

Załącznik Nr 3

Autoreferat

**W sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzenia czynności w postępowaniu
habilitacyjnym**

1. Imię i Nazwisko Habilitanta

Jan Paweł Mieszkowski

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe habilitanta

Z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

- Stopień naukowy: Doktor Nauk o Kulturze Fizycznej.
Nadany uchwałą Rady Wydziału Wychowania Fizycznego Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu z dnia 03.03.2018r.
- Tytuł rozprawy doktorskiej: **Wpływ treningu fizycznego i suplementacji witaminą D na możliwości wysiłkowe osób po 65 roku życia.**
Promotor rozprawy doktorskiej: prof. dr hab. Jędrzej Antosiewicz
Recenzenci rozprawy doktorskiej: prof. dr hab. Józef Langfort (Akademia Wychowania Fizycznego w Katowicach) oraz dr hab. Jacek Zieliński (Akademia Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu).
- Dyplom magistra **Biotechnologii Medycznej**, Collegium Medicum im. L. Rydygiera w Bydgoszczy Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu (2007).
- Dyplom licencjata: **Wychowanie Fizyczne, specjalność nauczycielska, specjalność dodatkowa Dydaktyka Gimnastyki Korekcyjnej**, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy (2007)
- Dyplom magistra **Farmacji**, Collegium Medicum im. L. Rydygiera w Bydgoszczy Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu (2010) – (wpis do rejestru KP Izb Aptekarskich).
- Dyplom magistra **Wychowanie Fizyczne**, Akademia Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku (2010).
- Dyplom magistra **Fizjoterapia**, Collegium Medicum im. L. Rydygiera w Bydgoszczy Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu (2012) – (wpis do KIF).
- Dyplom ukończenia studiów podyplomowych: **Menadżer Projektu Badawczo-Rozwojowego**, Wyższa Szkoła Bankowa w Toruniu (2015).
- Dyplom ukończenia studiów podyplomowych: **Diagnostyka laboratoryjna**, Collegium Medicum im. L. Rydygiera w Bydgoszczy Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu (2017) – (wpis do KIDL).
- Dodatkowe kwalifikacje i uprawnienia:
 - **Trener Koszykówki FIBA C** (2016),
 - **Trener Gimnastyka Sportowa PZG** (2018),
 - **Technik masażysta** (2010).

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.

- Od 01.10.2010 do 30.09.2018;

Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, Zakład Biologicznych Podstaw Kultury Fizycznej,

Pracownik naukowo-dydaktyczny, zatrudnienie w ramach umowy o pracę na stanowisku asystenta.

- Od 01.10.2018 – trwa nadal;

Akademia Wychowania Fizycznego i Sportu im. Jędrzeja Śniadeckiego, Wydział wychowania, Fizycznego, Zakład Gimnastyki Tańca i Ćwiczeń Muzyczno-Ruchowych,

Pracownik naukowo-dydaktyczny, zatrudnienie w ramach umowy o pracę na stanowisku adiunkta.

- 4. Wskazanie osiągnięcia naukowego habilitanta 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.).**

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego:

Najważniejsze osiągnięcie naukowe, będące podstawą złożonego przez habilitanta wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego, stanowi cykl 5 oryginalnych publikacji naukowych o sumarycznym Impact Factor 24,213, Punkty MNiSW 550 i zebranych pod wspólnym tytułem:

„Wpływ witaminy D oraz procedury hartowania przez niedokrwienie (IPC/RIPC) na zmiany metaboliczne indukowane wysiłkiem fizycznym – rola żelaza”.

4.2. Wykaz publikacji naukowych stanowiących osiągnięcie naukowe habilitanta

Szczegółowy opis indywidualnego wkładu Habilitanta w powstanie wymienionych w tym punkcie publikacji zamieszczono w Załączniku nr 3. Pełne wersje tych publikacji wraz z oświadczeniami o udziale procentowym pozostałych Współautorów znajdują się w Załączniku nr ...

- 1. Mieszkowski J., Kochanowicz M., Żychowska M., Kochanowicz A., Grzybkowska A., Anczykowska K., Sawicki P., Borkowska A., Niespodziński B., Antosiewicz J. (2019). Ferritin genes overexpression in PBMC and a rise in exercise performance as an adaptive response to ischaemic preconditioning in young men. *BioMed Research International*, 2019, 9576876. <https://doi.org/10.1155/2019/9576876> (MNiSW: 70, IF: 2,276),**

Wkład habilitanta: Współautorstwo koncepcji badań; zaplanowanie badań; uczestnictwo w projekcie badawczym - przeprowadzenie badania, pobór materiału biologicznego podczas trwania badania, zebranie danych oraz analiza uzyskanych wyników badań; przygotowanie manuskryptu - wykonanie przeglądu piśmiennictwa, części metodycznej, opracowanie wyników i ich dyskusji oraz wniosków; przygotowanie odpowiedzi na uwagi recenzentów.

2. **Mieszkowski J.**, Stankiewicz B., Kochanowicz A., Niespodziński B., Borkowska A., Antosiewicz J. (2020). *Effect of ischemic preconditioning on marathon-induced changes in serum exerkine levels and inflammation. Frontiers in Physiology*, 11, 571220. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.571220>
(MNiSW: 100, IF: 4,566),

Wkład habilitanta: Autorstwo koncepcji badań; zaplanowanie badań; uczestnictwo przeprowadzenie badania, pobór materiału badawczego, oznaczenie wybranych parametrów badawczych, zebranie danych; analiza wyników badań; przygotowanie manuskryptu - wykonanie przeglądu piśmiennictwa, opracowanie części wstępnej, metodycznej, wyników, omówienia i dyskusji wyników oraz wniosków; przygotowanie odpowiedzi na uwagi recenzentów.

3. **Mieszkowski J.** Stankiewicz B., Kochanowicz A., Niespodziński B., Kowalik T., Żmijewski M., Kowalski K., Rola R., Bieńkowski T., Antosiewicz J. (2020). *Ultra-marathon-induced increase in serum levels of vitamin D metabolites : a double-blind randomized controlled trial. Nutrients*, 12(12), 3629.
<https://doi.org/10.3390/nu12123629>.
(MNiSW: 140 IF: 5,717),

Wkład habilitanta: Współautorstwo koncepcji badań; zaplanowanie badań; współopracowanie metodologii oraz realizacja badania na każdy etap jego trwania, włącznie z poborem materiału badawczego, zebranie uzyskanych danych; analiza wyników badań; przygotowanie manuskryptu - wykonanie przeglądu piśmiennictwa, opracowanie wstępu, części metodycznej, omówienia i dyskusji wyników oraz wniosków; przygotowanie odpowiedzi na uwagi recenzentów.

4. **Mieszkowski J.**, Kochanowicz A., Piskorska E., Niespodziński B., Siódmiak J., Buśko K., Stankiewicz B., Olszewska-Słonina D., Antosiewicz J. (2021). *Serum levels of bone formation and resorption markers in relation to vitamin D status in professional gymnastics and physically active men during upper and lower body high-intensity exercise. Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18(1), 29.
<https://doi.org/10.1186/s12970-021-00430-8>.
(MNiSW: 100, IF: 4,948),

Wkład habilitanta: Autorstwo koncepcji badań; zaplanowanie badań; współopracowanie metodologii oraz realizacja badania na każdy etap jego trwania, włącznie z poborem materiału badawczego, zebranie uzyskanych danych; analiza wyników badań; przygotowanie manuskryptu - wykonanie przeglądu piśmiennictwa, opracowanie wstępu, części metodycznej, omówienia i dyskusji wyników oraz wniosków; przygotowanie odpowiedzi na uwagi recenzentów.

5. **Mieszkowski J.**, Borkowska A., Stankiewicz B., Kochanowicz A., Niespodziński B., Surmiak M., Waldziński T., Rola R., Petr M., Antosiewicz J. (2021). *Single high-dose vitamin D supplementation as an approach for reducing ultramarathon-induced*

inflammation: a double-blind randomized controlled trial. Nutrients,13(4), 1280.
<https://doi.org/10.3390/nu13041280>
(MNiSW: 140, IF: 6,706),

Wkład habilitanta: Współautorstwo koncepcji badań; zaplanowanie badań; współpracowanie metodologii oraz realizacja badania na każdy etapie jego trwania, włącznie z poborem materiału badawczego, zebranie uzyskanych danych; analiza wyników badań; przygotowanie manuskryptu - wykonanie przeglądu piśmiennictwa, opracowanie wstępu, części metodycznej, omówienia i dyskusji wyników oraz wniosków; przygotowanie odpowiedzi na uwagi recenzentów.

- Sumaryczny **Impact Factor** dla jednotematycznego cyklu publikacji: **24,213 pkt.**,
- Sumaryczna **punktacja MNiSW** dla jednotematycznego cyklu publikacji: **550 pkt.**

W ramach prezentowanego osiągnięcia naukowego habilitanta stanowiącego zbiór prac naukowych udział habilitanta jako autora i współautora był wiodący na każdym etapie przygotowania prac. Począwszy od zaplanowania eksperymentu naukowego, jego wykonanie, opracowanie wyników oraz przygotowanie publikacji naukowej habilitant wykonywał, koordynował oraz prowadził badania.

Habilitant był autorem koncepcji badań oraz ich bezpośrednim realizatorem (włącznie z poborem materiału badawczego jako uprawniony diagnosta laboratoryjny), dokonał analizy i interpretacji uzyskanych wyników, a także opracowywał przedstawione prace pod względem merytorycznym na każdym etapie. Odpowiedzialny był również za korekty edytorskie oraz odpowiedzi na recenzje na różnych etapach składania publikacji.

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

*Uzasadnienie podjęcia problemu badawczego w ramach realizacji jednotematycznego cyklu pięciu artykułów naukowych pod wspólnym tytułem „**Wpływ witaminy D oraz procedury hartowania przez niedokrwienie (IPC/RIPC) na zmiany metaboliczne indukowane wysiłkiem fizycznym – rola żelaza**”.*

Wprowadzenie

Nasilona reakcja zapalna indukowana ciężkim wysiłkiem fizycznym zaliczana jest do jednych z podstawowych czynników ograniczających wyniki sportowe. Stopień jej nasilenia wpływa również bezpośrednio na zdrowie uczestników aktywności. Indukowana wysiłkiem fizycznym wzmożona sekrecja białek o działaniu prozapalnym (w tym niektórych cytokin) przyczynia się do zaburzeń normalnego funkcjonowania wielu tkanek i narządów, prowadzi do powstania mikrourazów pracujących mięśni szkieletowych upośledzając ich funkcję. Niejednokrotnie w przebiegu odpowiedzi powysiłkowej można zauważyć zaburzenia sygnalizacji insulinowej, nasilenie się objawów zmęczenia ośrodkowego oraz zaburzenia tempa metabolizmu, co rzutuje nie tylko na sam wynik sportowy, ale prawidłowe funkcjonowanie ciała ludzkiego (Carmichael, Davis i wsp. 2006).

Pomimo tak licznych i niekorzystnych zmian pojawiających się w przypadku skrajnych wysiłków fizycznych, dążenie do coraz to lepszego wyniku sportowego i nieustanna chęć przekraczania własnych granic jest jednym z głównych powodów, dlaczego wielu sportowców, zwłaszcza dyscyplin wytrzymałościowych w celu zahamowania niekorzystnych zmian zapalnych stosuje powszechnie niesteroidowe leki przeciwzapalne (NLPZ) zarówno w okresie rywalizacji sportowej, jak i treningu. Konsekwencje somatyczne takiego działania w wielu przypadkach mogą okazać się tragiczne, a ich skuteczność w prewencji zmian powysiłkowych jest ograniczona. Ponadto przyjmowanie NLPZ podczas aktywności fizycznej dodatkowo obciąża już i tak pracującą wątrobę i nerki, przekładając się na wzrost ryzyka ich uszkodzenia (Peterson, Trappe i wsp. 2003; Nieman, Henson i wsp. 2006). Należy ponadto zwrócić uwagę, że skuteczność preparatów takich jak ibuprofen w wysiłkach o bardzo długim czasie trwania nie przełożyło się na mniejsze uszkodzenie mięśni indukowanych wysiłkiem, oraz paradoksalnie wiązało się z większą sekrecją niektórych prozapalnych cytokin (Peterson, Trappe i wsp. 2003; Nieman, Henson i wsp. 2006).

Oprócz nasilenia zmian zapalnych wzmożona sekrecja cytokin w wielu przypadkach może przyczynić się do indukcji stanu zapalnego w obszarze ośrodkowego układu nerwowego. Prowadzi to bezpośrednio do utraty koordynacji ruchowej, a co za tym idzie spadku efektywności wykonywania zadania ruchowego. Należy również pamiętać, że nasilające się zaburzenia pracy tak wielu tkanek i narządów ciała ludzkiego prowadzi nieodwołalnie do utraty ich zdolności do wykonywania swoich funkcji. Konsekwencją takiej sytuacji są zarówno aspekty zdrowotne (uszkodzenia tkanek i narządów), jak i sportowe (zaprzeszczenie aktywności ruchowej lub zauważalny spadek dynamiki ruchu).

Dlatego też od wielu lat w rywalizacji o wynik sportowy, zarówno w sporcie zawodowym jak i półamatorskim stosowane są różnorodne substancje ergogeniczne oraz metody oddziaływania tkankowego i treningowego. Mają one na celu wspomaganie organizmu człowieka oraz przygotowanie go na sytuację wzmożonego stresu tkankowego i komórkowego związanego z realizacją wymagającego zadania ruchowego (Stecker, Harty

i wsp. 2019). Efektem takiego oddziaływania ma być zarówno osiągnięcie coraz to lepszego wyniku sportowego, jak i zachowanie dobrego stanu zdrowia w wyniku obniżenia powysiłkowego uszkodzenia narządów.

Jedną z wspomnianych metod oddziaływania cieszącą się niesłabnącym zainteresowaniem zarówno w sporcie jak, i w naukach medycznych jest tzw. hartowanie przez niedokrwienie (ang. Ischemic Preconditioning - IPC) (Hausenloy i Yellon 2008; Lalonde, Poirier i wsp. 2015; Incognito, Burr i wsp. 2016).

W większości przypadków procedura ta obejmuje powtarzające się po sobie krótkie cykle niedokrwienia i reperfuzji określonych obszarów ciała, np. kończyny. Zjawisko to w literaturze często określane jest mianem „zależnej od ischemii reperfuzji krwi”. Udowodniono jednak ponad wszelką wątpliwość, że jej stosowanie przyczynia się do zwiększenia tolerancji poddanych jego działaniu tkanek na wystąpienie ewentualnych epizodów niedokrwiennych w przyszłości (Loenneke, Wilson i wsp. 2010; Lalonde, Poirier i wsp. 2015).

W licznych pracach badawczych wykazano, że zarówno procedura IPC, jak i jej modyfikacja RIPC (ang. Remote Ischemic Preconditioning – RIPC; hartowanie tkanek odległych do poddanych ocenie oddziaływania) indukuje zmiany, które prowadzą do wzrostu odporności na niedotlenienie i inne czynniki stresogenne w narządach takich jak mózg, serce, wątroba. Ponadto w przypadku mięśni szkieletowych dowiedziono, że wywołanie stanu przejściowego zamknięcia dużych naczyń tętniczych w obszarze kończyn poddanych tej procedurze w okresie przez wykonaniem ćwiczenia fizycznego może korzystnie wpływać na efektywność jego wykonania, a co za tym idzie przełożyć się na sam wynik sportowy (Kido, Suga i wsp. 2015). Ponadto, analogicznie jak to miało miejsce w przypadku narządów poddanych hartowaniu, zaobserwowano również większą odporność hartowanych włókien mięśniowych na uszkodzenia wywołane czynnością skurczową (de Groot, Thijssen i wsp. 2010; Kido, Suga i wsp. 2015).

Mechanizm tej metody nie jest jednak do końca poznany, a jej charakter jest bardzo złożony. Z pewnością procedura IPC oddziałuje na tkankę poprzez modulację licznych mechanizmów zaangażowanych w jej działanie. Biorąc pod uwagę, że mięsień szkieletowy jest narządem zdolnym do syntezy i uwalniania szeregu różnorodnych białek, cytokin i związków niskocząsteczkowych (szczególnie w czasie wysiłku fizycznego), należy przypuszczać, że przerywane epizody okluzji i reperfuzji mięśnia będą prowadziły do wzrostu uwalniania czynników, które mają za zadanie modulować odporność mięśni i innych tkanek na stres (Bailey, Jones i wsp. 2012; Pedersen i Febbraio 2012; Kido, Suga i wsp. 2015; Snyder i Handschin 2015).

W przytoczonym powyżej rozważaniu związanych z podstawami powstawania odpowiedzi zapalnej podczas aktywności fizycznej nie sposób nie wspomnieć o istotnej roli żelaza. Zauważono, że w warunkach indukowanego wysiłkiem fizycznym stresu w mięśniówce dochodzi do zmian w metabolizmie żelaza. Żelazo jest metalem, które jest niemal niezbędne do wszystkich procesów komórkowych. Jednak z drugiej strony, w stanie wolnym może być dla organizmu bardzo toksyczne, stymulując powstawanie reaktywnych form tlenu (RFT) (Wessling-Resnick 2010; Leiva, Mujica i wsp. 2013).

Na poziomie komórkowym wiązanie wolnego żelaza przez białko ferrytynę prowadzi do wzrostu odporności komórki na czynniki stresogenne (Arosio, Elia i wsp. 2017; Muckenthaler, Rivella i wsp. 2017; Chen, Chen i wsp. 2018; Borkowska, Popowska i wsp. 2020).

W świetle powyższych rozważań interesujące wydawać się mogą wszystkie prace pozwalające na ocenę wpływu procedury hartowania przez niedokrwienie na zmiany w metabolizmie żelaza zarówno w krwinkach białych, jak i surowicy krwi. Może pozwolić to na ocenę wpływu procedur IPC oraz RIPC na zmiany w metabolizmie żelaza, które warunkować będą większe bezpieczeństwo jej metabolizmu (np. wzrost zdolności do magazynowania żelaza w bezpiecznej formie tj. w postaci ferrytyny). Wzrost stężenia ferrytyny może wypadkowo doprowadzić do spadku stężenia wolnego żelaza i tym samym ograniczyć powstawanie zależnych od żelaza RFT. Ponadto, ograniczenie eksportu żelaza z komórki doprowadzić może do spadku jego stężenia w płynie zewnątrzkomórkowym i krwi, co również może zwiększyć tolerancję na stres wynikający z przedłużającej się aktywności fizycznej (Candau, Busso i wsp. 1992; Constantini, Eliakim i wsp. 2000).

Analizując inne dostępne, dozwolone i coraz częściej stosowane metody wspomagania wysiłku fizycznego koniecznym wydaje się przedstawienie różnorodnych metod suplementacyjnych. Ich zastosowanie, zwłaszcza z wykorzystaniem dostępnych i stosunkowo bezpiecznych substancji, może okazać się idealną alternatywą żywieniową, stanowiącą uzupełnienie do przedstawionych wcześniej procedur treningowych z zastosowaniem hartowania przez niedokrwienie. Spośród licznych substancji, które od lat znajdują się w kręgu zainteresowań osób związanych ze sportem i medycyną jest między innymi witamina D (Jablonski, Chonchol i wsp. 2011; Yin i Agrawal 2014).

Witamina D zaliczana jest do grupy rozpuszczalnych w tłuszczach, organicznych związków steroidowych. Tradycyjnie i niezmiennie kwalifikowana do rozpuszczalnych w tłuszczach witamin, fizjologicznie pełni ona jednak w ciele człowieka rolę prohormonu. Analogicznie, jak w przypadku widocznej zmienności w kwestii swojej systematyki, określenie funkcji pełnionych przez witaminę D w ciele ludzkim (ze względu na wielokierunkowość oddziaływania) nastręcza dużych trudności (Lips 2006).

Klasyczny wpływ witaminy D na homeostazę wapnia i fosforu, a co za tym idzie na kształtowanie się ludzkich kości, jest oczywiście bardzo istotny. Jednak wraz z odkryciem licznych receptorów jądrowych dla witaminy D (VDR, ang. Vitamin D receptor) w wielu ludzkich tkankach (między innymi w nerkach, jelitach, mięśniach, gruczołach) pogląd co do jej roli w ciele ludzkim znacznie ewaluował. Pełni ona szczególną rolę w pracy i regulacji wielu układów ciała ludzkiego, będąc zaangażowaną między innymi w proliferację, podział komórek, odpowiedź zapalną i inne (Capiati, Benassati i wsp. 2002; Nagpal, Na i wsp. 2005; Moore, Collins i wsp. 2006).

Mechanizm receptorowy witaminy D umożliwia ekspresję funkcji regulacyjnej ukierunkowanej zarówno na działanie w zakresie „klasycznym” tj. udział w regulacji obrotu wapnia i fosforanów we krwi, pobudzenie biosyntezy białka wiążącego Ca^{2+} i zwiększenie wchłaniania wapnia i fosforanów w jelicie, przyspieszenie mineralizacji chrząstki oraz zwiększenie resorpcji zwrotnej wapnia i fosforanów w nerkach - jak i „nieklasycznym” poprzez receptory aktywnej formy witaminy D odkryte i nadal odkrywane w tkankach, narządach i komórkach niezwiązanych z gospodarką mineralną (Hyppönen, Läärä i wsp. 2001; Lips 2006).

Długotrwałe stosowanie aktywnych analogów witaminy D z uwagi na jej niedobory w naszej strefie klimatycznej charakteryzuje się znacznym bezpieczeństwem. W nielicznych przypadkach, zwłaszcza wobec znacznego przekroczenia norm podaży w długim okresie czasu, można zaobserwować zjawiska toksyczności. Dotyczy to głównie nasilających się objawów hiperkalcemii i hiperkalciurii oraz innych zaburzeń układowych związanych

z znacznym przekroczeniem jej bezpiecznego stężenia w surowicy (Candau, Busso i wsp. 1992; Zapolski i Wysokiński 2010).

Mnogość funkcji witaminy D w ciele ludzkim uzależniona jest również od rodzaju tkanki, na którą wpływa. W niektórych tkankach ciała ludzkiego, w tym między innymi takich, jak trzustka, nadnercza, tarczyca, przysadka, witamina D pełni rolę regulatorową, modulując ich czynność wydzielniczą. W wielu innych tkankach aktywne metabolity witaminy D wykazują oddziaływanie jako regulator proliferacji komórek lub bezpośrednio wykazują działanie antyproliferacyjne np. poprzez wpływ na niektóre komórki nowotworowe (Hyppönen, Läärä i wsp. 2001; Bouillon, Eelen i wsp. 2006; Lips 2006; Gagnon, Lu i wsp. 2012; Ke, Mason i wsp. 2015).

Z punktu widzenia aktywności fizycznej i sportu bardzo cenna okazuje się obecność receptorów witaminy D w tkance mięśniowej (Capiati, Benassati i wsp. 2002; Dhesi, Bearn i wsp. 2002). Odkrycie tego faktu dało początek przypuszczeniom jakoby niskie stężenie witaminy D może przyczyniać się do spadku wydolności organizmu, spadku siły mięśniowej oraz zwiększenia ryzyka występowania kontuzji (Wicherts, van Schoor i wsp. 2007; Lovell 2008; Cannell, Hollis i wsp. 2009; Ceglia 2009).

Ponadto udowodniono, że deficyty witaminy D mogą być skorelowane z różnorodnymi zaburzeniami funkcjonalnymi oraz strukturalnymi dotyczącymi tkanki mięśniowej. Udowodniono między innymi, że optymalne stężenie witaminy D w surowicy krwi może być dodatnio skorelowane z wytrzymałością tkanki mięśni oraz sprawnością fizyczną. Powyższe mechanizmy oddziaływania witaminy D na tkankę mięśniową obejmują zarówno efekty genomowe, jak i niegenomowe (Capiati, Benassati i wsp. 2002; Dhesi, Bearn i wsp. 2002). Efekty genomowe są inicjowane przez wiązanie 1,25-dihydroksywitaminy D [$1,25(\text{OH})_2\text{D}$] z receptorem jądrowym, co powoduje zmiany w transkrypcji genu mRNA i późniejszej syntezie białek (DeLuca 1988; Pike 1991; DeLuca 2004).

Niegenomowe oddziaływanie witaminy D jest szybsze i wynika z łącznia się z receptorami VDR zlokalizowanymi na błonie komórkowej. w wyniku wiązania się z receptorem błonowym $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ aktywuje kilka alternatywnych szlaków przekąźnikowych (kaskady ERK-1/2¹, fosfolipaza C, c-myc²), które powodują efekty komórkowe w ciągu kilku – kilkunastu sekund od aktywacji (Dhanasekaran i Premkumar Reddy 1998; Widmann, Gibson i wsp. 1999; Capiati, Benassati i wsp. 2002).

Całokształt mechanizmów zaangażowanych w indukowaną pod wpływem witaminy D proliferację i różnicowanie mioblastów jest bardzo złożony i pomimo znacznych postępów w tej dziedzinie, nadal konieczne wydaje się podejmowanie większej ilości badań pozwalających na dokładne określenie wzajemnych zależności między pracą mięśni, a stężeniem witaminy D (Ceglia 2008).

Oczywiście liczne dane z badań podstawowych i obserwacyjnych wskazując bezpośrednio, że suplementacja witaminy D3 może zwiększać siłę mięśniową i dzięki temu, w sposób istotny, przyczyniać się do poprawy możliwości wysiłkowych organizmu. Jednak niezmiennie należy pamiętać tutaj, że poziom możliwości wysiłkowych warunkowany jest również przez syntezę i sekrecję różnorodnych czynników zapalnych. Wiele badań sugeruje, że witamina D może wykazywać działanie przeciwzapalne (Yin i Agrawal 2014). Udowodniono między innymi, że optymalizacja jej stężenia w surowicy krwi przekłada się na

¹ ERK-1/2 – ang. extracellular signalling-regulated kinase, kinazy regulowane sygnałem pozakomórkowym,

² c-myc- protoonkogenem kodujący białko Myc, które wraz z białkiem Max tworzy heterodimer pełniący rolę czynnika transkrypcyjnego genów kontrolujących wzrost i różnicowanie komórek, angiogenezę i apoptozę.

spadek syntezy czynnika martwicy nowotworu μ oraz interleukiny (IL) 6 w monocytach (Chagas, Borges i wsp. 2012).

Ponadto, witamina D poprzez swojej receptory jądrowe reguluje również ekspresję licznych genów, które kodują cytokiny prozapalne. Powyższe właściwości wydawać się mogą doskonałą przesłanką do stosowania suplementacji witaminą D w sporcie amatorskim i wyczynowym w celu obniżenia nasilonej odpowiedzi zapalnej, będącej konsekwencją długotrwałego i intensywnego wysiłku fizycznego.

Przedstawiony stan wiedzy w zakresie wpływu procedur hartowania przez niedokrwienie tkanek oraz suplementacji witaminą D na zmiany przystosowawcze związane z odpowiedzią ciała ludzkiego na aktywność fizyczną oraz molekularnymi mechanizmami jej powstawania, stanowił podstawę do sformułowania problemu badawczego, przedstawionego powyżej cyklu monotematycznych prac naukowych. Przedmiot ten dotychczas nie był obszernie analizowany i jednocześnie wpływ tych procedur i efektów suplementacji czy roli stężeń witaminy D w modulowaniu powysiłkowej odpowiedzi na wysiłek fizyczny był dotychczas, jak się okazuje, niewystarczająco doceniany.

Prezentowany cykl prac dotyczy szczegółowo:

- wpływu jednorazowej oraz dziesięciodniowej procedury hartowania przez niedokrwienie kończyn na możliwości wysiłkowe oraz poziomu ekspresji genów kodujących ferrytyny w komórkach jednojądrzastych krwi obwodowej, w świetle maksymalnej próby beztlenowej na ergometrze rowerowym (WAnT),
- wpływu 10-dniowej procedury hartowania przez niedokrwienie na poziom odpowiedzi zapalnej indukowanej biegiem maratońskim wraz z określeniem roli żelaza w powyższym procesie,
- wpływu suplementacji witaminą D na zmiany stężenia jej metabolitów w świetle odpowiedzi powysiłkowej związanej z rywalizacją w biegach długich,
- oceny roli stężenia metabolitów witaminy D w surowicy krwi w modulowaniu powysiłkowej odpowiedzi na wysiłek fizyczny (test maksymalnej mocy beztlenowej Wingate) w świetle wybranych markerów obrotu kostnego (CTX, PINP),
- oceny zastosowania pojedynczej dawki suplementacyjnej witaminą D jako metody atenuowania nasilenia odpowiedzi zapalnej indukowanej wysiłkiem biegowym w populacji biegaczy długodystansowych rywalizujących w biegu ultramaratońskim na dystansie do 240 kilometrów.

Realizacja części z przedstawionych prac związana była z problematyką przedstawioną w ramach uzyskanego finansowania realizacji projektu naukowo-badawczego w ramach Programu „Miniatura 2” (Id: 405846, Nr rej.: 2018/02/X/NZ7/00953) finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki pt.: *„Wpływ zdalnego hartowania przez niedokrwienie na poziom powysiłkowej reakcji zapalnej oraz stężenie białka prekursorowego amyloidu alfa”*. Habilitant przeprowadził je jako główny wykonawca, także we współpracy z prof. dr hab. Jędrzejem Antosiewiczem podczas realizacji projektów finansowanych przez Polskie Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (NRSA 406754) oraz Narodowe Centrum Nauki (2020/37/B/NZ7/01794).

Implementacje do przeprowadzonych badań we współpracy interdyscyplinarnej, stanowiły wynik zebranych przez habilitanta szeregu kilkunastoletnich obserwacji skupiających się na zakresie modulowania odpowiedzi powysiłkowej w różnych

dyscyplinach sportowych, czego konsekwencją jest tematyka prac stanowiących niniejsze osiągnięcie naukowe.

Szczegółowa problematyka prac, składających się na osiągnięcie naukowe:

Poszukiwanie efektywnych form ochrony przed niekorzystnym wpływem długotrwałego lub/i bardzo intensywnego wysiłku fizycznego możliwe jest do osiągnięcia poprzez różnorodne metody i formy oddziaływania na ciało sportowca. Wszystkie stosowane techniki mają na celu normalizację jak i poprawę funkcjonowania ciała zawodnika w warunkach narastających zmian metabolicznych związanych z przemianami indukowanymi wysiłkiem. Nasilenie oraz tempo zmian możliwe jest do obserwacji zarówno poprzez ocenę specyficznym białek uwalnianych do krążenia ogólnego, jak i ocenę nasilenia ekspresji określonych białek w krwinkach białych, co może stanowić świadectwo adaptacji oraz ochrony przed wpływem skrajnego wysiłku fizycznego.

W licznych publikacjach z zakresu nauk medycznych wykazano z powodzeniem, że zastosowanie procedury hartowania przez niedokrwienie (IPC) prowadzi do większej odporności tkanek na zmiany niedokrwienne oraz uszkodzenie wywołane różnorodnymi czynnikami (Jean-St-Michel, Manlihot i wsp. 2011). Według Kolha ochronne działania IPC zależne jest od rodzaju narządu i zastosowanego protokołu hartowania (Kolh 2014). Niezależnie od tego, zmiany indukowane samą procedurą niedokrwienia zaczynają się każdorazowo na poziomie molekularnym. Odbywa się to poprzez aktywację niektórych genów, post-transkrypcyjną modyfikację mRNA oraz zmiany aktywności licznych białek (Kimsa, Strzałka-Mrozik i wsp. 2014). Oczywiście w większości prac odnaleźć możemy ocenę wpływu procedury hartowania przez niedokrwienie na poznane i szeroko opisane szlaki zapalne, aktywację sygnalizacji białek ostrej fazy NF- κ B oraz zmiany energetyki i tempa metabolizmu (Cremers, Wever i wsp. 2017). Różnorodne protokoły hartowania przez niedokrwienie przyczyniają się również do spadku ekspresji genów zaangażowanych w indukcję stanu zapalnego między innymi w komórkach jednojądrzastych krwi obwodowej, również w krwinkach białych (Konstantinov, Arab i wsp. 2004). Należy tutaj jednak zaznaczyć, że krwinki białe (WBC ang. White Blood Cells) odgrywają w ciele ludzkim różnorodne funkcję kluczowo współuczestnicząc między innymi w generowaniu odpowiedzi na czynniki uszkodzające, w tym na uszkodzenie mięśni szkieletowych czy też nasilenie ogólnoustrojowego stanu zapalnego.

Dlatego też ocena wpływu samej techniki hartowania przez niedokrwienie na zmiany ekspresji szlaków zapalnych w krwinkach białych wydaje się tak szczególnie istotna z punktu widzenia właściwości ochronnych tej procedury na ciało ludzkie. Warto ponownie zaznaczyć, że proces zapalny jest ściśle powiązany metabolizmem żelaza (Lipiński, Drapier i wsp. 2000). Wiadomo, że żelazo pomimo iż stanowi nieodzowny element budujący ciało ludzkie, ze względu na reaktywność może stanowić zagrożenie. Ponadto wykazano również, że w przebiegu stanu zapalnego różnorodne cytokiny prozapalne stymulują biosyntezę hepcydyny, ta z kolei blokuje wchłanianie żelaza w dwunastnicy oraz jego uwalnianie z hepatocytów i makrofagów do krwi (Ganz i Nemeth 2012; Gozzelino i Arosio 2016). Proces ten przyczynia się do spadku stężenia żelaza w surowicy, co przekłada się na zmniejszenie nasilenia stresu oksydacyjnego i ograniczenie zależnego od żelaza nasilenia stanu zapalnego (Ganz i Nemeth 2012). Ponadto istotna w świetle powyższych rozważań jest również rola żelaza we wnętrzu komórki, zarówno tego związanego z ferrytyną, jak i labilnego (Lipiński, Drapier i wsp. 2000). Cząsteczki żelaza związanego z ferrytyną uznawane są bowiem za

obojętne metabolicznie i nie biorą czynnego udziału w procesie tworzenia reaktywnych formy tlenu (ROS, ang. Reactive Oxygen Species). Ponadto nie uczestniczą one w stymulacji powstawania cytokin prozapalnych (Lipiński, Drapier i wsp. 2000). Stąd też tak istotna wydaje się regulacja optymalnego stężenia ferrytyny w komórce, gdyż jej wzrost może przełożyć się wykładniczo na spadek „żelazo-zależnego” powstawania wolnych rodników tlenowych (Epsztejn, Glickstein i wsp. 1999) na skutek redukcji puli wolnego żelaza.

Powyższe rozważania stanowiły również przedmiot pierwszego opracowania z cyklu monotematycznych prac związanych z głównym obszarem zainteresowań naukowych habilitanta, gdzie w sposób doświadczalny wykazał wpływ zastosowania jednorazowej oraz dziesięciodniowej procedury hartowania przez niedokrwienie kończyn na poziom ekspresji mRNA ferrytyny H (FTH), ferrytyny L (FTL) i receptora transferyny 1 (TFRC) w jednojądrzastych komórkach krwi obwodowej (PBMC) oraz poziom możliwości wysiłkowych w postaci wpływ na poziom wydolności beztlenowej (WAnT). Uzyskane wyniki zostały przedstawione w pracy pt.: *„Ferritin genes overexpression in PBMC and a rise in exercise performance as an adaptive response to ischaemic preconditioning in young men”* (Mieszkowski, Kochanowicz i wsp. 2019).

Badaniem objęto populację 34 zdrowych mężczyzn (w wieku $20,7 \pm 1,22$ roku), których losowo podzielono na dwie równo liczbowe populacje badane ($n = 17$ IPC (badana) oraz $n = 17$ SHEAM (kontrolna)). Ocenę wpływu procedur hartowania przez niedokrwienie wykonano w oparciu o dwa protokoły eksperymentalne pozwalające na ocenę wpływu zarówno jednorazowo wykonanej procedury hartowania przez niedokrwienie kończyn górnych (IPC) (zastosowano eksperyment krzyżowy), jak i wpływ dziesięciodniowego, codziennego treningu IPC w obszarze kończyn górnych. Na początku i na końcu każdego z eksperymentów przeprowadzono test Wingatte w adaptacji na kończyny górne z oporem dobranym indywidualnie i pełnym obciążeniem od początku trwania próby (Bar-Or 1987). w określonych punktach czasowych pobrano próbki krwi celem oceny poziomu ekspresji wybranych genów metodą ilościową PCR (qPCR). Uzyskane wyniki nie wykazały istotnego wpływu zastosowania jednorazowej procedury hartowania przez niedokrwienia na kończyny górne na poziom maksymalnej mocy beztlenowej w oparciu o wyniki testu WAnT.

Odmienne wyniki uzyskano w przypadku stosowanie procedury IPC przez okres dziesięciu dni. Taki protokół badania przyczynił się wzrostu mocy względnej kończyn górnych (z $5,29 \pm 0,50$ do $5,79 \pm 0,70$ (W/kg), $p < 0,05$). Ponadto przełożył się również na znaczący wzrost FTH i FTL mRNA (z $2\Delta 254,2$ do $2\Delta 1678,6$ ($p = 0,01$) dla FTH i $2\Delta 81,5$ do $2\Delta 923$ ($p = 0,01$) dla FTL) oraz spadek mRNA TFRC. Badanie zgodnie z przyjętymi na początku eksperymentu hipotezami potwierdziło tezę, że dziesięciodniowy trening hartowania przez niedokrwienie może wpływać na poziom możliwości wysiłkowych kończyn górnych (wzrost mocy średniej kończyn górnych osiąganych w teście Wingate w adaptacji na kończyny górne). Natomiast zaobserwowana nadekspresja genów FTH i FTL może być związana z odpowiedzią adaptacyjną indukowaną przez zastosowanie procedury hartowania przez niedokrwienie. Przekłada się to na fakt, że w warunkach indukowanego stresu powysiłkowego w mięśniówce dochodzi do zmian metabolizmu żelaza. Wiązanie wolnego żelaza przez białko ferrytynę na poziomie komórki prowadzi do jej większej odporności na czynniki stresogenne (Gozzelino i Soares 2014), a więc prezentowana zmiana może sugerować rozwój adaptacji.

Reasumując, powyższe obserwacje mogą dowodzić, że procedura hartowania przez niedokrwienie prowadzi do zmian, które pozwolą magazynować żelazo w bezpiecznej formie

tj. w postaci ferrytyny. Może to przyczyniać się do spadku nasilenia odpowiedzi zapalnej oraz mniejszych mikrourazów mięśniówki w wyniku ekspozycji na wysiłek fizyczny.

Prezentowane powyżej badania w zakresie wpływu procedury hartowania przez niedokrwienie na poziom ekspresji genów ferrytyny w komórkach PBMC, pomimo zastosowania zaawansowanych metod badawczych i wnikliwych analiz na poziomie molekularnym, nie dostarczyły wyczerpujących odpowiedzi dotyczących wpływu hartowania przez niedokrwienie na parametry inne niż tylko zmienne molekularne. Aktywność wydzielnicza pracującego włókna mięśniowego w warunkach skrajnej aktywności fizycznej wymusza na nim syntezę szeregu cytokin, białek i innych związków niskocząsteczkowych będących odpowiedzią na oddziaływujący bodziec. Moduluje to niejednokrotnie poziom odpowiedzi zapalnej i może przełożyć się na jego nasilenie w świetle realizowanej aktywności fizycznej (Cai, Luo i wsp. 2013). Podczas trwania wysiłku fizycznego, należy przypuszczać, że jego poprzedzenie procedurą hartowania przez niedokrwienie w obszarze zaangażowanym w aktywność ruchową, może doprowadzić do nasilenia sekrecji różnorodnych czynników, które będą korzystnie wpływać na odporność tkanek narażonych na stres związany z długotrwałym, i/lub intensywnym wysiłkiem fizycznym (Davidson, Selvaraj i wsp. 2013).

Powyższe rozważania stały się początkiem dalszych prac badawczych nad oceną efektywności zastosowania procedury hartowania przez niedokrwienie w świetle odpowiedzi powysiłkowej jako metody prewencyjnej indukowanego wysiłkiem fizycznym stanu zapalnego w surowicy krwi. Uzyskane wyniki oraz wynikające z opracowania konkluzje zostały przez nasz zespół zaprezentowane w kolejnej pracy w ramach cyklu publikacji naukowych pt.: „*Effect of ischemic preconditioning on marathon-induced changes in serum exerkine levels and inflammation*” (Mieszkowski, Stankiewicz i wsp. 2020).

Praca ta obejmowała populację sportowców, amatorów rywalizujących w biegach długodystansowych na dystansie 42 km 195 metrów. Wybór takiej populacji badanej podyktowany był zarówno specyfiką czasu trwania takiego wysiłku, gdzie czas rywalizacji sięga wśród amatorów około trzech godzin, jak i stale rosnącym zainteresowaniem dyscyplinami wytrzymałościowymi w społeczeństwie (maratony, ultramaratony, triatlony i inne) (Nikolaidis, Cuk i wsp. 2021). Warto również zauważyć, że biegi maratońskie to bardzo wymagający typ wysiłku fizycznego wiążącego się z wysokim wydatkiem energetycznym, znacznym obciążeniem aparatu ruchu i silną stymulacją odpowiedzi zapalnej, charakteryzującej się podwyższonym poziomem cytokin prozapalnych w osoczu krwi, w tym między innymi wzrostem białka chemotaktycznego monocytów 1, czynnika martwicy nowotworowego (TNF), IL-6 i IL-1 (Suzuki, Nakaji i wsp. 2003) i innych. W prezentowanej pracy habilitant ocenił wpływ 10-dniowego treningu hartowania przez niedokrwienie (IPC) na poziom odpowiedzi zapalnej wywołanej biegiem maratońskim oraz ocenę roli żelaza w tym procesie. W badaniu wzięło udział 19 biegaczy amatorów, losowo podzielonych na dwie subpopulacje (n=10 IPC badani; n=9 SHEAM kontrola) rywalizujących na dystansie pełnego maratonu. Procedura hartowania dotyczyła obu kończyn dolnych i wykonywana była zgodnie z protokołem, w trakcie którego czterokrotnie pompowany był kołnierz sfigmomanometryczny w obszarze przyczepów początkowym mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego, z 5 minutową przerwą pomiędzy każdym powtórzeniem. Ocenie poddany został poziom wybranych markerów stanu zapalnego w surowicy. Pobór krwi miał miejsce bezpośrednio przed rozpoczęciem 10-dniowego okresu hartowania przez niedokrwienie, bezpośrednio przed startem, bezpośrednio po biegu, 24h po oraz 7 dni po biegu. Analizie i ocenie przy pomocy technik immunoenzymatycznych poddano między

innymi zmiany stężenia FSTL-1, IL-6, IL-15, leptyny, rezystyny, TIMP-1, OSM i LIF. Zaobserwowano, że 10-dniowy trening hartowania przez niedokrwienie przyczynił się do wzrostu poziomu leptyny w surowicy krwi. Ponadto istotny statystycznie wzrost dotyczył również stężenia IL-6, IL-10, FSTL-1 i rezystyny. W całej populacji biegaczy bez podziału na grupy zaobserwowano również spadek poziomu TIMP-1 po przebiegnięciu biegu maratońskiego. Należy jednak zaznaczyć, że zmiana stężenia TIMP-1 była istotnie statystycznie niższa w populacji stosującej procedurę hartowania przez niedokrwienie, niż miało to miejsce w grupie kontrolnej.

Dodatkowo zaobserwowano, że wyjściowe stężenie żelaza w surowicy krwi korelowało dodatnio z poziomami IL-6 i FSTL-1, natomiast poziom ferrytyny był skorelowany z poziomami IL-6, FSTL-1 i rezystyny po rywalizacji biegowej. Powyższe trendy tłumaczą bezpośrednio prozapalne właściwości wolnego żelaza w układach biologicznych oraz podkreślają niezwykle ważną rolę ferrytyny w utrzymaniu jego homeostazy.

W przypadku poborów niezwiązanych z wysiłkiem fizycznym po zakończeniu treningu hartowania przez niedokrwienie, procedura IPC przyczyniła się do znacznego spadku wybranych markerów stanu zapalnego indukowanego rywalizacją w biegu maratońskim. Ponadto zmniejszona reaktywność oraz obniżona reakcja zapalna wywołanego bieganiem były odwrotnie proporcjonalne do wyjściowego poziomu zarówno żelaza, jak i ferrytyny w surowicy krwi. Ponad wszelką wątpliwość uzyskane i przedstawione wyniki potwierdzają skuteczność stosowania procedury IPC w prewencji indukowanego wysiłkiem fizycznym nasilenia stanu zapalnego.

Dostępne i dozwolone metody wspomagania stosowane przez zarówno sportowców zawodowych, jak i amatorów, obejmują również różnorodne protokoły suplementacyjne. Spośród wielu związków, których korzystne właściwości zostały potwierdzone już w wielu pracach naukowych, jest między innymi witamina D (Wang, Zhu i wsp. 2012). w swoich wcześniejszych rozważaniach naukowych podczas opracowywania dysertacji doktorskiej habilitant udowodnił, że normalizacja jej stężenia korzystnie wpływa na poziom możliwości siłowych oraz równowagi u osób po 65 roku życia trenujących Nordic Walking. Jednak na tamtym etapie zarówno uzyskane wyniki badań, jak i przeprowadzona analiza literatury naukowej, nie pozwoliła na udzielenie jednoznacznej odpowiedzi na pytania co do efektywności oraz użyteczności różnorodnych protokołów suplementacyjnych z zastosowaniem witaminy D w sporcie w świetle jej metabolizmu i wpływu na różnorodne kaskady biochemiczne oraz nasilenie indukowanego wysiłkiem fizycznym stanu zapalnego. Pomimo, iż coraz więcej badań wskazuje na znaczenie witaminy D dla samych wyników sportowych (Choi, Park i wsp. 2013), wpływ samego rodzaju wysiłku fizycznego na jej metabolizm jest nadal bardzo słabo scharakteryzowany. Dlatego też w ramach niniejszego opracowania cyklu monotematycznych prac związanych z głównym obszarem zainteresowań naukowych habilitanta w pierwszej kolejności poddano ocenie wpływ jednorazowej suplementacji z zastosowaniem 150 000 IU witaminy D na tempo oraz charakter jej metabolizmu u osób rywalizujących w biegach ultramaratońskich. Całokształt uzyskanych wyników został zaprezentowany w publikacji pt.: „*Ultra-marathon-induced increase in serum levels of vitamin D metabolites: a double-blind randomized controlled trial*” (Mieszkowski, Stankiewicz i wsp. 2020).

Praca obejmowała łącznie grupę 27 mężczyzn, biegaczy amatorów, którzy dzień przed startem w biegu ultramaratońskim na dystansie łącznym 240km (bieg „Łądek Zdrój” w ramach Festiwalu Biegów Górskich *Lower Silesian Mountain Run Festival*) zostali losowo podzieleni na dwie populacje ($n_{\text{badana}} = 13$, $n_{\text{placebo}} = 14$). Populacja badana otrzymała

10 ml roztworu witaminy D zawieszanej w oleju roślinnym zawierający 150 000 IU, natomiast populacja kontrolna w tym samym czasie przyjęła 10 ml odpowiadającego pod względem wyglądu, zapachu i smaku roztworu oleju roślinnego. Krew obwodowa celem odseparowania surowicy krwi została pobrana 24 h przed, bezpośrednio po i 24 h po biegu.

Wszyscy badani ukończyli bieg uzyskując zbliżone czasy biegów, jednak pozyskana surowica krwi dzięki zastosowaniu chromatografii cieczowej w połączeniu z tandemową spektrometrią mas (z ang. *Liquid Chromatography Coupled with Tandem Mass Spectrometry (QTRAP®4500 (Sciex) coupled with ExionLC HPLC system)*) pozwoliła na oznaczenie stężeń różnorodnych metabolitów witaminy D w każdym z punktów poboru materiału w ramach badania (Rola, Kowalski i wsp. 2020). Oznaczeniu i ocenie poddane zostały uznane za aktywne metabolity witaminy D takie, jak: 25(OH)D₃, 24,25(OH)₂D₃ i 3-epi-25(OH)D₃ w surowicy krwi. W badaniu habilitant zaobserwował, że stężenie poszczególnych metabolitów witaminy D wzrosło istotnie statystycznie o 83%, 63% oraz 182% po ukończeniu biegu maratońskiego. Zaobserwowany wzrost był najbardziej wyraźny w grupie osób suplementowanych witaminą D, jednak nasilenie oraz tempo narastania zaobserwowanych zmian było odmienne. Ponadto przeprowadzona, przed oraz po zakończeniu biegu, analiza składu ciała przy pomocy techniki bioimpedancji elektrycznej wykazała, że zarówno w populacji suplementowanej, jak i kontrolnej masa ciała oraz masa tkanki tłuszczowej uległy znacznemu zmniejszeniu po rywalizacji biegowej.

Podsumowując, wskazana praca stanowiła jeden z pierwszych raportów naukowych ukazujących, że długotrwały wysiłek wytrzymałościowy w postaci biegu ultramaratońskiego znacząco zwiększa poziomy 24,25(OH)₂D₃, 3-epi-25(OH)D₃ i 25(OH)D₃ w surowicy krwi niezależnie od stosowanej suplementacji. Jest to prawdopodobnie związane z uwalnianiem witaminy D z tkanki tłuszczowej i stymulowaniem wzrostu jej metabolizmu wynikającego z aktywności fizycznej. Obserwacje te sugerują, że tworzenie się metabolitów witaminy D z jednej strony może chronić przed toksycznością dużych dawek suplementacyjnych tego związku, z drugiej strony mogą wpływać na inne funkcje biologiczne ciała ludzkiego, np. modulując charakter działania przeciwzapalnego czy antyoksydacyjnego, co z pewnością wymaga dalszej oceny.

Wszystkie te dane wskazują, że zmiany w metabolizmie witaminy D są fizjologiczną odpowiedzią na wysiłek fizyczny o charakterze wytrzymałościowym. Bieg ultramaratoński indukuje mobilizację witaminy D do surowicy krwi poprzez jej uwolnienie z tkanek, co prowadzi do wzrostu jej stężenia w surowicy. Co więcej, wzrost stężenia jej metabolitów (24,25(OH)₂D₃, 3-epi-25(OH)D₃) świadczy o indukowanej poprzez wysiłek fizyczny stymulacji metabolizmu witaminy D.

Niski status witaminy D w krążeniu ogólnym, mięśniach szkieletowych lub/i tkance tłuszczowej, może najprawdopodobniej negatywnie wpływać na fizjologiczną odpowiedź sportowca na ćwiczenia fizyczne (Mieszkowski, Kochanowicz i wsp. 2021). Dlatego też kolejnym tematem przewodnim w ramach prezentowanego ciągu monotematycznych prac związanych z głównym obszarem zainteresowań naukowych habilitanta była ocena, jak oznaczony status witaminy D u sportowców zawodowych i osób aktywnych fizycznie wpływa na nasilenie tempa metabolizmu kostnego w świetle odpowiedzi wysiłkowej (test Wingatte) w adaptacji na kończyny górne i dolne. Uzyskane wyniki zostały przedstawione w pracy pt.: *“Serum levels of bone formation and resorption markers in relation to vitamin D status in professional gymnastics and physically active men during upper and lower body high-intensity exercise”* (Mieszkowski, Kochanowicz i wsp. 2021), w której oceniono, czy stężenie witaminy D determinuje wpływ bardzo intensywnych ćwiczeń fizycznych na poziomy

wybranych markerów obrotu kostnego. Analizie zostały poddane poziomy: 25(OH)D₃, 1,25(OH)₂D, 24,25(OH)₂D oraz stężenia N-końcowego propeptydu prokolagenu typu I (PINP) (marker kościotworzenia), oraz C-terminalnego telopeptydu kolagenu typu I (CTX) (marker resorpcji kostnej).

Co do zasady witamina D wykazuje duży wpływ na metabolizm kości, jednak tylko ograniczone dane ukazują wpływ ćwiczeń fizycznych na poziom witaminy D oraz wpływ zbadanego stężenia na poziom odpowiedzi związanej z przebudową tkanki kostnej. W pracach Kopeć, Solarz i wsp. (2013) analizy wykonane na populacji piłkarzy nożnych nie wykazały zmian markerów obrotu kostnego, pomimo istotnie statystycznej zmiany (wzrostu) stężenia 25(OH)D po sezonie letnim. Ponadto, niektóre prezentowane doniesienia naukowe ukazujące wpływ suplementacji witaminą D na metabolizm kostny (w tym na stężenie CTX, PINP) są sprzeczne. Yao, Sun i wsp. (2018) wykazali, że w populacji dorosłych mężczyzn suplementacja witaminą D wpływa jedynie na stężenie fosfatazy alkalicznej w surowicy krwi nie oddziałując na poziom CTX i PINP. Natomiast nadrzędną rolę w regulacji charakteru odpowiedzi układu kostnego jest stężenie 25(OH)D₃, które jeśli przekracza 30 ng/ml prowadzi do wzrostu stężenia CTX (Yao, Sun i wsp. 2018). z drugiej strony Nahas-Neto, Cangussu i wsp. (2018) wykazali, że optymalizacja stężenia witaminy D w populacji kobiet po menopauzie prowadzi do znacznego obniżenia poziomu CTX i PINP w surowicy.

Uzyskane przez habilitanta wyniki badania spójne są z obserwacjami prezentowanymi przez Nahas-Neto, Cangussu i wsp. (2018). Zarówno w populacji gimnastyków sportowych, jak i aktywnych fizycznie młodych mężczyzn, stężenie 25(OH)D₃ poniżej mediany 22,50 ng/ml wiązało się z wyższymi poziomami CTX (przed wykonaniem prób wysiłkowych). W przypadku wykonania testu Wingatte w adaptacji na kończyny dolne 30 minut po teście obserwowany był wyraźnie większy wzrost poziomów PINP w populacji młodych mężczyzn aktywnych fizycznie, niż ma to miejsce w przypadku gimnastyków. Dotyczyło to jednak tylko tych uczestników u których poziom 25(OH)D₃ znajdował się powyżej progu 22,50 ng/ml. Należy zauważyć, że zarówno osteoklasty, jak i osteoblasty wykazują ekspresję CYP27B1 enzymu konwertującego 25(OH)D₃ do 1,25(OH)₂D₃ (van Driel, Koedam i wsp. 2006). Nasilenie tempa tej przemiany, wiąże się ze wzrostem stężenia 1,25-dihydroksycholekalcyferolu, czyli kalcytriolu - bioaktywnej postaci witaminy D (1,25(OH)₂D₃).

Reasumując, odpowiednio wysokie stężenie 25(OH)D₃ w surowicy krwi powinno gwarantować wystarczającą syntezę 1,25(OH)₂D₃ przez komórkę układu kostnego. Ponadto stężenie 24,25(OH)₂D₃, uznawanego za nieaktywny metabolit witaminy D poniżej wartości 1,27 ng/ml, wiązało się również z podwyższonymi wartościami CTX przed rozpoczęciem prób wysiłkowych. Pomimo, iż metabolit ten uznawany jest za nieaktywny, a jego powstanie ma miejsce przy udziale odmiennego szlaku enzymatycznego (przy aktywności CYP24A1), zebrane dane wskazują, że 24,25(OH)₂D₃ sam w sobie może być ważnym czynnikiem regulującym funkcję endokrynną komórek kostnych. Ponadto metabolit ten może zmniejszać toksyczne działanie podwyższonego stężenia 1,25(OH)₂D₃ oraz brać czynny udział w regulacji procesu gojenia kości po złamaniu, jak zostało to udowodnione w pracy Seo, Einhorn i wsp. (1997). Wyniki z prezentowanego badania wskazują, że witamina D moduluje zmiany w poziomach markerów przebudowy kości, zarówno w populacjach osób trenujących zawodowo (gimnastycy sportowi), jak i osób aktywnych fizycznie, nietrenujących. Co więcej, stopień adaptacji w ramach określonej dyscypliny sportowej oraz poziom witaminy D wpływają bezpośrednio na poziom indukowanej wysiłkiem fizycznym odpowiedzi, w świetle wybranych markerów metabolizmu kości.

Poddając dalszej dogłębnej analizie problematykę związaną wpływem witaminy D na odpowiedź powysiłkową i biorąc pod uwagę również wcześniejsze doniesienia związane z zastosowaniem suplementacji dawką 150 000 IU witaminy D przed skrajnym wysiłkiem biegowym celem kolejnych dociekań naukowych prowadzonych przez habilitanta i jego zespół badawczy było ustalenie skuteczności zastosowania pojedynczej dawki suplementacyjnej witaminą D jako efektywnej metody modulowania odpowiedzi zapalnej indukowanej wysiłkiem biegowym w populacji biegaczy długodystansowych rywalizujących w biegu ultramaratońskim na dystansie do 240 kilometrów. Całość uzyskanych wyników została zaprezentowana w pracy pt. *“Single high-dose vitamin D supplementation as an approach for reducing ultramarathon-induced inflammation: a double-blind randomized controlled trial”*. Do realizacji celu badania wraz z zespołem badawczym przeprowadzono eksperyment, w którym wzięło udział 35 biegaczy (amatorów) rywalizujących na maksymalnym dystansie 240 km (Mieszkowski, Borkowska i wsp. 2021).

Populacja biegaczy została losowo podzielona na dwie podgrupy: grupa suplementowana (której podano 150 000 IU witaminy D oleju roślinnym 24h przed startem (n = 16)); oraz grupa placebo ((n = 19), która 24h przed startem przyjęła odpowiadającą pod względem wyglądu, zapachu, wielkości i smaku pojedynczą dawkę oleju roślinnego w którym w populacji badanej zawieszona była witamin D).

Analogicznie, jak w prezentowanej wcześniej pracy (dotyczącej ultramaratonu górskiego), krew pełna celem separacji surowicy i osocza została pobrana 24 godziny przed, bezpośrednio po i 24 godziny po biegu.

Poziom 25(OH)D₃ w surowicy krwi analogicznie, jak to było we wcześniej prezentowanej pracy uległ znacznemu podwyższeniu po biegu. Zmiana dotyczyła zarówno populacji suplementowanej, jak i kontrolnej, i statystycznie był istotnie wyższa w populacji poddanej suplementacji. Zaobserwowany wzrost 25(OH)D₃ po zakończeniu rywalizacji biegowej w obu populacjach potwierdza wnioski prezentowane w pracy Sun, Cao i wsp. (2017).

Analiza post-hoc wybranych markerów stanu zapalnego wykazała istotnie statystycznie większy wzrost poziomu interleukiny 6, 10 oraz rezystyny bezpośrednio po biegu w populacji kontrolnej. Ponadto poziomy leptyny, onkostatyny M (OSM) i inhibitora tkankowego metaloproteiny (TIMP) wykazywał istotne statystycznie spadki w obu populacjach badanych, niezależnie od zastosowanego protokołu suplementacyjnego. Biorąc pod uwagę uzyskane wyniki wykazano, że reakcja zapalna indukowana biegiem ultramaratońskim jest znacząco mniejsza w przypadku sportowców, którzy przyjęli pojedynczą dawkę witaminy D przed biegiem. Uzyskane wyniki mogą być szczególnie istotne w przysmacie zarówno regeneracji powysiłkowej, jak i ochrony przed szkodliwym wpływem długotrwałej aktywności fizycznej. Dostępne różnorodne protokoły suplementacyjne mogą okazać się niezwykle cennym narzędziem ochrony przed uszkodzeniem tkanek.

Analogicznie, jak było to już prezentowane we wcześniejszej pracy zaobserwowano również, że poziom 25(OH)D₃ znacząco wzrasta po biegu ultramaratońskim w obu populacjach badanych. Wielkość zmiany wykazuje jednak istotną statystycznie zależność z zastosowanym protokołem suplementacyjnym (Mieszkowski, Stankiewicz i wsp. 2020). Warto zwrócić jednak uwagę, że fakt modulowania odpowiedzi zapalnej przez zmianę stężenia witaminy D, wydaje się odgrywać kluczową rolę w nasileniu stanu zapalnego w świetle badanych markerów w surowicy krwi.

Należy jednak zaznaczyć, że tak jak to miało miejsce wcześniej, w przypadku aktywności układu kostnego najistotniejsze wydaje się utrzymanie właściwego stężenia

witaminy D w dłuższym okresie czasu przed rozpoczęciem aktywności ruchowej, gdyż efekty zależne od bezpośredniej suplementacji okazują się mniej istotne niż w przypadku potwierdzonego niedoboru witaminy D.

Uzyskane wyniki badań umożliwiły sformułowanie następujących wniosków:

- Dziesięciodniowy trening hartowania przez niedokrwienie może wpływać na poziom mocy średniej kończyny górnej osiąganych w teście Wingate. Nadekspresja genów FTH i FTL ferrytyny może być związana z odpowiedzią adaptacyjną indukowaną przez zastosowanie dziesięciodniowej procedury hartowania i wiązaniem wolnego żelaza przez białko ferrytynę na poziomie komórki prowadząc do jej większej odporności na czynniki stresogenne (Gozzelino i Soares 2014).
- Procedura hartowania przez niedokrwienie prowadzi do zmian metabolizmu żelaza, które pozwalają je magazynować w bezpiecznej formie tj. w postaci ferrytyny, co może przyczyniać się do spadku nasilenia odpowiedzi zapalnej indukowanej wysiłkiem fizycznym.
- Zastosowanie dziesięciodniowego treningu hartowania przez niedokrwienie przyczynia się do znacznego spadku wybranych markerów stanu zapalnego indukowanego rywalizacją biegową, co może przekładać się na spadek powysiłkowego uszkodzenia tkanek.
- Długotrwały wysiłek wytrzymałościowy w postaci biegu ultramaratońskiego znacząco zwiększa poziom wybranych metabolitów witaminy D niezależnie od zastosowania lub braku suplementacji. Podłoże procesu zależne jest najprawdopodobniej od uwolnienia witaminy D z tkanki tłuszczowej oraz stymulowaniem wzrostu jej metabolizmu wynikający z aktywności fizycznej.
- Zmiany w metabolizmie witaminy D są fizjologiczną odpowiedzią na wysiłek fizyczny o charakterze wytrzymałościowym i prowadzą do wzrostu stężenia metabolitów w surowicy krwi osób ćwiczących.
- Witamina D moduluje zmiany w poziomach markerów przebudowy kości (CTX, PINP) zarówno w populacjach osób trenujących, jak i nietrenujących. Nadrzędną rolę w regulacji charakteru odpowiedzi układu kostnego spełnia stężenie 25(OH)D₃, dla progu powyżej 22,50 ng/ml.
- Zastosowania pojedynczej dawki suplementacyjnej witaminą D na poziomie 150 000 IU może stanowić skuteczną metodę atenuowania nasilenia reakcji zapalnej indukowanej biegiem ultramaratońskim i może stanowić cenne narzędzie ochronne przed uszkodzeniem tkanek w populacji osób rywalizujących w sportach wytrzymałościowych.

Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych

Podjęta i realizowana przez habilitanta problematyka badawcza w okresie po uzyskaniu stopnia naukowego doktora dotyczyła szeroko pojętych mechanizmów adaptacyjnych organizmu związanych z przystosowaniem do wysiłku fizycznego, jak i poziomu, charakteru i nasilenia odpowiedzi organizmu na różnorodne wysiłki fizyczne. Liczne publikacje naukowe dotyczyły zarówno uwarunkowań genetyczno-molekularnych, jak i biochemicznych, fizjologicznych oraz neurofizjologicznych czy biomechanicznych.

Część wykorzystanego w ramach uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk o kulturze fizycznej materiału badawczego została opublikowana w zwartej publikacji naukowej pt.: „*The effect of Nordic Walking training combined with vitamin D supplementation on postural control and muscle strength in elderly people : a randomized controlled trial.*”

Mieszkowski J., Niespodziński B., Kochanowicz A., Gmiąt A., Prusik Krz., Prusik Kat., Kortas J., Ziemann E., Antosiewicz J. (2018). The effect of Nordic Walking training combined with vitamin D supplementation on postural control and muscle strength in elderly people : a randomized controlled trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(9), 1951. <https://doi.org/10.3390/ijerph15091951> (MNiSW 30 pkt, IF 2.468).

Wyniki powyższego opracowania wskazują, że zarówno trening Nordic Walking realizowany metodą interwałową o zmiennej intensywności, jak i metodą ciągłą o stałej intensywności w połączeniu z suplementacją witaminą D, wywołały korzystne efekty w populacji starszych kobiet po 65 roku życia. Zmiany dotyczyły wzrostu poziomu masy i siły mięśniowej oraz poprawy poziomu kontroli postawy ciała. Zaobserwowano korzystny wpływ suplementacji witaminą D na zmianę stężenia 25(OH)D₃ w surowicy krwi oraz zmianę proporcji składu ciała (przy czym wzrost beztłuszczowej masy mięśni związanej był głównie z rodzajem realizowanego treningu Nordic Walking). Biorąc pod uwagę te obserwacje, prezentowane badanie wykazało ponad wszelką wątpliwość konieczność stosowania wysokiej dawki suplementacyjnej witaminy D, zwłaszcza w celu poprawy poziomu siły i masy mięśniowej w przypadku populacji realizującej trening Nordic Walking metodą ciągłą o stałej intensywności.

Zainspirowany zebranymi wynikami przeprowadzonych eksperymentów i dostrzegając obszar naukowy dotychczas dogłębnie niezbadany w zakresie wzajemnych współzależności pomiędzy wysiłkiem fizycznym, modulowaniem odpowiedzi ciała ludzkiego na wysiłek w późniejszych pracach czy zależności z witaminą D, habilitant kontynuował ten kierunek badań naukowych i poruszał szeroko pojęte metody modulowania odpowiedzi organizmu na wysiłek. Wyrazem tego jest szereg następujących publikacji.

Żychowska M., Nowak-Zaleska A., Chruściński G., Zaleski R., **Mieszkowski J.**, Niespodziński B., Tymański R., Kochanowicz A. (2018). Association of high cardiovascular fitness and the rate of adaptation to heat stress. *BioMed Research International*, 2018, 1685368. <https://doi.org/10.1155/2018/1685368> (MNiSW 25 pkt, IF 2.197).

Badanie stanowiące podstawę wskazanej publikacji miało na celu porównanie zmian poziomu ekspresji genów związanych ze stanem zapalnym i apoptozą w odpowiedzi na stres cieplny wywołany przez saunę u osób o różnym poziomie wydolności krążeniowo-oddechowej. Postawiono hipotezę, że wysoki poziom wydolności krążeniowo-oddechowej będzie skorelowany z wyższymi zmianami indukowanymi przez 12 sesji w saunie suchej. Sportowcy oraz odpowiadająca im grupa kontrolna uczestniczyli przez 4 tygodnie, po trzy razy w tygodniu w 30 minutowych sesjach w saunie fińskiej w temperaturze 98.2°C; z wilgotnością 10 ± 2%.

Próbki krwi pobrano w spoczynku przed, po pierwszej oraz ostatniej sesji w saunie oraz 48 godzin po ostatniej sesji. Pozyskany materiał badawczy pozwolił na oznaczenie poziomu ekspresji wybranych genów metodą ilościowego PCR z analizą w czasie rzeczywistym (qRT-PCR). Oznaczeniu oraz analizie podlegały geny: HSP70 (HSPA1A), HSP27 (HSPB1), dla interleukiny 6 (IL6), interleukiny 10 (IL10).

Badanie pozwoliło na zaobserwowane niewielkich spadków spoczynkowych wartości mRNA HSPA1A i IL6, wzrostu mRNA HSPB1 oraz znacznego wzrostu mRNA dla IL10 po czterech tygodniach ekspozycji na stres cieplny. Odkrycie to wskazuje, że adaptacyjna odpowiedź na stres cieplny (odpowiedź przeciwzapalna) występuje szybciej u osób z charakteryzujących się wyższym poziomem wydolności krążeniowo-oddechowej.

Niespodziński B., **Mieszkowski J.**, Kochanowicz M., Kochanowicz A., Antosiewicz J. (2021). Effect of 10 consecutive days of remote ischemic preconditioning on local neuromuscular performance. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 60, 102584. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2021.102584> (MNiSW 100 pkt, IF 2.368).

Zastosowanie procedury hartowania przez niedokrwienie (IPC) oprócz już udokumentowanego jej wpływu na funkcjonowanie izolowanych narządów ciała ludzkiego (Ambros, Herrero-Fresneda i wsp. 2007), jak i w przypadku przedstawionego cyklu monotematycznych prac naukowych dotyczących nasilenia stanu zapalnego oraz możliwości wysiłkowych organizmu (Mieszkowski, Stankiewicz i wsp. 2020), może również modulować poziom koordynacji nerwowo-mięśniowej. Hipoteza ta stanowiła wstęp do przeprowadzonego i prezentowanego badania naukowego, które wraz z zespołem badawczym habilitant zrealizował w ramach dalszych dociekań związanych z wpływem procedury hartowania przez niedokrwienie na ciało ludzkie. W prezentowanym badaniu podjęto się próby oceny wpływu 10-dniowego treningu hartowania przez niedokrwienie na parametry neurofizjologiczne mięśniówki kończyn dolnych. Analizie poddano dwudziestoosobową populację młodych mężczyzn, oraz odpowiadającą im siedemnastoosobową grupę kontrolną. Zarówno przedstawiciele grup badanej (RIPC), jak i kontrolnej (SHAM) przez okres dziesięciu kolejnych dni realizowali trening hartowania przez niedokrwienie lub procedurę kontrolną. Każdy z zabiegów, zarówno RIPC, jak i SHAM wykonywane były w pozycji leżącej z zastosowaniem okluzji tętnicy udowej niedominującej kończyny dolnej. Kończynę dominującą ustalono na podstawie preferencji w wykonaniu kopnięcia piłki. Mankiet okluzyjny został umieszczony proksymalnie wokół uda

i napompowany do 220 mmHg w grupie badanej (w celu zablokowania przepływu tętniczego krwi) lub 20 mmHg w grupie kontrolnej jako efekt placebo (Mieszkowski, Stankiewicz i wsp. 2020). Obie procedury składały się z sekwencji czterech 5-minutowych inflacji mankietu okluzyjnego, pomiędzy którymi nastąpiły 5-minutowe okresy deflacji - przerwy. Wszystkie sesje hartowania wykonywano w godzinach rannych w celu uniknięcia zmian rytmu dobowego (między 08:00, a 10:00) oraz w stałych warunkach lokalowych. Przed i po zakończeniu 10-dniowego cyklu hartowania przez niedokrwienie oceniano poddano maksymalne skurcze dowolnego (MVC) i zmęczenie mięśni za pomocą technik dynamometrycznych (na dynamometrze Biodex System 4) oraz elektromiografii powierzchniowej (EMG za pomocą bezprzewodowego elektromiografu TeleMyo DTS, Noraxon, Scottsdale, AZ, USA, współpracującego z oprogramowaniem MyoResearch 1.08) podczas izometrycznego wyprostowania stawu kolanowego. Taki dobór metod badawczych wynikał z faktu, że są to techniki często wykorzystywane do ilościowej oceny zmęczenia mięśni, zwłaszcza w warunkach izometrycznych, czego rezultatem może być zmniejszona średnia i/lub mediana częstotliwości widma mocy (MDF) oraz zwiększona amplituda sygnału EMG (Sarker i Mirka 2020). Ponadto ocenić można również szczytowy moment obrotowy (PKTQ) oraz tempo rozwoju siły (RTD) pozwalające na ocenę samego skurczu dowolnego. Nowatorskim odkryciem prezentowanego badania jest to, że 10-dniowy trening hartowania przez niedokrwienie wpłynął na osłabienie częstotliwości widma mocy w mięśniu prostym uda. Zmiany widma mocy włókna wykazujące cechy zmęczenia związane są głównie z poziomem utlenowania hemoglobiny i mioglobiny (Hb/Mb). Większy spadek nachylenia widma mocy podczas wykonania skurczu izometrycznego mięśnia na poziomie 50 % MVC jest skorelowany z większym spadkiem utlenowania Hb/Mb (Yamada, Kusaka i wsp. 2008). Możliwe więc, że obserwowane osłabienie spadku MDF było związane z czynnikami odpowiedzialnymi za utrzymanie właściwego poziomu utlenowania Hb/Mb (Akima i Ando 2017). W porównaniu do zmęczenia włókna mięśniowego wpływ IPC/RIPC na poziom siły pod względem właściwości kurczliwości włókna mięśniowego nie został określony. W niniejszym badaniu 10-dniowy trening RIPC nie wpłynął na poziomy PKTQ, analogicznie jak miało to miejsce w pracy Halley, Marshall i wsp. (2019). Może być to związane z różnymi neuronalnymi mechanizmami adaptacyjnymi rozwoju momentu obrotowego i utrzymywania przedłużonego się skurczu (Balshaw, Massey i wsp. 1985).

Podsumowując, prezentowane badanie udowodniło, że dziesięciodniowy trening RIPC przyczynia się do powstania szeregu zmian adaptacyjnych, zarówno na poziomie molekularnym, biochemicznym, jak i neurofizjologicznym modulując poziom wydolności nerwowo-mięśniowej hartowanego mięśnia i wpływając na zmiany zapisu elektromiograficznego pracującego włókna.

Niespodziński B., Kochanowicz A., **Mieszkowski J.**, Piskorska E., Żychowska M. (2018). Relationship between joint position sense, force sense, and muscle strength and the impact of gymnastic training on proprioception. *BioMed Research International*, 2018, 5353242. <https://doi.org/10.1155/2018/5353242> (MNiSW 25 pkt, IF 2.197).

Kochanowicz A., Niespodziński B., Marina M., **Mieszkowski J.**, Biskup L., Kochanowicz K. (2018). Relations hip between postural control and muscle activity during a handstand in young and adult gymnasts. *Human Movement Science*, 58, 195-204. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2018.02.007> (MNiSW 30 pkt, IF 1.928).

Kochanowicz A., Niespodziński B., **Mieszkowski J.**, Kochanowicz K., Sawczyn S. (2018). The effect of gymnastic training on muscle strength and co-activation during isometric elbow and glenohumeral flexion/extension. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(7/8), 966-973. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.06916-X> (MNiSW 20 pkt, IF 1.302).

Kochanowicz A., Niespodziński B., **Mieszkowski J.**, Marina M., Kochanowicz K., Zasada M. (2019). Changes in the muscle activity of gymnasts during a handstand on various apparatus. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(6), 1609-1618. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002124> (MNiSW 100 pkt, IF 2.973).

Kochanowicz A., Niespodziński B., **Mieszkowski J.**, Sawczyn S., Ciężczyk P., Kochanowicz K. (2019). Neuromuscular and torque kinetic changes after 10 months of explosive sport training in prepubertal gymnasts. *Pediatric Exercise Science*, 31(1), 77-84. <https://doi.org/10.1123/pes.2018-0034> (MNiSW 70 pkt, IF 1.489).

Niespodziński B., Grad R., Kochanowicz A., **Mieszkowski J.**, Marina M., Zasada M., Kochanowicz K. (2021). The neuromuscular characteristics of gymnasts' jumps and landings at particular stages of sports training. *Journal of Human Kinetics*, 78, 15-28. <https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0027> (MNiSW 140 pkt, IF 2.193).

Zdobyta wiedza i doświadczenie badawcze realizowane w ramach dysertacji doktorskiej oraz w trakcie pracy na Uniwersytecie Kazimierza Wielkiego pod kierownictwem prof. Krzysztofa Buśko i współpracy naukowej z dr hab. Andrzejem Kochanowiczem i dr Bartłojem Niespodzińskim pozwoliło habilitantowi również na udział jako główny badacz w licznych pracach naukowych poszukujących odpowiedzi na pytania odnośnie zmian adaptacyjnych związanych z treningiem sportowym na różnych etapach szkolenia sportowego.

Szeroko zakrojona analiza dotyczyła zarówno układu prioprioceptywnego biorącego czynny udział w kontrolowaniu wytwarzanej siły mięśniowej - publikacja pt.: „*Relationship between joint position sense, force sense, and muscle strength and the impact of gymnastic training on proprioception.*” (Niespodziński, Kochanowicz i wsp. 2018) - jak i wzajemnych relacji pomiędzy czuciem stawowym, a aktywnością mięśniową w zakresie strategii kontroli ruchu – publikacja pt.: „*Relations hip between postural control and muscle activity during a handstand in young and adult gymnasts.*” (Kochanowicz, Niespodziński i wsp. 2018). Ponadto zastosowane narzędzia badawcze pozwoliły na uzyskanie odpowiedzi co do kształtowania się indeksu koaktywacji mięśni (zginacze/prostowniki) jako narzędzia pozwalającego na ocenę poziomu dysbalansu stawowego stanowiącego jeden z czynników mogących się przyczyniać do urazów stawowych w różnorodnych dyscyplinach sportowych – publikacja pt.: „*The effect of gymnastic training on muscle strength and co-activation during isometric elbow and glenohumeral flexion/extension.*” (Kochanowicz, Niespodziński i wsp. 2018). Warto również

zauważyć, że szeroko zakrojona analiza neurofizjologiczna pozwoliła również na dogłębną obserwację zapisu pracy elektrycznej włókna mięśniowego zaangażowanego w wykonanie złożonych sekwencji ruchowych stanowiących podstawowe ćwiczenia ruchowe w gimnastyce sportowej (publikacja pt.: „*Changes in the muscle activity of gymnasts during a handstand on various apparatus.*” (Kochanowicz, Niespodziński i wsp. 2019). Zrozumienie występującej zmienności i jej zależności w różnorodnych grupach wiekowych umożliwia dokładne programowanie treningu fizycznego, a co bardzo istotne, podnoszenie możliwości wysiłkowych zawodnika poprzez kierowany trening fizyczny ukierunkowany na rozwój potencjału ruchowego określonych grup mięśniowych zależnie od etapu rozwoju somatycznego.

Zastosowanie analizy zapisu elektromiograficznego w ocenie pracującego włókna mięśniowego pozwoliło zespołowi badawczemu habilitanta na wgląd w charakter oraz kierunek zmian adaptacyjnych związanych z wykonaniem specyficznych ćwiczeń gimnastycznych, zawarte w publikacji pt.: „*The neuromuscular characteristics of gymnasts' jumps and landings at particular stages of sports training.*” (Niespodziński, Grad i wsp. 2021). Ponadto analizie poddano również nerwowo-mięśniowe oraz kinematyczne zmiany indukowane 10-cio miesięcznym treningiem fizycznym w treningu gimnastycznym, publikacja pt.: „*Neuromuscular and torque kinetic changes after 10 months of explosive sport training in prepubertal gymnasts.*” (Kochanowicz, Niespodziński i wsp. 2019).

Prusik Krz., Kortas J., Prusik Kat., **Mieszkowski J.**, Jaworska J., Skrobot W., Lipiński M., Ziemann E., Antosiewicz J. (2018). Nordic walking training causes a decrease in blood cholesterol in elderly women supplemented with vitamin D. *Frontiers in Endocrinology*, 9, 42. (MNiSW 15 pkt, IF 3.634).

Zdobyta wiedza i doświadczenie badawcze dały habilitantowi także możliwość wzięcia udziału w badaniach interdyscyplinarnych związanych z treningiem Nordic Walking wśród osób starszych oraz próbie oceny jego wpływu na różnorodne wykładniki zdrowia, sprawności fizycznej oraz stany psychicznego. Przeprowadzone badania pod kierownictwem prof. Ewy Ziemann w ramach projektu finansowanego ze środków NCN Nr.2014/15/B/NZ7/00976 zaowocowały również przygotowaniem publikacji, gdzie ocenie podlegał wpływ treningu Nordic Walking oraz suplementacja witaminą D na zmiany poziomu cholesterolu w populacji kobiet po 60 roku życia, artykuł pt.: „*Nordic Walking training causes a decrease in blood cholesterol in elderly women supplemented with vitamin*” (Prusik, Kortas i wsp. 2018). Przestanki do podjęcia się powyższego zagadnienia wynikały bezpośrednio z faktu, że witaminie D w połączeniu z aktywnością fizyczną przypisuje się dużo większy wpływ na profil lipidowy, aniżeli samemu treningowi fizycznemu. Stąd poprawa stężenia witaminy D w surowicy może korzystnie modulować odpowiedź gospodarki lipidowej na trening fizyczny. Badanie objęło populację 109 starszych kobiet ($68 \pm 5,12$ lat), które przez 12 tygodni uczestniczyły w badaniu. Cała populacja została podzielona na podgrupy w zależności od zastosowanej lub braku suplementacji oraz rodzaju lub braku aktywności fizycznej. Grupa

pierwsza - grupa eksperymentalna (EG), to populacja 35 kobiet, które przez okres 12 tygodni uczestniczyły w treningu Nordic Walking (NW) w połączeniu z suplementacją witaminy D (4000 IU/dzień). Grupę drugą – grupę suplementacyjną (SG; n = 48 kobiet), stanowiły uczestniczki, które przez okres 12 tygodni przyjmowały tylko i wyłącznie suplementację witaminą D (4000 IU/dzień). Natomiast populację trzecią stanowiły Panie (CG; n = 31 kobiet), które nie zostały poddane żadnym interwencjom. Zarówno przed, jak i po zakończeniu eksperymentu, cała populacja badania wykonała testy sprawności funkcjonalnej w adaptacji dla osób starszych oraz pobrano im krew pełną celem separacji surowicy i osocza krwi. Pobór krwi został również wykonany w okresie 6 miesięcy po głównym eksperymencie, a pobrane próbki pozwoliły na oznaczenie metabolitów witaminy D, parametrów morfologicznych krwi obwodowej, lipoprotein o niskiej gęstości (LDL-C), lipoprotein o wysokiej gęstości (HDL-C), cholesterolu całkowitego (TC) oraz triglicerydów (TG). Szczegółowa analiza uzyskanych wyników profilu lipidowego pozwoliła na wniosek, że regularna aktywność fizyczna realizowana poprzez trening Nordic Walking prowadzi do korzystnych zmian w profilu lipidowym u kobiet po 60 roku życia. Ponadto wykazano również, że trening Nordic Walking w połączeniu z suplementacją 4000 IU witaminy D dziennie prowadzi do znacznego obniżenia cholesterolu całkowitego oraz przyczynia się do spadku lipoprotein o niskiej gęstości.

Powyższa obserwacja potwierdza w dużej mierze szczególną rolę witaminy D w modulowaniu odpowiedzi na wysiłek fizyczny oraz wpływu na gospodarkę lipidową osób starszych. W badaniach między innymi Leon i Sanchez (2001), można odnaleźć informację, że ćwiczenia fizyczne realizowane samodzielnie pomimo wpływu na stężenie lipoprotein o niskiej gęstości czy triglicerydów nie mają wpływu na cholesterol całkowity. Wyniki te wskazują, że zaobserwowany przez zespół habilitanta spadek cholesterolu całkowitego w przypadku kobiet realizujących trening fizyczny i przyjmujących witaminę D, wynika z modulującego wpływu witaminy D na profil lipidowy oraz odpowiedź powysiłkową. Niniejsze badanie potwierdziło wstępne podstawowe założenie, że regularne ćwiczenia wywołują pozytywne zmiany w profilu lipidowym u starszych kobiet po 60 roku życia, a wielkość występujących zmian będzie dodatkowo potęgowana przez suplementację witaminy D.

Maciejewska-Skrendo A., **Mieszkowski J.**, Kochanowicz A., Stankiewicz B., Ciężczyk P., Światała K., Gomes de Assis G., Kecler K., Tarnowski M., Sawczuk M. (2019). TNFA expression level changes observed in response to the Wingate Anaerobic Test in non-trained and trained individuals. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 11(3), 1-10. <https://doi.org/10.29359/BJHPA.11.3.01> (MNiSW 70 pkt).

Prowadzone w ostatnich latach przez zespół badawczy habilitanta prace związane z odpowiedzią organizmu na różnorodne rodzaje aktywności fizycznej skłoniły także do zagłębienia się w molekularne podłoże reakcji na wysiłek. Proces adaptacji do różnych rodzajów wysiłku fizycznego oprócz łatwo zauważalnych zmian fizjologicznych oraz określonych wielokrotnie zmian biochemicznych może różnicować odpowiedź komórkową

na zadane obciążenie wysiłkowe. Nadal doniesienia naukowe w tej tematyce są nieliczne, zwłaszcza w świetle wieloletniego treningu piłkarskiego i jego wpływu między innymi na ekspresję genów związanych z komórkową odpowiedzią na stres, do których zaliczany jest czynnik martwicy nowotworów alfa (Victor i Gottlieb 2002). W odróżnieniu od licznych prac, gdzie ocenie podlegają zmiany różnorodnych cytokin w surowicy lub osoczu krwi, w badaniu Ertek i Cicero (2012), dzięki możliwości oceny bardzo wczesnych zmian transkryptomu, możliwym wydaje się ocena czynnościowych zmian immunologicznych mających miejsce niemal natychmiast po próbie wysiłkowej (nie jest to w wielu przypadkach możliwe w klasycznych badaniach biochemicznych) rozpoczynając się już bezpośrednio po wysiłku (Little, Higgins i wsp. 2009).

Opisana w badaniu charakterystyka zmian ekspresji TNF α mRNA wskazuje na znaczne obniżenie ekspresji TNF α obserwowanej w populacji zawodników trenujących piłkę nożną. Poziom ekspresji jest w tym przypadku uwarunkowany poziomem adaptacji molekularnej do wysiłku fizycznego wywołanej przez wieloletni trening sportowy. Pomimo pewnych ograniczeń metodologicznych badania (jak brak oceny zmian białka komórkowego), z pewnością uzyskane dane mogą być wykorzystane jako jedna z metod oceny poziomu przygotowania zawodnika do rywalizacji sportowej na najwyższym poziomie zaawansowania sportowego. Wraz z zespołem, habilitant skłania się do wniosku, że w przyszłości analizy profilu ekspresji genetycznej sportowca mogą znaleźć zastosowanie w praktyce, umożliwiając określenie odpowiedniego poziomu aktywności komórkowej, który sprzyja funkcjonalnej poprawie zdolności wysiłkowych, a jednocześnie może chronić przed rozwojem niekorzystnych zmian świadczących o przetrenowaniu lub predyspozycji do kontuzji.

Maciejewska-Skrendo A., **Mieszkowski J.**, Kochanowicz A., Niespodziński B., Ciężczyk P., Leżnicka K., Leońska-Duniec A., Kolbowicz M., Kaczmarczyk M., Piskorska E., Stankiewicz B., Stępnia R., Mostowik A., Zawartka M., Rzeszutko-Belzowska A., Massidda M., Caló C., Kemeryte-Riaubiene E., Sawczuk M. (2021). Does the PPARA intron 7 gene variant (rs4253778) influence performance in power/strength-oriented athletes? A case-control replication study in three cohorts of European gymnasts. *Journal of Human Kinetics*, 79, 77-85. <https://doi.org/10.2478/hukin-2020-0060> (MNIŚW 140 pkt, IF 2.193).

Poddając analizie molekularnej odpowiedź ciała sportowca na wysiłek fizyczny nie sposób nie wspomnieć o fakcie, że poziom możliwości wysiłkowych sportowca uwarunkowany jest nie tylko od czynników endogennych, zmiennych środowiskowych, ale i właściwego poziomu odżywiania, suplementacji oraz doboru metod i środków treningowych.

Zarówno budowa somatyczna, jak i poziom koordynacji nerwowo-mięśniowej, charakter odpowiedzi immunologicznej, poziom termoregulacji, czy też tempo metabolizmu lub wydolność krążeniowo-oddechowa, a nawet predyspozycje psychologiczne w mniejszym lub większym stopniu uwarunkowane są czynnikami genetycznymi (Yan, Papadimitriou i wsp. 2016). W chwili obecnej oznaczone i określone są setki wariantów potencjalnych markerów

genetycznych związanych z predyspozycjami wysiłkowymi oraz wynikami sportowymi na poziomie mistrzowskim (Ahmetov, Egorova i wsp. 2016). Do szczególnie istotnych w przyręciu wyników sportowych zaliczane są między innymi różnorodne mutacje punktowe w obrębie genu PPARA, które kodują a receptory aktywowane przez proliferatory peroksyosomów α (PPAR α). Ten jeden z puli receptorów jądrowych zaangażowany jest w wiele funkcji fizjologicznych ciała ludzkiego i od lat wzbudza szczególne zainteresowanie wielu badaczy (Petr, Stastny i wsp. 2014). Stąd też wraz z zespołem naukowym habilitant podjął się oceny polimorfizmów pojedynczych nukleotydów w genie PPAR (rs4253778), w świetle predyspozycji do treningu siłowego, a całość uzyskanych wyników przedstawi ono w pracy pt.: „Does the PPARA intron 7 gene variant (rs4253778) influence performance in power/strength-oriented athletes? A case-control replication study in three cohorts of European gymnasts.” (Maciejewska-Skrendo, Mieszkowski i wsp. 2021).

Szczególne zainteresowanie genem PPAR α wynika z faktu, że jest to jeden z kluczowych regulatorów ekspresji genów zaangażowanych między innymi w metabolizm kwasów tłuszczowych (w tym ich wychwyt, transport, wiązanie, aktywację, utlenianie lub magazynowanie). Ponadto jego nadekspresja jest szczególnie widoczna w tkankach o podwyższonej zawartości mitochondriów i zdolnych do szybkiego utleniania kwasów tłuszczowych, czyli między innymi komórkach, takich jak wątroba, serce, nerki, mięśnie szkieletowe i brązowa tkanka tłuszczowa (Desvergne i Wahli 1999). Właściwości te oraz specyfika jego ekspresji w dużej mierze mogą decydować o szczególnych predyspozycjach do wysiłku fizycznego. w prezentowanym badaniu udział wzięło 464 mężczyzn (147 gimnastyków i 317 kontrolnych) z trzech krajów: Polski (n = 203), Włoch (n = 146) oraz Litwy (n = 107). Istotnie wyższą częstość występowania genotypu CC polimorfizmu PPARA rs4253778 zaobserwowano w populacji gimnastyków w stosunku do grupy kontrolnej (OR = 3,33, 95% CI = 1,18-10, p = 0,022). Pomimo istotnych ograniczeń związanych z liczebnością zbadanej populacji gimnastyków, wyniki ukazują związek polimorfizmów pojedynczych nukleotydów w zakresie genu PPAR α (SNP intronu 7 G/C z PPARA) z możliwościami wysiłkowymi w populacji gimnastyków, co może w przyszłości zaowocować szerszym stosowaniem testów genetycznych w ocenie predyspozycji wysiłkowych do treningu gimnastycznego.

Humińska-Lisowska K., **Mieszkowski J.**, Kochanowicz A., Stankiewicz B., Niespodziński B., Brzezińska P., Ficek K., Kemeryte-Ivanauskienė E., Ciężczyk P. (2021). cfDNA changes in maximal exercises as a sport adaptation predictor. *Genes*, 12(8), 1238. <https://doi.org/10.3390/genes12081238> (MNIŚW 100 pkt, IF 4.096)

Intensywny rozwój nowoczesnych narzędzi w zakresie biologii molekularnej i inżynierii genetycznej, pociągnął za sobą w ostatnich latach możliwość szerokiego wykorzystania ich możliwości czy to w ocenie predyspozycji do wysiłku sportowego, czy to w ocenie samej odpowiedzi na wysiłek. Należy przy tym szczególne pamiętać, że intensywny wysiłek fizyczny oprócz licznych korzystnych zmian fizjologicznych związanych z realizacją

zadania ruchowego, może indukować także szereg niekorzystnych przemian prowadzących między innymi do nadmiernej aktywacji układu odpornościowego (Mieszkowski, Borkowska i wsp. 2021). Jednak w przyrządzie tych rozważań nadal znaczne trudności sprawia prawidłowa diagnostyka powyższych zmian, a dostępne i często stosowane biomarkery obarczone są niestety niską swoistością i dużym marginesem błędu. Skłoniło to habilitanta i jego zespół badawczy do poszukiwań nowych, alternatywnych biomarkerów, które pozwoliłyby na określenie poziomu uszkodzenia aparatu mięśniowego indukowanego wysiłkiem fizycznym. Całokształt tych obserwacji i wyników przedstawiony został w pracy pt.: „*cfDNA changes in maximal exercises as a sport adaptation predictor*” (Humińska-Lisowska, Mieszkowski i wsp. 2021). Ich określenie w połączeniu z uznanymi i stosowanymi dotychczas markerami mogłoby przyczynić się do lepszego zrozumienia przyczyn, wielokierunkowości oraz charakteru urazów indukowanych wysiłkiem fizycznym.

Pewne nadzieje, co do rozwoju współczesnej diagnostyki urazów w sporcie wiązane są z udoskonaleniem metod oznaczania stężenia między innymi cfDNA, czyli zdegradowanych fragmentów DNA uwalnianych do osocza krwi. Zmiany jego stężenia wiążą się z uszkodzeniami tkanek, aktywacją układu odpornościowego czy stanami chorobowymi (Humińska-Lisowska, Mieszkowski i wsp. 2021). Ze względu na fakt, że zmienność stężenia cfDNA we krwi obwodowej jest znaczna i związana jest często ze stresem fizjologicznym, stąd też jego oznaczenie w warunkach fizjologicznych, gdzie widoczne jest już bardzo niskie stężenie, pozwala na ocenę poziomu odpowiedzi indukowanej stresem fizjologicznym związanym z samym wysiłkiem. Już w badaniach Breitbach, Tug i wsp. (2012) odnaleźć można informację, że cfDNA wykazuje bardzo wyraźny przyrost po wysiłku fizycznym, a jego kinetyka jest dużo szybsza niż ma to miejsce w przypadku uznanych markerów wysiłkowych tzn. CK, CRP.

Analiza przeprowadzona przez habilitanta i jego zespół badawczy wykazała, że istnieje istotna zależność pomiędzy intensywnością realizowanego zadania ruchowego, a zmianą stężenia cfDNA w badanej populacji 50 mężczyzn. Ponadto wyodrębniona 25 osobowa populacja sportowców ukazała, że wartości cfDNA są prawie w 1/3 wyższe niż ma to miejsce w odpowiadającej im populacji osób aktywnych fizycznie, ale nietrenujących (32,15% wyższe stężenie cfDNA u sportowców). Pomimo pewnych ograniczeń tego badania i konieczności dalszego rozwijania metodyki związanej z oznaczaniem cfDNA i zestawienia jego wyników z uznanymi markerami stanu zapalnego oraz uszkodzenia tkanek, na ten moment można potwierdzić, że powstanie cfDNA jest związane z odpowiedzią na maksymalny wysiłek fizyczny, co może przekładać się na użyteczność jego określenia zwłaszcza w wczesnej fazie urazów.

Pozostałe publikacje nieprzedstawione w wykazie osiągnięć naukowo – badawczych po uzyskaniu stopnia naukowego doktora są ujęte w wykazie publikacji przygotowanym przez Ośrodek Informacji Naukowej Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu im. Jędrzeja Śniadeckiego w Gdańsku oraz w dostępnej analizie bibliometrycznej. Wymiernym efektem działalności naukowej habilitanta jest dorobek publikacyjny na który składa się ogółem 2162 punktów MEiN oraz 81.906 punktów Impact Factor (na dzień 10.06.2022r.).

Natomiast dorobek po uzyskaniu stopnia naukowego doktora z pominięciem publikacji ujętych w ramach realizacji jednotematycznego cyklu artykułów naukowych wynosi 1065 punktów MEiN oraz 36.588 punktów Impact Factor. Według bazy *Thomson Reuters Web of Science Cited Reference Search* publikacje habilitanta były cytowane 210 razy a Index Hirscha wynosi 8 - uzyskane dane pochodzą z Ośrodka Informacji Naukowej z dnia 10.06.2022r.

W ramach działalności naukowej poza wyżej przedstawionym dorobkiem publikacyjnym habilitant brał czynny udział w licznych konferencjach i kongresach naukowych w zasięgu międzynarodowych i krajowym, samodzielnie wygłaszając różnorodne referaty (załącznik nr. 7. Informacja w osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę).

Habilitant był członkiem European College of Sport Science (w latach 2016-2022), jak również Polskiego Towarzystwa Antropologicznego (w latach 2014-2020). Ponadto niezmiennie jest członkiem Izby Krajowych, zarówno Farmaceutycznej, Diagnostów Laboratoryjnych, jak i Fizjoterapeutów.

Ponadto na prośbę licznych redakcji czasopism naukowych znajdujących się na liście Web of Science oraz czasopism krajowych recenzował różnorodne oryginalne artykuły naukowe (ujęte w: 6.4. Recenzowanie prac naukowych w czasopismach międzynarodowych i krajowych). W ramach współpracy międzynarodowej prowadzi aktywną kooperację z licznymi jednostkami naukowymi z Europy i Polski (ujęte w: Załącznik 6.0 Informacja w wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną, 6.1. Współpraca z instytucjami naukowymi).

Wykonując zadania dydaktyczne habilitant prowadził ćwiczenia, wykłady oraz seminaria z przedmiotów: Teoria i Metodyka Gimnastyki, Gimnastyka, Biochemia, Żywnienie człowieka, Gymnastic na wszystkich wydziałach Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku. W latach 2010-2018 pełnił funkcję trenera klubu akademickiego AZS UKW koszykówka kobiet rywalizując z zawodniczkami na poziomie wojewódzkim i ogólnopolskim.

Za swoją działalność sportową oraz naukową w Naukach w Kulturze Fizycznej otrzymał odznakę „Za Zasługi dla Sportu” - stopień brązowy" (wrzesień 2021r.).

Piśmiennictwo:

- Ahmetov, Il, E. S. Egorova i wsp. (2016). "Genes and Athletic Performance: An Update." Med Sport Sci **61**: 41-54.
- Akima, H. iR. Ando (2017). "Oxygenation and neuromuscular activation of the quadriceps femoris including the vastus intermedius during a fatiguing contraction." Clin Physiol Funct Imaging **37**(6): 750-758.
- Ambros, J. T., I. Herrero-Fresneda i wsp. (2007). "Ischemic preconditioning in solid organ transplantation: from experimental to clinics." Transpl Int **20**(3): 219-229.
- Arosio, P., L. Elia i wsp. (2017). "Ferritin, cellular iron storage and regulation." IUBMB Life **69**(6): 414-422.
- Bailey, T. G., H. Jones i wsp. (2012). "Effect of ischemic preconditioning on lactate accumulation and running performance." Med Sci Sports Exerc **44**(11): 2084-2089.
- Balshaw, T. G., G. J. Massey i wsp. (1985). "Training-specific functional, neural, and hypertrophic adaptations to explosive- vs. sustained-contraction strength training." J Appl Physiol **120**(11): 1364-1373.
- Bar-Or, O. (1987). "The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity." Sports Med **4**(6): 381-394.
- Borkowska, A., U. Popowska i wsp. (2020). "JNK/p66Shc/ITCH Signaling Pathway Mediates Angiotensin II-induced Ferritin Degradation and Labile Iron Pool Increase." Nutrients **12**(3).
- Bouillon, R., G. Eelen i wsp. (2006). "Vitamin D and cancer." J Steroid Biochem Mol Biol **102**(1-5): 156-162.
- Breitbach, S., S. Tug i wsp. (2012). "Circulating cell-free DNA: an up-coming molecular marker in exercise physiology." Sports Med **42**(7): 565-586.
- Cai, Z., W. Luo i wsp. (2013). "Hypoxia-inducible factor 1 is required for remote ischemic preconditioning of the heart." Proc Natl Acad Sci U S A **110**(43): 17462-17467.
- Candau, R., T. Busso i wsp. (1992). "Effects of training on iron status in cross-country skiers." Eur J Appl Physiol Occup Physiol **64**(6): 497-502.
- Cannell, J. J., B. W. Hollis i wsp. (2009). "Athletic performance and vitamin D." Med Sci Sports Exerc **41**(5): 1102-1110.
- Capiati, D., S. Benassati i wsp. (2002). "1,25(OH)₂-vitamin D₃ induces translocation of the vitamin D receptor (VDR) to the plasma membrane in skeletal muscle cells." J Cell Biochem **86**(1): 128-135.
- Carmichael, M. D., J. M. Davis i wsp. (2006). "Role of brain IL-1 β on fatigue after exercise-induced muscle damage." Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol **291**(5): 15.
- Ceglia, L. (2008). "Vitamin D and skeletal muscle tissue and function." Mol Aspects Med **29**(6): 407-414.
- Ceglia, L. (2009). "Vitamin D and its role in skeletal muscle." Curr Opin Clin Nutr Metab Care **12**(6): 628-633.
- Chagas, C. E., M. C. Borges i wsp. (2012). "Focus on vitamin D, inflammation and type 2 diabetes." Nutrients **4**(1): 52-67.
- Chen, Y.-t., W.-y. Chen i wsp. (2018). "Iron dysregulates APP processing accompanying with sAPP α cellular retention and β -secretase inhibition in rat cortical neurons." Acta Pharmacol Sin **39**(2): 177-183.

- Choi, M., H. Park i wsp. (2013). "Vitamin D3 supplementation modulates inflammatory responses from the muscle damage induced by high-intensity exercise in SD rats." Cytokine **63**(1): 27-35.
- Constantini, N. W., A. Eliakim i wsp. (2000). "Iron status of highly active adolescents: evidence of depleted iron stores in gymnasts." Int J Sport Nutr Exerc Metab **10**(1): 62-70.
- Cremers, N. A., K. E. Wever i wsp. (2017). "Effects of Remote Ischemic Preconditioning on Heme Oxygenase-1 Expression and Cutaneous Wound Repair." Int J Mol Sci **18**(2).
- Davidson, S. M., P. Selvaraj i wsp. (2013). "Remote ischaemic preconditioning involves signalling through the SDF-1 α /CXCR4 signalling axis." Basic Res Cardiol **108**(5): 013-0377.
- de Groot, P. C., D. H. Thijssen i wsp. (2010). "Ischemic preconditioning improves maximal performance in humans." Eur J Appl Physiol **108**(1): 141-146.
- DeLuca, H. F. (1988). "The vitamin D story: a collaborative effort of basic science and clinical medicine." FASEBJ **2**(3): 224-236.
- DeLuca, H. F. (2004). "Overview of general physiologic features and functions of vitamin D." Am J Clin Nutr **80**(6 Suppl).
- Desvergne, B. iW. Wahli (1999). "Peroxisome proliferator-activated receptors: nuclear control of metabolism." Endocr Rev **20**(5): 649-688.
- Dhanasekaran, N. iE. Premkumar Reddy (1998). "Signaling by dual specificity kinases." Oncogene **17**(11 Reviews): 1447-1455.
- Dhesi, J. K., L. M. Bearne i wsp. (2002). "Neuromuscular and psychomotor function in elderly subjects who fall and the relationship with vitamin D status." J Bone Miner Res **17**(5): 891-897.
- Epsztejn, S., H. Glickstein i wsp. (1999). "H-ferritin subunit overexpression in erythroid cells reduces the oxidative stress response and induces multidrug resistance properties." Blood **94**(10): 3593-3603.
- Ertek, S. iA. Cicero (2012). "Impact of physical activity on inflammation: effects on cardiovascular disease risk and other inflammatory conditions." Arch Med Sci **8**(5): 794-804.
- Gagnon, C., Z. X. Lu i wsp. (2012). "Low serum 25-hydroxyvitamin D is associated with increased risk of the development of the metabolic syndrome at five years: results from a national, population-based prospective study (The Australian Diabetes, Obesity and Lifestyle Study: AusDiab)." J Clin Endocrinol Metab **97**(6): 1953-1961.
- Ganz, T. iE. Nemeth (2012). "Hepcidin and iron homeostasis." Biochim Biophys Acta **9**(43): 26.
- Gozzelino, R. iP. Arosio (2016). "Iron Homeostasis in Health and Disease." Int J Mol Sci **17**(1).
- Gozzelino, R. iM. P. Soares (2014). "Coupling heme and iron metabolism via ferritin H chain." Antioxid Redox Signal **20**(11): 1754-1769.
- Halley, S. L., P. Marshall i wsp. (2019). "The effect of IPC on central and peripheral fatiguing mechanisms in humans following maximal single limb isokinetic exercise." Physiol Rep **7**(8): 14063.
- Hausenloy, D. J. iD. M. Yellon (2008). "Remote ischaemic preconditioning: underlying mechanisms and clinical application." Cardiovasc Res **79**(3): 377-386.
- Humińska-Lisowska, K., J. Mieszkowski i wsp. (2021). "cfDNA Changes in Maximal Exercises as a Sport Adaptation Predictor." Genes (Basel) **12**(8): 1238.

- Hyppönen, E., E. Läärä i wsp. (2001). "Intake of vitamin D and risk of type 1 diabetes: a birth-cohort study." Lancet **358**(9292): 1500-1503.
- Incognito, A. V., J. F. Burr i wsp. (2016). "The Effects of Ischemic Preconditioning on Human Exercise Performance." Sports Med **46**(4): 531-544.
- Jablonski, K. L., M. Chonchol i wsp. (2011). "25-Hydroxyvitamin D deficiency is associated with inflammation-linked vascular endothelial dysfunction in middle-aged and older adults." Hypertension **57**(1): 63-69.
- Jean-St-Michel, E., C. Manlihot i wsp. (2011). "Remote preconditioning improves maximal performance in highly trained athletes." Med Sci Sports Exerc **43**(7): 1280-1286.
- Ke, L., R. S. Mason i wsp. (2015). "Vitamin D status and hypertension: a review." Integr Blood Press Control **8**: 13-35.
- Kido, K., T. Suga i wsp. (2015). "Ischemic preconditioning accelerates muscle deoxygenation dynamics and enhances exercise endurance during the work-to-work test." Physiol Rep **3**(5): 12395.
- Kimsa, M. C., B. Strzalka-Mrozik i wsp. (2014). "Differential expression of inflammation-related genes after intense exercise." Prague Med Rep **115**(1-2): 24-32.
- Kochanowicz, A., B. Niespodziński i wsp. (2018). "Relationship between postural control and muscle activity during a handstand in young and adult gymnasts." Hum Mov Sci **58**: 195-204.
- Kochanowicz, A., B. Niespodziński i wsp. (2018). "The effect of gymnastic training on muscle strength and co-activation during isometric elbow and glenohumeral flexion/extension." J Sports Med Phys Fitness **58**(7-8): 966-973.
- Kochanowicz, A., B. Niespodziński i wsp. (2019). "Changes in the Muscle Activity of Gymnasts During a Handstand on Various Apparatus." J Strength Cond Res **33**(6): 1609-1618.
- Kochanowicz, A., B. Niespodziński i wsp. (2019). "Neuromuscular and Torque Kinetic Changes After 10 Months of Explosive Sport Training in Prepubertal Gymnasts." Pediatr Exerc Sci **31**(1): 77-84.
- Kolh, P. (2014). "Remote ischaemic pre-conditioning in cardiac surgery: benefit or not?" Eur Heart J **35**(3): 141-143.
- Konstantinov, I. E., S. Arab i wsp. (2004). "The remote ischemic preconditioning stimulus modifies inflammatory gene expression in humans." Physiol Genomics **19**(1): 143-150.
- Kopeć, A., K. Solarz i wsp. (2013). "An evaluation of the levels of vitamin d and bone turnover markers after the summer and winter periods in polish professional soccer players." J Hum Kinet **38**: 135-140.
- Lalonde, F., P. Poirier i wsp. (2015). "Exercise-induced ischemic preconditioning and the potential application to cardiac rehabilitation: a systematic review." J Cardiopulm Rehabil Prev **35**(2): 93-102.
- Leiva, E., V. Mujica i wsp. (2013). "High levels of iron status and oxidative stress in patients with metabolic syndrome." Biol Trace Elem Res **151**(1): 1-8.
- Leon, A. S. iO. A. Sanchez (2001). "Response of blood lipids to exercise training alone or combined with dietary intervention." Med Sci Sports Exerc **33**(6 Suppl): 00005768-200106001.
- Lipiński, P., J. C. Drapier i wsp. (2000). "Intracellular iron status as a hallmark of mammalian cell susceptibility to oxidative stress: a study of L5178Y mouse lymphoma cell lines differentially sensitive to H₂O₂." Blood **95**(9): 2960-2966.
- Lips, P. (2006). "Vitamin D physiology." Prog Biophys Mol Biol **92**(1): 4-8.

- Little, J., J. P. Higgins i wsp. (2009). "STrengthening the REporting of Genetic Association Studies (STREGA)--an extension of the STROBE statement." Genet Epidemiol **33**(7): 581-598.
- Loenneke, J. P., G. J. Wilson i wsp. (2010). "A mechanistic approach to blood flow occlusion." Int J Sports Med **31**(1): 1-4.
- Lovell, G. (2008). "Vitamin D status of females in an elite gymnastics program." Clin J Sport Med **18**(2): 159-161.
- Maciejewska-Skrendo, A., J. Mieszkowski i wsp. (2021). "Does the PPARA Intron 7 Gene Variant (rs4253778) Influence Performance in Power/Strength-Oriented Athletes? A Case-Control Replication Study in Three Cohorts of European Gymnasts." J Hum Kinet **79**: 77-85.
- Mieszkowski, J., A. Borkowska i wsp. (2021). "Single High-Dose Vitamin D Supplementation as an Approach for Reducing Ultramarathon-Induced Inflammation: A Double-Blind Randomized Controlled Trial." Nutrients **13**(4).
- Mieszkowski, J., A. Kochanowicz i wsp. (2021). "Serum levels of bone formation and resorption markers in relation to vitamin D status in professional gymnastics and physically active men during upper and lower body high-intensity exercise." J Int Soc Sports Nutr **18**(1): 021-00430.
- Mieszkowski, J., M. Kochanowicz i wsp. (2019). "Ferritin Genes Overexpression in PBMC and a Rise in Exercise Performance as an Adaptive Response to Ischaemic Preconditioning in Young Men." Biomed Res Int **11**(9576876).
- Mieszkowski, J., B. Stankiewicz i wsp. (2020). "Effect of Ischemic Preconditioning on Marathon-Induced Changes in Serum Exerkine Levels and Inflammation." Front Physiol **11**(571220).
- Mieszkowski, J., B. Stankiewicz i wsp. (2020). "Ultra-Marathon-Induced Increase in Serum Levels of Vitamin D Metabolites: A Double-Blind Randomized Controlled Trial." Nutrients **12**(12).
- Moore, J. T., J. L. Collins i wsp. (2006). "The nuclear receptor superfamily and drug discovery." ChemMedChem **1**(5): 504-523.
- Muckenthaler, M. U., S. Rivella i wsp. (2017). "A Red Carpet for Iron Metabolism." Cell **168**(3): 344-361.
- Nagpal, S., S. Na i wsp. (2005). "Noncalcemic actions of vitamin D receptor ligands." Endocr Rev **26**(5): 662-687.
- Nahas-Neto, J., L. M. Cangussu i wsp. (2018). "Effect of isolated vitamin D supplementation on bone turnover markers in younger postmenopausal women: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial." Osteoporos Int **29**(5): 1125-1133.
- Nieman, D. C., D. A. Henson i wsp. (2006). "Ibuprofen use, endotoxemia, inflammation, and plasma cytokines during ultramarathon competition." Brain Behav Immun **20**(6): 578-584.
- Niespodziński, B., R. Grad i wsp. (2021). "The Neuromuscular Characteristics of Gymnasts' Jumps and Landings at Particular Stages of Sports Training." J Hum Kinet **78**: 15-28.
- Niespodziński, B., A. Kochanowicz i wsp. (2018). "Relationship between Joint Position Sense, Force Sense, and Muscle Strength and the Impact of Gymnastic Training on Proprioception." Biomed Res Int **18**(5353242).
- Nikolaidis, P. T., I. Cuk i wsp. (2021). "Number of finishers and performance of age group women and men in long-distance running: comparison among 10km, half-marathon and marathon races in Oslo." Res Sports Med **29**(1): 56-66.

- Pedersen, B. K. iM. A. Febbraio (2012). "Muscles, exercise and obesity: skeletal muscle as a secretory organ." Nature Reviews Endocrinology **8**(8): 457-465.
- Peterson, J. M., T. A. Trappe i wsp. (2003). "Ibuprofen and acetaminophen: effect on muscle inflammation after eccentric exercise." Med Sci Sports Exerc **35**(6): 892-896.
- Petr, M., P. Stastny i wsp. (2014). "PPARA intron polymorphism associated with power performance in 30-s anaerobic Wingate Test." PLoS One **9**(9).
- Pike, J. W. (1991). "Vitamin D3 receptors: structure and function in transcription." Annu Rev Nutr **11**: 189-216.
- Prusik, K., J. Kortas i wsp. (2018). "Nordic Walking Training Causes a Decrease in Blood Cholesterol in Elderly Women Supplemented with Vitamin D." Front Endocrinol **9**(42).
- Rola, R., K. Kowalski i wsp. (2020). "Improved sample preparation method for fast LC-MS/MS analysis of vitamin D metabolites in serum." J Pharm Biomed Anal **190**: 113529.
- Sarker, P. iG. A. Mirka (2020). "The effects of repetitive bouts of a fatiguing exertion (with breaks) on the slope of EMG measures of localized muscle fatigue." Journal of Electromyography and Kinesiology **51**: 102382.
- Schnyder, S. iC. Handschin (2015). "Skeletal muscle as an endocrine organ: PGC-1 α , myokines and exercise." Bone **80**: 115-125.
- Seo, E. G., T. A. Einhorn i wsp. (1997). "24R,25-dihydroxyvitamin D3: an essential vitamin D3 metabolite for both normal bone integrity and healing of tibial fracture in chicks." Endocrinology **138**(9): 3864-3872.
- Stecker, R. A., P. S. Harty i wsp. (2019). "Timing of ergogenic aids and micronutrients on muscle and exercise performance." J Int Soc Sports Nutr **16**(1): 37.
- Sun, X., Z. B. Cao i wsp. (2017). "Effect of an Acute Bout of Endurance Exercise on Serum 25(OH)D Concentrations in Young Adults." J Clin Endocrinol Metab **102**(11): 3937-3944.
- Suzuki, K., S. Nakaji i wsp. (2003). "Impact of a competitive marathon race on systemic cytokine and neutrophil responses." Med Sci Sports Exerc **35**(2): 348-355.
- van Driel, M., M. Koedam i wsp. (2006). "Evidence for auto/paracrine actions of vitamin D in bone: 1 α -hydroxylase expression and activity in human bone cells." FASEB J **20**(13): 2417-2419.
- Victor, F. C. iA. B. Gottlieb (2002). "TNF- α and apoptosis: implications for the pathogenesis and treatment of psoriasis." J Drugs Dermatol **1**(3): 264-275.
- Wang, Y., J. Zhu i wsp. (2012). "Where is the vitamin D receptor?" Arch Biochem Biophys **523**(1): 123-133.
- Wessling-Resnick, M. (2010). "Iron homeostasis and the inflammatory response." Annu Rev Nutr **30**: 105-122.
- Wicherts, I. S., N. M. van Schoor i wsp. (2007). "Vitamin D status predicts physical performance and its decline in older persons." J Clin Endocrinol Metab **92**(6): 2058-2065.
- Widmann, C., S. Gibson i wsp. (1999). "Mitogen-activated protein kinase: conservation of a three-kinase module from yeast to human." Physiol Rev **79**(1): 143-180.
- Yamada, E., T. Kusaka i wsp. (2008). "Relationship between muscle oxygenation and electromyography activity during sustained isometric contraction." Clin Physiol Funct Imaging **28**(4): 216-221.
- Yan, X., I. Papadimitriou i wsp. (2016). "Nature versus Nurture in Determining Athletic Ability." Med Sport Sci **61**: 15-28.

- Yao, P., L. Sun i wsp. (2018). "Cholecalciferol Supplementation Promotes Bone Turnover in Chinese Adults with Vitamin D Deficiency." J Nutr **148**(5): 746-751.
- Yin, K. iD. K. Agrawal (2014). "Vitamin D and inflammatory diseases." J Inflamm Res **7**: 69-87.
- Zapolski, T. iA. Wysokiński (2010). "Safety of pharmacotherapy of osteoporosis in cardiology patients." Cardiol J **17**(4): 335-343.

5.1.2. Sumaryczny wskaźnik Impact Factor w pracach opublikowanych przez habilitanta prac wynosi ogółem IF = 81.906; punkty MEiN = 2162.000

INFORMACJA NAUKOMETRYCZNA – POSTĘPOWANIE HABILITACYJNE

	Liczba punktów za artykuły w czasopismach naukowych zgodnie z wykazami MEiN		Liczba punktów za monografie, rozdziały naukowe oraz redakcje monografii naukowych zgodnie z wytycznymi MEiN		
	IF	MEiN	Mono grafie	Rozdziały	Redakcje
Przed uzyskaniem stopnia doktora	14.447	318.000		59.000	10.000
Po uzyskaniu stopnia doktora	67.459	1755.000		20.000	
Suma		2073.000		79.000	10.000
Razem IF :	81.906	Razem MEiN: 2162.000			

5.1.3. Liczba cytowań publikacji habilitanta

Źródło	Liczba cytowań	Bez autocytowań	Indeks-h	Data
Web of Science Core Collection	228	206	8	10.06.2022
Web of Science All Databases	236	210	8	10.06.2022
Scopus		207	8	10.06.2022
Scopus		157	6	10.06.2022

Przedstawione dane opracowane zostały na podstawie analizy bibliometrycznej i sporządzone zostały przez jednostkę zatrudniającą, to znaczy Akademię Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku (załącznik nr 5).

6. Informacja w wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną.

6.1. Współpraca z instytucjami naukowymi

- Collegium Medicum im. L. Rydygiera w Bydgoszczy Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, Katedra i Zakład Diagnostyki Laboratoryjnej, oraz Zakład Patobiochemii i Chemii Klinicznej, Bydgoszcz, Polska,
- Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, Instytut Kultury Fizycznej, Bydgoszcz, Polska,
- Gdański Uniwersytet Medyczny, Zakład Bioenergetyki i Fizjologii Wysiłku Fizycznego, Gdańsk, Polska
- INEFC Barcelona, Barcelona, Hiszpania,
- Uniwersytet Mateja Bela w Bańskiej Bystrzycy, Słowacja,
- Uniwersytet Karola w Pradze, Praga, Czechy.

W ramach realizowanej współpracy z ww. ośrodkami naukowymi realizowane były liczne prace naukowe oraz projekty badawczo rozwojowe.

Potwierdzeniem współpracy z ww. ośrodkami naukowymi są współautorskie publikacje naukowe (przedstawione w punkcie 4.1 oraz 4.2 autoreferatu) oraz zrealizowane staże w ramach programu Erasmus + oraz realizowany staż podoktorski - *PostDoc*.

6.2. Udział w stażach

W okresie od 1.01.2021r. do 31.12.2022r. Habilitant realizuje dwuletni międzynarodowy staż podoktorski na Uniwersytecie Karola w Pradze - Junior Researcher Grant, na Wydziale Wychowania Fizycznego i Sportu (Faculty of Physical Education and Sport, Department of Physiology and Biochemistry). W tym czasie, habilitant współrealizuje projekt „Genetic and phenotype aspects of sports performance”.

Analizy genetyczne, biochemiczne oraz fizjologiczne wykonywane są między innymi na zawodnikach klubu Sparta Praga rywalizujących na poziomie międzynarodowym w piłce nożnej.

Ponadto habilitant realizował dwa staże w ramach programu Erasmus+ *Teaching Assignments* w okresie (2014-09-15 - 2014-09-22; 2017-02-02-2017-02-09) na Uniwersytecie Mateja Bela w Bańskiej Bystrzycy, w Katedrze Wychowania Fizycznego i Sportu prowadząc między innymi zajęcia z zakresu adaptacji fizjologicznych do wysiłków wytrzymałościowych oraz zastosowania nowoczesnych narzędzi w diagnostyce wysiłku fizycznego.

Dodatkowo w ramach współpracy z Uniwersytetem Szczecińskim w 2016 roku habilitant odbywał tygodniowy staż w Centrum Badań Strukturalno - Funkcjonalnych Człowieka, w laboratorium wysiłku i genetyki w sporcie, gdzie doskonalił umiejętności z zakresu zastosowania narzędzi biologii molekularnej i genetyki klinicznej w diagnostyce sportowej.

W okresie od sierpnia do listopada 2017 roku habilitant realizował również staż naukowy w Zakładzie Biomechaniki Instytut Sportu w Warszawie (Państwowy Instytutu Badawczy), podczas, którego współprowadził badania diagnostyczne sportowców różnych dyscyplin sportowych w zakresie oceny i analizy momentów siły mięśniowej w warunkach statycznych i dynamicznych przy zastosowaniu między innymi dynamometru Biodex System 4, oceny skoczności, mocy kończyn dolnych na platformach tensometrycznych, pomiarów siły uderzenia. Dodatkowo w ramach stażu możliwa była nauka wykorzystania systemu VICON podczas analizy kinematycznej czynności ruchowych człowieka, co zaowocowało dalszą współpracą naukową i nowymi projektami badawczymi.

6.3. Udział w projektach badawczych w kraju i za granicą

W trakcie pracy naukowej habilitant uczestniczył w projektach badawczych prowadzonych w ośrodkach krajowych oraz międzynarodowych.

Poniżej przedstawiono w skrócie udział we wspomnianych projektach badawczych:

- Tytuł w języku polskim: „**Wpływ zdalnego hartowania przez niedokrwienie na poziom powysiłkowej reakcji zapalnej oraz stężenie białka prekursorowego amyloidu alfa**”
Nr rejestracyjny: 2018/02/X/NZ7/00953
Źródło(a) finansowania: NCN
Nazwa konkursu: **MINIATURA-2**
Kwota: 49 500 PLN
Podmiot realizujący w języku polskim: Uniwersytet Kazimierza Wielkiego; Wydział Kultury Fizycznej, Zdrowia i Turystyki
Rola w projekcie: główny wykonawca
- Tytuł: „**Zdolności koordynacyjne i ich uwarunkowania w kształtowaniu mistrzostwa sportowego w gimnastyce sportowej**”
Nr rejestracyjny: 0018/RS3/2015 /5
Źródło(a) finansowania: **Rozwój Sportu Akademickiego - Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego**
Kwota: 300 000 PLN
Podmiot realizujący: Akademia Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku
Data rozpoczęcia realizacji: 2015-04-17 Data zakończenia realizacji: 2017-08-16

Lista najważniejszych publikacji będących rezultatem projektu:

- Kochanowicz, A., Kochanowicz, K., Niespodziński, B., Mieszkowski, J., Aschenbrenner, P., Bielec, G., & Szark-Eckardt, M. (2016). **Maximal power of the lower limbs of youth gymnasts and biomechanical indicators of the forward handspring vault versus the sports result**. Journal of human kinetics, 53(1), 33-40.
- Kochanowicz, A., Niespodziński, B., Mieszkowski, J., Kochanowicz, K., & Zasada, M. (2016). **Vertical jump peak power estimation in young male gymnasts**. Baltic Journal of Health and Physical Activity, 8(1), 25-31

- Kochanowicz, A., Sawczyn, S., Niespodziński, B., Mieszkowski, J., Kochanowicz, K., & Żychowska, M. (2017). ***Cellular stress response gene expression during upper and lower body high intensity exercises***. PloS one, 12(1).

Rola w projekcie: główny wykonawca

- Tytuł: ***„Innowacyjne przyrządy diagnostyki biomechanicznej człowieka dla sportu i białego sektora.”***

Nr rejestracyjny: POKL.08.02.0 1-04-016/12

Źródło(a) finansowania: **Program Operacyjny Kapitał Ludzki**

Kwota: 238 230 PLN

Podmiot realizujący: Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy

Data rozpoczęcia realizacji: 2013-09-01

Data zakończenia realizacji: 2014-07-31

W przypadku braku publikacji naukowych, zwięzły opis innych efektów badań:

W ramach realizacji projektu naukowo-badawczego przygotowano wniosek patentowy innowacyjnego urządzenia z zakresu diagnostyki biomechanicznej człowieka z zastosowaniem w sporcie oraz białym sektorze.

Rola w projekcie: główny wykonawca

- Tytuł w języku polskim: ***„Nordic Walking, jako efektywna forma redukcji ogólnoustrojowego stanu zapalnego w grupie starszej się osób - rola żelaza i witaminy D.”***

Nr rejestracyjny: 2014/15/B/NZ7/00976

Źródło(a) finansowania: NCN

Nazwa konkursu: **OPUS 8** - ogłoszony 2014-09-15

Przyznana kwota: 591 760 PLN

Rozpoczęcie projektu: 2015-09-14

Zakończenie projektu: 2019-03-13

Podmiot realizujący w języku polskim: Akademia Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku

Rola w projekcie: wykonawca

- Tytuł w języku polskim: ***„Wpływ indukowanego wysiłkiem fizycznym uszkodzenia mięśni, stanu zapalnego i stresu oksydacyjnego na mikroflorę jelitową sportowców.”***

Nr rejestracyjny: 2018/29/N/NZ7/02800

Źródło(a) finansowania: NCN

Nazwa konkursu: **PRELUDIUM 15** - ogłoszony 2018-03-15

Przyznana kwota: 209 760 PLN

Rozpoczęcie projektu: 2019-02-25

Zakończenie projektu: 2022-02-24

Podmiot realizujący w języku polskim: Akademia Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku

Rola w projekcie: wykonawca

- Tytuł w języku konkursowym: ***“Health, Fitness and Education in Visegrad countries and in the neighboring countries.”***

Nr rejestracyjny: 11320057

Źródło(a) finansowania: Visegrad Fund

Nazwa konkursu: **Visegrad Fund**

Przyznana kwota: 12800 EURO

Rozpoczęcie projektu: 01.2014

Zakończenie projektu: 08.2013

Podmiot realizujący w języku polskim: Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy

Rola w projekcie: Principal Investigator

- Tytuł w języku konkursowym: ***“Role and Prospects of Gymnastics in V4.”***

Nr rejestracyjny: 21420231

Źródło(a) finansowania: Visegrad Fund

Nazwa konkursu: **Standard Grant - Visegrad Fund**

Przyznana kwota: 4000 EURO

Rozpoczęcie projektu: 01.2014

Zakończenie projektu: 08.2013

Podmiot realizujący w języku polskim: Akademia Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku

Rola w projekcie: Principal Investigator

6.4. Recenzowanie prac naukowych w czasopismach międzynarodowych i krajowych

Habilitant recenzował 29 artykuły w ramach wydawnictwa MDPI w 11 międzynarodowych czasopismach z listy ***Journal Citation Report (JCR)*** w tym między innymi:

- Nutrients (IF- 6.590),
- Biomedicines (IF- 4.757),
- Cells (IF- 7.766),
- Biology (IF- 3.796),
- Sustainability (IF- 3.251),
- International Journal of Environmental Research and Public Health (IF- 4.614),
- Foods (IF- 5.561),
- International Journal of Molecular Sciences (IF- 6.208),
- Medicina (IF- 2.948),
- Life (IF- 3.251),
- Sports.

Ponadto habilitant recenzował artykuły w czasopismach z listy ***Journal Citation Report (JCR)*** w ramach wydawnictwa: ***Frontiers***:

- Frontiers in Physiology (IF- 4.755),
- Frontiers Cell and Developmental Biology (IF- 6.081),
- Frontiers Human Neuroscience (IF-5.152).

Oraz w innych czasopismach zaliczanych i niezaliczanych do listy *Journal Citation Report*, w tym między innymi:

- BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation (IF-2.367),
- Baltic Journal of Health and Physical Activity.

Habilitant jest redaktorem w czasopismach:

- BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation (IF-2.367),
- Baltic Journal of Health and Physical Activity,
- Journal of Education, Health and Sport,
- Science of Gymnastics Journal.

6.5. Wykaz członkostwa w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych wraz z informacją w pełnionych funkcjach

- Polskie Towarzystwo Antropologiczne (członek),
- ECSS (członek),
- FEBS (członek),
- Krajowa Izba Farmaceutyczna (członek – prawo wykonywania zawodu),
- Krajowa Izba Diagnostów Laboratoryjnych (członek – prawo wykonywania zawodu),
- Krajowa Izba Fizjoterapeutów (członek – prawo wykonywania zawodu).

7. Informacja w osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.

7.1. Udział w komitetach organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych i metodyczno-naukowych

- INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE "*Health and Education – Complementary Approach to Gymnastics*", 18-20.06.2015, AWFIS Gdańsk, Vice-przewodniczący konferencji,
- II INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE "*Morpho-biomechanical and psycho-physical aspects of youth lifestyle in V4 countries*", 10-11.10.2014, Bydgoszcz, Przewodniczący konferencji,
- I INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE "*Morpho-biomechanical and psycho-physical aspects of youth lifestyle in V4 countries*" 29th of November 2013, Bydgoszcz, Przewodniczący konferencji.

–

7.2. Uczestnictwo w konferencjach naukowych i metodyczno-naukowych

- Tytuł oryginału: "*The effect of vitamin D supplementation and Nordic Walking training on muscle strength and postural control in elderly population.*"
Tytuł całości: W: 24th Annual Congress of the European College of Sport Science (ECSS), 3-6 July 2019, Prague - Czech Republic,
- Tytuł oryginału: "*Postural control, inter-muscle coordination and muscle activity during handstand in young and adult gymnasts.*"
Tytuł całości: W: 24th Annual Congress of the European College of Sport Science (ECSS), 3-6 July 2019, Prague - Czech Republic,

- Tytuł oryginału: ***“Tissue content dependent physiological response after aerobic and anaerobic exercises in young man.”***
Tytuł całości: W: 25th Annual Congress of the European College of Sport Science, 28-30 October 2020; Cologne : European College of Sport Science, 2020,
- Tytuł oryginału: ***“Serum concentrations of formation (PINP) and resorption (CTX) bone turnover markers in association with vitamin D status in professional athletes.”***
Tytuł całości: W: 25th Annual Congress of the European College of Sport Science, 28-30 October 2020 : Cologne : European College of Sport Science, 2020,
- Tytuł oryginału: ***„Wpływ treningu hartowania przez niedokrwienie kończyn górnych na poziom możliwości anaerobowych i ekspresję genów ferrytyny.”***
Tytuł całości: W: OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA NAUKOWA „SPORT, ZDROWIE, EDUKACJA DZIECI I MŁODZIEŻY” 23.11.2018 r.
- Tytuł oryginału: ***“The ischemic preconditioning stimulus modifies inflammatory response in semi-professional long distance runners.”***
Tytuł całości: W: "Sport, health, education of children and youth" Lomza 4th December 2020
- Tytuł oryginału: ***“Single high dose of Vitamin D supplementation: A potential approach for reduction of ultramarathon-induced inflammation process.”***
Tytuł całości: W: "Sport, health, education of children and youth" Lomza 3th December 2021

7.3. Nagrody i wyróżnienia

- Odznaka „***Za Zasługi dla Sportu***” - stopień brązowy" wrzesień 2021r.,
- Nagroda za najlepszą pracę młodego naukowca na International Scientific Conference ***"Health-related training in human ontogeny*** AWFIS, Kolbuszowa, Polska 2017-06-02/03,
- Indywidualna Nagroda Rektora i stopnia za osiągnięcia naukowe i dydaktyczne w roku akademickim 2018/2019.

7.4. Promotorstwo prac licencjackich, magisterskich oraz przewodów doktorskich

W latach 2018 - 2022 promotorstwo 13 prac licencjackich z zakresu Nauk w Kulturze Fizycznej.

7.5. Działalność organizacyjna

W latach 2014 - 2018 współorganizacja imprez w ramach Bydgoskiego Festiwalu Nauki.

7.6. Monografie i rozdziały w monografiach

L.p.	Rok	Opis bibliograficzny	MEiN
1.	2013	Niespodziński B., Mieszkowski J. , Kochanowicz A., Muszkieta R. (red.). (2013). <i>Health, fitness and education in V4 countries</i> . Gdańsk: Wydaw. Athenae Gedanenses; Bydgoszcz: Kazimierz Wielki University. ISBN: 978-83-937869-9-2	5.000
2.	2015	Kochanowicz A., Niespodziński B., Mieszkowski J. , Żmudzka-Brodnicka M. (red.). (2015). <i>Sport, health and education: complementary approach to gymnastics</i> . Gdańsk: University of Physical Education and Sport. ISBN: 978-83-62390-57-1	5.000
Razem			10.000