

Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach

Wydział Wychowania Fizycznego

Katedra Treningu i Żywienia w Sporcie

Przemysław Pietraszewski

AUTOREFERAT

Do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego

w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu

w dyscyplinie nauk o kulturze fizycznej

Katowice 2026

SPIS TREŚCI

I. Imię i nazwisko.....	3
II. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.....	3
III. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.....	4
IV. 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.).....	5
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego.....	5
4.2. Wykaz prac naukowych wchodzących w skład osiągnięcia naukowego.....	5
4.3. Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników oraz implikacje dla praktyki sportowej.....	6
4.3.1. Uzasadnienie podjętej tematyki i określenie celu naukowego.....	6
4.3.2. Omówienie osiągniętych wyników w poszczególnych publikacjach.....	10
4.3.3. Wnioski i zalecenia aplikacyjne.....	22
4.3.4. Nowatorskie aspekty osiągnięcia naukowego.....	25
4.3.5. Ograniczenia i dalsze kierunki badań.....	26
4.3.6. Bibliografia.....	28
V. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych.....	32
5.1. Krótka prezentacja prac opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora nauk o kulturze fizycznej.....	33
VI. Pozostałe osiągnięcia naukowe.....	43
6.1. Udział w stażach zagranicznych.....	43
6.2. Udział w projektach badawczych w kraju i za granicą.....	43
6.3. Nagrody i wyróżnienia.....	45
6.4. Udział w programach ERASMUS.....	45
6.5. Członkostwo w towarzystwach naukowych.....	46
6.6. Promotorstwo prac licencjackich, magisterskich i doktorskich oraz recenzje prac naukowych.....	46
VII. Aktywność dydaktyczna, organizacyjna i popularyzatorska (na rzecz środowiska).....	47
VIII. Inne informacje dotyczące kariery zawodowej, kwalifikacje dodatkowe.....	50

I. IMIĘ I NAZWISKO

Przemysław Pietraszewski

II. POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE LUB ARTYSTYCZNE – Z PODANIEM PODMIOTU NADAJĄCEGO STOPIEŃ, ROKU ICH UZYSKANIA ORAZ TYTUŁU ROZPRAWY DOKTORSKIEJ.

- 2000 r. – dyplom magistra wychowania fizycznego.
Akademia Wychowania Fizycznego w Katowicach, Wydział Wychowania Fizycznego
- 2004 r. – dyplom ukończenia studiów doktoranckich w zakresie nauk o kulturze fizycznej.
Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach
- 2004 r. – stopień naukowy doktora nauk o kulturze fizycznej.
Akademia Wychowania Fizycznego w Katowicach
Tytuł rozprawy doktorskiej: *Analiza wielowymiarowa efektów sportowych młodzieżowych drużyn piłki ręcznej*. Promotor: Prof. dr hab. Igor Ryguła
- 2006 r. – dyplom ukończenia studium podyplomowego dydaktyki szkoły wyższej.
Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach

III. INFORMACJA O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH LUB ARTYSTYCZNYCH.

- 1.10.2007 – 30.09.2011 – **Asystent**

Akademia Wychowania Fizycznego w Katowicach

Katedra Analiz Systemowych w Sporcie

Zakład Metodologii Badań, Statystyki i Informatyki

- 1.10.2011 – 30.09.2017 – **Adiunkt**

Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach

Katedra Teorii i Praktyki Sportu

Zakład Metodologii Badań, Statystyki i Informatyki

- 1.10.2017 – 31.12.2018 – **Starszy wykładowca**

Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach

Katedra Teorii i Praktyki Sportu

Zakład Metodologii Badań, Statystyki i Informatyki

- 1.01.2019 – nadal – **Adiunkt**

Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach

Katedra Treningu i Żywienia w Sporcie

Zakład Metodologii Badań, Statystyki i Informatyki

IV. 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 PÓŻN. ZM.).

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego.

Na podstawie art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce przedstawiam główne osiągnięcie naukowe, które stanowi jednotematyczny cykl pięciu oryginalnych prac naukowych opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora nauk o kulturze fizycznej, objęty wspólnym tytułem:

ANALIZA AKTYWNOŚCI MIĘŚNIOWEJ KOŃCZYN DOLNYCH PODCZAS BIEGU W ZALEŻNOŚCI OD ZMIENNYCH WARUNKÓW ŚRODOWISKA ZEWNĘTRZNEGO I WEWNĘTRZNEGO.

4.2. Wykaz prac naukowych wchodzących w skład osiągnięcia naukowego.

1. **Pietraszewski, P., Gołaś, A., Matusiński, A., Mrzygłód, S., Mostowik, A., Maszczyk, A.** (2020). *Muscle Activity Asymmetry of the Lower Limbs During Sprinting in Elite Soccer Players*. *Journal of Human Kinetics*, 75, 239–245. DOI: 10.2478/hukin-2020-0049. **[IF = 2.193, MNiSW = 140 pkt]**.
2. **Pietraszewski, P., Gołaś, A., Krzysztofik, M.** (2021). *Comparison of Muscle Activity During 200 m Indoor Curve and Straight Sprinting in Elite Female Sprinters*. *Journal of Human Kinetics*, 80, 309–316. DOI: 10.2478/hukin-2021-0111. **[IF = 2.923, MNiSW = 140 pkt]**.
3. **Pietraszewski, P., Gołaś, A., Krzysztofik, M., Śrutwa, M., Zając, A.** (2021). *Evaluation of Lower Limb Muscle Electromyographic Activity During 400 m Indoor Sprinting among Elite Female Athletes: A Cross-Sectional Study*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(24), 13177. DOI: 10.3390/ijerph182413177. **[IF = 4.614, MNiSW = 140 pkt]**.
4. **Pietraszewski, P., Gołaś, A., Roczniok, R., Gepfert, M., Zając, A.** (2024). *EMG Activity of Lower Limb Muscles During Anti-Gravity Treadmill Running with Different Loads and Speeds*. *Applied Sciences*, 14(17), 7518. DOI: 10.3390/app14177518. **[IF = 2.500, MNiSW = 100 pkt]**.

5. **Pietraszewski, P., Maszczyk, A., Zając, A., Gołaś, A. (2025). *Muscle Activity and Biomechanics of Sprinting: A Meta-Analysis Review*. Applied Sciences, 15(9), 4959.**
DOI: 10.3390/app15094959. [IF = 2.500, MNiSW = 100 pkt].

Bibliometryczne podsumowanie jednotematycznego cyklu pięciu prac naukowych:

IF= 14.73; MNiSW = 620 pkt.

Merytoryczny wkład habilitanta w realizację cyklu publikacji miał charakter wiodący i obejmował wszystkie kluczowe etapy procesu badawczego. Habilitant był inicjatorem podjętej problematyki badawczej, współtworzył koncepcję badań, cele i hipotezy badawcze oraz uczestniczył w opracowaniu metodologii wykorzystującej powierzchniową elektromiografię (sEMG) do oceny aktywności mięśniowej podczas biegu w różnych warunkach wysiłkowych.

Brał udział w organizacji i realizacji badań eksperymentalnych, gromadzeniu materiału badawczego oraz analizie i interpretacji wyników. Uczestniczył również w opracowaniu przeglądu systematycznego i metaanalizy stanowiących integralną część cyklu.

We wszystkich publikacjach pełnił funkcję pierwszego autora oraz autora korespondencyjnego. Odpowiadał za przygotowanie zasadniczej części manuskryptów, koordynację współpracy między współautorami oraz prowadzenie procesu wydawniczego.

Szczegółowy zakres wkładu w powstanie każdej z publikacji stanowiących cykl, opisany jest w załącznikach 6a – 6e.

4.3. Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników oraz implikacje dla praktyki sportowej.

4.3.1. Uzasadnienie podjętej tematyki i określenie celu naukowego.

Bieg jest jedną z najpowszechniejszych form aktywności sportowej, uprawianą zarówno rekreacyjnie, jak i zawodniczo [Hulme et al., 2017]. Popularność tej czynności ruchowej idzie w parze z wysokim ryzykiem urazów przeciążeniowych. Szacuje się, że od 27% do nawet 70% biegaczy doznaje co roku kontuzji związanych z przeciążeniem aparatu ruchu [Videbæk et al., 2015; van Gent et al., 2007]. Główne przyczyny urazów biegowych wiążą się z powtarzającymi się, cyklicznymi obciążeniami, w szczególności z dużą siłą reakcji podłoża działającą na kończyny dolne podczas biegu [Milner et al., 2006; Zadpoor & Nikooyan,

2011]. Poszukuje się więc metod treningu, profilaktyki i rehabilitacji zmniejszających przeciążenia. Przykładem może być zastosowanie bieżni antygravitacyjnej obniżającej efektywną masę ciała biegacza (AlterG), co pozwala na redukcję obciążeń mechanicznych [Grabowski & Kram, 2008; Raffalt et al., 2013]. Jednocześnie w celu zapobiegania kontuzjom coraz większą uwagę zwraca się na analizę funkcjonalną wzorca biegu, w tym na identyfikację ewentualnych asymetrii i dysproporcji w pracy mięśniowej między kończynami, które mogą predysponować do urazu [Zifchock et al., 2008; Bishop et al., 2018]. Przykładowo wykazano, że asymetria siły mięśniowej lub aktywności mięśni powyżej 15% istotnie zwiększa ryzyko kontuzji stawu kolanowego [Croisier et al., 2008].

Pomiar aktywności bioelektrycznej mięśni metodą elektromiografii (EMG) stanowi wartościowe narzędzie takiej oceny, pozwalając określić, które grupy mięśniowe są najbardziej zaangażowane w danym zadaniu ruchowym oraz ujawnić ewentualne deficyty słabszej strony [De Luca, 1997; Hug, 2011]. Elektromiografia powierzchniowa (sEMG) znajduje coraz szersze zastosowanie w diagnostyce funkcjonalnej sportowców, m.in. dzięki rozwojowi technologii umożliwiających pomiary w warunkach zbliżonych do rzeczywistych, np. elektrody tekstylne zintegrowane z odzieżą sportową [Clancy et al., 2002; Yang & Hsu, 2010].

W kontekście sportu wyczynowego analiza EMG przynosi istotne informacje na temat wzorców rekrutacji mięśni i zmęczenia mięśniowego podczas wysiłku [Hug, 2011; De Luca, 1997]. Bieg sprinterski z maksymalną intensywnością stanowi doskonały model do badania zdolności nerwowo – mięśniowych człowieka [Morin et al., 2012]. Wyniki sportowe w biegach sprinterskich w dużej mierze zależą od efektywności generowania siły przez mięśnie kończyn dolnych oraz zdolności utrzymania wysokiej jakości techniki biegu pomimo narastającego zmęczenia [Weyand et al., 2000; Morin et al., 2011]. Dotychczasowe badania wskazywały, że poprawa osiągnięć sprinterskich wiąże się m.in. ze zwiększoną aktywacją mięśni grupy kulszowo-goleniowej oraz mięśni pośladkowych, szczególnie przy rozwijaniu większych prędkości biegu [Schache et al., 2012; Higashihara et al., 2010]. Wiadomo również, że zmęczenie wpływa na zmianę mechaniki biegu, powodując wcześniejszą aktywację mięśni (skrócenie fazy hamowania), ograniczenie zakresu ruchu w stawach oraz wydłużenie czasu kontaktu stopy z podłożem [Girard et al., 2011; Morin et al., 2011]. Zmiany te obniżają ekonomię biegu i mogą zwiększać ryzyko urazu mięśniowego w wyniku przeciążenia [Edwards, 2012]. Analiza elektromiograficzna pozwala uchwycić te zjawiska,

śledząc np. przesunięcia w fazach aktywności mięśni podczas zmęczenia lub różnice w poziomie rekrutacji mięśni przy różnych prędkościach [Hug, 2011].

Pomimo szeroko zakrojonych badań nad biomechaniką sprintu, przed podjęciem prezentowanego cyklu prac istniały istotne luki poznawcze. Większość wcześniejszych badań koncentrowała się na biegu prostoliniowym, analizując kinematykę, dynamikę oraz EMG sprintu na odcinkach prostych [Mero et al., 1992; Morin et al., 2012]. Bieg po łuku (wirażu), jaki występuje na stadionach lekkoatletycznych, otwartych i halowych, był znacznie rzadziej badany pod kątem aktywności mięśniowej. Wykazano, iż na wirażu sprinterzy osiągają niższą prędkość i uzyskują gorsze czasy niż na prostych odcinkach [Churchill et al., 2015]. Przyczyną jest konieczność wytworzenia składowej siły dośrodkowej w celu utrzymania toru ruchu po łuku [Chang & Kram, 2007]. Część generowanej siły mięśniowej musi zatem równoważyć znoszenie biegacza na zewnątrz wirażu. Ponadto biomechanika biegu po łuku różni się od biegu po prostej ze względu na asymetryczną rolę kończyn dolnych: kończyna dolna wewnętrzna odpowiada głównie za stabilizację i kontrolę ruchu w płaszczyźnie czołowej, zaś noga zewnętrzna zapewnia napęd w kierunku poziomym [Alt et al., 2015; Churchill et al., 2015]. Takie wnioski płyną z badań kinematycznych i dynamicznych, które wykazały odmienne zakresy ruchu stawów oraz różnice w parametrach sił reakcji podłoża dla kończyn podczas sprintu po łuku [Chang & Kram, 2007; Alt et al., 2015]. Dotąd brakowało jednak danych o wzorcach aktywacji poszczególnych mięśni w tych warunkach, zwłaszcza u elitarnych sprinterek, co stanowiło istotną lukę badawczą. Uzupełnienie tej luki ma duże znaczenie praktyczne, gdyż trening sprinterów, szczególnie startujących w hali, powinien uwzględniać specyficzne obciążenia mięśni kończyny wewnętrznej na wirażu.

Innym zagadnieniem, słabo dotąd poznanym, jest zmiana aktywności mięśniowej w trakcie dłuższego wysiłku sprinterskiego, takiego jak bieg na 400 m. Jest to dystans specyficzny, określany mianem „długiego sprintu” z uwagi na narastające skrajne zmęczenie glikolityczne [Duffield et al., 2005; Spencer & Gastin, 2001]. Zrozumienie, jak wraz z kolejnymi fazami biegu zmienia się zaangażowanie mięśni, ma istotne znaczenie dla praktyki treningu, pozwalając określić, które mięśnie są najbardziej narażone na zmęczenie i spadek efektywności pracy wraz z dystansem [Girard et al., 2011]. Wcześniejsze badania wskazywały na pewne zmiany sił reakcji podłoża pod wpływem zmęczenia, np. spadek zdolności generowania siły poziomej w końcowej fazie sprintu [Morin et al., 2011], lecz brakowało bezpośrednich pomiarów EMG ukazujących zmiany adaptacyjne mięśni. Ponadto,

mało uwagi poświęcano wykorzystaniu wyników analiz EMG w praktyce treningowej i rehabilitacyjnej. W dobie treningu spersonalizowanego, znajomość indywidualnych wzorców aktywacji mięśni u sportowca może pomóc w doborze odpowiednich ćwiczeń korygujących deficyty oraz w monitorowaniu zmęczenia mięśniowego w cyklu treningowym [Hug, 2011; Farina et al., 2014].

Głównym celem naukowym cyklu prac była weryfikacja hipotezy dotyczącej adaptacyjnego charakteru aktywności elektromiograficznej mięśni kończyn dolnych podczas biegu sprinterskiego oraz wszechstronne scharakteryzowanie tych wzorców w różnych warunkach biomechanicznych i fizjologicznych. Na cykl składa się pięć powiązanych tematycznie prac badawczych, z których jedna ma charakter pracy przeglądowej (meta-analizy), stanowiącej tło teoretyczne i punkt odniesienia dla czterech badań empirycznych (P5). Prace eksperymentalne obejmują analizę aktywności mięśni w następujących kontekstach: (P1) asymetria między kończynami dolnymi podczas sprintu, (P2) sprint po łuku, (P3) sprint na dystansie 400 m – wpływ zmęczenia na kolejne fazy biegu, oraz (P4) bieg na bieżni antygravitacyjnej przy różnych prędkościach i wielkościach obciążenia. Tak zarysowany zestaw badań pozwala ocenić aktywność elektromiograficzną biegu wieloaspektowo, od fundamentalnych zależności biomechanicznych ujętych w meta-analizie, przez specyficzne aspekty treningu sprinterskiego, po zastosowanie praktyczne w postaci bieżni odciażającej. Celem integrującym cały cykl było dostarczenie oryginalnej wiedzy, która może stanowić podstawę oceny funkcjonalnej w biegu sprinterskim oraz mogłaby być wykorzystana w planowaniu treningu sportowego, programach rehabilitacji i strategiach prewencji urazów.

Należy podkreślić, że pomimo wykorzystania zróżnicowanych grup badawczych (piłkarze nożni, sprinterzy oraz biegacze średnio i długodystansowi), wszystkie przeprowadzone badania odnoszą się do wspólnego problemu naukowego, jakim jest funkcjonalna organizacja aktywności mięśni kończyn dolnych podczas biegu. Zastosowanie różnych modeli wysiłkowych pozwoliło na analizę tego zjawiska w odmiennych warunkach biomechanicznych i fizjologicznych, co umożliwiło bardziej kompleksowe ujęcie badanego zjawiska. W konsekwencji zróżnicowanie badanych populacji nie stanowi rozproszenia tematycznego, lecz element metodologiczny pozwalający na weryfikację analizowanych zależności w różnych kontekstach ruchowych.

Na podstawie przeglądu literatury oraz dotychczasowych wyników badań własnych przyjęto ogólną hipotezę badawczą, że wzorce aktywności elektromiograficznej mięśni

kończyn dolnych podczas biegu sprinterskiego mają charakter adaptacyjny i ulegają istotnym modyfikacjom w zależności od warunków biomechanicznych oraz fizjologicznych wysiłku.

Założono, że czynniki takie jak asymetria funkcjonalna, bieg po krzywiźnie toru, narastające zmęczenie oraz zmiana obciążenia mechanicznego prowadzą do specyficznych zmian w organizacji aktywności mięśniowej, które mogą wpływać zarówno na efektywność lokomocji, jak i na ryzyko przeciążeń układu ruchu.

W celu weryfikacji powyższej hipotezy sformułowano następujące pytania badawcze:

1. Czy asymetria aktywacji mięśni kończyn dolnych wpływa na parametry szybkościowe biegu sprinterskiego?
2. Czy warunki biegu po krzywiźnie toru prowadzą do istotnych zmian aktywności mięśniowej pomiędzy kończynami?
3. W jaki sposób narastające zmęczenie podczas biegu sprinterskiego wpływa na poziom aktywności mięśniowej?
4. Czy redukcja obciążenia mechanicznego podczas biegu (np. z wykorzystaniem bieżni antygravitacyjnej) prowadzi do zmian we wzorcach aktywacji mięśniowej?
5. Jak zmiany aktywności mięśniowej obserwowane w badaniach eksperymentalnych dotyczących biegu wpisują się w ogólne zależności opisane w literaturze naukowej?

Sformułowana hipoteza oraz pytania badawcze stanowiły podstawę do zaprojektowania cyklu badań eksperymentalnych oraz analizy meta-analitycznej, umożliwiających wieloaspektową ocenę funkcjonowania układu nerwowo-mięśniowego w warunkach biegu sprinterskiego.

4.3.2. Omówienie osiągniętych wyników w poszczególnych publikacjach.

Przedstawione badania, choć realizowane w różnych modelach eksperymentalnych, tworzą spójny nurt badawczy ukierunkowany na identyfikację mechanizmów nerwowo-mięśniowych warunkujących efektywność biegu sprinterskiego. W odróżnieniu od wcześniejszych badań koncentrujących się głównie na analizie kinematycznej i dynamicznej, niniejszy cykl prac rozszerza wiedzę o aspekt funkcjonalny, ukazując zróżnicowanie wzorców aktywacji mięśni w zależności od warunków biomechanicznych (asymetria, bieg po krzywiźnie, zmęczenie, odciążenie).

Integracja wyników poszczególnych badań pozwala na wskazanie wspólnych mechanizmów adaptacyjnych układu nerwowo-mięśniowego, które determinują zarówno

efektywność lokomocji, jak i ryzyko przeciążeń. W tym ujęciu wykorzystanie różnych grup sportowców stanowiło świadomy element projektu badawczego, umożliwiający analizę uniwersalnych mechanizmów nerwowo-mięśniowych w różnych formach biegu.

Praca 1 – *Muscle Activity Asymmetry of the Lower Limbs During Sprinting in Elite Soccer Players.*

Celem badania było określenie asymetrii w aktywności mięśniowej prawej i lewej kończyny dolnej podczas sprintu u piłkarzy nożnych oraz jej wpływ na osiągi szybkościowe. Problematyka ta wynika z praktycznej obserwacji, iż piłkarze często wykazują pewne dysproporcje między kończynami (np. kończyna dolna dominująca vs. niedominująca) na skutek jednostronnych czynności technicznych w grze, co potencjalnie może przekładać się na zwiększenie asymetrii mięśniowych pomiędzy kończynami dolnymi podczas sprintów i zwiększać ryzyko urazów [Fousekis et al., 2010].

Materiał i metody: Zbadano 16 profesjonalnych piłkarzy nożnych (średnio $23,7 \pm 7,6$ lat, 81 ± 11 kg, 179 ± 12 cm). Każdy zawodnik wykonywał dwa maksymalne sprinty na dystansie 30 m (z 5-minutową przerwą wypoczynkową). Podczas biegów rejestrowano powierzchniowe EMG bilateralnie z głównych grup mięśni zaangażowanych w bieg sprinterski: prostowniki kolana (mięśnie czworogłowe uda), zginacze kolana (mięśnie kulszowo-goleniowe, głównie dwugłowe uda) oraz prostowniki biodra (mięśnie pośladkowe). Pomiary wykonano z użyciem nowoczesnego systemu bezprzewodowego EMG. Wykorzystano elektrody zintegrowane z obcisłymi szortami sportowymi, co umożliwiło zawodnikom sprint z zachowaniem naturalnej techniki biegu, bez ograniczeń ruchu przez aparaturę pomiarową. Analiza statystyczna objęła porównanie średniej aktywności mięśni (np. zintegrowanych sygnałów EMG) między prawą a lewą kończyną oraz ocenę wpływu poziomu asymetrii na rezultaty sprintu za pomocą analizy regresji.

Wyniki: Wykazano obecność istotnych asymetrii w aktywacji mięśniowej między kończyną dolną lewą a prawą podczas sprintu na dystansie 30 m. Średnio silniejsze zaangażowanie odnotowano w mięśniach kończyny dominującej, jednak kluczowe okazały się różnice indywidualne między zawodnikami. Analiza regresyjna ujawniła, że większa asymetria pracy mięśni dwugłowych uda i mięśni pośladkowych negatywnie wpływała na uzyskiwane czasy sprintu zarówno w fazie akceleracji (5 m), jak i na pełnym dystansie 30 m. Stwierdzono statystycznie istotny związek pomiędzy stopniem asymetrii aktywności m. dwugłowych uda, a czasem osiągniętym na dystansie 5 m ($p = 0.044$) i 30 m ($p = 0.045$),

analogicznie dla mięśni pośladkowych różnice lewa/prawa korelowały z czasami 5 m ($p = 0.044$) i 30 m ($p = 0.043$). Oznacza to, że zawodnicy o bardziej zrównoważonej aktywacji obu kończyn dolnych uzyskiwali nieco lepsze wyniki, podczas gdy znaczne dysproporcje mięśniowe wiązały się z niewielkim obniżeniem osiągnięć szybkościowych. Choć różnice czasowe wynikające z asymetrii nie były duże, to jednak istotność statystyczna wskazuje na spójną tendencję: równe zaangażowanie mięśni obu kończyn sprzyja optymalnej akceleracji i prędkości maksymalnej. Ponadto wyniki tego badania mają implikacje zdrowotne. Potwierdzono, że zawodnicy o wyższej asymetrii mogą być bardziej narażeni na przeciążenia jednostronne. Autorzy odnieśli się do przyjętego w fizjoterapii kryterium 15% asymetrii jako wartości granicznej, powyżej której ryzyko urazu istotnie wzrasta [Barber et al., 1990]. W badanej grupie kilku piłkarzy przekraczało ten próg dla mięśni kulszowo-goleniowych, co może tłumaczyć występowanie u nich drobnych urazów przeciążeniowych.

Wnioski: Badanie wykazało, że profesjonalni piłkarze mogą przejawiać istotne asymetrie w aktywacji mięśni podczas sprintu, a poziom tych asymetrii rzutuje zarówno na osiągi szybkościowe, jak i potencjalnie na ryzyko urazów kończyn dolnych. Mięśnie dwugłowe uda oraz mięśnie pośladkowe zostały zidentyfikowane jako kluczowe grupy, w których asymetria jest najbardziej widoczna i znacząca dla wyniku sprintu. Rekomendacją autorów jest włączenie do treningu specjalnych środków ukierunkowanych na wyrównywanie asymetrii i wzmocnienie słabszej kończyny, zwłaszcza w zakresie siły mięśni kulszowo-goleniowych i pośladkowych. Sugeruje się zastosowanie ćwiczeń unilateralnych (jednostronnych) i oporowych angażujących selektywnie mięśnie dwugłowe i mięśnie pośladkowe słabszej kończyny, co powinno nie tylko poprawić symetrię pracy mięśni, redukując ryzyko urazu, ale także przełożyć się na poprawę przyspieszenia i prędkości maksymalnej w sprintach. Wyniki te mają znaczenie nie tylko dla piłkarzy nożnych, ale generalnie dla wszystkich dyscyplin sportowych, gdzie sprint stanowi istotny element walki sportowej. Można zatem wnioskować, iż monitorowanie asymetrii EMG może być cennym narzędziem oceny stanu funkcjonalnego zawodnika i ukierunkowania interwencji treningowych.

Podsumowanie: Wyniki te wpisują się w szerszy problem asymetrii funkcjonalnej w sporcie, wskazując, że zaburzenia równowagi nerwowo-mięśniowej mają charakter nie tylko lokalny, ale wpływają na globalną efektywność ruchu. W kontekście całego cyklu badań stanowią one punkt wyjścia do dalszych analiz, w których asymetria jest rozpatrywana także

w warunkach specyficznych dla sprintu, takich jak bieg po krzywiźnie toru czy zmęczenie wysiłkowe.

Praca 2 – Comparison of Muscle Activity During 200 m Indoor Curve and Straight Sprinting in Elite Female Sprinters.

Celem badania było określenie, czy maksymalna aktywność (amplituda) sygnału EMG wybranych mięśni kończyn dolnych różni się w zależności od rodzaju i długości odcinka biegu (wiraż vs. prosta) oraz od usytuowania toru (tor wewnętrzny vs. zewnętrzny) podczas sprintu na dystansie 200 m w hali, a także między prawą i lewą kończyną. Celem było dostarczenie informacji, jak specyficzna geometria hali 200 m (ostry łuk, różna krzywizna na torach) wpływa na obciążenie poszczególnych mięśni sprinterek.

Material badawczy: Zrekrutowano 11 wysoko wytrenowanych sprinterek (PB na 200 m: $24,1 \pm 1,1$ s), będących członkiniami kadr narodowych. Zastosowano schemat eksperymentalny cross-over: każda zawodniczka przebiegła maksymalnie 200 m dwa razy, raz na najbardziej wewnętrznym torze hali (tor o najmniejszym promieniu łuku), a raz na najbardziej zewnętrznym torze (największy promień). Kolejność prób była randomizowana z odpowiednią przerwą wypoczynkową. Podczas obu startów mierzono powierzchniowe EMG (sEMG) obustronnie z pięciu mięśni: m. brzuchatego łydki (głowa przyśrodkowa), m. dwugłowego uda, m. pośladkowego wielkiego, m. piszczelowego przedniego oraz m. obszernego bocznego uda. Czujniki EMG zainstalowano standardowo na brzuścach mięśni zgodnie z zaleceniami SENIAM [Hermens et al., 2000]. Analizowano wartość szczytową amplitudy sEMG każdego mięśnia podczas dwóch kluczowych odcinków biegu: na wirażu i na prostej (start następuje na wirażu, następnie jest prosta, drugi wiraż i prosta). W efekcie uzyskano pomiary pozwalające porównać: (a) aktywność mięśni na wirażu vs. na prostej dla danego toru, (b) aktywność na torze wewnętrznym vs. zewnętrznym dla danego odcinka biegu, (c) różnice między kończyną wewnętrzną a zewnętrzną (lewą vs. prawą) w każdej z tych sytuacji.

Wyniki: Badanie ujawniło wyraźne różnice w aktywności mięśniowej zależne od geometrii toru i typu odcinka. Najbardziej widocznym efektem była znacząco wyższa aktywność mięśnia brzuchatego łydki (głowy przyśrodkowej) po stronie wewnętrznej ciała (czyli w lewej nodze, gdy biegaczka pokonuje wiraż w lewo) w porównaniu do strony zewnętrznej. Różnica ta była statystycznie istotna podczas sprintu na wirażu w ciasnym, wewnętrznym torze (lewa łydka vs. prawa: $p = 0.011$), a także, co ważne, utrzymywała się na

następującej po nim prostej ($p < 0.001$). Oznacza to, iż podczas biegu na ostrym łuku wewnętrzna kończyna wykazywała znacznie większą aktywność mięśnia brzuchatego przyśrodkowego łydki niż kończyna dolna zewnętrzna, i ta dysproporcja nie zanikała od razu po wyjściu z łuku. Warto podkreślić, że efekt ten był zależny od promienia łuku na torze zewnętrznym (o łagodniejszej krzywiznie) różnica między aktywnością mięśnia brzuchatego w lewej i prawej kończynie dolnej nie była statystycznie istotna na żadnym odcinku ($p > 0.05$). Oznacza to, że im ostrzejszy wiraż, tym bardziej wewnętrzna kończyna jest obciążona pracą mięśnia łydki stabilizującego ciało na łuku.

Zaobserwowano również dodatkowe subtelne różnice: mięsień dwugłowy uda wykazał istotnie wyższą amplitudę EMG w kończynie wewnętrznej podczas biegu na prostej po pokonaniu wirażu w ciasnym torze wewnętrznym w porównaniu do sytuacji na torze zewnętrznym. Może to wskazywać, że pewne efekty „dogaszania” wirażu przenosiły się na początek prostej w przypadku ostrego łuku, wewnętrzna kończyna nadal pracowała intensywniej. Mięsień obszerny boczny uda obu nóg wykazywał z kolei wyższą aktywność na wirażu niż na prostej, zwłaszcza na torze wewnętrznym. Na wewnętrznym torze amplituda EMG m. obszernego bocznego była istotnie większa na wirażu niż na prostej (dla obu kończyn: $p_{\text{left}} = 0.001$, $p_{\text{right}} = 0.004$), co sugeruje silniejsze zaangażowanie mięśni czworogłowych uda podczas biegu po łuku, prawdopodobnie w fazie odpychania pod górę na nachylonym torze halowym. Natomiast na torze zewnętrznym różnice dla m. obszernego bocznego, między łukiem a prostą były mniejsze i istotne tylko dla jednej nogi (lewej, $p = 0.024$). Ogólnie jednak, spośród badanych mięśni to właśnie głowa przyśrodkowa m. brzuchatego łydki okazała się najbardziej wrażliwa na warunki biegu, gdyż jej aktywność silnie wzrastała w warunkach wymagających stabilizacji na wirażu o małym promieniu, czyniąc z niej kluczowy mięsień odpowiadający za pokonywanie wirażu.

Wnioski: Wyniki jednoznacznie wskazują, że bieg po krzywiznie (wirażu) stawia znacznie większe wymagania mięśniom kończyny wewnętrznej niż zewnętrznej, przy czym skala tych wymagań rośnie wraz ze zmniejszeniem promienia łuku (ostrzejszy wiraż). W badaniu dotyczyło to głównie mięśnia brzuchatego łydki, który odpowiadał za stabilizację na łuku, podczas gdy różnice w pozostałych mięśniach (dwugłowy uda, pośladkowy wielki, piszczelowy przedni) okazały się mniej wyraźne niż początkowo zakładano. Na tej podstawie można stwierdzić, że to mięsień brzuchaty łydki (głowa przyśrodkowa) kończyny wewnętrznej pełni kluczową rolę kompensacyjną, pomagając zrównoważyć siłę odśrodkową na wirażu i współpracując z innymi mięśniami w utrzymaniu trajektorii biegu. Konsekwencją

praktyczną jest zalecenie, aby trenerzy i zawodnicy zwracali szczególną uwagę na przygotowanie mięśnia brzuchatego łydki wewnętrznej nogi na obciążenia związane z bieganiem po wirażu. Przy dużych objętościach treningu na wirażach (np. treningi halowe) mięsień ten może być narażony na przeciążenie, co zwiększa ryzyko kontuzji przeciążeniowej łydki. Wprowadzenie ćwiczeń wzmacniających, np. wspięcia na palce na jednej kończynie dolnej, trening plajometryczny ukierunkowany na łydki oraz odpowiedniej regeneracji może pomóc zapobiec urazom. Ponadto warto zauważyć, że stwierdzona wyższa aktywność łydki wewnętrznej utrzymująca się nawet na prostych odcinkach toru wewnętrznego sugeruje efekt zmęczenia przenoszony z wirażu, gdyż po pokonaniu ostrego zakrętu mięsień ten pozostaje w stanie wzmożonej aktywności. Zjawisko to wskazuje na potrzebę monitorowania zmęczenia lokalnego mięśni w trakcie biegu – np. przez analizę EMG w różnych fazach biegu, co zostało rozwinięte w kolejnym badaniu (400 m).

Podsumowanie: Uzyskane wyniki wskazują, że warunki biomechaniczne narzucone przez geometrię toru prowadzą do systematycznej modyfikacji wzorców aktywacji mięśniowej. W kontekście całego cyklu badań potwierdza to, że układ nerwowo-mięśniowy adaptuje się do specyficznych wymagań zadania ruchowego, generując asymetryczne strategie stabilizacji i napędu.

Praca 3 – *Evaluation of Lower Limb Muscle Electromyographic Activity during 400 m Indoor Sprinting among Elite Female Athletes: A Cross-Sectional Study.*

To badanie stanowi rozwinięcie tematyki sprintu po wirażu, rozszerzając analizę na pełny dystans 400 m (dwa okrążenia hali, łącznie cztery wiraże i cztery proste). Celem było określenie, jak zmienia się znormalizowana aktywność elektryczna wybranych mięśni kończyn dolnych w kolejnych fazach biegu na 400 m, ze szczególnym uwzględnieniem różnic między kolejnymi wirażami oraz między kończyną wewnętrzną a zewnętrzną. Założono, że narastające zmęczenie może powodować wzrost rekrutacji mięśni w celu podtrzymania prędkości biegu mimo spadku możliwości energetycznych.

Material badawczy: Zbadano 10 wyczynowych sprinterek specjalizujących się w dystansie 400 m (wiek 21 ± 4 lata; masa 47 ± 5 kg; PB 400 m: $52,4 \pm 1,1$ s). Każda zawodniczka wykonała maksymalny bieg na 400 m w hali (200 m okrążenie, standard IAAF). Pomiary sEMG prowadzono podobnie jak w badaniu na 200 m – obustronnie z m. brzuchatego przyśrodkowego łydki, m. dwugłowego uda, m. pośladkowego wielkiego, m. piszczelowego przedniego i m. obszernego bocznego. Sygnały EMG zostały znormalizowane względem

maksymalnej aktywacji (MVC) lub względem wartości z początkowego odcinka – tak by móc porównywać względne zmiany aktywności mięśni u poszczególnych zawodniczek [De Luca 1997]. W analizie skupiono się na czterech kolejnych wirażach pokonywanych podczas biegu (I, II, III i IV wiraż – gdzie IV przypada tuż przed metą) oraz na różnicach między lewą (wewnętrzną) a prawą (zewnętrzną) nogą na każdym z wiraży. Zastosowano dwuczynnikową analizę wariancji ANOVA (czynniki: numer wirażu oraz strona ciała) w celu identyfikacji interakcji i głównych efektów.

Wyniki: Wbrew oczekiwaniom, nie stwierdzono istotnej statystycznie interakcji między numerem wirażu a stroną ($p > 0.05$), co oznacza, że trend zmian aktywności mięśni w kolejnych wirażach był podobny dla obu kończyn. Jednak analiza efektów głównych przyniosła dwa ważne spostrzeżenia:

1. Aktywność mięśniowa istotnie wzrastała w kolejnych wirażach na dystansie 400 m. Dla wszystkich pięciu badanych mięśni zaobserwowano statystycznie istotne zwiększenie znormalizowanych amplitud EMG z każdym następnym wirażem: m. brzuchaty łydki przysr. – wzrost od I do IV wirażu ($p = 0.003$), m. dwugłowy uda – wzrost ($p < 0.0001$), m. pośladkowy wielki – ($p = 0.044$), m. piszczelowy przedni – ($p = 0.001$), m. obszerny boczny – ($p = 0.023$). Oznacza to, że w miarę postępu biegu i narastania zmęczenia, zaangażowanie mięśni wzrastało, aby utrzymać prędkość w pokonywaniu kolejnych wiraży. Wzrost ten był największy dla mięśni dwugłowego uda oraz brzuchatego łydki (bardzo istotne statystycznie), co wskazuje, że zwłaszcza mięśnie tylnej grupy uda muszą nadrobić utratę mocy wynikającą z intensyfikacji metabolizmu glikolitycznego i narastającej kwasicy metabolicznej.

2. Różnice między kończyną wewnętrzną a zewnętrzną okazały się stosunkowo niewielkie – istotny statystycznie efekt główny strony zaobserwowano tylko dla m. brzuchatego przysr. łydki ($p = 0.012$). Mięsień ten w nodze wewnętrznej (lewej) osiągał średnio wyższe wartości znormalizowanego EMG niż w nodze zewnętrznej, co jest zgodne z wynikami z dystansu 200 m, choć na 400 m równolegle rosła też aktywność nogi prawej. Dla pozostałych mięśni nie odnotowano statystycznie istotnych różnic między lewą a prawą kończyną ($p > 0.05$), co sugeruje, że w dłuższej perspektywie (przez dwa okrążenia) zawodniczki adaptują się i angażują obie kończyny w zbliżonym stopniu, przy czym ta wewnętrzna wykonuje zdecydowanie większą pracę, szczególnie mięśnie łydki.

Wnioski: Wzrost aktywności EMG w kolejnych wirażach świadczy o narastającym wysiłku mięśniowym w miarę trwania biegu na dystansie 400 m. Mięśnie muszą pracować

coraz intensywniej, by kompensować spadek mocy wynikający ze zmęczenia i utrzymać prędkość na wirażach. To zjawisko można interpretować jako rekrutację dodatkowych jednostek motorycznych i zwiększanie wysiłku nerwowo-mięśniowego w sytuacji rosnącego zmęczenia metabolicznego. W praktyce oznacza to, że trening 400-metrowców powinien uwzględniać elementy poprawiające wytrzymałość mięśniową sprinterską tak, aby mięśnie były zdolne do zachowania wysokiej aktywności do końca dystansu. Dodatkowo, podobnie jak na 200 m, potwierdzono szczególną rolę mięśnia brzuchatego łydki wewnętrznej nogi na wirażach. Był on jedynym mięśniem wykazującym stałą przewagę aktywacji po stronie wewnętrznej. Autorzy zalecają więc zwrócenie szczególnej uwagi na przygotowanie tego mięśnia u 400-metrowców, poprzez trening oporowy i prewencyjny (np. ćwiczenia propriocepcji i siły ekscentrycznej łydki), aby sprostał on powtarzalnym wysokim obciążeniom podczas kolejnych wiraży. Wskazują też na potrzebę monitorowania pojawiania się ewentualnych asymetrii adaptacyjnych, na skutek chronicznego przeciążenia jednej nogi na wirażach może dojść do utrwalenia dysbalansu, co należy wychwycić (np. testami funkcjonalnymi lub analizą EMG) i skorygować odpowiednimi ćwiczeniami. Podsumowując, badanie to dostarczyło unikalnych danych o zmianach aktywności mięśni podczas pełnego wyścigu sprinterskiego na dystansie 400 m. Mięśnie nie pracują z jednakowym natężeniem przez cały dystans, lecz dynamicznie reagują na zmieniający się stan zmęczenia, co trzeba uwzględniać w treningu i strategii biegu.

Podsumowanie: Obserwowany wzrost aktywności mięśniowej w kolejnych fazach biegu stanowi dowód na dynamiczną reorganizację pracy układu nerwowo-mięśniowego w warunkach narastającego zmęczenia. W połączeniu z wynikami pozostałych badań sugeruje to, że zmęczenie nie tylko ogranicza zdolności wysiłkowe, ale również zmienia strategię sterowania ruchem.

Praca 4 – EMG Activity of Lower Limb Muscles during Anti-Gravity Treadmill Running with Different Loads and Speeds.

Badanie koncentruje się na zagadnieniu o bezpośredniej aplikacyjności praktycznej – wykorzystaniu bieżni antygrawitacyjnej (AlterG) w treningu i rehabilitacji biegaczy. Cel badania: ustalenie, jak obciążenie masy ciała (zmniejszenie obciążenia na kończyny) w połączeniu z różnymi prędkościami biegu wpływa na wewnętrzną strukturę biegu, w szczególności na poziom aktywności mięśni kończyn dolnych. Poszukiwano odpowiedzi na pytanie, czy i w jaki sposób zmienia się charakter pracy mięśni przy biegu z obciążeniem oraz

badano czy odciążenie pozwala utrzymać pożądaną wzorzec ruchu, czy też powoduje zmniejszenie zaangażowania mięśni i ewentualnie zmianę techniki biegu.

Materiał badawczy: W badaniu wzięło udział 20 wyczynowych biegaczy średnio i długodystansowych w średnim wieku 25 ± 5 lat, masie ciała $67,2 \pm 8,9$ kg. Zawodnicy posiadali około 9-letnie doświadczenie treningowe.

Metody: Każdy z badanych wykonał wysiłek na bieżni antygravitacyjnej AlterG przy czterech różnych prędkościach: 6 km/h (trucht), 10 km/h (bieg umiarkowany), 14 km/h (tempo szybkie) i 18 km/h (tempo bardzo szybkie, zbliżone do prędkości startowej dla długodystansowca). Dla każdej z tych prędkości oceniano cztery poziomy odciążenia: 0% (czyli pełna masa ciała – normalny bieg), 25%, 50% i 75% odciążenia (pozostające obciążenie odpowiednio 75%, 50%, 25% masy ciała). Odciążenie realizowano poprzez zwiększenie ciśnienia w komorze bieżni AlterG, co powodowało efekt „wypychania” ku górze, redukując nacisk stóp na podłoże. Każdą kombinację prędkości i odciążenia utrzymywano przez 2 minuty, rejestrując w tym czasie elektromiogramy pięciu mięśni: m. brzuchatego łydki (gastrocnemius, GC), m. piszczelowego przedniego (tibialis anterior, TA), m. czworogłowego uda (quadriceps femoris, Q), m. dwugłowego uda (biceps femoris, B) oraz m. pośladkowego (gluteus, G). Sygnały EMG wyrażono jako %MVIC (procent maksymalnego dobrowolnego skurczu izometrycznego) w celu porównania poszczególnych warunków biegu. Do analizy statystycznej użyto dwuczynnikowej analizy wariancji z powtarzanymi pomiarami (czynnik prędkość $\times$ odciążenie) oraz testów post-hoc.

Wyniki: Stwierdzono istotny wpływ zarówno prędkości, jak i poziomu odciążenia na aktywność mięśni, przy czym między tymi czynnikami występowała interesująca zależność: im większa prędkość biegu, tym silniej odciążenie redukowało aktywność badanych mięśni. W warunkach najwolniejszego biegu (6 km/h) zmniejszenie obciążenia ciała z 100% do 25% powodowało jedynie niewielkie zmiany w poziomie EMG – rzędu ok. 4 punktów procentowych. Natomiast przy najszybszym biegu (18 km/h) takie samo odciążenie (75%) skutkowało już znaczącym obniżeniem aktywności mięśni o ok. 14 punktów procentowych. Wykazano więc, iż przy wolnym truchcie mięśnie pracują i tak na niskim poziomie, więc odciążenie nie zmienia wiele (bo wysiłek jest mały zarówno przy pełnej masie ciała, jak i częściowym odciążeniu). Z kolei przy szybkim biegu aktywność mięśniowa byłaby bardzo wysoka, jednak odciążenie istotnie to zaangażowanie obniża, co przekłada się na większą różnicę sygnału EMG między biegiem z pełnym obciążeniem, a odciążeniem. Zaobserwowano przy tym, że poszczególne mięśnie reagowały odmiennie na te czynniki, np.

mięśnie czworogłowe i pośladkowe wykazywały większe bezwzględne spadki aktywności przy odciążeniu niż mięśnie dwugłowe uda, jednak ogólny trend był zgodny dla wszystkich badanych grup mięśni. Analiza statystyczna (RM-MANOVA) potwierdziła istotność efektów ($F=3.47$, $p=0.0001$) dla całego modelu oraz poszczególnych interakcji prędkość $\times$ odciążenie. Można zatem stwierdzić, że przy rosnącej prędkości biegu maleje udział względny pracy mięśni w warunkach odciążenia. Biegacz wspomagany przez bieżnię antygravitacyjną odciąża mięśnie w większym stopniu przy szybkim biegu niż przy wolnym.

Wnioski: Z punktu widzenia praktycznego bieżnia antygravitacyjna okazała się skutecznym narzędziem odciążającym mięśnie, ale ujawniono pewne potencjalne ograniczenia. Autorzy zwracają uwagę, że przy wysokich prędkościach biegu z dużym odciążeniem może dochodzić do modyfikacji techniki biegu. Skoro mięśnie pracują słabiej, biegacz może zmieniać nieświadomie wzorzec ruchu, np. krótszy krok, mniejsze zaangażowanie wybiecia, co w konsekwencji mogłoby utrudniać powrót do pełnego obciążenia. Dlatego główny wniosek aplikacyjny sformułowano, iż trening na bieżni antygravitacyjnej jest wartościowy i korzystny, np. w rehabilitacji kontuzjowanych biegaczy, jednak należy odpowiednio dobrać prędkość i poziom odciążenia. Przy niskich prędkościach można bezpiecznie stosować duże odciążenie, bo wzorzec biegu pozostaje prawie niezmieniony, co pozwala np. wcześniej rozpocząć rehabilitację z minimalnym ryzykiem przeciążenia kontuzjowanej kończyny. Natomiast przy szybkim bieganiu, zbliżonym do intensywności startowej, zbyt duże odciążenie, rzędu 50–75%, powoduje istotne zmniejszenie aktywności mięśni, a więc i obciążeń. Z jednej strony chroni to przed przeciążeniem, ale z drugiej strony może nie zapewniać wystarczającej stymulacji treningowej i prowadzić do pogorszenia techniki biegu. Dlatego autorzy sugerują, by w końcowych etapach rehabilitacji i treningu powrotnego stopniowo zwiększać obciążenie przy zachowaniu wysokich prędkości, tak aby mięśnie ponownie zaadaptowały się do pełnego wysiłku. Wiedza uzyskana z tego badania pomaga zrozumieć, jak dokładnie kształtuje się zależność między prędkością a odciążeniem. Znajomość tych zależności pozwoli lepiej planować trening interwałowy z odciążeniem oraz trening po kontuzji, dobierając parametry tak, by osiągnąć pożądany efekt np. odciążyć stawy, ale wciąż stymulować mięśnie przy określonej intensywności.

Podsumowanie: Wyniki te wskazują, że zmiana obciążenia mechanicznego prowadzi do modyfikacji wzorców aktywacji mięśniowej, co potwierdza wysoką wrażliwość układu nerwowo-mięśniowego na warunki zewnętrzne. W szerszym ujęciu wpisuje się to w

koncepcję adaptacyjnego charakteru sterowania ruchem, zależnego od interakcji między wymaganiami zadania a możliwościami organizmu.

Praca 5 – *Muscle Activity and Biomechanics of Sprinting: A Meta-Analysis Review.*

Celem tej pracy o charakterze przeglądowym było zebranie oraz podsumowanie wyników badań dotyczących aktywności mięśniowej oraz wybranych parametrów biomechanicznych sprintu, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu prędkości biegu i zmęczenia na te zmienne. W pracy skupiono się na systematycznym przeglądzie literatury zgodnie z wytycznymi PRISMA 2020, wybierając łącznie 12 publikacji spełniających kryteria włączenia (badania EMG oraz biomechaniki sprintu). Przeprowadzono meta-analizę z wykorzystaniem modeli efektów losowych oraz metaregresji.

Materiał badawczy: Materiał do badań stanowiły dane z literatury obejmujące pomiary EMG w trakcie biegu kluczowych mięśni kończyn dolnych m.in. dwugłowy uda, pościęgny, pośladkowy wielki, brzuchaty łydki oraz parametry kinematyczne, takie jak długość i częstotliwość kroku. Dane obejmowały również parametry dynamiczne, jak siły reakcji podłoża, sprintu na różnych dystansach i w różnych fazach biegu. Przeanalizowano różnice w aktywności mięśni między fazami sprintu, np. faza przyspieszenia vs. maksymalna prędkość, a także wpływ wzrostu prędkości i wystąpienia zmęczenia na te wielkości, obliczając uśrednione efekty i zależności liniowe.

Wyniki: Meta-analiza potwierdziła szereg prawidłowości i zależności ilościowych istotnych dla sprintu. Stwierdzono, że wraz ze wzrostem prędkości biegu następuje istotny statystycznie wzrost aktywności mięśniowej, szczególnie dotyczy to mięśni tylnej grupy uda (m. dwugłowy) oraz mięśnia pośladkowego wielkiego. Oszacowano silną zależność liniową między prędkością a poziomem aktywacji: zwiększenie prędkości o 1 m/s wiąże się ze wzrostem aktywności mięśni o ok. 6,3% wartości MVC (maksymalnej dobrowolnej kontrakcji). Analiza fazowa wykazała, że m. dwugłowy uda osiąga szczyt aktywności pod koniec fazy wymachu, tuż przed zetknięciem stopy z podłożem. Wartości sięgają nawet ~110% MVC, co obrazuje ogromne zaangażowanie mięśni dwugłowych w hamowanie kończyny wolnej przed kontaktem z podłożem. Wartości >100% wynikają z przyjętej procedury normalizacji (MVC izometryczne) i specyfiki skurczu w ruchu dynamicznym. Natomiast m. pośladkowy wielki osiąga maksymalną aktywność w początkowej fazie podporu, przy wybiciu z bloków i wczesnej fazie odepchnięcia, wspomagając silny wyprost stawu biodrowego. Meta-analiza wskazuje także, że poprawa wyników sprinterskich

(osiąganie większej prędkości maksymalnej) jest osiągana głównie poprzez wydłużenie kroku o ok. 15–20%, natomiast częstotliwość kroku rośnie w mniejszym stopniu. Wpływ zmęczenia objawia się istotnymi zmianami w pracy mięśni i mechanice biegu: stwierdzono, że zmęczenie powoduje wcześniejsze włączanie się (aktywację) kluczowych mięśni w kroku biegowym, zmniejszenie zakresu zgięcia w stawie biodrowym i kolanowym podczas fazy wymachu oraz wydłużenie czasu kontaktu stopy z podłożem. Konsekwencją jest obniżenie efektywności biegu oraz zwiększenie ryzyka urazu, zwłaszcza w mięśniach tylnej grupy uda, które przy zmęczeniu są zmuszone pracować w mniej sprzyjających warunkach biomechanicznych, w stanie rozciągnięcia i przy dłuższym kontakcie z podłożem.

Należy jednak podkreślić, że interpretacja wyników meta-analizy wymaga uwzględnienia pewnych ograniczeń. Liczba badań spełniających kryteria włączenia była stosunkowo niewielka, co wynika z ograniczonej dostępności prac analizujących aktywność elektromiograficzną w warunkach sprintu o wysokiej intensywności. Jednocześnie włączone badania charakteryzowały się zróżnicowaniem metodologicznym, obejmującym m.in. różnice w doborze badanych grup, procedurach pomiarowych oraz sposobie normalizacji sygnału EMG.

W związku z tym uzyskane wyniki należy interpretować jako wskazujące na ogólne tendencje, a nie jako jednoznaczne zależności o charakterze uniwersalnym. Pomimo tych ograniczeń przeprowadzona analiza pozwoliła na identyfikację spójnych kierunków zmian aktywności mięśniowej, które pozostają zgodne z wynikami badań eksperymentalnych wchodzących w skład przedstawionego cyklu.

Wnioski: Uzyskane wnioski z meta-analizy podkreślają kluczową rolę silnych i wytrzymałych mięśni kulszowo-goleniowych oraz pośladkowych w treningu sprinterskim. Zwiększona aktywacja tych mięśni wraz z prędkością świadczy o ich decydującym znaczeniu w generowaniu poziomej siły napędowej podczas biegu. Jednocześnie zmiany pod wpływem zmęczenia wskazują, że odporność na zmęczenie (ang. fatigue resistance) jest istotnym czynnikiem chroniącym przed pogorszeniem techniki i potencjalnymi urazami w końcowej fazie sprintu. Autorzy meta-analizy formułują zalecenie, iż programy treningowe sprinterów powinny kłaść nacisk na wzmacnianie mięśni dwugłowych uda i pośladków oraz na trening wytrzymałości siłowej opóźniający wystąpienie zmęczenia, co przekłada się zarówno na poprawę osiągnięć, jak i redukcję ryzyka kontuzji.

Podsumowanie: Wyniki meta-analizy stanowią teoretyczne uzupełnienie badań eksperymentalnych, pozwalając na ich osadzenie w szerszym kontekście literaturowym oraz

weryfikację obserwowanych zależności. Integracja danych eksperymentalnych i syntetycznych umożliwia sformułowanie bardziej ogólnych wniosków dotyczących mechanizmów nerwowo – mięśniowych w sprincie.

PODSUMOWANIE OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO

Przeprowadzone badania pozwalają na sformułowanie spójnego obrazu funkcjonowania układu nerwowo-mięśniowego w warunkach biegu sprinterskiego. Niezależnie od zastosowanego modelu eksperymentalnego wykazano, że aktywność mięśni kończyn dolnych ma charakter dynamiczny i silnie zależy od warunków biomechanicznych oraz fizjologicznych w jakich wykonywana jest ta złożona czynność ruchowa.

W szczególności stwierdzono, że:

- **asymetrie aktywacji mięśniowej wpływają na efektywność lokomocji i mogą zwiększać ryzyko przeciążeń,**
- **bieg po krzywiźnie toru prowadzi do specyficznych, asymetrycznych wzorców aktywacji mięśni,**
- **zmęczenie powoduje wzrost rekrutacji mięśniowej oraz modyfikację strategii sterowania ruchem,**
- **zmiana obciążenia mechanicznego (np. biegnia antygravitacyjna) istotnie wpływa na poziom aktywności mięśniowej.**

Łącznie wyniki te wskazują, że układ nerwowo-mięśniowy funkcjonuje w sposób adaptacyjny, dostosowując wzorce aktywacji mięśni do aktualnych wymagań zadania ruchowego. Stanowi to istotne rozszerzenie dotychczasowej wiedzy, w której dominowało podejście oparte głównie na analizie parametrów mechanicznych.

4.3.3. Wnioski i implikacje dla praktyki.

Przedstawiony cykl pięciu powiązanych tematycznie publikacji stanowi spójne opracowanie dotyczące nerwowo-mięśniowych uwarunkowań biegu sprinterskiego, analizowanych z wykorzystaniem elektromiografii powierzchniowej (sEMG) w różnych warunkach wysiłku o wysokiej intensywności. Integracja wyników badań eksperymentalnych oraz analizy meta-analitycznej umożliwiła kompleksową charakterystykę wzorców aktywacji mięśni kończyn dolnych podczas sprintu oraz identyfikację czynników biomechanicznych i funkcjonalnych determinujących efektywność biegu. W rezultacie cykl dostarcza

uporządkowanych podstaw do rozwijania narzędzi oceny funkcjonalnej sportowców, optymalizacji treningu sprinterskiego oraz wspierania procesów rehabilitacyjnych.

Uzyskane wyniki pozwalają na sformułowanie kilku kluczowych wniosków o znaczeniu poznawczym i aplikacyjnym.

1. Kluczowa rola mięśni tylnej taśmy w generowaniu siły napędowej podczas sprintu.

Analiza wyników badań eksperymentalnych oraz danych uzyskanych w meta-analizie wskazuje jednoznacznie na dominującą rolę mięśni tylnej taśmy mięśniowej kończyny dolnej, w szczególności mięśni kulszowo-goleniowych oraz mięśnia pośladkowego wielkiego, w procesie generowania poziomej składowej siły napędowej podczas biegu sprinterskiego. Wraz ze wzrostem prędkości biegu obserwuje się wyraźny wzrost aktywacji tych struktur mięśniowych, co odzwierciedla ich zasadniczą rolę w mechanizmie przyspieszenia oraz utrzymania prędkości maksymalnej.

Jednocześnie wyniki wskazują, że mięśnie te są szczególnie narażone na przeciążenia w warunkach narastającego zmęczenia, zwłaszcza w końcowej fazie sprintu. W kontekście praktyki treningowej podkreśla to znaczenie rozwijania zarówno maksymalnej siły mięśniowej, jak i wytrzymałości siłowej mięśni tylnej taśmy w celu utrzymania efektywnej techniki biegu oraz ograniczenia ryzyka urazów przeciążeniowych.

2. Asymetria aktywacji mięśniowej jako istotny wskaźnik stanu funkcjonalnego sportowca.

Wyniki badań przeprowadzonych w grupie wyczynowych zawodników wskazują, że asymetria w aktywacji mięśni kończyn dolnych mogą stanowić istotny czynnik wpływający zarówno na efektywność lokomocji, jak i na mechanizmy przeciążeniowe aparatu ruchu. Nawet relatywnie niewielkie różnice w poziomie aktywacji mięśniowej pomiędzy kończynami mogą przekładać się na mierzalne zmiany w parametrach szybkościowych oraz zwiększone obciążenia jednostronne.

Z perspektywy diagnostyki funkcjonalnej wskazuje to na zasadność systematycznego monitorowania asymetrii nerwowo-mięśniowych przy wykorzystaniu metod elektromiograficznych oraz testów funkcjonalnych. Wczesna identyfikacja takich dysproporcji umożliwia wdrożenie ukierunkowanych interwencji treningowych i prewencyjnych, które mogą ograniczać ryzyko urazów oraz sprzyjać optymalizacji parametrów ruchu.

3. Specyfika nerwowo-mięśniowa sprintu po krzywiźnie toru biegowego

Istotnym wkładem przedstawionego cyklu badań jest identyfikacja specyficznych wzorców aktywacji mięśni podczas biegu po wirażu toru lekkoatletycznego. Wyniki wskazują, że w warunkach ruchu po torze krzywoliniowym dochodzi do wyraźnej modyfikacji rozkładu obciążeń pomiędzy kończynami dolnymi, wynikającej z konieczności generowania składowej siły dośrodkowej stabilizującej tor ruchu.

Szczególnie istotną rolę w tym mechanizmie odgrywa mięsień brzuchaty łydki kończyny wewnętrznej, którego aktywność wzrasta w celu kompensacji obciążeń poprzecznych oraz stabilizacji ruchu. Wyniki te poszerzają aktualny stan wiedzy dotyczący biomechaniki sprintu i wskazują na konieczność uwzględnienia specyfiki biegu po wirażu w procesie planowania obciążeń treningowych, zwłaszcza w konkurencjach obejmujących wielokrotne pokonywanie wiraży.

4. Wpływ zmęczenia na aktywację mięśniową oraz parametry techniki biegu

Analiza zmian aktywności elektromiograficznej w trakcie biegu na dystansie 400 m wskazuje na systematyczny wzrost rekrutacji mięśniowej w kolejnych fazach wysiłku. Zjawisko to można interpretować jako adaptacyjną odpowiedź układu nerwowo-mięśniowego na narastające zmęczenie metaboliczne, wymagającą wzrostu aktywności jednostek motorycznych w celu utrzymania prędkości biegu.

Jednocześnie obserwowane zmiany w aktywności mięśniowej współwystępują z modyfikacjami parametrów biomechanicznych biegu, takimi jak wydłużenie czasu kontaktu stopy z podłożem czy zmiany w zakresie ruchu w stawach kończyny dolnej. Wskazuje to na istotną rolę tolerancji zmęczenia w utrzymaniu efektywnej techniki biegu oraz podkreśla znaczenie monitorowania obciążeń treningowych w konkurencjach sprinterskich o dłuższym czasie trwania wysiłku.

5. Znaczenie technologii odciążenia w treningu i rehabilitacji biegaczy

Badania dotyczące biegu na bieżni antygravitacyjnej dostarczyły nowych informacji na temat wpływu redukcji obciążenia grawitacyjnego na wzorce aktywacji mięśni kończyn dolnych. Uzyskane wyniki wskazują, że efekt odciążenia jest silnie zależny od prędkości biegu, co ma istotne znaczenie dla interpretacji odpowiedzi nerwowo-mięśniowej podczas treningu oraz w procesie rehabilitacji.

W praktyce oznacza to konieczność precyzyjnego doboru parametrów obciążenia oraz prędkości biegu w celu utrzymania pożądanego wzorca aktywacji mięśniowej przy jednoczesnym ograniczeniu obciążeń mechanicznych działających na aparat ruchu. Wiedza ta może stanowić podstawę do bardziej świadomego wykorzystania technologii obciążenia w procesie powrotu sportowców do pełnej aktywności po urazach.

Należy podkreślić, że przedstawione wnioski aplikacyjne mają charakter interpretacyjny i wynikają z obserwowanych zależności pomiędzy analizowanymi zmiennymi. Ich bezpośrednie wykorzystanie w praktyce wymaga uwzględnienia specyfiki danej dyscypliny sportowej oraz indywidualnych cech zawodnika.

4.3.4. Nowatorskie aspekty osiągnięcia naukowego.

Nowatorstwo przedstawionego osiągnięcia polega na identyfikacji oraz ilościowej charakterystyce wzorców aktywności elektromiograficznej mięśni kończyn dolnych podczas biegu sprinterskiego w warunkach zróżnicowanych obciążeń biomechanicznych i fizjologicznych. W odróżnieniu od wcześniejszych badań koncentrujących się głównie na analizie parametrów kinematycznych i dynamicznych, przedstawiony cykl prac rozszerza stan wiedzy o funkcjonalny wymiar organizacji aktywności mięśniowej w warunkach rzeczywistego wysiłku sportowego.

Oryginalny wkład osiągnięcia obejmuje:

1. **Wykazanie zróżnicowania aktywności elektromiograficznej mięśni kończyn dolnych podczas sprintu po krzywiźnie toru lekkoatletycznego**, ze szczególnym uwzględnieniem roli mięśnia brzuchatego łydki kończyny wewnętrznej w stabilizacji ruchu oraz kompensacji sił działających w płaszczyźnie czołowej. Uzyskane wyniki stanowią istotne uzupełnienie dotychczasowych analiz biomechanicznych, które w ograniczonym zakresie obejmowały aspekt nerwowo-mięśniowy biegu po wirażu.
2. **Określenie zależności pomiędzy poziomem asymetrii aktywacji mięśniowej a parametrami szybkościowymi biegu sprinterskiego**, wskazujące na funkcjonalne znaczenie równowagi nerwowo-mięśniowej dla efektywności lokomocji. Wyniki te rozszerzają dotychczasowe podejście do asymetrii, wskazując na jej bezpośrednie powiązanie z parametrami wykonania ruchu.

3. **Wykazanie dynamicznego charakteru zmian aktywności mięśniowej w warunkach narastającego zmęczenia podczas biegu sprinterskiego**, obejmującego systematyczny wzrost rekrutacji mięśniowej w kolejnych fazach wysiłku na dystansie 400 m. Uzyskane wyniki dostarczają nowych danych empirycznych dotyczących reorganizacji pracy układu nerwowo-mięśniowego w warunkach wysokiej intensywności wysiłku.
4. **Identyfikację wpływu redukcji obciążenia mechanicznego na wzorce aktywacji mięśniowej podczas biegu**, z uwzględnieniem interakcji pomiędzy prędkością biegu a poziomem odciążenia na bieżni antygravitacyjnej. Wyniki te mają znaczenie zarówno poznawcze, jak i aplikacyjne, wskazując na mechanizmy modyfikacji aktywności mięśniowej w warunkach zmienionego środowiska mechanicznego.
5. **Integrację wyników badań eksperymentalnych ze statystyczną meta-analizą**, co umożliwiło weryfikację uzyskanych zależności w szerszym kontekście literaturowym oraz sformułowanie uogólnionych wniosków dotyczących nerwowo-mięśniowych mechanizmów biegu sprinterskiego.

W konsekwencji przedstawione osiągnięcie wnosi oryginalny wkład do badań nad biomechaniką i fizjologią wysiłku sprinterskiego, dostarczając nowych danych empirycznych dotyczących funkcjonalnej organizacji aktywności mięśniowej w warunkach rzeczywistego wysiłku oraz wskazując na adaptacyjny charakter odpowiedzi układu nerwowo-mięśniowego na zmienne warunki środowiska zewnętrznego.

4.3.5. Ograniczenia i dalsze kierunki badań.

Przedstawione wyniki badań, pomimo ich spójności i znaczenia poznawczego, należy interpretować z uwzględnieniem określonych ograniczeń metodologicznych. Do najważniejszych ograniczeń należy zaliczyć stosunkowo niewielką liczebność badanych grup, wynikającą ze specyfiki badań prowadzonych na wyczynowych sportowcach. Choć umożliwia to analizę w warunkach wysokiej jakości sportowej, ogranicza jednocześnie możliwość pełnej generalizacji wyników na szerszą populację.

Kolejnym istotnym ograniczeniem jest wykorzystanie powierzchniowej elektromiografii (sEMG), która, pomimo szerokiego zastosowania w badaniach biomechanicznych, posiada określone ograniczenia interpretacyjne. Dotyczą one m.in. możliwości występowania

zjawiska cross-talk, ograniczonej zdolności do oceny aktywności mięśni głębokich oraz zależności sygnału od warunków pomiarowych i sposobu jego normalizacji.

Należy również podkreślić, że część badań miała charakter przekrojowy, co ogranicza możliwość formułowania wniosków o charakterze przyczynowo - skutkowym. Uzyskane wyniki wskazują na zależności pomiędzy analizowanymi zmiennymi, jednak nie pozwalają jednoznacznie określić kierunku tych zależności.

Dodatkowo, choć zastosowane procedury badawcze były projektowane w sposób umożliwiający zachowanie wysokiej trafności ekologicznej, nadal należy uwzględnić różnice pomiędzy warunkami eksperymentalnymi a rzeczywistymi warunkami startowymi, które mogą wpływać na organizację ruchu i aktywność mięśniową.

Pomimo wskazanych ograniczeń, uzyskane wyniki dostarczają spójnych i wartościowych danych empirycznych, które mogą stanowić podstawę do dalszych badań o charakterze eksperymentalnym i longitudinalnym, ukierunkowanych na pogłębienie wiedzy o mechanizmach nerwowo-mięśniowych warunkujących efektywność ruchu.

W przyszłych badaniach zasadne wydaje się zwiększenie liczebności uczestników badań, rozszerzenie analiz o inne grupy sportowców oraz zastosowanie uzupełniających metod pomiarowych, takich jak analiza kinematyczna 3D, czy metody obrazowania mięśni.

Podsumowanie wkładu naukowego.

Przedstawiony cykl badań stanowi spójne opracowanie dotyczące funkcjonalnej organizacji aktywności mięśni kończyn dolnych podczas biegu sprinterskiego, analizowanej z wykorzystaniem elektromiografii powierzchniowej w warunkach zróżnicowanych obciążeń wewnętrznych i zewnętrznych.

Uzyskane wyniki pozwalają na sformułowanie uogólnionego modelu funkcjonowania układu nerwowo-mięśniowego, zgodnie z którym wzorce aktywacji mięśniowej mają charakter dynamiczny i adaptacyjny, a ich organizacja zależy od aktualnych wymagań zadania ruchowego. W szczególności wykazano, że zarówno czynniki zewnętrzne (geometria toru, poziom obciążenia mechanicznego), jak i wewnętrzne (zmęczenie, asymetria funkcjonalna) prowadzą do systematycznych zmian w poziomie i strukturze aktywności mięśniowej.

Istotnym elementem wkładu naukowego jest wykazanie, że aktywność mięśni kończyn dolnych nie ma charakteru stałego, lecz podlega ciągłej reorganizacji w odpowiedzi na zmieniające się warunki biomechaniczne. W szczególności wykazano, że:

- asymetrie funkcjonalne mogą wpływać na efektywność lokomocji oraz zwiększać ryzyko przeciążeń,
- bieg po krzywiźnie toru prowadzi do specyficznych, asymetrycznych strategii aktywacji mięśniowej,
- zmęczenie powoduje wzrost rekrutacji mięśniowej oraz modyfikację sposobu sterowania ruchem,
- zmiana obciążenia mechanicznego istotnie wpływa na poziom aktywności mięśniowej oraz organizację ruchu.

W ujęciu teoretycznym uzyskane wyniki wskazują, że układ nerwowo-mięśniowy funkcjonuje jako system adaptacyjny, zdolny do modyfikowania strategii aktywacji mięśni w zależności od warunków środowiskowych i stanu organizmu. Stanowi to rozszerzenie dotychczasowych ujęć biomechanicznych biegu, w których dominowało podejście oparte na analizie parametrów mechanicznych.

W konsekwencji przedstawiony cykl badań wnosi wkład nie tylko empiryczny, ale również koncepcyjny, dostarczając podstaw do dalszych badań nad funkcjonalną oceną sportowców, optymalizacją treningu oraz mechanizmami powstawania przeciążeń w sporcie. Uzyskane wyniki mają znaczenie nie tylko w kontekście badań nad sprintem, lecz także wpisują się w szerszy nurt badań nad kontrolą ruchu człowieka, wskazując na adaptacyjny charakter organizacji aktywności mięśniowej w warunkach zmiennych obciążeń.

4.3.6. Bibliografia

1. Alt, T., Heinrich, K., Funken, J., & Potthast, W. (2015). Lower extremity kinematics of athletics curve sprinting. *Journal of Sports Sciences*, 33(6), 552–560.
2. Barber, S. D., Noyes, F. R., Mangine, R. E., McCloskey, J. W., & Hartman, W. (1990). Quantitative assessment of functional limitations in normal and anterior cruciate ligament-deficient knees. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 255, 204–214.
3. Bishop, C., Turner, A., & Read, P. (2018). Effects of inter-limb asymmetries on physical and sports performance: A systematic review. *Journal of Sports Sciences*, 36(10), 1135–1144.
4. Churchill, S. M., Salo, A. I. T., & Trewartha, G. (2015). The effect of the bend on technique and performance during maximal effort sprinting. *Sports Biomechanics*, 14(1), 106–121.

5. Clancy, E. A., Morin, E. L., & Merletti, R. (2002). Sampling, noise-reduction and amplitude estimation issues in surface electromyography. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 12(1), 1–16.
6. Croisier, J.-L., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M., & Ferret, J.-M. (2008). Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players. *The American Journal of Sports Medicine*, 36(8), 1469–1475.
7. De Luca, C. J. (1997). The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics*, 13(2), 135–163.
8. Duffield, R., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Energy system contribution to 400-metre and 800-metre track running. *Journal of Sports Sciences*, 23(3), 299–307.
9. Edwards, W. B. (2012). Modeling overuse injuries in sport as a mechanical fatigue phenomenon. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 40(4), 224–231.
10. Farina, D., Merletti, R., & Enoka, R. M. (2014). The extraction of neural strategies from the surface EMG. *Journal of Applied Physiology*, 117(11), 1215–1230.
11. Fousekis, K., Tsepis, E., & Vagenas, G. (2010). Lower limb strength in professional soccer players: Profile, asymmetry, and training age. *Journal of Sports Science & Medicine*, 9(3), 364–373.
12. Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-sprint ability – Part I: Factors contributing to fatigue. *Sports Medicine*, 41(8), 673–694.
13. Grabowski, A., & Kram, R. (2008). Effects of velocity and weight support on ground reaction forces and metabolic power during running. *Journal of Applied Biomechanics*, 24(3), 288–297.
14. Hermens, H. J., Freriks, B., Disselhorst-Klug, C., & Rau, G. (2000). Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 10(5), 361–374.
15. Higashihara, A., Nagano, Y., Ono, T., & Fukubayashi, T. (2010). Differences in hamstring activation during running at different speeds. *Journal of Sports Sciences*, 28(10), 1085–1092.
16. Hug, F. (2011). Can muscle coordination be precisely studied by surface electromyography? *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 21(1), 1–12.

17. Hulme, A., Nielsen, R. O., Timpka, T., Verhagen, E., & Finch, C. (2017). Risk and protective factors for middle- and long-distance running-related injury. *Sports Medicine*, 47(5), 869–886.
18. Mero, A., Komi, P. V., & Gregor, R. J. (1992). Biomechanics of sprint running. *Sports Medicine*, 13(6), 376–392.
19. Milner, C. E., Davis, I. S., & Hamill, J. (2006). Free moment as a predictor of tibial stress fracture in distance runners. *Journal of Biomechanics*, 39(15), 2819–2825.
20. Morin, J.-B., Edouard, P., & Samozino, P. (2011). Technical ability of force application as a determinant factor of sprint performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(9), 1680–1688.
21. Morin, J.-B., Slawinski, J., Dorel, S., de Villareal, E. S., Couturier, A., Samozino, P., & Brughelli, M. (2012). Acceleration capability in elite sprinters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(12), 3362–3370.
22. Raffalt, P. C., Hovgaard-Hansen, L., & Jensen, B. R. (2013). Running on a lower-body positive pressure treadmill: VO₂max, respiratory response, and vertical ground reaction force. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 84(2), 213–222.
23. Schache, A. G., Dorn, T. W., Wrigley, T. V., Brown, N. A., & Pandy, M. G. (2012). Stretch and activation of the human biarticular hamstrings across a range of running speeds. *European Journal of Applied Physiology*, 113(11), 2813–2828.
24. Spencer, M. R., & Gastin, P. B. (2001). Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(1), 157–162.
25. Weyand, P. G., Sternlight, D. B., Bellizzi, M. J., & Wright, S. (2000). Faster top running speeds are achieved with greater ground forces not more rapid leg movements. *Journal of Applied Physiology*, 89(5), 1991–1999.
26. van Gent, R. N., Siem, D., van Middelkoop, M., van Os, A. G., Bierma-Zeinstra, S. M., & Koes, B. W. (2007). Incidence and determinants of lower extremity running injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 41(8), 469–480.
27. Videbæk, S., Bueno, A. M., Nielsen, R. O., & Rasmussen, S. (2015). Incidence of running-related injuries per 1000 hours of running. *Sports Medicine*, 45(7), 1017–1026.
28. Yang, C.C., & Hsu, Y.-L. (2010). A review of accelerometry-based wearable motion detectors for physical activity monitoring. *Sensors*, 10(8), 7772–7788.

29. Zadpoor, A. A., & Nikooyan, A. A. (2011). The relationship between lower-extremity stress fractures and the ground reaction force. *Clinical Biomechanics*, 26(1), 23–28.
30. Zifchock, R. A., Davis, I., Higginson, J., & Royer, T. (2008). The symmetry angle: A novel, robust method of quantifying asymmetry. *Gait & Posture*, 27(4), 622–627.

dotychczas publikacji (w tym 39 x IF) 3 rozdziały w książkach oraz 19 streszczeń lub rozdziałów w materiałach konferencyjnych. X wyłączeniem jednostanowiskowego cyklu prac dotychczas wynosił: IF= 70.132 pkt. oraz MINISW = 3230 pkt.

Tabela 1. Zestawienie osiągnięć habilitanta w zakresie opublikowanych prac naukowych.

Lp.	POZYCIE	LICZBA
1.	Liczba wszystkich prac	24
2.	Oryginalne pełnotekstowe prace naukowe posiadające współczynnik IF	10
3.	Oryginalne prace podstawowe ze współczynnikiem IF	0
4.	Oryginalne pełnotekstowe prace naukowe nie posiadające współczynnika IF	10
5.	Rozdziały w monografiach lub podręcznikach	2
6.	Streszczenia z konferencji międzynarodowych oraz krajowych	8
7.	Liczba punktów Impact Factor	90 862
8.	Wartość punktu MINISW	3130
9.	Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS) z uwzględnieniem	601
10.	Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS) bez uwzględnienia	623
11.	Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS)	14
12.	Liczba cytowań publikacji według bazy Scopus z uwzględnieniem	677
13.	Liczba cytowań publikacji według bazy Scopus bez uwzględnienia	639
14.	Indeks Hirscha według bazy Scopus	10
15.	Liczba cytowań według bazy Google Scholar	1303
16.	Indeks Hirscha według bazy Google Scholar	19
17.	Liczba cytowań według bazy ResearchGate	1072
18.	Indeks Hirscha według ResearchGate	19
19.	Rocznikowanie publikacji w czasopiśmie międzynarodowym	61

V. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO-BADAWCZYCH.

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk o kulturze fizycznej oprócz działalności związanej z głównym zainteresowaniem, tj. prac tworzących przedstawione wyżej osiągnięcie naukowe, habilitant uczestniczył w różnych projektach badawczych oraz pracach naukowych. Łącznie, dorobek habilitanta wynosi **IF= 90.862 pkt.** oraz **MNiSW = 3156 pkt.**, na który składają się **54** prace pełnych publikacji (w tym **39 z IF**), **3** rozdziały w książkach oraz **10** streszczeń lub rozdziałów w materiałach pokonferencyjnych. Z wyłączeniem jednotematycznego cyklu prac dorobek wynosi: **IF= 76.132 pkt.** oraz **MNiSW = 2536 pkt.**

Tabela 1. Zestawienie osiągnięć habilitanta w zakresie opublikowanych prac naukowych.

Lp.	POZYCJE	LICZBA
1.	Liczba wszystkich prac	54
2.	Oryginalne pełnotekstowe prace naukowe posiadające współczynnik IF	39
3.	Oryginalne prace poglądowe ze współczynnikiem IF	0
4.	Oryginalne pełnotekstowe prace naukowe nie posiadające współczynnika IF	10
5.	Rozdziały w monografiach lub podręcznikach	3
6.	Streszczenia z konferencji międzynarodowych oraz krajowych	8
7.	Liczba punktów Impact Factor	90.862
8.	Wartość punktacji MNiSW	3156
9.	Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS) z autocytowaniami	691
10.	Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS) bez autocytowań	653
11.	Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS)	15
12.	Liczba cytowań publikacji według bazy Scopus z autocytowaniami	677
13.	Liczba cytowań publikacji według bazy Scopus bez autocytowań	639
14.	Indeks Hirscha według bazy Scopus	16
15.	Liczba cytowań według bazy Google Scholar	1303
16.	Indeks Hirscha według bazy Google Scholar	19
17.	Liczba cytowań według bazy ResearchGate	1073
18.	Indeks Hirscha według ResearchGate	19
19.	Recenzowanie publikacji w czasopiśmie międzynarodowych	61

5.1. Krótka prezentacja prac opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora nauk o kulturze fizycznej.

Poza głównym nurtem badawczym stanowiącym podstawę przedstawionego cyklu publikacji, działalność naukowa obejmowała również inne kierunki badań, które tworzą zaplecze metodologiczne i problemowe dla badań nad uwarunkowaniami wysiłku fizycznego w sporcie. Badania te rozwijały zagadnienia związane z funkcjonowaniem układu nerwowo-mięśniowego podczas wysiłku, fizjologicznymi podstawami zdolności wysiłkowych oraz zastosowaniem metod analizy danych w badaniach nad osiągnięciami sportowymi.

Zainteresowania naukowe i problematyka prac naukowo – badawczych habilitanta obejmują trzy zasadnicze grupy zagadnień:

I. Nerwowo-mięśniowa kontrola ruchu oraz adaptacje układu mięśniowego do wysiłku fizycznego w sporcie.

II. Fizjologiczne i treningowe determinanty zdolności wysiłkowych sportowców.

III. Zastosowanie metod analizy danych i modelowania statystycznego w badaniach nad sportem.

I. Do najważniejszych osiągnięć w pierwszym obszarze zaliczono następujące publikacje:

- Kuliś, S., Kłobuchowski, W., Callegari, B., Souza, G. S., Ornowski, K., Maszczyk, A., Gajewski, J., & **Pietraszewski, P.** (2026). Acute modulation of physiological tremor by physical exercise and resistance-based protocols: A meta-analysis of quantitative neuromuscular responses in healthy adults. *Physiologia*, 6(1), 1-19. <https://doi.org/10.3390/physiologia6010011> (IF = 2.300; MNiSW = 5).
- Gołaś, A., Walencik, J., Ornowski, K., **Pietraszewski, P.**, Wilczyński, B., & Gepfert, M. (2026). Electromyographic analysis of muscle contribution across stroke techniques in badminton players. *Applied Sciences*, 16(2), Article 1120. <https://doi.org/10.3390/app16021120> (IF = 2.500; MNiSW = 100).
- Kuliś, S., **Pietraszewski, P.**, & Callegari, B. (2025). Characteristics of post-exercise lower limb muscle tremor among speed skaters. *Sensors*, 25(14), Article 4301. <https://doi.org/10.3390/s25144301> (IF = 3.500; MNiSW = 100).
- Gepfert, M., Gołaś, A., Maszczyk, A., Ornowski, K., & **Pietraszewski, P.** (2025). Functional asymmetries and force efficiency in elite junior badminton: A controlled

- trial using hop test metrics and neuromuscular adaption indices. *Applied Sciences*, 15(15), Article 8450. <https://doi.org/10.3390/app15158450> (IF = 2.500; MNiSW = 100).
- Kuliś, S., Callegari, B., Maszczyk, A., & **Pietraszewski, P.** (2025). Physiological limb tremor modulation by physical exertion: A systematic review and meta-analysis in healthy adults. *British Medical Bulletin*, 156(1), 1-17 (IF = 5.400; MNiSW = 100).
 - Gołaś, A., Terbalyan, A., Gepfert, M., Rocznik, R., Matusiński, A., Kotuła, K., **Pietraszewski, P.**, & Zajac, A. (2025). Repeated sprint performance and inter-limb asymmetry in elite female sprinters: A study of lactate dynamics and lower limb muscle activity. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 10(2), Article 213. <https://doi.org/10.3390/jfmk10020213> (IF = 2.500; MNiSW = 20).
 - Gołaś, A., **Pietraszewski, P.**, Rocznik, R., Królikowska, P., Ornowski, K., Jabłoński, T., Kuliś, S., & Zajac, A. (2024). Neuromuscular control during the bench press exercise performed with free weights and pneumatic loading. *Applied Sciences*, 14(9), Article 3782. <https://doi.org/10.3390/app14093782> (IF = 2.500; MNiSW = 100).
 - Mrzygłód, S., **Pietraszewski, P.**, Gołaś, A., Jarosz, J., Matusiński, A., & Krzysztofik, M. (2021). Changes in muscle activity imbalance of the lower limbs following 3 weeks of supplementary body-weight unilateral training. *Applied Sciences*, 11(4), Article 1494. <https://doi.org/10.3390/app11041494> (IF = 2.838; MNiSW = 100).
 - Stastny, P., Gołaś, A., Blazek, D., Maszczyk, A., Wilk, M., **Pietraszewski, P.**, Petr, M., Uhler, P., & Zajac, A. (2017). A systematic review of surface electromyography analyses of the bench press movement task. *PLoS ONE*, 12(2), Article e0171632. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171632> (IF = 2.766; MNiSW = 40).
 - Skalski, D., Łosińska, K., Prończuk, M., Tyrała, F., Trybek, G., Ciężczyk, P., Kuliś, S., Maszczyk, A., & **Pietraszewski, P.** (2025). Effects of real-time EEG neurofeedback training on cognitive, mental, and motor performance in elite athletes: A systematic review and meta-analysis. *Biomedical Human Kinetics*, 17(1), 249-260. <https://doi.org/10.2478/bhk-2025-0024> (IF = 1.200; MNiSW = 70).

Obszar ten składa się z 10 prac o łącznej wartości **IF = 28,004 oraz MNiSW = 735 pkt.**

W skład tego obszaru wchodzi prace eksperymentalne, badania kontrolowane, a także przeglądy systematyczne i metaanalizy, co pozwoliło na równoległe rozwijanie zarówno wymiaru poznawczego, jak i aplikacyjnego prowadzonych badań. Wspólnym mianownikiem tych publikacji jest analiza mechanizmów warunkujących efektywność ruchu oraz aktywności mięśniowej, występowanie asymetrii funkcjonalnych, zmienność odpowiedzi nerwowo-mięśniowej po wysiłku oraz możliwości ich monitorowania z wykorzystaniem metod elektromiograficznych, akcelerometrycznych i neurofizjologicznych.

Jedną z głównych osi tego nurtu stanowią badania nad drżeniem fizjologicznym jako markerem ostrej odpowiedzi nerwowo-mięśniowej na obciążenie wysiłkowe. W pracy przeglądowej i metaanalitycznej opublikowanej w *British Medical Bulletin* [Kuliś et al., 2025] dokonano syntezy badań dotyczących modulacji drżenia kończyn pod wpływem wysiłku fizycznego, wskazując, że tremor może stanowić czuły wskaźnik zmian stanu funkcjonalnego układu nerwowo-mięśniowego, choć literatura cechuje się znaczną niejednorodnością metodologiczną. Następnie, w metaanalizie opublikowanej w *Physiologia* [Kuliś et al., 2026] wykazano ilościowo, że ostry wysiłek fizyczny prowadzi do istotnej modulacji amplitudy drżenia fizjologicznego, ze szczególnie wyraźnym efektem po protokołach oporowych. Uzupełnieniem tych ustaleń była praca eksperymentalna przeprowadzona na panczenistach [Kuliś et al., 2025, *Sensors*], w której wykazano istotny wpływ zarówno treningu sprinterskiego, jak i wytrzymałościowego na charakterystykę drżenia kończyn dolnych po wysiłku. Cała ta linia badań wskazuje, że drżenie fizjologiczne może być traktowane jako użyteczny, nieinwazyjny marker ostrej odpowiedzi nerwowo-mięśniowej.

Drugą ważną grupę publikacji tworzą badania dotyczące organizacji aktywności mięśniowej w kontekście specyficznych zadań ruchowych w różnych dyscyplinach sportu. W pracy dotyczącej badmintona [Gołaś et al., 2026] przeanalizowano wzorce aktywacji mięśni kończyn dolnych podczas różnych technik, wykazując dominującą rolę mięśnia czworogłowego uda oraz istotne interakcje między stroną ciała, grupą mięśniową i typem ruchu. Z kolei w badaniu dotyczącym elitarnych sprinterek [Gołaś et al., 2025] analizowano zależności między powtarzanimi sprintami, stężeniem mleczanu oraz asymetrią aktywności mięśniowej, wykazując, że narastające zmęczenie metaboliczne nie musi prowadzić do pogorszenia wykonania, a może wiązać się z bardziej zrównoważoną aktywacją mięśni. Obie prace podkreślają znaczenie zadaniowo-specyficznej reorganizacji aktywności nerwowo-mięśniowej w sporcie wyczynowym.

Kolejny spójny segment badań dotyczy asymetrii funkcjonalnych oraz ich modyfikacji poprzez interwencje treningowe. W badaniu kontrolowanym przeprowadzonym na młodych badmintonistach [Gepfert et al., 2025] wykazano, że ukierunkowany trening nerwowo-mięśniowy prowadzi do poprawy parametrów eksplozywnych (np. wysokości skoku i RSI), jednak wskaźniki asymetrii nie stanowią jednoznacznych predyktorów efektu treningowego. Z kolei wcześniejsze badania na piłkarzach [Mrzygłód et al., 2021] wykazały, że krótkoterminowy trening unilateralny może skutecznie ograniczać brak równowagi aktywności mięśniowej kończyn dolnych. Wyniki tych prac wskazują, że asymetrie funkcjonalne są zjawiskiem złożonym, wymagającym interpretacji w kontekście zadania ruchowego i specyfiki treningu.

Istotnym uzupełnieniem tego obszaru są badania nad nerwowo-mięśniową kontrolą ćwiczeń siłowych. W przeglądzie systematycznym dotyczącym wyciskania leżąc [Stastny et al., 2017] wykazano, że aktywacja mięśni zależy od wielu czynników, takich jak intensywność, stabilizacja czy faza ruchu. Na tej podstawie rozwinięto badania eksperymentalne, w których porównano wzorce aktywacji mięśni przy zastosowaniu różnych typów oporu [Gołaś et al., 2024]. Wykazano, że rodzaj obciążenia wpływa na aktywację mięśnia naramiennego przedniego i trójgłowego ramienia, przy względnie stabilnej aktywności mięśnia piersiowego większego. Prace te wskazują na znaczenie warunków wykonania ćwiczenia dla organizacji aktywności nerwowo-mięśniowej.

Osobny, lecz komplementarny komponent badań dotyczy centralnych mechanizmów regulacji funkcji motorycznych i poznawczych. W przeglądzie systematycznym i metaanalizie dotyczącej EEG neurofeedback [Skalski et al., 2025] wykazano, że tego typu interwencje mogą istotnie poprawiać funkcje poznawcze i wybrane aspekty realizacji zadań motorycznych. Praca ta rozszerza analizowany obszar badawczy o poziom ośrodkowej regulacji, integrując podejście nerwowo-mięśniowe z neurofizjologicznym.

II. Drugi wyodrębniony nurt mojej działalności naukowej obejmuje badania dotyczące wydolności fizycznej (aerobowej i anaerobowej), adaptacji do obciążeń treningowych oraz skuteczności interwencji treningowych i rehabilitacyjnych w sporcie. Prace te mają charakter zarówno eksperymentalny, jak i przeglądowy, a ich wspólnym mianownikiem jest analiza czynników warunkujących poziom zdolności wysiłkowych, ich monitorowanie oraz optymalizację procesu treningowego i powrotu do sprawności.

Do najważniejszych osiągnięć w drugim obszarze zaliczono następując publikacje:

- Kuliś, S., Jabłoński, T., Rossi, C., Skorulski, M., Kossek, A., Sienkiewicz-Dianzenza, E., Pietraszewski, P., Gołaś, A., & Gajewski, J. (2025). Application of the performance index for monitoring anaerobic endurance of competitive swimmers. *Journal of Human Kinetics*, 99, 1-21. <https://doi.org/10.5114/jhk/196823> (IF = 2.800; MNiSW = 140).
- Kuliś, S., Kłobuchowski, W., Skorulski, M., Ornowski, K., Gołaś, A., Maszczyk, A., & Pietraszewski, P. (2025). Beyond mechanical load: Metabolic factors and advanced rehabilitation in sports tendinopathy: A comprehensive systematic review. *Journal of Clinical Medicine*, 14(21), Article 7480. <https://doi.org/10.3390/jcm14217480> (IF = 2.900; MNiSW = 140).
- Rocznio, R., Terbalyan, A., Pietraszewski, P., Mikrut, G., Zielonka, H., Stastny, P., Swinarew, A., Manilewska, D., Ornowski, K., Jabłoński, T., & Lipińska, P. (2025). Impact of SARS-CoV-2 on aerobic and anaerobic capacity in professional ice hockey players. *Journal of Clinical Medicine*, 14(10), Article 3478. <https://doi.org/10.3390/jcm14103478> (IF = 2.900; MNiSW = 140).
- Pietraszewski, P., Gołaś, A., Zajac, A., Maćkała, K., & Krzysztofik, M. (2025). The acute effects of combined isometric and plyometric conditioning activities on sprint acceleration and jump performance in elite junior sprinters. *Applied Sciences*, 15(4), Article 2125. <https://doi.org/10.3390/app15042125> (IF = 2.500; MNiSW = 100).
- Rocznio, R., Terbalyan, A., Stastny, P., Zielonka, H., Manilewska, D., Ornowski, K., Blaha, M., & Pietraszewski, P. (2025). The relationship between aerobic capacity, lactate clearance, and heart rate recovery in ice hockey players. *Applied Sciences*, 15(19), Article 10310. <https://doi.org/10.3390/app151910310> (IF = 2.500; MNiSW = 100).
- Gołaś, A., Pietraszewski, P., Rocznio, R., Terbalyan, A., Maszczyk, A., Opaliński, R., & Zajac, A. (2024). Effects of an 8-week pre-season targeted training on sprinting performance, agility and lower limb muscular asymmetries in elite soccer players. *Biology of Sport*, 41(4), 69-76. <https://doi.org/10.5114/biol sport.2024.134754> (IF = 5.000; MNiSW = 140).
- Ficek, K., Gołaś, A., Pietraszewski, P., Strózik, M., & Krzysztofik, M. (2022). The effects of a combined pre- and post-operative anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation program on lower extremity muscle imbalance. *Applied Sciences*,

12(15), Article 7411. <https://doi.org/10.3390/app12157411> (IF = 2.700; MNiSW = 100).

• Matusiński, A., Pietraszewski, P., Krzysztofik, M., & Gołaś, A. (2021). The effects of resisted post-activation sprint performance enhancement in elite female sprinters. *Frontiers in Physiology*, 12, Article 651659. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.651659> (IF = 4.755; MNiSW = 100).

• Elbadry, N., Hamza, A., Pietraszewski, P., Alexe, D. I., & Lupu, G. (2019). Effect of the French contrast method on explosive strength and kinematic parameters of the triple jump among female college athletes. *Journal of Human Kinetics*, 69, 225-230. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0047> (IF = 1.664; MNiSW = 140).

Obszar ten składa się z 9 prac o łącznej wartości **IF = 27,719** oraz **MNiSW = 1100 pkt.**

Jednym z głównych kierunków badań w tym obszarze była ocena i monitorowanie zdolności wysiłkowych w sporcie wyczynowym. W pracy dotyczącej pływaków [Kuliś et al., 2025] zaproponowano zastosowanie wskaźnika wydolności (performance index) jako narzędzia do monitorowania zdolności anaerobowych. Wykazano, że wskaźnik ten może stanowić cenne narzędzie oceny zmian wydolności w warunkach treningowych, pozwalając na bardziej precyzyjne śledzenie adaptacji do obciążeń wysiłkowych.

Problematyka oceny wydolności została również rozwinięta w badaniach nad zawodnikami hokeja na lodzie. W pracy analizującej wpływ infekcji SARS-CoV-2 [Roczniok et al., 2025] wykazano, że przebycie choroby może istotnie wpływać na poziom zdolności aerobowych i anaerobowych sportowców, co ma istotne implikacje dla planowania powrotu do treningu. Uzupełnieniem tych badań jest praca dotycząca zależności między wydolnością tlenową, utylizacją mleczanu i restytucją powysiłkową [Roczniok et al., 2025], w której wykazano istotne powiązania między zdolnościami aerobowymi a efektywnością regeneracji (m.in. szybkością utylizacji mleczanu i powrotem tętna do wartości spoczynkowych). Wyniki te wskazują na kluczowe znaczenie integracji wskaźników fizjologicznych w ocenie przygotowania wysiłkowego.

Kolejnym istotnym kierunkiem badań była analiza efektów ostrych i przewlekłych interwencji treningowych ukierunkowanych na rozwój zdolności szybkościowo-siłowych. W badaniu dotyczącym sprinterów [Pietraszewski et al., 2025] wykazano, że połączenie izometrycznych i plajometrycznych aktywności warunkujących może prowadzić do istotnej

poprawy przyspieszenia sprintu i parametrów skoczności. Podobny charakter mają badania nad zjawiskiem post-activation performance enhancement [Matusiński et al., 2021], w których wykazano, że zastosowanie oporu w ćwiczeniach poprzedzających sprint może prowadzić do poprawy wyników sprinterskich u elitarnych zawodniczek. Jeszcze wcześniejsze badania nad metodą French contrast [Elbadry et al., 2019] potwierdziły skuteczność złożonych metod treningowych w poprawie siły eksplozywnej i parametrów kinematycznych ruchu w trójskoku. Łącznie prace te wskazują na wysoką skuteczność kompleksowych metod treningowych opartych na wykorzystaniu zjawisk nerwowo-mięśniowych w poprawie zdolności szybkościowo-siłowych.

Istotnym elementem tego nurtu są również badania nad długoterminowymi adaptacjami treningowymi w sporcie zespołowym. W pracy dotyczącej piłkarzy [Gołaś et al., 2024] analizowano efekty 8-tygodniowego programu przygotowawczego, wykazując poprawę parametrów sprintu, zwinności oraz zmianę poziomu asymetrii mięśniowej kończyn dolnych. Wyniki te podkreślają znaczenie odpowiednio zaprojektowanych programów treningowych w kształtowaniu zarówno zdolności motorycznych, jak i równowagi funkcjonalnej zawodników.

Osobnym, lecz powiązanym obszarem badań jest rehabilitacja sportowa i powrót do sprawności po urazach. W pracy dotyczącej rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego [Ficek et al., 2022] wykazano, że kompleksowy program rehabilitacyjny obejmujący okres przed i pooperacyjny może skutecznie redukować asymetrie mięśniowe kończyn dolnych. Z kolei w przeglądzie systematycznym dotyczącym tendinopatii [Kuliś et al., 2025] podkreślono znaczenie czynników metabolicznych, a nie wyłącznie mechanicznych, w etiologii i leczeniu przeciążeń ścięgniastych, wskazując na potrzebę bardziej zintegrowanego podejścia terapeutycznego. Prace te rozszerzają analizowany obszar badawczy o kontekst kliniczny i rehabilitacyjny, podkreślając ciągłość między treningiem a procesem leczenia.

III. Trzeci obszar mojej działalności naukowej obejmuje badania dotyczące zastosowania metod statystycznych, modeli predykcyjnych oraz narzędzi sztucznej inteligencji w analizie wyników sportowych i prognozowaniu zdolności wysiłkowych. Nurt ten ma charakter metodologiczny i aplikacyjny, a jego celem jest identyfikacja kluczowych zmiennych determinujących poziom sportowy oraz rozwój narzędzi wspierających proces selekcji, monitorowania i prognozowania wyników sportowych. Obszar ten rozwijany był konsekwentnie, od klasycznych modeli statystycznych i analiz wielowymiarowych, poprzez

modele regresyjne i szeregi czasowe, aż do współczesnych zastosowań sztucznej inteligencji i metod uczenia maszynowego.

Do najważniejszych osiągnięć w trzecim obszarze zaliczono następując publikacje:

- Pietraszewski, P., Terbalyan, A., Rocznio, R., Maszczyk, A., Ornowski, K., Manilewska, D., Kuliś, S., Zajac, A., & Gołaś, A. (2025). The role of artificial intelligence in sports analytics: A systematic review and meta-analysis of performance trends. *Applied Sciences*, 15(13), Article 7254. (IF = 2.500; MNiSW = 100).
- Maszczyk, A., Gołaś, A., Pietraszewski, P., Rocznio, R., Zajac, A., & Stanula, A. (2014). Application of neural and regression models in sports results prediction. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 117, 482-487 (IF = 0; MNiSW = 10).
- Rocznio, R., Czuba, M., Maszczyk, A., Pietraszewski, P., Gołaś, A., Wilk, R., & Grycmann, P. (2014). Determining the sport level of the players in ice hockey using multivariate analysis. *Life Science Journal*, 11(10), 228-231 (IF = 0; MNiSW = 10).
- Rocznio, R., Maszczyk, A., Król, H., Socha, T., Gołaś, A., Pietraszewski, P., Mostowik, A., & Smykla, A. (2013). Flat bench press in the perspective of regression modeling. *Life Science Journal*, 10(4), 1933-1938 (IF = 0.165; MNiSW = 15).
- Rocznio, R., Maszczyk, A., Stanula, A., Czuba, M., Pietraszewski, P., Kantyka, J., & Starzyński, M. (2013). Physiological and physical profiles and on-ice performance approach to predict talent in male youth ice hockey players during draft to hockey team. *Isokinetics and Exercise Science*, 21(2), 121-127 (IF = 0.35; MNiSW = 15).
- Stanula, A., Maszczyk, A., Rocznio, R., Ostrowski, A., Pietraszewski, P., Strzała, M., & Zajac, A. (2012). The development and prediction of athletic performance in freestyle swimming. *Journal of Human Kinetics*, 32, 97-107 (IF = 0.458; MNiSW = 15).
- Maszczyk, A., Rocznio, R., Pietraszewski, P., Stanula, A., Zajac, A., & Gołaś, A. (2012). Time series approach to athletes motor potential. *Polish Journal of Sport and Tourism*, 19(2), 103-106 (IF = 0; MNiSW = 5).

Obszar ten składa się z 7 prac o łącznej wartości **IF = 2,500 oraz MNiSW = 170 pkt.**

Początkowy etap badań w tym obszarze koncentrował się na zastosowaniu klasycznych metod statystycznych i modeli regresyjnych w analizie wyników sportowych oraz

identyfikacji zmiennych istotnych dla poziomu wykonania sportowego. W pracy dotyczącej wyciskania leżąc [Roczniok et al., 2013a] zastosowano modelowanie regresyjne do określenia zależności między wynikiem sportowym a wybranymi cechami somatycznymi i motorycznymi. Badanie to miało znaczenie nie tylko opisowe, lecz również praktyczne, ponieważ wskazywało, że wynik w wyciskaniu sztangi leżąc może być przewidywany na podstawie zestawu mierzalnych parametrów, co otwierało możliwość bardziej obiektywnej oceny potencjału zawodników oraz racjonalizacji procesu treningowego.

Równolegle rozwijano podejście ukierunkowane na analizę zmian zdolności motorycznych w czasie. W pracy [Maszczyk et al. 2012] wykorzystano analizę szeregów czasowych do oceny potencjału motorycznego zawodników. Podejście to pozwoliło nie tylko na opis dynamiki zmian poziomu sprawności, lecz również na próbę prognozowania przyszłych trendów rozwojowych. Z punktu widzenia metodologii sportu badanie to miało istotne znaczenie, ponieważ wskazywało, że osiągnięcia sportowe i rozwój zdolności motorycznych należy ujmować jako proces dynamiczny, a nie wyłącznie jako zbiór jednorazowo mierzonych cech.

Kolejnym etapem rozwoju tego nurtu były badania nad wielowymiarową oceną poziomu sportowego oraz identyfikacją talentu sportowego. W badaniu dotyczącym zawodników hokeja na lodzie [Roczniok et al., 2014a] zastosowano analizę wielowymiarową do określenia poziomu sportowego zawodników na podstawie zespołu wskaźników fizjologicznych i motorycznych. Wykazano, że całościowe, wieloczynnikowe podejście do oceny sportowca pozwala trafniej różnicować poziom zaawansowania niż analiza pojedynczych zmiennych. W podobnym kierunku utrzymana była praca [Roczniok et al. 2013b], poświęcona identyfikacji talentu u młodych hokeistów w procesie naboru do drużyny. Autorzy wskazali, że połączenie profilu fizjologicznego, sprawności ogólnej oraz wyników uzyskiwanych w warunkach specyficznych dla dyscypliny może zwiększać trafność prognoz dotyczących potencjału sportowego zawodników. Badania te miały istotny walor aplikacyjny, ponieważ dostarczały przesłanek do bardziej obiektywnego prowadzenia selekcji sportowej.

W tym samym nurcie mieści się praca dotycząca pływania sportowego [Stanula et al., 2012], w której analizowano rozwój karier sportowych oraz możliwości przewidywania dalszej progresji wyników. W badaniu tym zwrócono uwagę na znaczenie długofalowej obserwacji przebiegu kariery sportowej oraz na potrzebę wykorzystywania modeli prognostycznych uwzględniających zarówno aktualny poziom sportowy, jak i tempo rozwoju zawodnika. Publikacja ta poszerzała zakres badań nad predykcją osiągnięć sportowych,

wskazując, że modelowanie rozwoju wyników może mieć szczególne znaczenie w dyscyplinach o wczesnej specjalizacji i długim okresie doskonalenia sportowego.

Istotnym rozwinięciem tego obszaru było wprowadzenie bardziej zaawansowanych modeli predykcyjnych, w tym modeli neuronowych, do analizy wyników sportowych. W pracy [Maszczyk et al. 2014] porównano skuteczność modeli regresyjnych i sieci neuronowych w prognozowaniu osiągnięć sportowych. Wykazano, że modele nieliniowe mogą lepiej odzwierciedlać złożone relacje pomiędzy cechami zawodników a wynikiem sportowym, zwłaszcza w sytuacji, gdy analizowane zmienne tworzą układ wieloczynnikowy i wzajemnie zależny. Praca ta stanowiła istotny krok metodologiczny, ponieważ wskazywała na ograniczenia klasycznych modeli liniowych i jednocześnie otwierała możliwość szerszego wykorzystania metod obliczeniowych w naukach o sporcie.

Najbardziej aktualnym i syntetycznym rozwinięciem tego nurtu jest praca przeglądowa i metaanalityczna [Pietraszewski et al. 2025], poświęcona roli sztucznej inteligencji w analizie sportowej. W publikacji tej dokonano kompleksowej oceny badań wykorzystujących algorytmy sztucznej inteligencji, uczenie maszynowe i narzędzia analityczne do prognozowania wyników, oceny wydajności sportowej oraz wspomagania decyzji treningowych. Wykazano, że metody te znajdują coraz szersze zastosowanie zarówno w analizie indywidualnych cech zawodnika, jak i w ocenie złożonych danych treningowych oraz startowych. Jednocześnie podkreślono, że skuteczność modeli opartych na sztucznej inteligencji zależy od jakości danych wejściowych, poprawności procedur walidacyjnych oraz właściwego osadzenia analizy w kontekście danej dyscypliny sportu. Praca ta integruje wcześniejsze doświadczenia badawcze z obszaru modelowania statystycznego z nowoczesnym podejściem do analizy dużych zbiorów danych, wskazując kierunki dalszego rozwoju badań nad predykcją sportową.

Łącznie przedstawione publikacje tworzą spójny program badawczy poświęcony ilościowemu opisywaniu, modelowaniu i prognozowaniu poziomu sportowego z wykorzystaniem metod statystycznych oraz narzędzi sztucznej inteligencji. Ich wspólnym mianownikiem jest dążenie do obiektywizacji oceny sportowca i procesu treningowego poprzez identyfikację zmiennych o największej wartości prognostycznej. Z perspektywy poznawczej badania te przyczyniają się do lepszego zrozumienia złożonych zależności między cechami fizjologicznymi, motorycznymi i wynikowymi, natomiast z perspektywy aplikacyjnej dostarczają narzędzi wspierających selekcję, monitorowanie oraz planowanie procesu szkolenia sportowego.

VI. POZOSTAŁE OSIĄGNIĘCIA NAUKOWE.

6.1. Udział w stażach zagranicznych

- Staż w Palacky University na Wydziale Wychowania Fizycznego w Ołomuńcu w okresie 10.11.2014 do 28.11.2014, którego celem była wymiana doświadczeń oraz nawiązanie długofalowej współpracy naukowej. Zapoznanie się z możliwościami przyrządu treningowo-pomiarowego (ISOMED), który stwarza możliwość aplikowania bodźców oporowych ekscentrycznych o wyjątkowo dużej intensywności (duża zmiana częstotliwości bodźcowania).

Realizacja wspólnych badań z ośrodkiem w Ołomuńcu zaowocowała publikacją:

Stastny, P., Lehnert, M., Zaatar, A., Svoboda, Z., Xaverova, Z., & **Pietraszewski, P.** (2015). The gluteus medius vs. thigh muscles strength ratio and their relation to electromyography amplitude during a farmer's walk exercise. *Journal of Human Kinetics*, 45, 157-165 (IF = 0.770; MNiSW = 15).

- Staż w Charles University w Pradze na Wydziale Wychowania Fizycznego i Sportu w dniach od 9.2.2015 do 25.02.2015, którego celem była wymiana doświadczeń oraz nawiązanie długofalowej współpracy naukowej. Zapoznanie się z nową koncepcją opisu ruchu (strukturą wewnętrzną i zewnętrzną) i odpornością tkanek na różny charakter obciążenia zewnętrznego. W wyniku współpracy powstały dwie publikacje naukowe:

Gołaś, A., Maszczyk, A., **Pietraszewski, P.**, Stastny, P., Tufano, J. J., & Zajac, A. (2017). Effects of pre-exhaustion on the patterns of muscular activity in the flat bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(7), 1919-1924. (IF = 2.325; MNiSW = 30).

Stastny, P., Gołaś, A., Blazek, D., Maszczyk, A., Wilk, M., **Pietraszewski, P.**, Petr, M., Uhler, P., & Zajac, A. (2017). A systematic review of surface electromyography analyses of the bench press movement task. *PLoS ONE*, 12(2), Article e0171632. (IF = 2.766; MNiSW = 40).

6.2. Udział w projektach badawczych w kraju i za granicą.

W trakcie mojej pracy naukowej uczestniczyłem i uczestniczę w projektach badawczych prowadzonych w ośrodkach krajowych i zagranicznych. Poniżej przedstawiam w skrócie mój udział we wspomnianych projektach badawczych:

- Członek zespołu badawczego grantu MNiSW – NRSA4 04054: „Wykorzystanie mechanizmu wzmocnienia po-aktywacyjnego (PAP) w optymalizacji treningu mocy z wykorzystaniem modelowania biometrycznego zawodników wybranych dyscyplin sportu”. Kierownik projektu: dr hab. Adam Maszczyk prof. nadzw. AWF.
- Członek zespołu badawczego grantu MNiSW - NRSA3 03953: „Kontrola procesu treningowego w oparciu o analizę kinezyologiczną, kontrolę biochemiczną oraz parametry motoryczne zawodników wybranych dyscyplin sportu”. Kierownik projektu: prof. dr hab. Adam Zając
- Członek zespołu badawczego grantu MSiT „Ocena asymetrii mięśniowych podczas biegu sprinterskiego oraz możliwość reedukacji wzorców ruchowych”. dofinansowanego przez Ministerstwo Sportu i Turystyki w ramach krajowego programu "Wspieranie projektów naukowych w zakresie sportu wyczynowego w 2024 roku". nr RPW/8725/2024. Kierownik projektu: dr hab. Artur Gołaś prof. nadzw. AWF.
- Członek zespołu badawczego projektu naukowego pt.: „Optymalizacja wykorzystania wzmocnienia poaktywacyjnego i poszukiwanie fazy superkompensacji w sprincie lekkoatletycznym” - RPW/8239/2022, który otrzymał dofinansowanie przez Ministerstwo Sportu i Turystyki w ramach krajowego programu „Dotacje celowe na wspieranie projektów naukowych w zakresie sportu wyczynowego w 2022 roku”.
- Członek zespołu badawczego projektu naukowego pt. „Optymalizacja wykorzystania poaktywacyjnego wzrostu sprawności fizycznej (PAPE) w sprincie lekkoatletycznym oraz analiza kinematyczna biegu sprinterskiego w kolcach lekkoatletycznych wyposażonych w płytkę karbonową.” (RPW/9110/2023), który otrzymał dofinansowanie przez Ministerstwo Sportu i Turystyki w ramach krajowego programu „Dotacje celowe na wspieranie projektów naukowych w zakresie sportu wyczynowego w 2022 roku”.
- Kierownik badań statutowych w latach 2012 - 2014: „Ocena efektywności pracy sędziów na poszczególnych szczeblach rozgrywek oraz określenie wartości predyktywnej wskaźników jakości pracy sędziów w wybranych dyscyplinach sportu” realizowanych w Katedrze Teorii i Praktyki Sportu AWF Katowice.

6.3. Nagrody i wyróżnienia.

- Medal AGILI SAPIENTIQUE im. Lechosława Deca przyznany przez Rektora Akademii Wychowania Fizycznego w Katowicach, 2006.
- Nagroda Rektora Indywidualna II stopnia za osiągnięcia naukowe i dydaktyczne w roku akademickim 2012/2013.
- Nagroda Rektora Indywidualna II stopnia za osiągnięcia naukowe i dydaktyczne w roku akademickim 2024/2025.

6.4. Udział w programach ERASMUS.

- 16.04.2016 – 23.04.2016 ERASMUS+ Staff Mobility – Teaching and Training Assignments
Aswan University (Egypt)
- 10.04.2018 – 17.04.2018 ERASMUS+ Staff Mobility – Teaching and Training Assignments
Aswan University (Egypt)
- 20.05.2018 – 22.05.2018 ERASMUS+ Staff Mobility – Training Assignments
Uniwersytet Karola w Pradze (Czechy)
- 04.09.2018 – 06.09.2018 ERASMUS+ Staff Mobility – Training Assignments
Universidad De Alicante (Hiszpania)
- 04.09.2019 – 06.09.2019 - ERASMUS+ Staff Mobility – Training Assignments
Universitat De Les Illes Balears E Palma (Hiszpania)
- 19.02.2020 – 21.02.2020 ERASMUS+ Staff Mobility – Training Assignments
Uniwersytet Karola w Pradze (Czechy)
- 31.08.2020 – 04.09.2020 ERASMUS+ Staff Mobility – Training Assignments
Universidade De Lisboa (Portugalia)
- 14.02.2020 – 18.02.2020 ERASMUS+ Staff Mobility – Training Assignments
Uniwersytet Karola w Pradze (Czechy)
- 02.09.2021 – 06.09.2021 ERASMUS+ Staff Mobility – Training Assignments
Universidade De Lisboa (Portugalia)
- 17.03.2025 – 18.03.2025 ERASMUS+ Staff Mobility – Teaching and Training Assignments
Uniwersytet Karola w Pradze (Czechy)

- 21.05.2026 – 22.05.2026 ERASMUS+ Staff Mobility – Teaching and Training Assignments

Uniwersytet Karola w Pradze (Czechy)

6.5. Członkostwo w towarzystwach naukowych.

- Członek Zarządu Polskiego Towarzystwa Usprawnienia Motorycznego

6.6. Promotorstwo prac licencjackich, magisterskich i doktorskich oraz recenzje prac naukowych.

- W latach 2015 – 2026 recenzent ponad 60 prac naukowych o zasięgu międzynarodowym w renomowanych czasopismach posiadających współczynnik oddziaływania Impact Factor, m.in. takich jak:

- *Journal of Human Kinetics*
- *Biomedical Human Kinetics*
- *Nutrients*
- *Sports*
- *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*
- *International Journal of Environmental Research and Public Health*
- *Applied Sciences*
- *Sensors*
- *Bioengineering*
- *Life*
- *Multimodal Technologies and Interaction*
- *Children*
- *Diseases*
- *Diagnostic*
- *Mathematical and Computational Applications*

- W latach 2005 – 2025 promotorstwo 62 prac magisterskich na Wydziale Wychowania Fizycznego i Wydziale Fizjoterapii Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach. Tematyka prac obejmowała szerokie spektrum zagadnień dotyczących analiz w sporcie, treningu sportowego, przygotowania sprawnościowego i efektywności walki w różnych dyscyplinach sportu. Dodatkowo recenzje 30 prac magisterskich.

VII. AKTYWNOŚĆ DYDAKTYCZNA, ORGANIZACYJNA I POPULARYZATORSKA (NA RZECZ ŚRODOWISKA).

Od 2014 roku pełnię funkcję **Pełnomocnika Rektora Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach do spraw certyfikacji laboratoriów badawczych**. Funkcja ta obejmuje koordynację i nadzór nad procesem certyfikacji oraz utrzymania systemów zarządzania jakością w jednostkach badawczych uczelni, realizowanych zgodnie z normą ISO 9001. W ramach powierzonych obowiązków sprawuję nadzór merytoryczny i organizacyjny nad wszystkimi certyfikowanymi laboratoriami funkcjonującymi na uczelni, obejmujący w szczególności:

- przygotowanie jednostek do cyklicznych audytów certyfikacyjnych i nadzorczych,
- wdrażanie i doskonalenie procedur systemu zarządzania jakością,
- koordynację dokumentacji systemowej,
- współpracę z jednostkami certyfikującymi,
- monitorowanie zgodności działalności laboratoriów z wymaganiami norm jakościowych.

Proces certyfikacji laboratoriów realizowany jest w trybie corocznych audytów, co wymaga stałego nadzoru nad utrzymaniem wysokich standardów jakości badań naukowych oraz ich zgodności z obowiązującymi procedurami. W ramach systemu zarządzania jakością certyfikacją objęto jednostki funkcjonujące w strukturze dwóch instytutów uczelni:

Instytut Fizjoterapii i Nauk o Zdrowiu

Zakres działalności badawczej obejmuje: badania podstawowe, kliniczne i rozwojowe nad wpływem modyfikowalnych czynników stylu życia oraz terapii na homeostazę organizmu, prowadzone zarówno na modelach przedklinicznych, jak i u ludzi, ze szczególnym uwzględnieniem zagadnień nocycepcji oraz nowoczesnych metod diagnostyki, fizjoterapii i fizjoprofilaktyki.

Certyfikacją objęto dotychczas następujące laboratoria:

- Laboratorium Badań Molekularnych
- Laboratorium Analizy Ruchu
- Laboratorium Elastografii i Ultrasonografii Narządu Ruchu

1. • Laboratorium Badania Bólu
- Laboratorium Elektromiografii i Badań Mięśni Dna Miednicy
- Laboratorium Fizjoterapii i Fizjoprofilaktyki

Instytut Nauk o Sporcie

Zakres działalności badawczej obejmuje: badania podstawowe, biomedyczne oraz biopsychospołeczne uwarunkowań aktywności fizycznej, w tym optymalizację procesów szkolenia sportowego, wychowania fizycznego i rekreacji ruchowej. Badania prowadzone są w ujęciu wielopoziomowym – od poziomu molekularnego po poziom przyrodniczo-psychospołeczny – i obejmują również zagadnienia optymalizacji treningu sportowego, treningu prozdrowotnego oraz rehabilitacji funkcjonalnej.

Certyfikacją objęto następujące pracownie:

- Pracownia Biochemii
- Pracownia Badań Czynnościowych Człowieka
- Pracownia Fizjologii Klinicznej
- Pracownia Badań Prozdrowotnej Aktywności Fizycznej
- Pracownia Oceny Budowy i Postawy Ciała
- Pracownia Siły i Mocy Mięśniowej
- Pracownia Hipoksji
- Pracownia Sprawności Psychomotorycznej
- Pracownia Analiz w Sporcie
- Pracownia Metabolizmu Wysiłkowego i Diagnostyki Aktywności Nerwowo-Mięśniowej
- Pracownia Kinezylogii
- Pracownia Biomechaniki

Pełniona funkcja wiąże się z odpowiedzialnością za utrzymanie wysokich standardów jakości badań naukowych realizowanych w uczelni, a także za rozwój infrastruktury badawczej zgodnie z wymaganiami krajowych i międzynarodowych systemów certyfikacji. Działalność ta ma istotne znaczenie dla zapewnienia wiarygodności wyników badań oraz wzmacniania pozycji naukowej uczelni w obszarze nauk o kulturze fizycznej i zdrowiu.

Działalność dydaktyczna

Moja działalność dydaktyczna na Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach koncentruje się na prowadzeniu zajęć na studiach pierwszego i drugiego stopnia, zarówno w trybie stacjonarnym, jak i niestacjonarnym, na kierunkach związanych z wychowaniem fizycznym oraz fizjoterapią. W ramach obowiązków dydaktycznych realizowałem od początku zatrudnienia zajęcia w formie wykładów oraz ćwiczeń, obejmujące w szczególności przedmioty: *metodologia badań naukowych*, *metodologia badań z elementami statystyki* oraz *technologia informacyjna*.

Prowadzone przeze mnie zajęcia miały na celu kształtowanie kompetencji badawczych studentów, w tym umiejętności formułowania problemów naukowych, doboru metod badawczych, analizy i interpretacji wyników oraz przygotowywania prac dyplomowych. W ramach przedmiotów o charakterze metodologicznym szczególny nacisk kładłem na praktyczne zastosowanie narzędzi statystycznych oraz rozwijanie krytycznego podejścia do literatury naukowej. Z kolei zajęcia z zakresu technologii informacyjnej ukierunkowane były na rozwijanie umiejętności wykorzystania nowoczesnych narzędzi cyfrowych w pracy naukowej i zawodowej.

Istotnym elementem mojej aktywności dydaktycznej było opracowywanie i aktualizowanie sylabusów prowadzonych przedmiotów, z uwzględnieniem zmieniających się standardów kształcenia oraz aktualnych trendów w nauce. Dbałem o spójność efektów uczenia się z programami studiów oraz o dostosowanie treści kształcenia do potrzeb rynku pracy i specyfiki kierunków.

W ramach działalności dydaktycznej uczestniczyłem również w prowadzeniu zajęć w środowisku międzynarodowym, w tym w ramach programów mobilności akademickiej ERASMUS. Zajęcia te stanowiły okazję do wymiany doświadczeń dydaktycznych, pracy ze studentami o zróżnicowanym zapleczu kulturowym oraz doskonalenia kompetencji w zakresie nauczania w języku obcym.

W swojej pracy dydaktycznej stosuję zróżnicowane metody nauczania, obejmujące zarówno formy tradycyjne, jak i aktywizujące, sprzyjające zaangażowaniu studentów oraz rozwijaniu ich samodzielności poznawczej. Staram się łączyć przekazywanie wiedzy teoretycznej z jej praktycznym zastosowaniem, co znajduje odzwierciedlenie w wysokiej jakości przygotowania studentów do realizacji prac dyplomowych oraz podejmowania działalności badawczej.

**VIII. INNE INFORMACJE DOTYCZĄCE KARIERY ZAWODOWEJ,
KWALIFIKACJE DODATKOWE.**

- 2013r. Trener EEG – Biofeedback I stopnia. Centrum Rehabilitacji Poznawczej i Neuroterapii.
- 2013r. Trener EEG – Biofeedback II stopnia. Centrum Rehabilitacji Poznawczej i Neuroterapii.
- 2000r. Dyplom Trenera II Klasy w piłce ręcznej. Akademia Wychowania Fizycznego w Katowicach.
- 2000r. Dyplom Instruktora Sportu w piłce nożnej. Akademia Wychowania Fizycznego w Katowicach.
- 2000r. Dyplom Instruktora Sportu w tenisie. Akademia Wychowania Fizycznego w Katowicach.
- 2000r. Dyplom Instruktora Sportu w koszykówce. Akademia Wychowania Fizycznego w Katowicach.
- 2005r. – 2006r. Dyrektor działu sportu MKS CRACOVIA S.S.A.
- 1995r. Ratownik Wodny WOPR. Wodne ochotnicze Pogotowie Ratunkowe w Katowicach.
- 1993r. Patent Żeglarza Jachtowego. Polski Związek Żeglarstwa.
- 1995r. Patent Sternika Motorowodnego. Polski Związek Motorowodny i Narciarstwa Wodnego.
- 2000r. Licencja pilota wycieczek zagranicznych. Wojewoda Śląski.
- 2001r. Ukończenie kursu dla kierowników placówek wypoczynku. Wojewódzki Ośrodek Metodyczny w Katowicach.
- 1997r. – 2020r. – sędzia piłkarski m.in. szczebla centralnego Polskiego Związku Piłki Nożnej.

Oryginał dokumentu podpisał:

dr Przemysław Pietraszewski (29.05.2026 r.)

.....
(podpis wnioskodawcy)