach 12. PKO Poznań Półmaratonu (14 kwietnia 2019);
 - III miejsce wśród kobiet w biegu *Super Gwint* na dystansie 165 km, GWiNT Ultra Cross (Grodzisk-Wolsztyn-Nowy Tomyśl, 10-11 maja 2019);
 - brązowy medal Mistrzostw Polski Seniorów w wioślarstwie w czwórce podwójnej kobiet wagi lekkiej (Poznań, 19-20 września 2020).


.....
(podpis wnioskodawcy)