

Załącznik Nr 4

AUTOREFERAT

Kandydata do stopnia doktora habilitowanego

Kinga Agnieszka Humińska-Lisowska

Akademia Wychowania Fizycznego im. Jędrzeja Śniadeckiego w Gdańsku

Wydział Kultury Fizycznej, Zakład Biologii Molekularnej

ul. Kazimierza Górskiego 1, 80-336 Gdańsk

GDAŃSK 2024

Spis treści

1	Imię i nazwisko	3
2	Posiadane dyplomy i stopnie naukowe lub artystyczne	3
2.1	Stopnie naukowe	3
2.2	Tytuły zawodowe	3
3	Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych	3
4	Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.)	4
4.1	Główne osiągnięcie naukowe stanowi jednotematyczny cykl 6 oryginalnych prac naukowych opublikowanych w recenzowanych czasopismach.	4
4.1.1	Tytuł głównego osiągnięcia naukowego	4
4.1.2	Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego z określeniem indywidualnego wkładu	4
4.1.3	Omówienie głównego osiągnięcia naukowego	7
4.2	Omówienie pozostałych osiągnięć naukowych	22
4.2.1	Odkrycie roli wolnokrążącego DNA komórkowego (cfDNA) jako potencjalnego biomarkera adaptacji sportowej	22
4.2.2	Odkrycie interakcji międzygenowych jako czynnika ochronnego przed nadwagą i otyłością: analiza polimorfizmów genów interleukin <i>IL1A</i> , <i>IL1B</i> , <i>IL1RN</i>	23
4.2.3	Odkrycie obecności bakteryjnego DNA we krwi zdrowych osób i pacjentów z sepsą jako przełom w diagnostyce mikrobiologicznej	24
4.2.4	Genomika sportowa i jej wpływ na zdrowie i aktywność fizyczną	25
5	Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej w szczególności zagranicznej	26
6	Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę	34
6.1	Promotor pomocniczy w przewodach doktorskich oraz opiekun doktorantów	34
6.2	Recenzent prac magisterskich	34
6.3	Opiekun staży naukowych oraz praktyk studenckich	35
6.4	Prowadzone zajęcia dydaktyczne	35
6.5	Pozostałe istotne pełnione funkcje	35
7	Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej	36
8	Analiza bibliometryczna	37

AUTOREFERAT

1 Imię i nazwisko

Kinga Agnieszka Humińska-Lisowska

2 Posiadane dyplomy i stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

2.1 Stopnie naukowe

- Stopień naukowy **doktora** w dziedzinie **nauk biologicznych** w **dyscyplinie biologia** nadany przez Radę Wydziału Biologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu 26.10.2018.

Tytuł rozprawy doktorskiej: „STATs, SOCSs jako markery dysfunkcji allograftu nerki – analiza ekspresji genów i polimorfizmów pojedynczego nukleotydu.”
Promotor: Prof. dr hab. Joanna Wesoły (Wydział Biologii, Laboratorium Technologii Wysokoprzepustowych).

Recenzenci: dr hab. Tomasz Wilanowski, prof. nadzw. (Instytut Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN, Pracownia Przekazywania Sygnału) oraz prof. dr hab. n. med. Andrzej Oko (Uniwersytet Medyczny w Poznaniu, Katedra i Klinika Nefrologii, Transplantologii i Chorób Wewnętrznych).

2.2 Tytuły zawodowe

- Tytuł zawodowy **diagnosty laboratoryjnego** nadany przez Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu w czerwcu 2011.
- Tytuł zawodowy **magistra biotechnologii** uzyskany na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu w czerwcu 2009.

Tytuł pracy magisterskiej: „Analiza zmienności nukleotydowych w wybranych eksonach genu *DNAI-1* wśród polskich chorych na PCD”.

Promotor: dr hab. n. med. Ewa Ziętkiewicz (Zespół Genetyki Molekularnej i Klinicznej Instytutu Genetyki Człowieka PAN w Poznaniu).

3 Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych

10.2018 – obecnie **Adiunkt, pracownik badawczo-dydaktyczny** w Zakładzie Biologii Molekularnej Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku zatrudniony w ramach umowy o pracę oraz **Koordynator Centrum Laboratoryjnego** AWFIS w Gdańsku

11.2017 – 11.2018 **Asystent, pracownik badawczo-dydaktyczny** w Zakładzie Biologii Molekularnej Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku zatrudniony w ramach umowy o pracę

Dodatkowe umowy w jednostkach naukowych:

- 01.12 – 30.12.2022** **Specjalista sekwencjonowania nowej generacji (NGS)** w Zakładzie Kolekcji Plazmidów i Drobnoustrojów na Wydziale Biologii Uniwersytetu Gdańskiego; zatrudnienie w ramach umowy zlecenie
- 04.05 – 31.07.2022** **Pracownik badawczy** zatrudniony w ramach umowy o dzieło o charakterze autorskim na Akademii Wychowania Fizycznego im. Bronisława Czecha w Krakowie
- 01.02 – 30.06.2022** **Pracownik badawczy** zatrudniony na Uniwersytecie Rzeszowskim w ramach umowy zlecenie jako wykonawca projektu PCI pt. „Zapobieganie urazom aparatu ruchu wśród osób aktywnych fizycznie z terenu Podkarpackiego na podstawie oceny ryzyka występowania różnych typów polimorfizmów kolagenowych.”

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

4.1 Główne osiągnięcie naukowe stanowi jednotematyczny cykl 6 oryginalnych prac naukowych opublikowanych w recenzowanych czasopismach.

4.1.1 Tytuł głównego osiągnięcia naukowego

„WPŁYW GENETYCZNYCH I EPIGENETYCZNYCH CZYNNIKÓW NA CECHY OSOBOWOŚCI I WYDAJNOŚĆ W SPORTACH WYCZYNOWYCH”

4.1.2 Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego z określeniem indywidualnego wkładu (Załącznik nr 7)

Publikacja 1 Huminska-Lisowska K, Stronska-Pluta A, Suchanecka A, Massidda M, Trybek G, Calo CM, Rzeszutko A, Reclaw R, Grzywacz A. *Association study of the Taq1D rs1800498 polymorphism of the DRD2 gene with personality traits in a group of athletes*. Balt J Health Phys Act. 2024;16(1):Article9. <https://doi.org/10.29359/BJHPA.16.1.09>

[IF = 0.800; MEiN = 70 pkt.]

Mój indywidualny wkład w powstanie tej pracy obejmował: sformułowanie koncepcji badawczej, opracowanie metodologii badań, zapewnienie zasobów do realizacji badań, pozyskanie i gromadzenie materiału badawczego, przeprowadzenie analiz molekularnych, przygotowanie danych do analizy, statystyczna analiza danych, sporządzenie manuskryptu, korektę manuskryptu i udzielenie odpowiedzi na uwagi recenzentów jako autor korespondencyjny, prezentację danych w manuskrypcie, planowanie i organizację badań, nadzór nad projektem badawczym. Udział procentowy całkowitego wkładu w powstanie publikacji na podstawie złożonych oświadczeń współautorów wynosi 65% (Załącznik 7a).

Publikacja 2 Humińska-Lisowska K, Chmielowiec J, Chmielowiec K, Niewczas M, Lachowicz M, Ciężczyk P, Masiak J, Strońska-Pluta A, Michałowska-Sawczyn M, Maculewicz E, Grzywacz A. *Associations of Brain-Derived Neurotropic Factor rs6265 Gene Polymorphism with Personality Dimensions among Athletes*. Int J Environ Res Public Health. 2022 Aug 7;19(15):9732. doi: 10.3390/ijerph19159732. PMID: 35955088; PMCID: PMC9367731.

[MEiN = 140 pkt.]

Mój indywidualny wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji i metodologii wykonania badań, zapewnieniu zasobów do realizacji badań, wykonaniu badań molekularnych, współudziale w przeprowadzeniu analiz statystycznych; a także samodzielnym sformułowaniu wniosków, przeprowadzeniu wizualizacji wyników badania, doborze piśmiennictwa z zakresu przedmiotu, napisaniu manuskryptu oraz przeprowadzeniu procesu edytorskiego. Udział procentowy całkowitego wkładu w powstanie publikacji na podstawie złożonych oświadczeń współautorów wynosi 62% (Załącznik 7b).

Publikacja 3 Humińska-Lisowska K, Chmielowiec K, Strońska-Pluta A, Chmielowiec J, Suchanecka A, Masiak J, Michałowska-Sawczyn M, Boroń A, Ciężczyk P, Grzywacz A. *Epigenetic Analysis of the Dopamine Transporter Gene DAT1 with a Focus on Personality Traits in Athletes*. Int J Mol Sci. 2023 May 18;24(10):8931. doi: 10.3390/ijms24108931. PMID: 37240274; PMCID: PMC10218950.

[IF = 5.600; MEiN = 140 pkt.]

Mój indywidualny wkład w powstanie tej pracy obejmował: sformułowanie koncepcji badawczej, opracowanie metodologii badań, zapewnienie zasobów do realizacji badań, pozyskanie i gromadzenie materiału badawczego, przygotowanie danych do analizy, statystyczną analizę danych, sporządzenie manuskryptu, korektę manuskryptu i sformułowanie odpowiedzi na recenzje. Udział procentowy całkowitego wkładu w powstanie publikacji na podstawie złożonych oświadczeń współautorów wynosi 75% (Załącznik 7c).

Publikacja 4 Humińska-Lisowska K, Chmielowiec K, Chmielowiec J, Strońska-Pluta A, Bojarczuk A, Dzitkowska-Zabielska M, Łubkowska B, Spieszny M, Surała O, Grzywacz A. *Association Between the rs4680 Polymorphism of the COMT Gene and Personality Traits among Combat Sports Athletes*. J Hum Kinet. 2023 Jul 6;89:89-99. doi: 10.5114/jhk/168789. PMID: 38053955; PMCID: PMC10694709.

[IF = 2.300; MEiN = 140 pkt.]

Mój indywidualny wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji i metodologii przeprowadzenia badań, zapewnieniu zasobów do realizacji badań, zarządzaniu projektem, współudziale w przeprowadzeniu analiz statystycznych; a także samodzielnym sformułowaniu wniosków, doborze piśmiennictwa z zakresu przedmiotu, napisaniu manuskryptu oraz przeprowadzeniu procesu edytorskiego. Udział procentowy całkowitego wkładu w powstanie publikacji na podstawie złożonych oświadczeń współautorów wynosi 60% (Załącznik 7d).

Publikacja 5 Humińska-Lisowska K, Chmielowiec J, Chmielowiec K, Strońska A, Ciężczyk P, Spieszny M, Masiak J, Lachowicz M, Surąła O, Grzywacz A. Association between polymorphism rs6295 of HTR1A serotonin receptor gene and personality traits among athletes of combat sport. Biol Sport. 2024 Jan;41(1):295-303. doi: 10.5114/biol sport.2024.129478. Epub 2023 Sep 20. PMID: 38188111; PMCID: PMC10765443.

[IF = 5.600; MEiN = 140 pkt.]

Mój indywidualny wkład w powstanie tej pracy obejmował: sformułowanie koncepcji badawczej, opracowanie metodologii badań, zapewnienie zasobów do realizacji badań, pozyskanie i gromadzenie materiału badawczego, przeprowadzenie analiz molekularnych, przygotowanie danych do analizy, statystyczna analiza danych, sporządzenie manuskryptu, korektę manuskryptu i udzielenie odpowiedzi na uwagi recenzentów jako autor korespondencyjny, prezentację danych w manuskrypcie, planowanie i organizację badań, nadzór nad projektem badawczym. Udział procentowy całkowitego wkładu w powstanie publikacji na podstawie złożonych oświadczeń współautorów wynosi 75% (Załącznik 7e).

Publikacja 6 Fichna JP*, Humińska-Lisowska K*, Safranow K, Adamczyk JG, Ciężczyk P, Żekanowski C, Berdyński M. Rare Variant in the SLC6A2 Encoding a Norepinephrine Transporter Is Associated with Elite Athletic Performance in the Polish Population. Genes (Basel). 2021 Jun 15;12(6):919. doi: 10.3390/genes12060919. PMID: 34203885; PMCID: PMC8232774.

[IF = 4.141; MEiN = 100 pkt.]

* równoważny pierwszy autor

Mój indywidualny wkład w powstanie tej pracy polegał na walidacji procedury laboratoryjnej, przeprowadzeniu analiz molekularnych, analizie części uzyskanych wyników, analizie piśmiennictwa, tworzeniu manuskryptu, korekcie manuskryptu po uwagach recenzentów. Udział procentowy całkowitego wkładu w powstanie publikacji na podstawie złożonych oświadczeń współautorów wynosi 57% (Załącznik 7f).

Sumaryczny Impact Factor dla jednotematycznego cyklu publikacji: 18.441

Sumaryczna punktacja MEiN dla jednotematycznego cyklu publikacji: 730.000

We wszystkich przedstawionych pracach mój udział był wiodący na każdym etapie ich przygotowania: koncepcji badawczej, pracach laboratoryjnych, gromadzenia i analizy danych, ich interpretacji oraz opracowania merytorycznego i edytorskiego. Udział własny oraz każdego ze współautorów został przedstawiony w załączniku nr 7.

4.1.3 Omówienie głównego osiągnięcia naukowego

Badania naukowe, opisane w w/w publikacjach zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach grantów:

- OPUS11 nr 2016/21/B/NZ7/01068 zatytułowanego „Analiza genotypowa, haplotypowa i poziom metylacji wybranych genów w kontekście dopaminergicznej teorii motywacji do działania i poszukiwania mocnych wrażeń u sportowców trenujących różne dyscypliny sportowe”. Kierownik projektu: prof. dr hab. Paweł Cięszczyk
- OPUS14 nr 2017/27/B/NZ7/00204 zatytułowanego „Poszukiwanie nowych genów warunkujących predyspozycje do wykonywania określonych rodzajów wysiłku fizycznego.” Kierownik projektu: prof. dr hab. Paweł Cięszczyk

4.1.3.1 Założenia teoretyczne

4.1.3.1.1 Wstęp

Zrozumienie czynników wpływających na sukces w sporcie jest kluczowe w obliczu wszechobecnej presji na osiągnięcia. Pytanie, co determinuje nasze zachowania i wybory - geny, środowisko, osobowość czy trening - skłania do refleksji. Dlaczego jedni sportowcy osiągają spektakularne sukcesy, a inni nie, mimo podobnych warunków? Kluczem jest złożony wpływ neurobiologiczny, obejmujący działanie neuroprzekaźników, takich jak dopamina, norepinefryna, czy serotonina. Geny kodujące te neuroprzekaźniki są istotne dla predyspozycji sportowych.

Dopamina wpływa na motywację, skupienie i poszukiwanie nagród, co może zwiększać motywację sportową [1]. Norepinefryna, poprawia koncentrację i wydolność organizmu podczas intensywnych ćwiczeń, poprawiając przepływ krwi i dostarczanie tlenu do mięśni [2]. Serotonina, wpływając na nastrój, sen i apetyt, przyczynia się do lepszego odzyskiwania sił i regeneracji [3]. Dodatkowo, czynnik neurotroficzny pochodzenia mózgowego (BDNF, ang. Brain-Derived Neurotrophic Factor) wspiera proces uczenia się nowych technik i umiejętności [4].

Rozwój nauk o kulturze fizycznej i postęp technologii sekwencjonowania DNA umożliwiają lepsze zrozumienie wpływu genetyki na predyspozycje sportowe. Psychogenetyka sportowa, łącząca genetykę, psychologię i nauki o kulturze fizycznej, bada, jak genetyczne i epigenetyczne czynniki wpływają na cechy osobowości, temperament i wyniki sportowe, co jest podstawą mojego cyklu badań.

4.1.3.1.2 Markery genetyczne i psychogenetyczne w sporcie

Zrozumienie zależności między genetyką, a osiągnięciami sportowymi jest jednym z kluczowych wyzwań nauk o kulturze fizycznej. Odkrycie genu *ACE* (ang. Angiotensin-Converting Enzyme) w 1998 roku zapoczątkowało intensywne badania nad genetyką sportową [5]. W ciągu ostatnich dekad, liczba zidentyfikowanych genów kandydujących oraz potwierdzonych markerów genetycznych znacząco wzrosła. Badania Bray'a i współpracowników w 2009 roku wskazywały na 232 geny wpływające na osiągnięcia sportowe [6]. Do 2023 roku, [7] lista ta rozszerzyła się do 251 markerów genetycznych, z czego 128 miało pozytywny związek ze statusem sportowca (41 związanych z wytrzymałością, 45 z siłą mięśniową, a 42 z siłą fizyczną). To podkreśla,

jak genetyka wpływa na różnorodne aspekty kondycji fizycznej, co jest kluczowe dla optymalizacji treningu sportowego. Lista markerów genetycznych nie jest stała i podlega ciągłym zmianom, co wynika ze złożoności interakcji genetycznych i środowiskowych oraz poligenicznej natury wielu cech istotnych dla sportu [6].

Badania nad markerami genetycznymi wpływającymi na cechy fizyczne są ważne, ale równie istotne jest zrozumienie wpływu genetyki na aspekty psychologiczne osiągnięć sportowych. **Psychogenetyka sportowa bada wpływ polimorfizmów DNA na odporność psychiczną, motywację, skupienie i radzenie sobie ze stresem.** Analiza genetyczna pozwala na zrozumienie, jak czynniki genetyczne i epigenetyczne wpływają na cechy osobowości oraz wydajność w sporcie. Osiągnięcia sportowe wynikają ze złożonej interakcji genów i środowiska. Odziedziczalność kluczowych cech potrzebnych do osiągnięcia wysokiej wydajności w sporcie często przekracza 50%, ale nie osiąga 100%, co podkreśla również znaczenie środowiska [8]. Badania DeMoor i wsp. [9] dowodzą, iż predyspozycje sportowe są cechą dziedziczną na poziomie średnio 66%. Indywidualne różnice wynikają zarówno z genetycznej zmienności, jak i epigenetycznych zmian w ekspresji genów. Dowody naukowe wskazują, że geny mają większy wpływ na osiągnięcia sportowe niż środowisko. Choć trening jest bardzo ważny, tylko osoby z wrodzonymi zdolnościami mogą osiągnąć elitarny poziom w sporcie [10].

4.1.3.1.3 Epigenetyka w sporcie

Epigenetyka bada dynamiczne zmiany w metylacji DNA pod wpływem czynników środowiskowych, takich jak np. dieta i aktywność fizyczna. Zmiany epigenetyczne, takie jak metylacja DNA, wpływają na ekspresję genów i mogą modulować adaptację do wysiłku fizycznego oraz cechy osobowości [11], [12], [13]. Metylacja DNA odgrywa kluczową rolę w zrozumieniu, jak genetyka wpływa na predyspozycje do osiągnięć sportowych, tworząc most między genetyką a środowiskiem.

Zmiany w metylacji DNA odpowiadają na aktywność neuronalną, wpływając na plastyczność synaptyczną oraz procesy uczenia się i pamięci, co stanowi kluczowy mechanizm w adaptacji mózgu do treningu. Wstępne badania z 2012 roku wykazały obniżenie metylacji DNA w określonych genach już po 20 minutach intensywnego wysiłku wytrzymałościowego, wskazując na szybką dynamikę tych zmian [14].

Interesującym obszarem jest analiza różnic płciowych w odpowiedziach epigenetycznych na ćwiczenia, z uwzględnieniem roli enzymów metylujących (DNMT, ang. DNA Methyltransferase) i demetylujących DNA (TET, ang. Ten-Eleven Translocation family proteins). Wstępne badania sugerują, że ekspresja tych enzymów może różnić się między płciami, co wpływa na adaptację mięśni do treningu [13], [15], [16]. Metaanaliza z 2019 roku [15] uwzględniająca 16 badań zidentyfikowała 478 miejsc, które ulegają zmianom metylacji po wysiłku fizycznym.

Jednak badań dotyczących epigenetyki, szczególnie metylacji DNA u sportowców, jest niewiele. Zmiany epigenetyczne mogą modulować aktywność genów w zależności od polimorfizmów, wpływając na funkcjonalność genów w odpowiedzi na środowisko treningowe. Badania nad metylacją DNA w regionach promotorowych genów regulujących metabolizm energetyczny, adaptację mięśniową, procesy myślowe, odporność na stres i koncentrację ujawniają,

jak ćwiczenia fizyczne mogą wpływać na ekspresję genów na poziomie molekularnym. To zrozumienie otwiera nowe perspektywy dla indywidualnie dostosowanych programów treningowych, uwzględniając profile psychogenetyczne sportowców.

4.1.3.1.4 Geny istotne z punktu psychogenetyki w sporcie

W badaniach psychogenetyki sportowej istotnym założeniem jest fakt, iż polimorfizm określonego genu może wpływać na cechy poznawcze (np. pamięć, typ myślenia, czas reakcji, uwagę) oraz cechy osobowości (np. agresję, motywację, temperament) sportowca. Ważne jest zrozumienie molekularnych mechanizmów centralnego i obwodowego układu nerwowego. Geny wpływające na odporność na stres, uwagę, czas reakcji i adaptację do zmian są związane z systemami neurotransmiterów, szczególnie z systemami serotonergicznym i dopaminergicznym.

Otwartość na doświadczenia i poszukiwanie nowych wrażeń są częściowo determinowane przez warianty genów układu dopaminergicznego. Dopamina, jako główny neuroprzekaźnik, reguluje motywację, nagrodę, koncentrację i zdolności motoryczne, co przekłada się na wyniki sportowe. W moim cyklu habilitacyjnym skoncentrowałam się na m.in. genach *DRD2* (**publikacja 1**), *DAT1* (**publikacja 3**) oraz *COMT* (**publikacja 4**), które odgrywają kluczowe role w działaniu układu dopaminergicznego.

Transporter dopaminowy, kodowany przez gen *DAT1* (ang. Dopamine Transporter D1), jest odpowiedzialny za wychwyt zwrotny dopaminy z przestrzeni synaptycznej, co reguluje jej dostępność i działanie na poziomie neuronalnym. Jego działanie podkreśla fakt, że jest hamowany przez substancje psychoaktywne, takie jak kokaina, co prowadzi do zwiększenia stężenia dopaminy w synapsach i objawów nadpobudliwości [17]. Różnorodność wariantów genetycznych w genie *DAT1* może wpłynąć na efektywność wychwyty dopaminy, co może mieć wpływ na adaptację psychiczną do treningu i wydajność neurologiczną sportowców.

Gen *COMT* (ang. Catechol-O-Methyltransferase), koduje enzym katechol-O-metylotransferazę, który degraduje dopaminę. Polimorfizmy w tym genie wpływają na wytrzymałość psychiczną i zdolności poznawcze, szczególnie pod wpływem stresu. Polimorfizm rs4680 (Val/Met) różnicuje osoby w zależności od reakcji na stres, co jest istotne w kontekście sportów walki, gdzie genotyp G/G (wojownik) jest korzystny [18].

Z kolei receptor dopaminy D2, kodowany przez gen *DRD2* (ang. Dopamine Receptor D2), moduluje odpowiedzi neuronalne na dopaminę. Polimorfizmy w tym genie determinują różnice w przetwarzaniu informacji i reakcjach emocjonalnych, co jest kluczowe w sportach wymagających szybkich decyzji i odporności psychicznej. Na przykład, allel G polimorfizmu rs1076560 wpływa na wydajność w zadaniach związanych z motorycznym uczeniem się [25]. Innym polimorfizmem tego genu, *DRD2* Tag1B rs1079597, wykazano związek z zawodnikami sztuk walki, gdzie genotyp C/C oraz allel C występowały znacząco częściej niż genotyp T/T i allel T w porównaniu z grupą kontrolną.

Układ serotonergiczny (**publikacje 5 i 6**) wpływa na zachowania, nastroje i reakcje emocjonalne. Serotonina reguluje procesy poznawcze, sen, pobudzenie, emocje oraz percepcję bólu [19]. Gen transportera serotoniny *SLC6A4* (ang. Solute Carrier family 6 member 2),

jest związany z regulacją emocji i agresji. Polimorfizm 5-HTTLPR (ang. serotonin-transporter-linked polymorphic region), w regionie promotorowym genu *SLC6A4*, wpływa na cechy osobowości i reakcje emocjonalne. Genotyp SS wiąże się z ukrytą agresją, natomiast genotyp LL występuje częściej u sportowców wytrzymałościowych, co wpływa na lepszą odporność na stress [20]. Tymczasem wyższą częstość genotypu LL obserwuje się u sportowców wytrzymałościowych. Sugeruje się, że obecność allelu L, związana z większą efektywnością transkrypcyjną transportera, prowadzi do zwiększonego wiązania serotoniny, co z kolei przekłada się na wyższą ekspresję mRNA oraz dostępność serotoniny, a tym samym może wpływać na lepszą odporność na stres.

W moim cyklu habilitacyjnym skupiłam się także na genie *BDNF* (**publikacja 2**), który reguluje neuroplastyczność i adaptację neuronów. Polimorfizm rs6265 *BDNF* (Val66Met) wpływa na poziom BDNF po wysiłku fizycznym, co moduluje zdolności adaptacyjne mięśni i efektywność ruchów dynamicznych [21]. To z kolei moduluje zdolności adaptacyjne mięśni do aktywacji odpowiednich i efektywność ruchów dynamicznych, jak skoki czy sprinty [22]. Sportowcy uprawiający dyscypliny ekstremalne częściej posiadają genotyp związany z wariantem waliny, co może sugerować większą skłonność do podejmowania działań wysokiego ryzyka [23]. Badania nad tym polimorfizmem podkreślają jego znaczenie w adaptacji do stresu i motywacji do ćwiczeń, co ma bezpośredni wpływ na zarządzanie emocjami i stresem w sporcie, umożliwiając osiągnięcie optymalnych wyników [24].

Zaobserwowano liczne związki między genami układu dopaminergicznego i serotonergicznego a postawą wobec aktywności fizycznej, co stanowi fundament dla rozwijania wiedzy o wpływie genetycznie uwarunkowanych cech osobowości na sukcesy sportowe. Zrozumienie mechanizmów genetycznych i epigenetycznych, które wpływają na adaptację do wysiłku fizycznego oraz cechy osobowości sportowców, jest kluczowym elementem rozwoju nauk o kulturze fizycznej.

Psychogenetyka sportowa jest nową dziedziną, w której wciąż jest wiele do odkrycia. Cykl badań, który przeprowadziłam, koncentruje się na identyfikacji markerów genetycznych i epigenetycznych wpływających na wydajność sportową oraz rozwój cech psychologicznych. Integracja genetyki, epigenetyki i psychologii sportowej otwiera nowe perspektywy dla optymalizacji treningów i selekcji sportowej. Dzięki zastosowaniu wiedzy psychogenetycznej możliwe jest nie tylko zwiększenie efektywności treningów, ale także lepsze dostosowanie metod szkoleniowych do indywidualnych predyspozycji genetycznych sportowców. Moje badania poszerzają wiedzę naukową z dziedziny nauk o kulturze fizycznej i stanowią krok ku przyszłości sportu, umożliwiając dalsze eksplorowanie zależności między genami a funkcjonowaniem sportowców.

4.1.3.2 Cel badań

Cykl habilitacyjny koncentruje się na zrozumieniu wpływu genów i zmian epigenetycznych na adaptację do wysiłku fizycznego oraz cech osobowości u sportowców. Poprzez analizę różnych polimorfizmów genetycznych i profili metylacji DNA, projekt ma na celu zidentyfikowanie markerów genetycznych i epigenetycznych, które mogą wpływać na wydajność sportową i cechy

psychiczne. Przeprowadzono szereg istotnych badań, które mają **kluczowe znaczenie dla zrozumienia genetycznych determinantów adaptacji do wysiłku fizycznego oraz ich związku z cechami osobowości i wytrzymałością psychiczną sportowców**. W erze rosnącego zainteresowania wpływem genetyki na sukcesy sportowe, moje prace badawcze stanowią znaczący wkład w identyfikację kluczowych genów i polimorfizmów, które mogą determinować wybitne osiągnięcia w dziedzinie sportu, jak również determinować zachowania człowieka, osobowość, a nawet poczucie szczęścia i zadowolenia.

4.1.3.3 Cele szczegółowe

- zbadanie związku między polimorfizmem rs1800498 genu *DRD2* a cechami osobowości sportowców w kontekście genetycznych uwarunkowań ich osiągnięć sportowych i profiliów psychologicznych (publikacja P-1),
- analiza związku między polimorfizmem rs6265 w genie *BDNF* a wymiarami osobowości istotnymi dla osiągnięć sportowych, w tym neurotyczność, ekstrawersję, otwartość na doświadczenia, sumienność i ugodowość, w grupie sportowców uprawiających sztuki walki oraz grupie kontrolnej (publikacja P-2),
- ocenę stanu metylacji 33 wysp CpG zlokalizowanych w regionie promotorowym genu transportera dopaminy *DAT1* w kontekście cech osobowości i osiągnięć sportowych (Publikacja P-3),
- zbadanie związku między polimorfizmem rs4680 genu *COMT* a cechami osobowości u sportowców uprawiających sporty walki (publikacja P-4),
- przeprowadzenie szczegółowej analizy w celu odkrycia potencjalnego związku między polimorfizmem rs6295 genu receptora serotoniny *HTR1A* (ang. 5-ydroxytryptamine receptor 1A) a cechami osobowości u zawodników mieszanych sztuk walki (MMA) (publikacja P-5),
- analiza wpływu polimorfizmów w genach *SLC6A2* oraz *SYNE1* (ang. Spectrin repeat containing Nuclear Envelope protein 1) na funkcje poznawcze i wytrzymałość psychiczną, mających znaczenie dla osiągania wybitnych wyników w różnych dyscyplinach sportowych, takich jak sporty wytrzymałościowe, siłowe oraz sporty walki, wśród grupy elitarnych sportowców (publikacja P-6).

4.1.3.4 Uczestnicy badań

Badania przedstawione w sześciu publikacjach, stanowiących osiągnięcie naukowe, miały charakter kliniczno-kontrolny. Wzięło w nich udział od 106 do 890 (publikacje 1: 159, 2: 106, 3: 163, 4: 258, 5: 250, 6: 890) niespokrewnionych ze sobą (mieszkańcy Polski) sportowców o wybitnych osiągnięciach na poziomie krajowym i międzynarodowym (sportowcy sportów walki, wytrzymałościowi, siłowi) oraz 152 - 1009 (publikacje 1: 232, 2: 152, 3: 232, 4: 278, 5: 209, 6: 1009) zdrowych osób nietreningujących z grupy kontrolnej, którzy spełniali wszystkie kryteria kwalifikacyjne do udziału w eksperymentach. Do badań włączono uczestników obu płci (kobiety i mężczyźni), którzy po zapoznaniu się z pisemną informacją na temat badań (dotyczącą celu badania, stosowanych procedur, korzyści i zagrożeń) wyrazili świadomą zgodę na udział w badaniach. Procedury badań sporządzono zgodnie z zasadami Deklaracji Helsińskiej, a także z zachowaniem obowiązujących norm etycznych. Procedury zostały zaakceptowane przez

Komisję Etyki Badań Naukowych Akademii Wychowania Fizycznego w Warszawie, Komisję Bioetyczną przy Okręgowej Izbie Lekarskiej w Szczecinie, Komisję Bioetyczną Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie oraz Komisję Bioetyczną przy Okręgowej Izbie Lekarskiej w Gdańsku (SKE 01-50/2012, 13/KB/VI/2016, KB-0012/106/16 oraz KB 14/19). Sportowców rekrutowano spośród zawodników klasy mistrzowskiej w Polsce bez wcześniejszej historii uzależnień lub psychozy.

4.1.3.5 Metody badań

Metodologia prezentowana w cyklu artykułów osiągnięcia naukowego obejmowała kompleksowe podejście do badania wpływu genetyki na cechy osobowości i adaptację sportową. Na wstępie przeprowadzono szczegółowy wywiad diagnostyczny oraz psychologiczny z uczestnikami badania, który służył wypełnieniu zaawansowanych narzędzi psychometrycznych. Użyto między innymi Inwentarza Osobowości NEO-FFI (ang. NEO Five-Factor Inventory) oraz Zrewidowanego Kwestionariusza Temperamentu i Charakteru TCI-R (ang. the Revised Temperament and Character Inventory). Pozwoliło to na szczegółową analizę ich profilu osobowościowego. Kolejnym etapem było pobranie materiału biologicznego z nabłonka jamy ustnej lub z leukocytów krwi obwodowej uczestników, z którego następnie wyizolowano DNA zgodnie ze standardowymi protokołami. Wyizolowany materiał genetyczny poddano procesowi genotypowania przy użyciu reakcji PCR w czasie rzeczywistym lub przeprowadzono analizy epigenetyczne, w zależności od specyfiki poszczególnych projektów badawczych. Genotypowanie polimorfizmów pojedynczego nukleotydu (ang. Single Nucleotide Polymorphism, SNP) realizowano przy użyciu aparatury CFX96 (BioRad, USA) lub Light Cycler® 480 (Roche Diagnostics, Niemcy), stosując technikę real-time PCR. Selekcja genów kandydujących i miejsc polimorficznych opierała się na gruntownej analizie literatury, badaniach własnych oraz analizie baz danych genetycznych, np. NCBI (ang. National Center for Biotechnology Information), Ensembl, GeneCard.

4.1.3.6 Analizy statystyczne

Zastosowano kompleksowe metody analizy statystycznej do oceny wpływu genetyki na cechy osobowości i adaptację sportową. Analiza obejmowała test Chi-kwadrat, dokładny test Fishera, oraz sprawdzanie zgodności z równowagą Hardy'ego-Weinberga za pomocą dedykowanego oprogramowania. Wieloczynnikowa analiza ANOVA (ang. Analysis Of Variance) posłużyła do zbadania związków między genotypami a cechami osobowości, z zastosowaniem korekty Bonferroniego dla wielokrotnych porównań. Test Mann-Whitneya U wykorzystano do porównywania grup pod kątem cech osobowości i poziomów metylacji DNA, zaś korelacje Pearsona pozwoliły na ocenę związku między metylacją, a cechami osobowości. Analizy przeprowadzono przy użyciu oprogramowania STATISTICA 13, z zachowaniem odpowiednich kryteriów istotności statystycznej, dbając o zachowanie homogenności wariancji i rozkładu normalnego zmiennych.

4.1.3.7 Omówienie wyników prac wskazanych jako szczególne osiągnięcie naukowe

W publikacji nr 1 (P-1) zatytułowanej „Association study of the *Taq1D* rs1800498 polymorphism of the *DRD2* gene with personality traits in a group of athletes” zbadano związek między

polimorfizmem rs1800498 genu receptora dopaminy *DRD2* a cechami osobowości wśród sportowców, eksplorując genetyczne podstawy osiągnięć sportowych i cech psychologicznych. Podjęcie badań nad polimorfizmami genu *DRD2* wynika z kluczowej roli, jaką odgrywa układ dopaminergiczny w mózgu. Biorąc pod uwagę, że dopamina nie ustala granic dla dobrego samopoczucia, a jej podstawową zasadą jest "domaganie się o więcej", badanie genu *DRD2* pozwala na głębsze zrozumienie mechanizmów stojących za różnicami indywidualnymi w poszukiwaniu nagród i motywacji, zarówno w kontekście sportowym, jak i w zachowaniach ryzykownych czy uzależnieniach.

Niniejsze badanie objęło 391 uczestników, w tym 159 sportowców (karate $n = 30$; judo $n = 29$; boks $n = 24$; zapasy $n = 25$; ju-jitsu $n = 25$; siatkówka, $n = 11$; liga piłki ręcznej $n = 15$) i 232 osób kontrolnych, nietreningujących. Metodyka obejmowała analizę polimorfizmu Taq1D rs1800498 genu *DRD2* oraz ocenę wymiarów osobowości przy użyciu standaryzowanego kwestionariusza NEO-FFI. **Pięcioczynnikowy Inwentarz Osobowości NEO FFI** ocenia neurotyczność (tendencję do doświadczania negatywnych emocji), ekstrawersję (skłonność do bycia towarzyskim i energicznym), otwartość na doświadczenia (gotowość na nowe idee i kreatywne podejścia), ugodowość (tendencja do bycia współpracującym i altruistycznym) oraz sumienność (dążenie do skrupulatności i organizacji). Każdy z tych wymiarów charakteryzuje różne aspekty ludzkiej psychiki i zachowania, dostarczając cennych informacji na temat indywidualnych różnic osobowościowych.

Wyniki wskazały na znaczące różnice w genotypach i częstościach alleli między sportowcami a grupą kontrolną. Wyższe wyniki w skali ekstrawersji NEO-FFI (6.79 w porównaniu do 6.37; $Z = 2.020$; $p = 0.0434$) oraz w skali sumienności NEO-FFI (7.18 w porównaniu do 5.88; $Z = -5.803$; $p \leq 0.000$) u sportowców były związane z występowaniem allelu T oraz genotypu T/T polimorfizmu Taq1A rs1800498 genu *DRD2*. Allel T występował częściej u sportowców (71%) niż w grupie kontrolnej (56%), a genotyp T/T był obserwowany u 57% sportowców w porównaniu do 30% w grupie kontrolnej.

Badanie potwierdziło, iż czynniki genetyczne, w szczególności polimorfizm *DRD2* Taq1D rs1800498, są związane z cechami osobowości, które mogą wpływać na osiągnięcia sportowe, dostarczając wglądu w rolę genów receptorów dopaminy w kształtowaniu kluczowych cech osobowości.

W **publikacji nr 2 (P-2)** zatytułowanej "*Associations of Brain-Derived Neurotrophic Factor rs6265 Gene Polymorphism with Personality Dimensions among Athletes*", przeanalizowano związek między polimorfizmem rs6265 genu *BDNF* a wymiarami osobowości wśród sportowców uprawiających sztuki walki.

Celem badania było zbadanie, czy istnieje związek między specyficznym polimorfizmem rs6265 w genie *BDNF*, a określonymi wymiarami osobowości, które są ważne dla wyników w sporcie, takimi jak neurotyczność, ekstrawersja, otwartość na doświadczenie, sumienność, ugodowość. Badanie przeprowadzono na grupie 258 ochotników, w tym 106 sportowców uprawiających sztuki walki i 152 osób kontrolnych, nietreningujących.

Wyniki wykazały, że sportowcy uprawiający sztuki walki z genotypem G/G w porównaniu z grupą kontrolną z tym samym genotypem wykazywali znacząco wyższy poziom sumienności. Dodatkowo, u sportowców stwierdzono istotnie wyższe wyniki w wymiarach ekstrawersji ($p = 0.0405$) i sumienności ($p < 0.0001$) w porównaniu z grupą kontrolną. Analiza 2×3 ANOVA ujawniła statystycznie istotny wpływ współdziałającego czynnika genotypu *BDNF* rs6265 na sportowców uprawiających sztuki walki w porównaniu z osobami kontrolnymi.

Badanie to podkreśla, że połączenie analizy wymiarów osobowości z genetyką, jak ma to miejsce w przypadku polimorfizmu genu *BDNF* związanego z neuroplastycznością, wskazuje, że aspekty neurobiologiczne są kluczowe w kształtowaniu mistrzów sportowych. Stwierdzono, że genotyp G/G predysponuje do wyższego stopnia sumienności wśród sportowców.

W publikacji nr 3 (P-3), zatytułowanej "*Exercise-induced epigenetic modifications in the promoter of the dopamine transporter gene are associated with personality traits in athletes and non-athletes*", skupiono się na złożonych interakcjach pomiędzy epigenetycznymi modyfikacjami wywołanymi przez ćwiczenia a cechami osobowości. Badanie to koncentruje się na ocenie metylacji w regionie promotora genu *DAT1*, który odgrywa istotną rolę w regulacji uwalniania dopaminy („hormonu motywacji do działania i poszukiwania wrażeń”), kluczowego neuroprzekaźnika mającego wpływ na różne aspekty zachowania i osobowości. Precyzyjniej rzecz ujmując, praca ta bada specyficzne zmiany w metylacji w regionie promotora genu *DAT1* i ich związek z różnicami w cechach osobowości, mierzonymi za pomocą kwestionariusza NEO-FFI, wśród grupy sportowców i osób nieuprawiających sportu.

Badanie obejmowało 163 sportowców i 232 osoby z grupy kontrolnej nieuprawiające sportu, z zastosowaniem szczegółowej analizy stanów metylacji w wielu miejscach CpG w regionie promotora *DAT1*. Moje badania wykazały, że istnieją znaczące różnice w profilach metylacji między sportowcami a osobami nieangażującymi się w regularne ćwiczenia fizyczne, wskazując na znaczący wpływ aktywności fizycznej na psychologiczne aspekty osobowości. Wśród sportowców odnotowano wyższy poziom metylacji w 18 z 33 miejsc CpG oraz wzrost całkowitej liczby zmetylowanych wysp CpG (56,70%) w porównaniu z grupą kontrolną (42,85%).

Poza analizą epigenetyczną, badanie również wykazało, że sportowcy uzyskali znacząco wyższe wyniki w skalach ekstrawersji ($p = 0,0312$) i sumienności ($p < 0,00001$) inwentarza osobowości NEO-FFI w porównaniu z grupą kontrolną. Wykryto również znaczące korelacje pomiędzy całkowitą metylacją a wynikami w skalach ekstrawersji NEO-FFI ($r = 0,174$; $p = 0,027$) i ugodowości NEO-FFI ($r = 0,158$; $p = 0,044$) wśród sportowców. Te szczegółowe obserwacje wskazują, że metylacja poszczególnych miejsc CpG w regionie promotora genu *DAT1* może mieć istotny związek ze specyficznymi cechami osobowości.

Odkrycia te podkreślają rolę epigenetyki w kształtowaniu cech osobowości i wskazują na nowe możliwości badawcze w zakresie wpływu zmian molekularnych na zachowania i osiągnięcia sportowe. Praca ta prezentuje **nowy kierunek w badaniach nad biologicznymi mechanizmami regulacji uwalniania dopaminy i cech osobowości u osób uprawiających sport**. Poprzez połączenie analizy epigenetycznej z oceną osobowości, praca wnosi cenny wkład w zrozumienie, jak zmiany na poziomie molekularnym mogą przekładać się na różnice

w zachowaniu i osiągnięciach. Niniejsza publikacja podkreśla znaczenie dalszych badań nad wpływem epigenetyki na cechy osobowości i osiągnięcia sportowe, otwierając nowe możliwości dla przyszłych strategii w zakresie treningu i rozwoju osobistego sportowców.

W **artykule nr 4 (P-4)**, zatytułowanym "*Association Between the rs4680 Polymorphism of the COMT Gene and Personality Traits among Combat Sports Athletes*", przeprowadzono szczegółową analizę mającą na celu zbadanie związku między polimorfizmem rs4680 genu *COMT* a profilem psychologicznym zawodników sportów walki. Gen *COMT* odgrywa kluczową rolę, będąc odpowiedzialnym za degradację katecholamin, co wiąże się z dostępnością dopaminy w mózgu i ma związek z różnymi rolami psychologicznymi, takimi jak funkcje poznawcze, odpowiedź na lęk i stres.

Jednym z kluczowych aspektów funkcji genu *COMT*, jest polimorfizm pojedynczego nukleotydu rs4680, znany z tego, że odgrywa istotną rolę w aktywności enzymatycznej kory przedczołowej i funkcji poznawczych. Zmiana z nukleotydu G na A w rs4680 powoduje substytucję waliny na metioninę w kodonie 158, prowadząc do istotnych zmian w działaniu enzymu, gdzie forma Val wiąże się z niższymi poziomami dopaminy spowodowanymi większą aktywnością enzymu w porównaniu z formą Met.

Badanie objęło 258 sportowców uprawiających sporty walki oraz 278 zdrowych mężczyzn stanowiących grupę kontrolną. Właściwości psychometryczne oceniano za pomocą kwestionariusza TCI-R. **Kwestionariusz TCI-R** to narzędzie psychometryczne, które bada cztery wymiary temperamentu i trzy wymiary charakteru. Temperament odnosi się do wrodzonych, automatycznych reakcji emocjonalnych i behawioralnych, które są relatywnie stałe w czasie, takich jak poszukiwanie nowości, unikanie szkód, uzależnienie od nagrody i wytrwałość. Z kolei charakter opisuje cechy osoby kształtowane przez doświadczenia społeczne i osobiste wartości, w tym samokierowanie (zdolność do regulacji zachowania w celu adaptacji), skłonność do współpracy oraz autotranscendencję, czyli zdolność do przekraczania osobistych granic na rzecz większego celu. Kwestionariusz ten umożliwia głębsze zrozumienie kompleksowych cech psychologicznych, które mogą wpływać na różnorodne dziedziny życia, w tym na osiągnięcia sportowe, dostosowywanie strategii treningowych i rozwój osobisty sportowców.

Wyniki wskazały istotny statystycznie związek między polimorfizmem *COMT* rs4680, a profilem psychologicznym sportowców uprawiających sporty walki. Wykazano znaczący wpływ złożonego czynnika genotypu G/G (Val/Val) *COMT* rs4680 na poszukiwanie nowości ($p = 0.0028$), samokontrolę ($p = 0.0012$) oraz zdolności do autotranscendencji ($p = 0.00009$) wśród zawodników sportów walki.

Niniejsza praca podkreśla złożoność związku między genetyką a psychologicznymi aspektami osiągnięć sportowych, wskazując na potrzebę integracji różnych dziedzin wiedzy w celu pełniejszego zrozumienia determinantów sukcesu w sportach walki.

W **publikacji nr 5 (P-5)**, zatytułowanej "*Association between polymorphism rs6295 of HTR1A serotonin receptor gene and personality traits among athletes of combat sport*", przeprowadzono dogłębną analizę mającą na celu odkrycie potencjalnego związku między polimorfizmem rs6295 genu receptora serotoniny *HTR1A* (serotonina - tzw. "hormon szczęścia"), a cechami osobowości

zawodników MMA. Wiedza na temat genu *HTR1A*, kluczowego dla funkcjonowania receptorów serotoniny, jest istotna ze względu na jego wpływ na reakcje stresowe i ogólną regulację nastroju, co ma bezpośrednie implikacje w kontekście wytrzymałości psychicznej sportowców.

Badanie objęło 250 sportowców specjalizujących się w mieszanych sztukach walki oraz 209 zdrowych mężczyzn, stanowiących grupę kontrolną. Do oceny cech osobowości użyto kwestionariusza TCI-R. Skupiono się na polimorfizmie rs6295, który jest uważany za istotny w kontekście funkcjonowania receptorów serotoniny, wpływając na różne aspekty zachowania, w tym poszukiwanie nowości i unikanie szkód. W badaniu wykryto istotne różnice w częstości allelu G genu *HTR1A* rs6295 między sportowcami a grupą kontrolną ($p = 0,015$). Analiza statystyczna za pomocą ANOVA wykazała, że polimorfizm rs6295 ma istotny wpływ na poszukiwanie nowości ($p = 0.0024$) i unikanie szkód ($p = 0.0252$), co sugeruje, że różnice genetyczne w obrębie tego konkretnego genu mogą odgrywać rolę w kształtowaniu cech osobowości istotnych dla wysokiej wydajności w sportach walki.

Szczególnie interesującym wynikiem było to, że genotyp G/G w obrębie *HTR1A* (rs6295) był związany z wyższymi wynikami w samokontroli oraz niższymi wynikami w unikaniu szkód. Wskazuje to na istnienie genetycznych predyspozycji, które mogą sprzyjać lepszym osiągnięciom w sportach walki, zwłaszcza w kontekście zarządzania stresem i ryzykiem. Wyniki te podkreślają, jak genetyczne różnice w receptorach serotoniny mogą wpływać na cechy osobowości, które są kluczowe dla osiągania sukcesów w sportach walki.

W artykule nr 6 (P-6) pt. "*Rare Variant in the SLC6A2 Encoding a Norepinephrine Transporter Is Associated with Elite Athletic Performance in the Polish Population*", przeprowadzono dogłębną analizę wariantów genetycznych w dwóch genach - *SLC6A2* (rs1805065) oraz *SYNE1* (rs2635438) - mających istotne znaczenie dla zdolności psychicznych. Badanie objęło 890 sportowców (w tym 320 uprawiających sporty wytrzymałościowe, 265 siłowe oraz 305 sporty walki) oraz 1009 osób z populacji kontrolnej prowadzących siedzący tryb życia.

Gen *SLC6A2*, odpowiedzialny za transport norepinefryny, jest istotny dla regulacji nastroju, pobudzenia, pamięci i percepcji bólu, a *SYNE1* odgrywa rolę w koordynacji ruchowej. Celem badania było zidentyfikowanie potencjalnych markerów genetycznych, które mogą determinować wybitne osiągnięcia sportowe. Szczególna uwaga została poświęcona wariantom genetycznym związanym z funkcjami poznawczymi i odpornością psychiczną, które mogą odróżniać sportowców elitarnej klasy od ogółu populacji.

Moje badania wykazały, że wariant T rs1805065 genu *SLC6A2* jest znacząco częstszy wśród wyczynowych sportowców w porównaniu z grupą kontrolną ($OR = 6,56$; $95\% CI = 1,82-23,59$; $p = 0,010$). To odkrycie wskazuje na możliwy wpływ tego polimorfizmu na cechy charakterystyczne dla sportowców, takie jak wytrzymałość psychiczna, odporność na stres czy szybkość regeneracji.

W konkluzji, wyniki badania wskazują na istotny związek między unikatowym profilem genetycznym a wysokimi osiągnięciami w sportach wytrzymałościowych, siłowych, walki, podkreślając rolę polimorfizmu rs1805065 genu *SLC6A2*. Odkrycie to może mieć istotne implikacje dla procesów selekcji i przygotowania sportowców, sugerując, że uwzględnienie

informacji genetycznych może przyczynić się do lepszego dostosowania strategii treningowych i rozwoju talentów sportowych.

4.1.3.8 Podsumowanie głównego osiągnięcia naukowego

Dzięki mojej indywidualnej pracy oraz zespołowi naukowców, którym kierowałam, przeprowadziłam po raz pierwszy w Polsce, a w przypadku większości genów również po raz pierwszy na świecie, przekrojowe badania dotyczące wpływu wybranych genetycznych i epigenetycznych czynników na cechy osobowości i wydajność sportowców wyczynowych. Badania te objęły sportowców subpopulacji kaukaskiej o wybitnych osiągnięciach na poziomie krajowym i międzynarodowym w sportach walki, wytrzymałościowych i siłowych.

Psychogenetyka sportowa jest nową dziedziną, a moje badania wniosły istotny wkład w rozwój dyscypliny nauk o kulturze fizycznej, psychologii i genetyki sportowej. Odkrywając nowe markery genetyczne i epigenetyczne związane z cechami osobowości sportowców, otwieram nowe perspektywy w tworzeniu efektywnych strategii treningowych, opartych na zrozumieniu związku między genetyką a zachowaniem sportowców.

Przeprowadziłam analizy wyselekcjonowanych miejsc polimorficznych, zlokalizowanych w genach kandydatów kodujących neuroprzekaźniki, takie jak dopamina, czy serotonina. Pozwoliły one na określenie związku wybranych polimorfizmów, poprzez zbadanie asocjacji częstości występowania konkretnych wariantów allelicznych i genotypów w wybranych genach z danymi uzyskanymi z kwestionariuszy osobowościowych w grupie sportowców wyczynowych. W szczególności, badania obejmowały następujące polimorfizmy: Taq1A rs1800498 genu *DRD2*, rs6265 genu *BDNF*, rs4680 genu *COMT*, rs6295 genu *HTR1A* i rs1805065 genu *SLC6A2*. Wcześniejsze badania dotyczące tych polimorfizmów w kontekście psychogenetyki w sporcie są ograniczone, a **moje prace były pionierskie na świecie w tej dziedzinie**. Wyniki moich badań mogą być wykorzystane przez trenerów do selekcji sportowców oraz personalizacji programów treningowych. Znajomość specyficznych genotypów związanych z pożądanymi cechami osobowości i zdolnościami psychologicznymi umożliwia bardziej efektywne planowanie treningów i rozwój talentów sportowych. Sportowcy z określonymi genotypami mogą być lepiej przygotowani do radzenia sobie ze stresem, szybszej regeneracji i efektywnego zarządzania emocjami, co jest kluczowe dla osiągania wysokich wyników w różnych dyscyplinach sportowych. Wyniki badań mogą również wspierać psychologów sportowych w tworzeniu lepiej dopasowanych strategii wsparcia mentalnego dla sportowców.

Do najważniejszych wniosków z badań zawartych w prezentowanym cyklu sześciu publikacji zaliczam niżej wymienione:

1. Genotyp T/T oraz allel T polimorfizmu Taq1A rs1800498 genu *DRD2* oraz genotyp G/G polimorfizmu rs6265 genu *BDNF*: Sportowcy z tymi wariantami osiągają wyższe wyniki w skalach ekstrawersji i sumienności, co sugeruje ich potencjalną rolę w identyfikacji talentów sportowych oraz ich zdolność do lepszego zarządzania emocjami i koncentracją podczas rywalizacji sportowej.

2. **Epigenetyczna regulacja genu *DAT1*:** Badanie wykazało, że sportowcy charakteryzują się wyższymi poziomami metylacji DNA w regionie promotora genu *DAT1* w porównaniu do osób nieaktywnych fizycznie, co sugeruje, że hipermetylacja może być adaptacyjną odpowiedzią na regularny wysiłek fizyczny. Znaleziono także korelacje między stopniem metylacji a pozytywnymi cechami osobowości, takimi jak ekstrawersja i sumienność, co podkreśla znaczenie epigenetycznych modyfikacji w rozwoju cech niezbędnych dla osiągnięć sportowych.

3. **Genotyp G/G (Val/Val) polimorfizmu *COMT* rs4680:** Sportowcy uprawiający sporty walki z tym genotypem mają lepsze wyniki w poszukiwaniu nowości, samokontroli oraz zdolności do autotranscendencji, co sprzyja radzeniu sobie ze stresem i ryzykiem. Te cechy są kluczowe dla osiągania wysokich wyników w sportach walki, gdzie zarządzanie emocjami i adaptacja do szybko zmieniających się sytuacji decydują o sukcesie.

4. **Polimorfizm rs6295 genu *HTR1A*:** Wariant G/G jest związany z lepszą samokontrolą i mniejszą tendencją do unikania szkód, co sprzyja osiąganiu sukcesów w sportach walki oraz lepszym radzeniu sobie w sytuacjach wymagających zarządzania stresem i ryzykiem.

5. **Wariant T rs1805065 genu *SLC6A2*:** jest częstszy wśród wyczynowych sportowców, sugerując wpływ na wytrzymałość psychiczną, odporność na stres i szybkość regeneracji.

W szczególności, wyniki moich badań wykazały:

1. **Nowe markery genetyczne:** Odkryto polimorfizmy, takie jak Taq1A rs1800498 genu *DRD2*, rs6265 genu *BDNF*, rs4680 genu *COMT*, rs6295 genu *HTR1A* i rs1805065 genu *SLC6A2*, które są związane z kluczowymi cechami osobowości i zdolnościami psychologicznymi, takimi jak ekstrawersja, sumienność, samokontrola, poszukiwanie nowości i odporność na stres. Te markery, niebadane wcześniej na populacji sportowców wyczynowych w kontekście psychogenetyki, rozszerzają nasze rozumienie genetycznych podstaw osiągnięć sportowych.

2. **Epigenetyczne regulacje:** Zidentyfikowano znaczące różnice w metylacji DNA w regionie promotora genu *DAT1* między sportowcami a osobami nieaktywnymi fizycznie, co sugeruje, że epigenetyczne modyfikacje mogą być adaptacyjną odpowiedzią na regularny wysiłek fizyczny. Zmiany te są związane z pozytywnymi cechami osobowości, tj. ekstrawersja, czy sumienność, które są istotne dla osiągnięć sportowych.

3. **Implikacje praktyczne - selekcja i personalizacja treningów:** Wyniki moich badań mogą pomóc trenerom w dokładniejszej selekcji sportowców i tworzeniu spersonalizowanych programów treningowych. Znajomość genotypów związanych z pożądanymi cechami osobowości i zdolnościami psychologicznymi umożliwia lepsze planowanie treningów oraz rozwój talentów. Sportowcy z określonymi genotypami mogą skuteczniej radzić sobie ze stresem, szybciej się regenerować i lepiej zarządzać emocjami, co jest kluczowe dla osiągania wysokich wyników. Ponadto, wyniki badań wspierają psychologów sportowych w opracowywaniu bardziej dopasowanych strategii wsparcia mentalnego dla sportowców.

Przedstawione powyżej wyniki potwierdziły założenia, że: a) zmienność genetyczna odgrywa istotną rolę w kształtowaniu cech osobowości i temperamentu sportowców, mających wpływ na ich wytrzymałość psychiczną i motywację; b) wybrane polimorfizmy genetyczne mogą

być potraktowane jako potencjalne markery genetyczne, które w przyszłości pomogą w przewidywaniu i optymalizacji strategii treningowych oraz technik radzenia sobie ze stresem; c) odkryte warianty genetyczne mogą być wykorzystane do dalszych badań, które skoncentrują się na przewidywaniu odpowiedzi sportowców na specyficzne rodzaje treningów, co może przyczynić się do rozwoju indywidualnie dostosowanych programów treningowych i nowoczesnych metod profilaktyki prozdrowotnej w sporcie; d) badania epigenetyczne (np. metylacja DNA), otwierają nowe perspektywy dla zrozumienia, w jaki sposób zmiany na poziomie molekularnym mogą wpływać na adaptację do wysiłku fizycznego oraz cechy osobowości, podkreślając znaczenie epigenetyki w kształtowaniu predyspozycji behawioralnych i cech osobowości sportowców.

Wyniki moich badań w zakresie psychogenetyki sportowej tworzą podstawę do przewidywania reakcji psychologicznych i behawioralnych sportowców. Wykazują potencjał do zindywidualizowania oraz zwiększenia efektywności programów treningowych, dostosowując je do genetycznych predyspozycji i cech osobowościowych każdego sportowca. Moje badania przyczyniają się do rozwoju dyscypliny nauki o kulturze fizycznej, wskazując na nowe perspektywy w kształtowaniu efektywnych strategii treningowych opartych na zrozumieniu związku między genetyką a zachowaniem sportowców.

4.1.3.9 Wykaz najważniejszych skrótów:

ACE (ang. angiotensin-converting enzyme) - gen kodujący enzym konwertazy angiotensyny I w angiotensynę II

ACL (ang. Anterior Cruciate Ligament) – więzadło krzyżowe przednie

ACTN3 (ang. Alpha-Actinin-3) – alfa-aktynina 3

ANOVA (ang. Analysis Of Variance) – analiza wariancji

BDNF (ang. *brain-derived neurotrophic factor*) - neurotroficzny czynnik pochodzenia mózgowego

cfDNA (ang. cell-free DNA) – wolnokrążący DNA

COMT (ang. catechol-O-methyltransferase) – gen katecholo-O-metylotransferazy

COL1A1 (ang. Collagen Type I Alpha 1 Chain) - łańcuch alfa 1 kolagenu typu I

COL22A1 (ang. Collagen Type XXII Alpha 1 Chain) - łańcuch alfa 1 kolagenu typu XXII

CUN - centralny układ nerwowy

DAT1 (ang. dopamine transporter D1 gene, *DAT1*) - gen transportera dopaminy

DNA (ang. deoxyribonucleic acid) – kwas deoksyrybonukleinowy

DNMT (ang. DNA methyltransferase) - metylotransferaza DNA

DRD2 (ang. dopamine receptor D2) – receptor dopaminy

HTR1A (ang. 5-hydroxytryptamine receptor 1A) - gen receptora serotoniny

5-HTTLPR (ang. serotonin-transporter-linked polymorphic region) – obszar polimorficzny zlokalizowany w obrębie promotora genu *SLC6A4* kodującego transporter serotoniny.

IL1A (ang. interleukin-1 alpha) – interleukina 1-alfa

IL1B (ang. interleukin-1 beta) – interleukina 1-beta

IL1RN (ang. interleukin-1 receptor antagonist) – antagonist receptora interleukiny 1

MMA (ang. mixed martial arts) - mieszane sztuki walki

MMP (ang. Matrix Metalloproteinases) – metaloproteinazy macierzy
NAc (ang. nucleus accumbens) – jądro półleżące
NCBI (ang. National Center for Biotechnology Information) - Narodowe Centrum Informacji Biotechnologicznej
NEO-FFI (ang. the NEO Five-Factor Inventory) – inwentarz osobowości
NGS (ang. Next Generation Sequencing) – sekwencjonowanie nowej generacji
OUN – ośrodkowy układ nerwowy
PCR (ang. Polymerase Chain Reaction) – reakcja łańcuchowa polimerazy
PFC (ang. prefrontal cortex) - kora przedczołowa)
SLC6A4 (ang. Solute Carrier family 6 member 2) - gen transportera serotoniny
SYNE1 (ang. Spectrin Repeat Containing Nuclear Envelope Protein 1) - białko otoczki jądrowej 1
TCI-R (ang. The Revised Temperament and Character Inventory) - zrewidowany kwestionariusz temperamentu i charakteru
TET (ang. Ten-Eleven Translocation family proteins) – białka z rodziny TET, demetylujące DNA
VEGFA (ang. Vascular Endothelial Growth Factor A) - naczyniowo-śródbłonkowy czynnik wzrostu
VO₂max (ang. maximal oxygen consumption, maximal oxygen uptake or maximal aerobic capacity) - maksymalny minutowy pobór tlenu
VTA (ang. ventral tegmental area) - brzuszny obszar nakrywkowy

4.1.3.10 Piśmiennictwo do założeń teoretycznych:

- [1] E. S. Bromberg-Martin, M. Matsumoto, and O. Hikosaka, “Dopamine in Motivational Control: Rewarding, Aversive, and Alerting,” *Neuron*, vol. 68, no. 5. 2010. doi: 10.1016/j.neuron.2010.11.022.
- [2] S. W. Holwerda, R. M. Restaino, and P. J. Fadel, “Adrenergic and non-adrenergic control of active skeletal muscle blood flow: Implications for blood pressure regulation during exercise,” *Auton Neurosci*, vol. 188, 2015, doi: 10.1016/j.autneu.2014.10.010.
- [3] H. Alizadeh Pahlavani, “Possible role of exercise therapy on depression: Effector neurotransmitters as key players,” *Behavioural Brain Research*, vol. 459. 2024. doi: 10.1016/j.bbr.2023.114791.
- [4] A. T. Piepmeier and J. L. Etner, “Brain-derived neurotrophic factor (BDNF) as a potential mechanism of the effects of acute exercise on cognitive performance,” *J Sport Health Sci*, vol. 4, no. 1, pp. 14–23, Mar. 2015, doi: 10.1016/J.JSHS.2014.11.001.
- [5] H. E. Montgomery *et al.*, “Human gene for physical performance [5],” *Nature*, vol. 393, no. 6682. 1998. doi: 10.1038/30374.
- [6] M. S. Bray *et al.*, “The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes: The 2006-2007 update,” *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 41, no. 1. 2009. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181844179.
- [7] E. A. Semenova, E. C. R. Hall, and I. I. Ahmetov, “Genes and Athletic Performance: The 2023 Update,” *Genes*, vol. 14, no. 6. 2023. doi: 10.3390/genes14061235.

-
- [8] E. Georgiades, V. Klissouras, J. Baulch, G. Wang, and Y. Pitsiladis, "Why nature prevails over nurture in the making of the elite athlete," *BMC Genomics*, vol. 18. 2017. doi: 10.1186/s12864-017-4190-8.
- [9] M. H. M. De Moor *et al.*, "Genome-wide linkage scan for athlete status in 700 British female DZ twin pairs," *Twin Research and Human Genetics*, vol. 10, no. 6, 2007, doi: 10.1375/twin.10.6.812.
- [10] L. M. Guth and S. M. Roth, "Genetic influence on athletic performance," *Current Opinion in Pediatrics*, vol. 25, no. 6. 2013. doi: 10.1097/MOP.0b013e3283659087.
- [11] R. Mallick and A. K. Duttaroy, "Epigenetic modification impacting brain functions: Effects of physical activity, micronutrients, caffeine, toxins, and addictive substances," *Neurochem Int*, vol. 171, p. 105627, Dec. 2023, doi: 10.1016/J.NEUINT.2023.105627.
- [12] D. A. Notterman and C. Mitchell, "Epigenetics and Understanding the Impact of Social Determinants of Health," *Pediatric Clinics of North America*, vol. 62, no. 5. 2015. doi: 10.1016/j.pcl.2015.05.012.
- [13] W. J. Światowy *et al.*, "Physical activity and DNA methylation in humans," *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 22, no. 23. 2021. doi: 10.3390/ijms222312989.
- [14] R. Barrès *et al.*, "Acute Exercise Remodels Promoter Methylation in Human Skeletal Muscle," *Cell Metab*, vol. 15, no. 3, pp. 405–411, Mar. 2012, doi: 10.1016/J.CMET.2012.01.001.
- [15] S. Landen, S. Voisin, J. M. Craig, S. L. Mcgee, S. Lamon, and N. Eynon, "Genetic and epigenetic sex-specific adaptations to endurance exercise," 2019, doi: 10.1080/15592294.2019.1603961.
- [16] S. Landen *et al.*, "Sex differences in muscle protein expression and DNA methylation in response to exercise training," *Biol Sex Differ*, vol. 14, no. 1, 2023, doi: 10.1186/s13293-023-00539-2.
- [17] R. A. Vaughan and J. D. Foster, "Mechanisms of dopamine transporter regulation in normal and disease states," *Trends in Pharmacological Sciences*, vol. 34, no. 9. 2013. doi: 10.1016/j.tips.2013.07.005.
- [18] J. L. Tartar, D. Cabrera, S. Knafo, J. D. Thomas, J. Antonio, and C. A. Peacock, "The 'warrior' COMT val/met genotype occurs in greater frequencies in mixed martial arts fighters relative to controls," *J Sports Sci Med*, vol. 19, no. 1, 2020.
- [19] G. Ślifirski, M. Król, and J. Turło, "5-HT receptors and the development of new antidepressants," *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 22, no. 16. 2021. doi: 10.3390/ijms22169015.
- [20] N. V. Malyuchenko *et al.*, "Effect of 5HTT genetic polymorphism on aggression in athletes," *Zhurnal Vysshei Nervnoi Deyatelnosti Imeni I.P. Pavlova*, vol. 57, no. 3, 2007.

-
- [21] M. F. Egan *et al.*, “The BDNF val66met polymorphism affects activity-dependent secretion of BDNF and human memory and hippocampal function,” *Cell*, vol. 112, no. 2, 2003, doi: 10.1016/S0092-8674(03)00035-7.
- [22] C. F. Murtagh *et al.*, “The genetic profile of elite youth soccer players and its association with power and speed depends on maturity status,” *PLoS One*, vol. 15, no. 6 June, 2020, doi: 10.1371/journal.pone.0234458.
- [23] C. J. Thomson, R. J. Power, S. R. Carlson, J. L. Rupert, and G. Michel, “A comparison of genetic variants between proficient low- and high-risk sport participants,” *J Sports Sci*, vol. 33, no. 18, 2015, doi: 10.1080/02640414.2015.1020841.
- [24] M. Kambouris, F. Ntalouka, G. Ziogas, and N. Maffulli, “Predictive genomics DNA profiling for athletic performance,” *Recent Pat DNA Gene Seq*, vol. 6, no. 3, 2012, doi: 10.2174/187221512802717321.
- [25] Noohi F, Boyden NB, Kwak Y, Humfleet J, Burke DT, Müller ML, Bohnen NI, Seidler RD. Association of COMT val158met and DRD2 G>T genetic polymorphisms with individual differences in motor learning and performance in female young adults. *J Neurophysiol*. 2014 Feb;111(3):628-40. doi: 10.1152/jn.00457.2013. Epub 2013 Nov 13.

4.2 Omówienie pozostałych osiągnięć naukowych (Załącznik 8)

W obszarze moich dotychczasowych zainteresowań naukowych można wyróżnić kilka dodatkowych kierunków badawczych wchodzących w obszar badań z zakresu nauk o kulturze fizycznej. Oprócz głównego osiągnięcia naukowego, moje badania koncentrują się na genetyce sportowej, adaptacji organizmu do wysiłku fizycznego oraz wpływie aktywności fizycznej na mikrobiotę jelitową (Załącznik 8).

4.2.1 Odkrycie roli wolnokraczącego DNA komórkowego (cfDNA) jako potencjalnego biomarkera adaptacji sportowej

Jednym z kluczowych dodatkowych osiągnięć mojego dorobku naukowego jest **odkrycie roli wolnokraczącego DNA komórkowego (cfDNA, ang. cell-free DNA) jako potencjalnego biomarkera adaptacji sportowej**. Wraz z zespołem, który prowadziłam, przeprowadziliśmy **przełomowe badania, które po raz pierwszy na świecie wykazały, że stężenia cfDNA mogą odzwierciedlać stan fizjologiczny sportowców, ich gotowość do treningów oraz mechanizmy adaptacyjne wywoływane przez trening fizyczny**. Wyniki tych badań zostały opublikowane w pracy pt. *"Circulating Cell-Free DNA as a Potential Marker for Athletic Adaptation"* (Humińska-Lisowska K., et al., *cfDNA Changes in Maximal Exercises as a Sport Adaptation Predictor*. Genes (Basel). 2021).

To przełomowe badanie znacząco przyczynia się do pogłębienia wiedzy i rozwoju nauk o kulturze fizycznej. Odkrycie roli cfDNA otwiera nowe możliwości dla zindywidualizowanego podejścia do treningu, monitorowania regeneracji oraz optymalizacji procesów adaptacyjnych. Dzięki temu możliwe jest poprawienie osiągnięć sportowych i zmniejszenie ryzyka kontuzji poprzez dostosowanie obciążeń do indywidualnych zdolności regeneracyjnych i adaptacyjnych

zawodników. Osiągnięcie to ma potencjalny wpływ na praktykę w dziedzinie kształtowania optymalnych programów treningowych dla sportowców na różnych poziomach zaawansowania.

Odkrycie cfDNA jako potencjalnego biomarkera adaptacji sportowej było efektem realizacji projektu Preludium 15, finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki (2019–2022; UMO-2018/29/N/NZ7/02800), którego byłam kierownikiem. Byłam odpowiedzialna za kompleksowy nadzór nad wszystkimi etapami badania, począwszy od pozyskania funduszy i stworzenia koncepcji projektu, poprzez walidację i wykonanie badań, analizę danych, aż po interpretację wyników, przygotowanie publikacji i proces redakcyjny. Moje zarządzanie projektem umożliwiło identyfikację nowego potencjalnego biomarkera adaptacji sportowej w postaci cfDNA oraz przyczyniło się do rozwoju nowych metodologii w badaniach sportowych.

Wyniki dotyczące tego osiągnięcia zostały opublikowane w:

- A) **Humińska-Lisowska K.**, Mieszkowski J., Kochanowicz A., Stankiewicz B., Niespodziński B., Brzezińska P., Ficek K., Kemerytė-Ivanauskienė E., Ciężczyk P. cfDNA Changes in Maximal Exercises as a Sport Adaptation Predictor. *Genes* (Basel). 2021 Aug 12;12(8):1238. doi: 10.3390/genes12081238. PMID: 34440412; PMCID: PMC8392318.

Dodatkowo, wyniki dotyczące niniejszego osiągnięcia zostały zaprezentowane na konferencjach międzynarodowych:

- A) **Humińska-Lisowska K.**, Mieszkowski J., Michałowska-Sawczyn M., Kochanowicz A., Niespodziński B., Ciężczyk P. cfDNA as a potential marker of tissue damage post-exercise. 4th International Scientific Conference. People with disabilities in sport – theory and practice 20th – 21st May, 2021 book of abstracts. p. 23-24.
- B) **Humińska-Lisowska K.**, Mieszkowski J., Michałowska-Sawczyn M., Kochanowicz A., Niespodziński B., Brzezińska P., Stankiewicz B., Ciężczyk P. Acute effects of aerobic and anaerobic exercises and training experience on cell-free DNA concentrations in blood plasma. 26th Annual Congress of the European College of Sport Science. 8th - 10th September 2021. Book of abstracts, p. 208-209.

4.2.2 Odkrycie interakcji międzygenowych jako czynnika ochronnego przed nadwagą i otyłością: analiza polimorfizmów genów interleukin *IL1A*, *IL1B*, *IL1RN*

Jednym z dodatkowych osiągnięć mojego dorobku naukowego jest również **odkrycie interakcji międzygenowych, które mogą chronić przed nadwagą i otyłością**. Wraz z zespołem badawczym przeanalizowaliśmy polimorfizmy genów interleukin *IL1A*, *IL1B* i *IL1RN*, uwzględniając rolę cytokin i receptorów z rodziny *IL1* w odpowiedzi zapalnej oraz fakt, że równowaga prozapalna/przeciwzapalna jest zakłócona u osób otyłych.

Dzięki mojej indywidualnej pracy oraz współpracy z zespołem naukowców, przeprowadziliśmy pierwsze w Polsce, a dla niektórych genów także pierwsze na świecie, badania dotyczące związku polimorfizmów wybranych genów z nadwagą i otyłością w jednorodnej grupie mężczyzn subpopulacji kaukaskiej, jednolitej pod względem aktywności fizycznej i diety. W ramach tych badań współtworzyłam problem badawczy, koncepcję badań, plan badań, uczestniczyłam w ich realizacji, analizie wyników oraz pisaniu publikacji.

Nasze badania nie wykazały istotnych statystycznie powiązań między poszczególnymi wariantami allelicznymi i genotypami polimorfizmów rs1800587 (*IL1A*), rs1143634 (*IL1B*) oraz rs2234677 (*IL1RN*) a parametrami BMI i procentem tkanki tłuszczowej w grupie zdrowych polskich mężczyzn. Jednakże, istotne były interakcje międzygenowe wpływające na nadmierną masę ciała. Odkryliśmy, że układ genotypów TC x GG (*IL1B* × *IL1RN*) zmniejsza ryzyko nadwagi około 16-krotnie w porównaniu do układu CC x GG. Podobnie, ryzyko nadwagi związane z procentem tkanki tłuszczowej było ponad 7 razy niższe dla układu **TC x GG (*IL1B* × *IL1RN*)** w porównaniu do CC x GG. Te wyniki sugerują, że **jednoczesna obecność tych dwóch wariantów genowych może chronić przed wysokim BMI i nadmiernym przyrostem tkanki tłuszczowej**.

Wyniki dotyczące tego osiągnięcia zostały opublikowane w:

- A) Maculewicz E, Antkowiak B, Antkowiak O, Borecka A, Mastalerz A, Leońska-Duniec A, **Humińska-Lisowska K**, Michałowska-Sawczyn M, Garbacz A, Lorenz K, Szarska E, Dziuda Ł, Cywińska A, Cięszczyk P. [2022] The interactions between interleukin-1 family genes: *IL1A*, *IL1B*, *IL1RN* and obesity parameters. BMC Genomics. Feb 9;23(1):112. doi: 10.1186/s12864-021-08258-x. PMID: 35139823; PMCID: PMC8830010.

Badane polimorfizmy genów mogą być potencjalnymi markerami genetycznymi do oceny ryzyka nadwagi i otyłości. Wyniki naszych badań mogą przyczynić się do opracowania spersonalizowanych metod leczenia i profilaktyki otyłości, w tym indywidualnych zaleceń żywieniowych, programów treningowych i dietoterapii. To osiągnięcie znacząco wzbogaca naukę o kulturze fizycznej i otwiera nowe możliwości w prewencji i leczeniu otyłości, dostarczając narzędzi do bardziej efektywnych interwencji zdrowotnych.

4.2.3 Odkrycie obecności bakteryjnego DNA we krwi zdrowych osób i pacjentów z sepsą jako przełom w diagnostyce mikrobiologicznej

Jednym z moich kluczowych osiągnięć naukowych jest również odkrycie, **iż bakteryjne DNA można wykryć we krwi zdrowych osób oraz że jego skład taksonomiczny różni się od tego obserwowanego u pacjentów z sepsą**. Dzięki mojej indywidualnej pracy oraz współpracy z zespołem naukowców, przeprowadziliśmy badania przy użyciu sekwencjonowania nowej generacji (NGS), które umożliwiły dokładną identyfikację wszystkich bakterii obecnych w próbkach krwi i **po raz pierwszy na świecie wykazały obecność bakteryjnego DNA we krwi zdrowych ludzi**. Sugeruje to ciągłą translokację bakterii do krwiobiegu, która nie zawsze prowadzi do sepsy. Ta obserwacja, nazwana **DNAemią**, stanowi ważny krok w zrozumieniu procesów mikrobiologicznych zachodzących w ludzkim organizmie. Nasze odkrycie może mieć **istotne znaczenie dla medycyny, zwłaszcza w kontekście zrozumienia mechanizmów zakażeń bakteryjnych oraz potencjalnych zastosowań w profilaktyce i leczeniu sepsy**.

Nasze badania, opublikowane w pracy pt. "*Comprehensive detection and identification of bacterial DNA in the blood of patients with sepsis and healthy volunteers using next-generation sequencing method - the observation of DNAemia*", wykazały znaczącą różnicę w różnorodności bakteryjnej między grupami zdrowych ochotników, a pacjentami z sepsą. U zdrowych osób dominowały bakterie beztlenowe, szczególnie z rzędu *Bifidobacteriales*, podczas gdy u pacjentów z sepsą przeważały bakterie tlenowe i mikroaerofilne, takie jak *Pseudomonadales* i

Enterobacteriales. Najbardziej uderzającą różnicą była zmniejszona obecność *Actinobacteria* u pacjentów z sepsą oraz zwiększona obecność *Proteobacteria* w tej grupie.

W ramach tych badań, jako kierownik laboratorium genomowego w Centrum Badań DNA współtworzyłam problem badawczy, koncepcję i plan badań, odpowiedzialna byłam za przeprowadzenie walidacji procedur laboratoryjnych oraz wykonanie badań laboratoryjnych opartych o technologię NGS (przygotowanie bibliotek metagenomowych oraz sekwencjonowanie NGS). Nadzorowałam także analizę bioinformatyczną wyników oraz brałam udział w pisaniu publikacji.

Wnioski z naszych badań mogą mieć dalekosiężne konsekwencje, umożliwiając opracowanie nowych strategii diagnostycznych i terapeutycznych. Wyniki naszych badań dostarczają cennych narzędzi do dalszych badań nad rolą bakteryjnego DNA w zdrowiu i chorobie oraz mogą przyczynić się do rozwoju nowych metod diagnostycznych i interwencyjnych w medycynie.

Wyniki dotyczące tego osiągnięcia zostały opublikowane w:

- A) Gosiewski T, Ludwig-Galezowska AH, **Humińska K**, Sroka-Oleksiak A, Radkowski P, Salamon D, Wojciechowicz J, Kus-Słowińska M, Bulanda M, Wolkow PP. Comprehensive detection and identification of bacterial DNA in the blood of patients with sepsis and healthy volunteers using next-generation sequencing method - the observation of DNAemia. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*. 2017 Feb;36(2):329-336. doi: 10.1007/s10096-016-2805-7. Epub 2016 Oct 22. PMID: 27771780; PMCID: PMC5253159.

Należy podkreślić, że **praca ta została szeroko uznana w środowisku naukowym, co potwierdza jej cytowanie 108 razy według Web of Science Core Collection (stan na 17.05.2024) oraz 153 razy według Google Scholar (stan na 17.05.2024)**. Tak wysoka liczba cytowań świadczy o przełomowym charakterze tego odkrycia oraz jego znaczącym wpływie na rozwój dziedziny nauk medycznych i nauk o zdrowiu.

4.2.4 Genomika sportowa i jej wpływ na zdrowie i aktywność fizyczną

Jednym z moich kolejnych najważniejszych osiągnięć naukowych jest również **odkrycie kluczowych zależności genetycznych związanych z aktywnością fizyczną i zdrowiem**. To przełomowe osiągnięcie jest efektem realizacji projektu "1000 Genomów – genetyczne podłoże aktywności fizycznej poziomu sportowego i dobrostanu człowieka", którym kierowałam. Projekt ten, współfinansowany przez Unię Europejską w ramach konsorcjum "Athlom Project" (nr POIR.04.02.00-30-A004/16-02), dostarczył nowatorskich informacji, które mają ogromne znaczenie dla rozwoju medycyny spersonalizowanej oraz nauk o kulturze fizycznej.

W ramach tego projektu, zrealizowanego na grupie 1000 uczestników, przeprowadziliśmy kompleksową analizę genomu, łącząc dane genomiczne z cechami fenotypowymi, ogólnym stanem zdrowia i stylem życia. Interdyscyplinarny zespół specjalistów, który prowadziłam, przeprowadził zaawansowane analizy genetyczne oraz badania fenotypowe, w tym rozszerzone badania krwi i testy fizjologiczne, takie jak analiza składu ciała metodą bioimpedancji, test VO2max, test Wingate, test szybkości reakcji, test siły, pomiar ucisku dłoni, wysokości i mocy

wysokości. Te działania pozwoliły na głębsze zrozumienie związku między genami a kondycją fizyczną oraz identyfikację nowych markerów zdrowotnych i sportowych.

Moje obowiązki, jako kierownika projektu obejmowały kompleksowy nadzór nad realizacją badań, zarządzanie zespołem, wyznaczanie kierunków badań, ustalanie harmonogramu prac, wykonanie części badań, oraz analizę wyników projektu. Wyniki tych badań wykazały znaczące zależności między genotypem, a różnorodnymi aspektami kondycji fizycznej, w tym wydolnością tlenową i beztlenową, siłą mięśniową oraz składem ciała. Obecnie wyniki te są w trakcie opracowywania do publikacji. Dodatkowo, jako efekt tego osiągnięcia i projektu, stworzono Konsorcjum (AWFiS Gdańsk, IChB Poznań, COMBION – Bartosz Wojciechowicz), które planuje kontynuować niniejsze badania w ramach nowego projektu pt. „Sygnatury ponadprzeciętnego pułapu tlenowego – identyfikacja uwarunkowań genetycznych oraz cząsteczek o potencjale modulatorów metabolizmu”, złożonego w marcu 2024 w ramach konkursu: Ścieżka SMART Konsorcja I, nabór FENG.01.01-IP.01-005/23. Projekt ten otwiera nowe możliwości w zakresie diagnostyki, prewencji i terapii, podkreślając znaczenie genetyki w kształtowaniu zdrowia i wydolności fizycznej. Funkcja w projekcie: Kierownik Zarządzający Projektem.

Dzięki tym odkryciom możliwe będzie opracowanie spersonalizowanych programów treningowych, które mogą zwiększyć efektywność treningu oraz zminimalizować ryzyko kontuzji, dopasowując ćwiczenia do indywidualnych predyspozycji genetycznych badanych. Co więcej, projekt dostarczył danych, które mogą służyć jako fundament dla przyszłych badań w dziedzinie medycyny spersonalizowanej i opieki zdrowotnej, przyczyniając się do rozwoju strategii promujących zdrowy styl życia i poprawę dobrostanu poprzez odpowiednio dobrane aktywności fizyczne.

To osiągnięcie poszerza nasze zrozumienie genetycznych podstaw aktywności fizycznej i zdrowia oraz ma potencjalnie znaczący wpływ na praktykę medycyny sportowej oraz strategię zdrowotną na poziomie indywidualnym i populacyjnym.

5 Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej w szczególności zagranicznej (Załącznik 10)

W Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu im. Jędrzeja Śniadeckiego w Gdańsku pracuję od 2017 roku. Początkowo jako asystent (w latach 2017 – 2018), a następnie jako adiunkt w Zakładzie Biologii Molekularnej, a od października 2021 dodatkowo jako Koordynator Centrum Laboratoryjnego AWFIS. Od 2019 roku jestem odpowiedzialna za prace badawcze realizowane w Laboratorium Genetyki w Sporcie na Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku. W okresie maj – lipiec 2022 byłam zatrudniona na Akademii Wychowania Fizycznego im. Bronisława Czecha w Krakowie wykonując umowę o dzieło o charakterze autorskim w rozumieniu przepisów ustawy o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 roku (tj. Dz.U. z 2016 roku poz. 666, z późn. zm.). W 2023 odbyłam staż w Faculty of Medicine and Surgery, Sport and Exercise Sciences Degree Courses na University of Cagliari, Sardinia, Italy.

W ramach umowy zlecenie, byłam wykonawcą grantu B+R realizowanego w ramach projektu pt. „Podkarpackie Centrum Innowacji” współfinansowanego z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Osi Priorytetowej nr I “Konkurencyjna i innowacyjna gospodarka.” Tytuł realizowanego grantu: "Zapobieganie urazom aparatu ruchu wśród osób aktywnych fizycznie z terenu Podkarpackiego na podstawie oceny ryzyka występowania różnych typów polimorfizmów Kolagenowych.”

W grudniu 2022 roku byłam zatrudniona na **Uniwersytecie Gdańskim jako specjalista ds. sekwencjonowania nowej generacji**, gdzie szkoliłam personel z zaawansowanych procedur NGS. Uczyłam przygotowania bibliotek NGS do metagenomiki i sekwencjonowania całogenomowego (WGS), wykonywania sekwencjonowania, weryfikacji jakości danych oraz analizy wyników. W wyniku współpracy z dr n. med. Anną Kaczorowską z Kolekcji Plazmidów i Drobnoustrojów na Wydziale Biologii, przeprowadzone całogenomowe sekwencjonowanie doprowadziło do **odkrycia nowych gatunków polieksremofilnych mikroorganizmów**. Szkolenie to zwiększyło zdolności badawcze UG, przyczyniając się do przełomowych odkryć w mikrobiologii.

Poza omówionym cyklem prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego, mój dotychczasowy dorobek obejmuje **31 publikacji** z łącznym **Impact Factor** wynoszącym **105.270**, z czego **74.248** uzyskałam **po doktoracie**. Moje prace zgromadziły **364 cytowania** według **Web of Science All Databases**, z **indeksem Hirscha** na poziomie **10**, co odzwierciedla wpływ moich badań na rozwój naukowy. Publikacje te osiągnęły **3697.00 punktów** według wykazów **MNiSW/MEiN**, co potwierdza znaczący wkład w dziedzinę nauk o kulturze fizycznej.

W pracy zawodowej uczestniczyłam i uczestniczę w projektach naukowych różnych zespołów badawczych, dzięki czemu zdobyłam doświadczenie i wynikające z niego wnioski do prowadzenia badań własnych. Poniżej przedstawiam szczegółowy opis osiągnięć, będących efektem aktywności naukowej ze światowej klasy specjalistami z różnych uczelni i instytucji naukowych:

I. Od 2018 roku współpracuję z **prof. dr hab. n. med. Krzysztofem Fickiem z Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach**, który jest również założycielem i prezesem ośrodka Galen-Ortopedia Sp. z o.o. w Bieruniu. Nasza współpraca skupia się na kompleksowej analizie urazów aparatu ruchu, ze szczególnym uwzględnieniem urazów więzadeł krzyżowych przednich (ACL). Dzięki długoletniej współpracy z profesorem Fickiem i zaangażowaniu w różnorodne projekty badawcze, moje osiągnięcia naukowe oraz wspólne publikacje stały się podstawą do powierzenia mi roli kierownika zleconej usługi badawczej (ZUB) nr NN/ZUB/1/2023/KHL na lata 2023-2024.

Jako kierownik ZUB, odpowiadam za opracowanie koncepcji badań i metodologii, prace walidacyjne, nadzór nad realizacją projektu oraz analizę wyników. Projekt, realizowany we współpracy z Galen-Ortopedia Sp. z o.o., koncentruje się na identyfikacji biochemicznych markerów obrotu kostnego, kluczowych dla opracowania spersonalizowanych bioresorbowalnych klinów kostnych. Jest to część większego przedsięwzięcia „Opracowanie zindywidualizowanych implantów biodegradowalnych do zabiegów rekonstrukcji kości”, współfinansowanego przez Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny

Rozwój 2014-2020 (POIR.01.01.01.-00-0646/19-00). Moje doświadczenie i wynikające z niego wnioski do prowadzenia badań własnych pozwoliły na identyfikację nowych markerów genetycznych predysponujących do urazów narządu ruchu.

Efektem długoletniej współpracy są następujące publikacje oparte na badaniach prowadzonych na różnych płaszczyznach (Załącznik 8):

1. Sun Z, Ciężczyk P, Lulińska E, Dzitkowska-Zabielska M, John M, **Humińska-Lisowska K**, Michałowska-Sawczyn M, Ficek K, Leońska-Duniec A, Mastalerz A, Janczyk A, Marek S. Are COL22A1 Gene Polymorphisms rs11784270 and rs6577958 Associated with Susceptibility to a Non-Contact Anterior Cruciate Ligament Injury in Polish Athletes? *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Dec 28;20(1):515. doi: 10.3390/ijerph20010515. PMID: 36612834; PMCID: PMC9819041.
2. Feldmann DC, Rahim M, Suijkerbuijk MAM, Laguet MN, Cieszczyk P, Ficek K, **Huminska-Lisowska K**, Häger CK, Stattin E, Nilsson KG, Alvarez-Rumero J, Eynon N, Feller J, Tirosh O, Posthumus M, Chimusa ER, Collins M, September AV. Investigation of multiple populations highlight VEGFA polymorphisms to modulate anterior cruciate ligament injury. *J Orthop Res*. 2022 Jul;40(7):1604-1612. doi: 10.1002/jor.25192. Epub 2021 Oct 18. PMID: 34664319.
3. Lulińska E, Gibbon A, Kaczmarczyk M, Maciejewska-Skrendo A, Ficek K, Leońska-Duniec A, Wilk M, Leźnicka K, Michałowska-Sawczyn M, **Humińska-Lisowska K**, Buryta R, Ciężczyk P, Maculewicz E, Czarny W, September AV, Sawczuk M. Matrix Metalloproteinase Genes (MMP1, MMP10, MMP12) on Chromosome 11q22 and the Risk of Non-Contact Anterior Cruciate Ligament Ruptures. *Genes (Basel)*. 2020 Jul 8;11(7):766. doi: 10.3390/genes11070766. PMID: 32650441; PMCID: PMC7397146.
4. Lulińska-Kuklik E, Leźnicka K, **Humińska-Lisowska K**, Moska W, Michałowska-Sawczyn M, Ossowski Z, Maculewicz E, Ciężczyk P, Kaczmarczyk M, Ratkowski W, Ficek K, Zmijewski P, Leońska-Duniec A. The VEGFA gene and anterior cruciate ligament rupture risk in the Caucasian population. *Biol Sport*. 2019 Mar;36(1):3-8. doi: 10.5114/biol sport.2018.78902. Epub 2018 Oct 5. PMID: 30899133; PMCID: PMC6413576.
5. Lulińska-Kuklik E, Maculewicz E, Moska W, Ficek K, Kaczmarczyk M, Michałowska-Sawczyn M, **Humińska-Lisowska K**, Buryta M, Chycki J, Ciężczyk P, Żmijewski P, Rzeszutko A, Sawczuk M, Stastny P, Petr M, Maciejewska-Skrendo A. Are IL1B, IL6 and IL6R Gene Variants Associated with Anterior Cruciate Ligament Rupture Susceptibility? *J Sports Sci Med*. 2019 Feb 11;18(1):137-145. PMID: 30787661; PMCID: PMC6370956.

Publikacje 1-5 koncentrują się na specyficznych aspektach genetycznych urazów więzadeł krzyżowych ACL (ang. *Anterior Cruciate Ligament*). Jako Wykonawca, byłam odpowiedzialna za przeprowadzenie badań i analiz dotyczących różnych polimorfizmów genów, takich jak *COL22A1* (ang. Collagen Type XXII Alpha 1 Chain), *VEGFA* (ang. Vascular Endothelial Growth Factor A), oraz genów kodujących metaloproteinazy macierzy (*MMP*, ang. Matrix Metalloproteinases), próbując ustalić, jak te zmienne genetyczne mogą wpływać na podatność na urazy ACL. Szczególny nacisk kładziony jest na urazy nie wynikające z kontaktu fizycznego,

co jest istotne w kontekście profilaktyki w sporcie. Prace te łącznie ukazują, jak różnorodne dyscypliny naukowe mogą współpracować, aby zrozumieć mechanizmy urazów aparatu ruchu i opracować skuteczne strategie profilaktyczne i terapeutyczne. Badania te mają ogromne znaczenie nie tylko dla społeczności naukowej, ale także dla praktyki klinicznej i szeroko pojętej opieki zdrowotnej.

II. Od 2018 roku współpracuję również z zespołem prof. **Ahmetov'a Ildus'a z Research Institute for Sport and Exercise Sciences, Liverpool John Moores University**. Nasze badania skupiają się na analizie związku między polimorfizmami genetycznymi, a predyspozycjami fizjologicznymi istotnymi w kontekście wybranych dyscyplin sportowych. Efektem współpracy są następujące publikacje, które łączy wspólny temat analizy genetycznych uwarunkowań sportowych zdolności i adaptacji, co podkreśla znaczenie genetyki w kształtowaniu zdolności sportowych oraz potencjału adaptacyjnego organizmu (Załącznik 8):

1. Saito M, Ginszt M, Semenova EA, Massidda M, **Huminska-Lisowska K**, Michałowska-Sawczyn M, Homma H, Ciężczyk P, Okamoto T, Larin AK, Generozov EV, Majcher P, Nakazato K, Ahmetov II, Kikuchi N. Genetic profile of sports climbing athletes from three different ethnicities. *Biol Sport*. 2022 Oct;39(4):913-919. doi: 10.5114/biolSport.2022.109958. Epub 2021 Nov 10. PMID: 36247943; PMCID: PMC9536361.
2. Saito M, Ginszt M, Semenova EA, Massidda M, **Huminska-Lisowska K**, Michałowska-Sawczyn M, Homma H, Ciężczyk P, Okamoto T, Larin AK, Generozov EV, Majcher P, Nakazato K, Ahmetov II, Kikuchi N. Is COL1A1 Gene rs1107946 Polymorphism Associated with Sport Climbing Status and Flexibility? *Genes (Basel)*. 2022 Feb 23;13(3):403. doi: 10.3390/genes13030403. PMID: 35327955; PMCID: PMC8954011.
3. Grishina EE, Zmijewski P, Semenova EA, Ciężczyk P, **Humińska-Lisowska K**, Michałowska-Sawczyn M, Maculewicz E, Crewther B, Orysiak J, Kostryukova ES, Kulemin NA, Borisov OV, Khabibova SA, Larin AK, Pavlenko AV, Lyubaeva EV, Popov DV, Lysenko EA, Vepkhvadze TF, Lednev EM, Bondareva EA, Erskine RM, Generozov EV, Ahmetov II. Three DNA Polymorphisms Previously Identified as Markers for Handgrip Strength Are Associated With Strength in Weightlifters and Muscle Fiber Hypertrophy. *J Strength Cond Res*. 2019 Oct;33(10):2602-2607. doi: 10.1519/JSC.0000000000003304. PMID: 31361736.

W pierwszej pracy analizowano zależność allelu X polimorfizmu R577X genu *ACTN3* (ang. Alpha-Actinin-3) z trzema etnicznymi grupami wspinaczy, druga skupiała się na polimorfizmie rs1107946 genu *COL1A1* (ang. Collagen Type I Alpha 1 Chain) i jego wpływie na elastyczność związane z wiekiem, natomiast trzecia publikacja badała związki polimorfizmów genetycznych z siłą i masą mięśniową wśród sztangistów. Moja rola jako pracownika naukowego obejmowała przeprowadzenie badań i analiz laboratoryjnych wyselekcjonowanych polimorfizmów, interpretację wyników i współautorstwo publikacji, co przyczyniło się do pogłębienia wiedzy na temat genetycznych uwarunkowań w sporcie.

III. Od 2022 roku współpracuję z zespołem naukowców pod kierownictwem **dr hab. Paweł Łabaja, prof. UJ z Małopolskiego Centrum Biotechnologii Uniwersytetu Jagiellońskiego**

oraz od 2018 z zespołem **prof. dr hab. Barbarą Frączek z Akademii Wychowania Fizycznego im. Bronisława Czecha w Krakowie** analizując rosnące znaczenie mikrobiomu jelitowego w kontekście zdolności fizycznych, zarówno u osób uprawiających sport wyczynowo, jak i niebędących sportowcami.

Jako kierownik projektu Preludium 15, finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki (UMO-2018/29/N/NZ7/02800), w ramach którego nawiązana została współpraca, odpowiedzialna byłam za opracowanie koncepcji i metodologii wykonania badań, rekrutację uczestników i koordynowanie projektu, realizację badań, zapewnienie zasobów do realizacji projektu, bankowanie materiału biologicznego, wykonanie badań molekularnych, współudział w przeprowadzeniu analiz statystycznych, samodzielne formułowanie wniosków, pisanie manuskryptów, kompilację i finalizację wyników do raportu końcowego.

Efektem współpracy są prace, które rzucają światło na intrygującą korelację pomiędzy składem bakteryjnym jelit a wydajnością i adaptacją fizyczną, oferując nowe perspektywy na związek między zdrowiem jelit, dietą, regeneracją i wydajnością sportową (Załącznik 8):

1. **Humińska-Lisowska K.**, Zielińska K., Mieszkowski J., Michałowska-Sawczyn M., Ciężczyk P., Łabaj PP, Wasąg B, Frączek B, Grzywacz A, Kochanowicz A, Kosciolek T. Microbiome features associated with performance measures in athletic and non-athletic individuals: A case-control study. PLoS One. 2024 Feb 21;19(2):e0297858. doi: 10.1371/journal.pone.0297858. PMID: 38381714; PMCID: PMC10880968.
2. **Humińska-Lisowska K.**, Zielińska K., Mieszkowski J., Michałowska-Sawczyn M., Ciężczyk P., Łabaj P., Kochanowicz A., Kosciolek T. Sport-specific-oriented adaptation is revealed by microbiome characteristics. 28th Annual Congress of the European College of Sport Science
3. **Humińska-Lisowska K.**, Zielińska K., Michałowska-Sawczyn M., Ciężczyk P., Łabaj P., Frączek B., Kosciolek T. Sport-Specific Microbiome Responses in Non-Athletic and Athletic Individuals. IV Międzynarodowa Konferencja Naukowa "Motoryczność Sportowa – Założenia Teoretyczne i Implikacje Praktyczne"

W ramach niniejszych badań analizowano wpływ mikrobioty jelitowej na zdrowie i wydajność sportową. Badania obejmowały analizę sportowców z różnych dyscyplin i grupę kontrolną, analizując mikrobiom przed i po testach wysiłkowych. Wyniki wskazały na specyficzne bakterie związane z lepszymi wynikami sportowymi.

Aktualnie, współpraca kontynuowana jest w ramach projektu finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach konkursu „Nauka dla Społeczeństwa II” (NdS-II/SP/0503/2024/01). Projekt ten zatytułowany "Profil genetyczny sportowca na podstawie analizy wariantów nukleotydowych i mikrobiomu jelitowego", umożliwi prowadzenie dalszych badań nad związkiem między genetyką a mikrobiotą oraz ich wspólnym wpływem na zdolności adaptacyjne sportowców. Moja rola – główny wykonawca.

Dodatkowo, w ramach współpracy z zespołem prof. dr hab. Barbarą Frączek (AWF Kraków) jestem wykonawcą kilku projektów:

1. nr RID/SP/0027/01 pt. „Analiza struktury i właściwości funkcjonalnych mikrobiomu jelitowego wyczynowych biegaczy narciarskich w kontekście sposobu żywienia i ryzyka wystąpienia syndromu względnego niedoboru energii (RED-S)” w ramach program Regionalna Inicjatywa Doskonałości,
2. nr 4/RID/2024 w ramach program Regionalna Inicjatywa Doskonałości,
3. nr 39/PB/RID/2022 pt. „Wpływ miesięcznej wyprawy wysokogórskiej na strukturę mikrobiomu wspinaczy” w ramach program Regionalna Inicjatywa Doskonałości
4. nr 289/BS/INB/2022 realizowany ze środków MNiSW na badania statusowe AWF w Krakowie

IV. Od 2019 roku współpracuję z **prof. dr hab. n. zdr. Anną Grzywacz z Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie**. Prowadzone badania koncentrują się głównie na analizie złożonych interakcji genetycznych i epigenetycznych w kontekście cech osobowości oraz zdrowia metabolicznego u sportowców, jak również osób uzależnionych od tytoniu.

Efektem współpracy są następujące publikacje (Załącznik 8):

1. **Humińska-Lisowska K**, Chmielowiec J, Chmielowiec K, Strońska A, Ciężczyk P, Spieszny M, Masiak J, Lachowicz M, Surała O, Grzywacz A (2024). Association between polymorphism rs6295 of *HTR1A* serotonin receptor gene and personality traits among athletes of combat sport. *Biology of Sport*, 41(1), pp.295-303. <https://doi.org/10.5114/biol sport.2024.129478>.
2. **Humińska-Lisowska K**, Chmielowiec K, Chmielowiec J, Strońska – Pluta A, Bojarczuk A, Dzitkowska-Zabielska M, Łubkowska B, Spieszny M, Surała O, Grzywacz A. (2023). Association Between the rs4680 Polymorphism of the *COMT* Gene and Personality Traits among Combat Sports Athletes. *Journal of Human Kinetics*. <https://doi.org/10.5114/jhk/168789>
3. **Humińska-Lisowska K**, Chmielowiec K, Strońska-Pluta A, Chmielowiec J, Suchanecka A, Masiak J, Michałowska-Sawczyn M, Boroń A, Ciężczyk P, Grzywacz A. Epigenetic Analysis of the Dopamine Transporter Gene *DAT1* with a Focus on Personality Traits in Athletes. *Int J Mol Sci*. 2023 May 18;24(10):8931. doi: 10.3390/ijms24108931. PMID: 37240274; PMCID: PMC10218950.
4. **Humińska-Lisowska K**, Chmielowiec J, Chmielowiec K, Niewczas M, Lachowicz M, Ciężczyk P, Masiak J, Strońska-Pluta A, Michałowska-Sawczyn M, Maculewicz E, Grzywacz A. Associations of Brain-Derived Neurotropic Factor rs6265 Gene Polymorphism with Personality Dimensions among Athletes. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Aug 7;19(15):9732. doi: 10.3390/ijerph19159732. PMID: 35955088; PMCID: PMC9367731.
5. Chmielowiec J, Chmielowiec K, Strońska-Pluta A, Suchanecka A, **Humińska-Lisowska K**, Lachowicz M, Niewczas M, Białecka M, Śmiarowska M, Grzywacz A. Methylation in the Promoter Region of the Dopamine Transporter *DAT1* Gene in People Addicted to Nicotine. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Jul 14;19(14):8602. doi: 10.3390/ijerph19148602. PMID: 35886451; PMCID: PMC9321476.

6. **Humińska-Lisowska K**, Mieszkowski J, Kochanowicz A, Bojarczuk A, Niespodziński B, Brzezińska P, Stankiewicz B, Michałowska-Sawczyn M, Grzywacz A, Petr M, Ciężczyk P. Implications of Adipose Tissue Content for Changes in Serum Levels of Exercise-Induced Adipokines: A Quasi-Experimental Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Jul 19;19(14):8782. doi: 10.3390/ijerph19148782. PMID: 35886639; PMCID: PMC9316284.
7. **Michałowska-Sawczyn M**, Niewczas M, Król P, Czarny W, Rzeszutko A, Chmielowiec K, Chmielowiec J, Grzywacz A, Humińska-Lisowska K, Lachowicz M, Trybek G, Kaczmarczyk M, Wilk M, Ficek K, Maculewicz E, Proia P, Ciężczyk P. Associations between the dopamine D4 receptor gene polymorphisms and personality traits in elite athletes. *Biol Sport*. 2019 Dec;36(4):365-372. doi: 10.5114/biolSport.2019.85457. Epub 2019 Oct 31. PMID: 31938008; PMCID: PMC6945044.

W ramach serii przeprowadzonych badań, zaobserwowano związki między polimorfizmami genetycznymi a cechami osobowości u sportowców oraz osób uzależnionych. Prace koncentrowały się na różnych genach, w tym *HTR1A*, *COMT*, *DAT1*, *BDNF* oraz *DRD4*, badając ich wpływ na różnorodne wymiary osobowości. Wyniki te wskazują na genetyczne podstawy predyspozycji do określonych cech, co ma znaczenie zarówno teoretyczne, jak i praktyczne, podkreślając potencjał genetyki w optymalizacji treningu sportowego i lepszym zrozumieniu mechanizmów adaptacyjnych organizmu. W większości z tych prac miałam kluczowy wkład w opracowanie koncepcji, projektowanie i wykonanie badań, analizę danych, interpretację wyników i przygotowanie manuskryptu do czasopism.

V. Od 2019 roku współpracuję z **dr Agatą Rzeszutko z Uniwersytetu Rzeszowskiego**. W ramach umowy zlecenie, byłam wykonawcą grantu B+R realizowanego w ramach projektu pt. „Podkarpackie Centrum Innowacji” współfinansowanego z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Osi Priorytetowej nr I “Konkurencyjna i innowacyjna gospodarka.” Tytuł realizowanego grantu: "Zapobieganie urazom aparatu ruchu wśród osób aktywnych fizycznie z terenu Podkarpackiego na podstawie oceny ryzyka występowania różnych typów polimorfizmów Kolagenowych." Jako Wykonawca projektu byłam odpowiedzialna za wybór i selekcję polimorfizmów o potencjale kontuzjogennym, jak również walidację i przeprowadzenie badań laboratoryjnych oraz analizę i interpretację wyników genetycznych w odniesieniu do predyspozycji do urazów.

Efektem współpracy jest praca koncentrująca się na analizie wskaźników wydajności fizycznej, takich jak wytrzymałość, siła i elastyczność wśród osób regularnie uprawiających sport na poziomie rekreacyjnym. Wyniki podkreślają rolę regularnej aktywności fizycznej w poprawie ogólnego stanu zdrowia, z zaleceniem dostosowania planów treningowych do osobistych potrzeb i ograniczeń każdego sportowca. Trwają prace nad kolejnymi publikacjami (Załącznik 8).

1. Rzeszutko-Bełzowska A, Przydział M, Pezdan-Śliż I, Ciężczyk P, **Humińska-Lisowska K**, Stastny P, Skrzęta M, Lulińska A, Prończuk M, Mendiya W. Assessment of physical capacity level in recreational athletes. *Journal of Kinesiology and Exercise Sciences* 2023. DOI: 10.5604/01.3001.0053.9342

VI. W okresie maj – lipiec 2022 byłam zatrudniona na **Akademii Wychowania Fizycznego im. Bronisława Czecha w Krakowie**. W ramach umowy, jako pracownik naukowy zrealizowałam dzieło o charakterze autorskim w rozumieniu przepisów ustawy o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 roku (tj. Dz.U. z 2016 roku poz. 666, z późn. zm.), polegające na:

- dokonaniu analizy markerów molekularnych w diagnostyce aktywności fizycznej
- współpracy w dokonaniu interpretacji wyników uzyskanych w ramach prowadzonych badań
- współpracy w wykonaniu analizy statystycznej otrzymanych wyników
- współpracy w przygotowaniu artykułów naukowych powstałych w ramach realizowanych badań

Efektem zrealizowanej umowy i współpracy z **dr hab. Michałem Spiesznym, prof. AWF** Kraków są publikacje koncentrujące się głównie na analizie złożonych interakcji genetycznych w kontekście cech osobowości wśród sportowców (Załącznik 8):

1. **Humińska-Lisowska K**, Chmielowiec K, Chmielowiec J, Strońska – Pluta A, Bojarczuk A, Dzitkowska-Zabielska M, Łubkowska B, Spieszny M, Surała O, Grzywacz A. (2023). Association Between the rs4680 Polymorphism of the *COMT* Gene and Personality Traits among Combat Sports Athletes. *Journal of Human Kinetics*. <https://doi.org/10.5114/jhk/168789>
2. **Humińska-Lisowska K**, Chmielowiec J, Chmielowiec K, Strońska A, Ciężczyk P, Spieszny M, Masiak J, Lachowicz M, Surała O, Grzywacz A (2024). Association between polymorphism rs6295 of *HTR1A* serotonin receptor gene and personality traits among athletes of combat sport. *Biology of Sport*, 41(1), pp.295-303. <https://doi.org/10.5114/biol sport.2024.129478>

VII. W 2023 odbyłam dwa staże na **Uniwersytecie w Cagliari**, Włochy (Załącznik 9)

1. 20.06 – 20.09.2023 – staż naukowy u Senior Researcher Myosotis Massidda na Faculty of Medicine and Surgery, Sport and Exercise Sciences Degree Courses at the University of Cagliari, Sardinia, Italy. W ramach stażu naukowego brałam udział w badaniach skoncentrowanych na analizie genetycznych determinantów adaptacji do wysiłku fizycznego wśród sportowców.
2. 02.10 – 01.11.2023 – staż dydaktyczno-naukowy na Faculty of Medicine and Surgery, Sport and Exercise Sciences Degree Courses at the University of Cagliari, Sardinia, Italy. Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego (umowa nr POWR.03.05.00-00-Z013/18-01 z dn. 04.06.2019).

Podczas mojego stażu na Uniwersytecie w Cagliari skupiłam się na badaniu genetycznych determinantów adaptacji treningowej sportowców. Współpraca podczas stażu zaowocowała utworzeniem międzynarodowego zespołu badawczego. Jako efekt tej współpracy, złożyłam 15.12.2023 wspólny wniosek o grant Sonata 19 do Narodowego Centrum Nauki (NCN), w którym pełnię rolę kierownika projektu o tytule: "Sekrety mistrzowskich osobowości: znaczenie

epigenetyki i polimorfizmów genetycznych w osiągnięciach sportowych" (2023/51/D/NZ7/02669).

Ponadto, efektem stażu są 2 publikacje naukowe (Załącznik 8):

1. **Humińska-Lisowska K**, Stronska-Pluta A, Suchanecka A, Massidda M, Trybek G, Calò CM, Rzeszutko-Belzowska A, Reclaw R, Grzywacz A. Association study of the Taq1D rs1800498 polymorphism of the *DRD2* gene with personality traits in a group of athletes. *Balt J Health Phys Act.* 2024;16(1):Article9. <https://doi.org/10.29359/BJHPA.16.1.09>
2. Michałowska-Sawczyn M, **Humińska-Lisowska K**, Chmielowiec K, Chmielowiec J, Strońska-Pluta A, Suchanecka A, Zadroga Ł, Massidda M, Calò CM, Reclaw R, Grzywacz A. Association analysis of the dopaminergic receptor 2 gene Tag1B rs1079597 and personality traits among a cohort of professional athletes. *Biol Sport.* 2025;42(2): <https://doi.org/10.5114/biolSport.2025.139470>

Dodatkowo, jako efekt stażu i mojego zaangażowania, zostałam zaproszona jako **Invited Speaker** do wygłoszenia wykładu pt. „**Genetic variants and personality traits in athletes**”, podczas konferencji „3rd UNICA sports sciences international conference. Training and genetic profile: maximizing athletic potential”. Termin konferencji: 19 – 21 czerwca 2024 roku. Dodatkowo 04.10.2023 poprowadziłam seminarium/wykład na zaproszenie z Uniwersytetu w Cagliari pt. „**Genetic Determinants of Weight Reduction Post-Exercise.**”

6 Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę (Załącznik 11)

6.1 Promotor pomocniczy w przewodach doktorskich oraz opiekun doktorantów

- mgr Natalia Majchrzak w Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu im. Jędrzeja Śniadeckiego w Gdańsku. Praca doktorska obejmuje zagadnienia psychogenetycznych determinanty wydajności i zachowań wśród e-sportowców (2023 – obecnie)
- mgr Ewa Karpecka-Gałka w Akademii Wychowania Fizycznego im. Bronisława Czecha w Krakowie. Praca doktorska pod tytułem: „Wpływ miesięcznej wyprawy wysokogórskiej na stan zdrowia, sposób żywienia, poziom wydolności fizycznej i strukturę mikrobiomu wspinaczy wysokogórskich” (2021 – obecnie)
- Barkin Bicakci PhD Candidate, Akademia Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku

6.2 Recenzent prac magisterskich

- **2019** „Analysis of the impact of badminton on adolescent health” Wang Keli w Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu im. Jędrzeja Śniadeckiego w Gdańsku
- **2023** „Genetic predisposition and its influence on athletic performance” Sarah Bassil w Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu im. Jędrzeja Śniadeckiego w Gdańsku

6.3 Opiekun staży naukowych oraz praktyk studenckich

- **2023** – Luiza Malińska, studentka kierunku Genetyka i biologia eksperymentalna Wydziału Biologii Uniwersytetu Gdańskiego. Staż w Laboratorium Genetyki w Sporcie Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku
- **2023** – Katarzyna Madejska, studentka kierunku Genetyka i biologia eksperymentalna Wydziału Biologii Uniwersytetu Gdańskiego. Staż w Laboratorium Genetyki w Sporcie Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku
- **2023** – Emilia Sienkiewicz, studentka kierunku Genetyka i biologia eksperymentalna Wydziału Biologii Uniwersytetu Gdańskiego. Staż w Laboratorium Genetyki w Sporcie Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku
- **2019/2020** - dr Agata Rzeszutko (Uniwersytet Rzeszowski) – staż w Laboratorium Genetyki w Sporcie Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku (październik 2019 – styczeń 2020). Trening technik molekularnych
- **2019** – dr Michał Wilk (AWF w Katowicach) – staż w Laboratorium Biologii Molekularnej AWFis.
- **2019** - Katarzyna Kecler (Uniwersytet Medyczny w Szczecinie) – staż w Laboratorium Genetyki w Sporcie Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku (wrzesień – październik 2019) w ramach programu” Staże studentów Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie przepustką do rynku pracy” nr POWR.03.01.00-00-S029/17-00. Trening technik molekularnych.
- **2019** - dr Małgorzata Michalczyk (AWF w Katowicach) – staż w Laboratorium Genetyki Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku (czerwiec – lipiec 2019). Trening technik molekularnych.

6.4 Prowadzone zajęcia dydaktyczne

- Genetyka, Podstawy genetyki, Biochemia, Biochemia adaptacji do wysiłku fizycznego, Markery molekularne w diagnostyce aktywności fizycznej, Prezentacja wyników badań, Genetyka człowieka z elementami genetyki klinicznej, Biologia, Podstawy genetyki klinicznej w diagnostyce i fizjoterapii

6.5 Pozostałe istotne pełnione funkcje

- 05.2021 – 12.2021 - **Zastępca Kierownika Biura Projektu „WF z AWF”** w ramach realizacji zadania „Aktywny powrót do szkoły – realizacja szkoleń dla nauczycieli w województwie kujawsko-pomorskim, pomorskim i zachodniopomorskim.” Numer umowy MEiN/2021/DPI/50. Odpowiedzialna za kwestie organizacyjne projektu, kontakt z uczestnikami oraz nadzorowanie procesu rekrutacji i rejestracji uczestników.
- 16.10.2019 – 31.12.2023 - **Zastępca Przewodniczącego Uczelnianej Komisji Wyborczej** na kadencję 2020-2024 (Uchwała nr 2 Uczelnianej Komisji Wyborczej AWFis w Gdańsku z dnia 16 października 2019)
- 01.10.2021 – obecnie – **Koordynator Centrum Laboratoryjnego Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu** w Gdańsku (Zarządzenie nr 146/2021 Rektora AWFis z dnia 18 października 2021 r., Zarządzenie nr 78/2022 Rektora AWFis z dnia 7 września 2022 r., Zarządzenie nr 77/2023 Rektora AWFis z dnia 4 sierpnia 2023 r.)

- **Członek Senatu AWFis** w Gdańsku na kadencję 2020-2024 (Uchwała nr 4 Uczelnianej Komisji Wyborczej AWFis im. Jędrzeja Śniadeckiego w Gdańsku z dnia 29 września 2021 roku) oraz 2024-2028 (Uchwała nr 2 Uczelnianej Komisji Wyborczej AWFis im. Jędrzeja Śniadeckiego w Gdańsku z dnia 26 lutego 2024 roku)
- **Elektor AWFis** na kadencję 2024-2028 (Uchwała nr 2 Uczelnianej Komisji Wyborczej AWFis im. Jędrzeja Śniadeckiego w Gdańsku z dnia 26 lutego 2024 r.)
- **Członek Rady Programowej ds. Jakości i Programów Studiów kierunku Kosmetologia** na Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku (Zarządzenie nr 138/2021 Rektora Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu im. Jędrzeja Śniadeckiego w Gdańsku z dnia 7 października 2021 r.)

7 Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej

- A) Od grudnia 2023 jestem **Ekspertem Fundacji na rzecz Nauki Polskiej** w ramach umowy ramowej FENG o współpracy z ekspertem nr 371/2023/LE
- B) 02.10.2023 roku otrzymałam **Nagrodę Rektora „Bursztynowy Laur Rektora AWFis”** za osiągnięcia naukowe za rok akademicki 2022/2023 (załącznik 12)
- C) Byłam i jestem **Kierownikiem projektów o łącznej wartości ok. 2 mln PLN**
- D) Byłam i jestem **Wykonawcą projektów o łącznej wartości ok. 20 mln PLN**
- E) Otrzymałam nagrodę za najlepsze wystąpienie podczas międzynarodowej konferencji naukowo – metodycznej „Identyfikacja i rozwój talentu sportowego” organizowanej przez Akademię Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku w dniach 19.11 – 21.11.2021. Tytuł wystąpienia: „Potencjalne zastosowanie cfDNA w sporcie – możliwości oceny przetrenowania zawodnika.” (załącznik 12)
- F) 24.02.2022 roku otrzymałam podziękowanie od Rektora AWF Warszawa, prof. dr hab. Bartosza Molika za zaangażowanie w działania na rzecz poprawy i monitoring stanu kondycji fizycznej dzieci i młodzieży po powrocie do zajęć stacjonarnych w ramach projektu “WF Z AWF” (załącznik 12)
- G) Od czerwca 2013 – października 2017 byłam zatrudniona w ramach umowy o pracę w ośrodku badawczo-diagnostycznym Centrum Badań DNA sp. z o.o. na stanowisku diagnosty laboratoryjnego, p.o. Kierownika Laboratorium Genomowego, Kierownika Laboratorium Genomowego oraz p.o. Zastępcy Kierownika Laboratorium Genetyki Medycznej. W ramach moich obowiązków, oprócz prac diagnostycznych należały prace badawczo-rozwojowe, aplikowanie i realizowanie projektów B+R, wdrażanie nowatorskich procedur badawczych opartych m.in. o technologię sekwencjonowania nowej generacji NGS.
- H) W 2012 roku otrzymałam stypendium projakościowe dla 30% najlepszych doktorantów (załącznik 12)
- I) Od 2011 roku jestem diagnostą laboratoryjnym z czynnym prawem wykonywania zawodu (PWZDL 13090).

8 Analiza bibliometryczna

A) Informacja o punktacji Impact Factor.

Liczba prac łącznie: 31; Liczba punktów IF łącznie: 105.270

Liczba prac przed doktoratem: 8; Liczba punktów IF: 17.169

Liczba prac po doktoracie: 23; Liczba punktów IF: 74.248

B) Informacja o liczbie cytowań publikacji wnioskodawcy, z oddzielnym uwzględnieniem autocytowań.

Web of Science Core Collection: 332 (bez autocytowań: 318)

Web of Science All Databases: 364 (bez autocytowań: 350)

Scopus: 356 (bez autocytowań: 293)

C) Informacja o posiadanym indeksie Hirscha.

Web of Science Core Collection: h-index: 9

Scopus: h-index: 10

D) Informacja o liczbie punktów MNiSW.

Liczba punktów łącznie: 3697.000

Liczba punktów przed doktoratem: 267.000

Liczba punktów po doktoracie: 3697.000

.....

(podpis wnioskodawcy)