

Załącznik nr 3 - Autoreferat

**kandydata do stopnia doktora habilitowanego przedstawiający
opis dorobku i osiągnięć naukowych**
dr Paweł Pakosz

Opole, 17.04.2024

Spis treści

1. Imię i nazwisko:	3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne	3
2.1. Dyplomy:	3
2.2. Stopnie naukowe:	3
3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.	4
4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.).	4
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego	7
4.2. Autorzy, tytuły publikacji, nazwa wydawcy, rok wydania	7
4.3. Omówienie celu naukowego / artystycznego ww. pracy / prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania	9
4.3.1. Wstęp	9
4.3.2. Główne cele cyklu publikacji	12
4.3.3. Szczegółowe omówienie osiągnięcia naukowego	12
4.4. Piśmiennictwo wykorzystane w opisie osiągnięcia naukowego	30
4.5. Pozostały dorobek naukowy nie wchodzący w skład głównego osiągnięcia	33
5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej	39
6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.	41
7. Inne ważne informacje dotyczące kariery zawodowej	46

1. Imię i nazwisko:

Paweł Pakosz

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne

– z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

2.1. Dyplomy:

- 1999-2004 - Dyplom ukończenia studiów - Politechnika Opolska, Wydział Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii, kierunek: Wychowanie Fizyczne, Specjalność: Instruktor i trener koszykówki,
- 2001-2005 - Dyplom ukończenia studiów – Politechnika Opolska, Wydział Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii, kierunek: Fizjoterapia,
- 2003-2005 - Dyplom ukończenia studiów – Politechnika Opolska, Studia Podyplomowe w zakresie Odnowy Biologicznej,
- 2011-2012 - Dyplom ukończenia studiów – Studia Podyplomowe z zakresu Informatyki i Technologii Informacyjnych.

2.2. Stopnie naukowe:

Doktor nauk o kulturze fizycznej

Nadany uchwałą Rady Wydziału Wychowania Fizycznego i Sportu w Białej Podlaskiej Akademii Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie w 2014 roku (załącznik nr 2). Tytuł rozprawy doktorskiej: „Koordynacyjne zdolności motoryczne a efektywność wybranych technik gry w koszykówkę”.

Promotor rozprawy doktorskiej: prof. dr hab. Zbigniew Borysiuk

Recenzenci: Dr hab. Teresa Zwierko, Wydział Kultury Fizycznej i Zdrowia Uniwersytetu Szczecińskiego.

Prof. dr hab. Ryszard Żukowski, Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie.

Magister wychowania fizycznego

Wydział Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii Politechniki Opolskiej, 24.06.2004.

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

01.01.2021 – obecnie,	stanowisko adiunkta w Katedrze Wychowania Fizycznego i Sportu, Wydziału Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii Politechniki Opolskiej,
01.01.2020 – 31.12.2020	stanowisko adiunkta w Katedrze Antropomotoryki i Biomechaniki, Wydziału Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii Politechniki Opolskiej,
01.01.2015 – 31.12.2019	stanowisko adiunkta w Katedrze Antropomotoryki, Wydziału Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii Politechniki Opolskiej,
01.10. 2013 – 31.12.2014	stanowisko asystenta w Katedrze Antropomotoryki, Wydziału Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii Politechniki Opolskiej
01.10.2012 – 31.06.2013	stanowisko asystenta w Katedrze Wychowania Fizycznego i Sportu, Wydziału Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii Politechniki Opolskiej,
01.10.2008 – 31.06.2012	stanowisko instruktora w Katedrze Sportów Indywidualnych, Wydziału Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii Politechniki Opolskiej.

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

Omówienie to winno dotyczyć merytorycznego ujęcia przedmiotowych osiągnięć, jak i w sposób precyzyjny określać indywidualny wkład w ich powstanie, w przypadku, gdy dane osiągnięcie jest dziełem współautorskim, z uwzględnieniem możliwości wskazywania dorobku z okresu całej kariery zawodowej.

Cykl powiązanych artykułów naukowych, przedstawiony poniżej, jest wynikiem mojej długoletniej pracy i zainteresowań w obszarze szeroko rozumianych nauk o kulturze fizycznej. W mojej karierze badawczej, zapoczątkowanej w Katedrze Antropomotoryki Wydziału Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii Politechniki Opolskiej pod kierunkiem profesora Zbigniewa Borysiuka, skupiłem się na identyfikacji wzorców ruchowych sportowców poprzez

diagnostykę mięśni za pomocą elektromiografii powierzchniowej (sEMG) i systemów rejestracji ruchu OptiTrack. Wynikiem tej współpracy była rozprawa doktorska pod tytułem „Koordynacyjne zdolności motoryczne a efektywność wybranych technik gry w koszykówkę”. Efektem współpracy i badań jest ponadto wiele publikacji naukowych oraz wystąpień podczas krajowych i międzynarodowych konferencji naukowych. Jednakże, dążąc do ciągłego rozwoju w dziedzinie nauki, poszukiwałem nowych i innowacyjnych narzędzi badawczych, które mogłyby poszerzyć horyzonty moich badań i przyczynić się do pogłębienia naszej wiedzy na temat mechanizmów nerwowo-mięśniowych.

W owym procesie, moje zainteresowanie skupiło się na implementacji i wykorzystaniu tensiomiografii (TMG) - zaawansowanego narzędzia diagnostycznego, dotychczas rzadko spotykanego w Polsce i kojarzonego raczej z fizjoprofilaktyką. To decydujące odkrycie otworzyło przede mną nowe perspektywy badawcze, umożliwiając przeprowadzenie kompleksowych analiz, których celem było pełniejsze zrozumienie dynamiki mięśniowej oraz wpływu czynników nerwowych na proces treningu w różnych dyscyplinach sportowych.

Kontynuując tę ścieżkę badawczą, moje badania skupiły się na dogłębnym zrozumieniu nerwowo-mięśniowych czynników efektywności treningu w różnych dyscyplinach sportowych. Kluczowym celem moich badań stało się zatem nie tylko zgłębienie mechanizmów działania mięśni, lecz także ich zastosowanie w praktyce, w celu usprawnienia procesów treningowych oraz minimalizacji ryzyka kontuzji. Poprzez moje badania, dążyłem do wprowadzenia innowacyjnych strategii diagnostycznych, które mogłyby wspomagać pracę sportowców, trenerów i fizjoterapeutów, zapewniając im narzędzia do efektywniejszego monitorowania postępów treningowych oraz przewidywania ryzyka urazów.

Warto podkreślić, że moje badania nie tylko koncentrowały się na eksploracji nowych metodologii diagnostycznych, ale również na ich zastosowaniu praktycznym oraz integracji w istniejące struktury szkoleniowe. W ten sposób, moje prace miały istotny wpływ nie tylko na rozwój wiedzy naukowej w dziedzinie nerwowo-mięśniowych czynników treningu sportowego, lecz także na praktyczne aspekty pracy związanej z profesjonalnym sportem. Wnioski płynące z moich badań mogą stanowić istotny wkład w dalszy rozwój naukowy oraz praktyczne stosowanie wiedzy w dziedzinie treningu sportowego, przyczyniając się do podniesienia efektywności procesów treningowych oraz poprawy wyników sportowych zawodników na różnych poziomach zaawansowania.

Począwszy od wstępnych eksperymentów z sEMG, poprzez odkrycie potencjału TMG, kreuję nowoczesne rozwiązania, a moja droga badawcza była pełna wyzwań i interesujących odkryć. Jednakże, wszystkie te wysiłki miały jeden wspólny cel – pogłębienie ogólnodostępnej wiedzy na temat nerwowo-mięśniowych mechanizmów ruchu i ich znaczenia w kontekście osiągania sukcesów sportowych.

Moje badania wpisują się w nowoczesne trendy naukowe wzbogacając dostępną literaturę zarówno w Polsce, jak i na arenie międzynarodowej. Nowatorskie podejście polega na wykorzystaniu zintegrowanych i nowoczesnych narzędzi badawczych do analizy nerwowo-mięśniowych mechanizmów adaptacji organizmu w odpowiedzi na trening oraz ich roli w zapobieganiu kontuzjom u sportowców. Cykl sześciu artykułów naukowych mojego autorstwa, wnosi nowe spojrzenie na kluczowe aspekty funkcjonowania mięśni sportowców oraz wpływu treningu na ich adaptacje. Przegląd literatury naukowej wskazuje na stały rozwój badań nad mechanizmami skurczowymi mięśni w kontekście treningu sportowego [1–6]. Jednak moje badania wnoszą nową jakość, koncentrując się nie tylko na ocenie napięcia bioelektrycznego i odpowiedzi mechanicznej mięśni sportowców, ale także na integracji tych danych z efektywnością treningową i zdrowiem sportowców.

Wynikiem prowadzonej przeze mnie dotychczasowej działalności naukowej jest 44 prac o sumarycznej liczbie punktów, wg listy MEiN, równej 2497 punktów. W czasopismach indeksowanych w bazie Web of Science (WOS) oraz posiadających współczynnik oddziaływania Impact Factor (IF), zostało opublikowanych 26 prac, gdzie wartość współczynnika oddziaływania (IF) wynosi 74,864, w 20% prac jestem pierwszym autorem, w 40% autorem korespondencyjnym. Byłem również recenzentem 22 artykułów naukowych w czasopismach z bazy WOS. Aktualnie jestem kierownikiem przyznanego mi grantu NCN - MINIATURA 6 pt.: "Ocena zmian biomechanicznych mięśni poprzecznie prążkowanych z zaburzeniami mięśniowo-powięziowymi". Brałem udział w 3 tygodniowym stażu naukowym w Universidad de Zaragoza, Facultad Ciencias de la Salud, Hiszpania, pod opieką merytoryczną dr Pablo Herrero Gallego. PT, PhD. Współpracowałem również przy realizacji projektów badawczych z uczelniami krajowymi i zagranicznymi, czego wynikiem są wspólne publikacje naukowe.

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Interdyscyplinarny i wieloaspektowy charakter prowadzonej przeze mnie działalności naukowej, skłonił do wykazania osiągnięcia, o którym mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2b Ustawy, w formie cyklu sześciu powiązanych tematycznie artykułów naukowych pod wspólnym tytułem:

„Nerwowo-mięśniowe czynniki efektywności treningu w wybranych dyscyplinach sportowych. Analiza wskaźników napięcia bioelektrycznego i odpowiedzi mechanicznej mięśni sportowców”.

4.2. Autorzy, tytuły publikacji, nazwa wydawcy, rok wydania

1. **Paweł Pakosz**, Anna Jakubowska-Lukanova, Mariusz Gnoiński. TMG as a prevention method of athletes muscles, ligaments and joints injuries. Polish Journal of Sports Medicine. 2016; 32 (3). doi: 10.5604/1232406X.1227534 [MNiSW = 12] (załącznik 8a).

Mój wkład: nadzór projektu, tworzenie koncepcji, zaplanowanie badania, wybór metodyki badań, przeprowadzenie badań, analiza i interpretacja wyników, przeprowadzenie dyskusji i wyników, przegląd piśmiennictwa, pisanie artykułu i jego korekta przed i po złożeniu pracy do druku, pozyskanie finansowania.

2. **Paweł Pakosz**, Mariusz Konieczny. Training induced fatigability assessed by sEMG in Pre-Olympic ice-skaters. Scientific Reports. 2020; 10(1). doi.org/10.1038/s41598-020-71052-4 [IF 4,38; MNiSW = 140 pkt.] (załącznik 8b).

Mój wkład: nadzór projektu, tworzenie koncepcji, zaplanowanie badania, wybór metodyki badań, przeprowadzenie badań, analiza i interpretacja wyników, przeprowadzenie dyskusji i wyników, przegląd piśmiennictwa, pisanie artykułu i jego korekta przed i po złożeniu pracy do druku, pozyskanie finansowania.

3. **Paweł Pakosz**, Przemysław Domaszewski, Mariusz Konieczny, Dawid Bączkowicz. Muscle activation time and free-throw effectiveness in basketball. *Scientific Reports*. 2021; 11(1). doi.org/10.1038/s41598-021-87001-8 [IF 4,997; MNiSW = 140 pkt.] (załącznik 8c).

Mój wkład: nadzór projektu, tworzenie koncepcji, zaplanowanie badania, wybór metodyki badań, przeprowadzenie badań, analiza i interpretacja wyników, przeprowadzenie dyskusji i wyników, przegląd piśmiennictwa, pisanie artykułu i jego korekta przed i po złożeniu pracy do druku, pozyskanie finansowania.

4. **Paweł Pakosz**, Anna Lukanova-Jakubowska, Edyta Łuszczki, Mariusz Gnoiński, Oscar García-García. Asymmetry and changes in the neuromuscular profile of short-track athletes as a result of strength training. *PloS One*. 2021; 16(12). doi.org/10.1371/journal.pone.0261265 [IF 3,752; MNiSW = 100 pkt.] (załącznik 8d).

Mój wkład: nadzór projektu, tworzenie koncepcji, zaplanowanie badania, wybór metodyki badań, przeprowadzenie badań, analiza i interpretacja wyników, przeprowadzenie dyskusji i wyników, przegląd piśmiennictwa, pisanie artykułu i jego korekta przed i po złożeniu pracy do druku, pozyskanie finansowania.

5. **Paweł Pakosz**, Mariusz Konieczny, Przemysław Domaszewski, Tomasz Dybek, Mariusz Gnoiński, Elżbieta Skorupska. Changes in hamstring contractile properties during the competitive season in young football players. *PeerJ*. 2024. doi.org/10.7717/peerj.17049 [IF = 2,7; MNiSW = 100 pkt] (załącznik 8e).

Mój wkład: nadzór projektu, tworzenie koncepcji, zaplanowanie badania, wybór metodyki badań, przeprowadzenie badań, analiza i interpretacja wyników, przeprowadzenie dyskusji i wyników, przegląd piśmiennictwa, pisanie artykułu i jego korekta przed i po złożeniu pracy do druku, pozyskanie finansowania.

6. **Paweł Pakosz**, Mariusz Konieczny, Przemysław Domaszewski, Tomasz Dybek, Mariusz Gnoiński, Elżbieta Skorupska. Comparison of concentric and eccentric resistance training in terms of changes in the muscle contractile properties. *Journal*

of Electromyography and Kinesiology. 2023; 73, 102824. doi.org/10.1016/j.jelekin.2023.102824 [IF 2,5; MNiSW = 100 pkt.] (załącznik 8f).

Mój wkład: nadzór projektu, tworzenie koncepcji, zaplanowanie badania, wybór metodyki badań, przeprowadzenie badań, analiza i interpretacja wyników, przeprowadzenie dyskusji i wyników, przegląd piśmiennictwa, pisanie artykułu i jego korekta przed i po złożeniu pracy do druku, pozyskanie finansowania.

Sumaryczny wskaźnik Impact Factor dla cyklu sześciu opublikowanych, powiązanych tematycznie, artykułów naukowych wynosi 18,329 punktów oraz 600 punktów MNiSW.

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

4.3.1. Wstęp

Celem moich badań, które doprowadziły do zdefiniowania habilitacyjnego osiągnięcia naukowego, jest poznanie i zrozumienie nerwowo-mięśniowych czynników efektywności treningu w wybranych dyscyplinach sportowych, analizując wskaźniki napięcia bioelektrycznego i mechanicznej odpowiedzi mięśni sportowców.

W treningu wciąż poszukuje się czynników optymalizujących proces szkolenia sportowego, z coraz większym naciskiem na pogłębianie wiedzy użytecznej w procesie szkolenia zawodników na różnych poziomach. Wdrażanie technologicznych innowacji zarówno w procesie treningowym, jak i jego monitorowaniu, umożliwia wszechstronną diagnostykę i poprawę potencjału ruchowego zawodników. Mięśnie szkieletowe odgrywają kluczową rolę w tej kwestii.

Mięśnie szkieletowe, kontrolowane dobrowolnie, stanowią układ niemal 700 mięśni, pełniących różnorodne funkcje, takie jak wytwarzanie siły, stabilizacja czy koordynacja ciała. Wraz z rozwojem społeczeństwa, obserwujemy znaczny wzrost liczby osób uprawiających aktywność fizyczną, przy jednoczesnym zwiększaniu wymagań stawianych sportowcom. Wzrasta również świadomość roli mięśni w osiągnięciu sukcesu sportowego.

Jednakże, nadmierna aktywność może prowadzić do przeciążeń mięśni, co z kolei zwiększa ryzyko urazów, ograniczając dalszą aktywność fizyczną. Zrozumienie mechanizmów nerwowo-mięśniowych oraz skuteczne monitorowanie stanu funkcjonalnego sportowców stają się kluczowe dla optymalizacji osiągnięć sportowych i minimalizacji ryzyka urazów [7–10]. Sportowcy stanowią optymalną grupę docelową do diagnozowania mięśni szkieletowych, gdzie przeciążenia powstają częściej i szybciej niż u osób rekreacyjnie uprawiających aktywność fizyczną, ze względu na intensywność treningu i uczestnictwo w zawodach.

Układ nerwowo-mięśniowy odgrywa kluczową rolę w wynikach rywalizacji sportowej, decydując o wielu aspektach wydolności fizycznej zawodników [11]. Jednak wzrost wymagań stawianych sportowcom wiąże się szukaniem coraz lepszych strategii treningowych a ponadto z większym ryzykiem urazów, które nadal pozostają poważnym problemem, pomimo wysiłków w zakresie zapobiegania oraz wykorzystania dostępnej wiedzy naukowej w praktyce treningowej. Kontuzje mięśni stanowią poważny problem ze względu na ich konsekwencje zdrowotne oraz ekonomiczne obciążenie dla klubów i systemów opieki zdrowotnej [12].

Adaptacja organizmu do aktywności mięśniowej jest jednym z kluczowych wyzwań w sporcie. Uprawianie sportu i odpowiedni trening mogą prowadzić do większego zapotrzebowania na określone grupy mięśni, zwłaszcza w sportach asymetrycznych. Specjalizacja mięśniowa może jednak prowadzić do braku równowagi sił działających w stawie, zwiększając ryzyko kontuzji i naruszając osiągnięcia sportowe. Stałe zwiększanie obciążeń treningowych może prowadzić do przeciążenia układów organizmu, spadku wyników sportowych oraz zwiększenia liczby urazów.

Urazy mięśni należą do najczęstszych urazów w sporcie (do 55% wszystkich urazów sportowych), nadal stanowiąc poważny problem ze względu na ograniczenie czasu poświęconego na trening i zawody, oraz konieczność podejmowania trudnych decyzji dotyczących leczenia i powrotu do sportu, ponadto stosunkowo wysoki wskaźnik nawrotów [13]. Aby zapobiec tym zjawiskom, konieczne jest stałe monitorowanie stanu funkcjonalnego sportowców z wykorzystaniem szeregu metod pozwalających na ocenę gotowości do wykonywania znacznych obciążeń, tempa procesów regeneracji, sprawności funkcjonowania różnych układów fizjologicznych, stopnia mobilizacji i wykorzystania rezerwowych możliwości organizmu, kierunku i skuteczności efektu treningowego. Każdego roku uprawianie sportu rekreacyjnego i zawodowego powoduje tysiące uszkodzeń mięśni, więzadeł i ścięgien [14]. Natomiast pomiar specyficznych właściwości skurczowych mięśni w odpowiedzi na trening może dostarczyć praktykom cennych informacji dotyczących stanu

fizjologicznego poszczególnych sportowców. Pomiar właściwości nerwowo-mięśniowych, w obrębie określonych grup mięśni, może być korzystny przy monitorowaniu skuteczności interwencji treningowych lub rehabilitacyjnych [15]. Ponadto w kontekście dbałości o stan mięśni, należy ustalić wartości referencyjne mięśni, bezwzględny poziom symetrii dla poszczególnych mięśni i populacji, aby umożliwić ocenę i wskazanie nieprawidłowości dla celów klinicznych i badawczych [8,16].

Zapobieganie urazom wymaga identyfikacji czynników prowadzących do urazu oraz opracowania skutecznych strategii ograniczania ryzyka urazów. Jest to kluczowy krok do opracowania programów prewencyjnych. Konieczne jest także ustalenie wartości referencyjnych i regularne monitorowanie zawodników, w celu oceny skuteczności szkolenia [17]. W związku z procesem treningowym, w trakcie postępowania szkolenia i sezonu, parametry fizjologiczne gracza ulegają zmianom [18]. Dla optymalnego zarządzania procesem treningowym, istotne jest diagnozowanie mięśni w precyzyjny, prosty, dostępny i obiektywny sposób, określając właściwości nerwowo-mięśniowe oraz ryzyko ich urazu. W tym celu, elektromiografia powierzchniowa (sEMG) oraz tensiomiografia (TMG) stanowią obiecujące narzędzia diagnostyczne.

Elektromiografia powierzchniowa (sEMG) jest jedną z metod umożliwiających nieinwazyjną ocenę funkcji mięśni na podstawie pomiaru aktywności bioelektrycznej. Jest również użyteczna do oceny zmęczenia mięśniowego i asymetrii mięśniowych, które mogą predysponować do urazu [19–22].

Tensiomiografia (TMG) jest nowoczesną metodą, umożliwiającą określenie struktury mięśnia szkieletowego oraz ocenę właściwości mięśnia na podstawie parametrów czasowych i odkształcenia [23]. Jest przydatna w diagnostyce symetrii bocznej i funkcjonalnej mięśni, a także do kontroli efektów treningu oraz indywidualizacji obciążeń treningowych sportowców [8,24,25].

Zrozumienie nerwowo-mięśniowych uwarunkowań efektywności treningu oraz skuteczne monitorowanie stanu funkcjonalnego sportowców są kluczowe dla minimalizacji ryzyka urazów i optymalizacji osiągnięć sportowych. Metody takie jak sEMG i TMG są obiecującymi narzędziami diagnostycznymi w tym zakresie, umożliwiającymi precyzyjną analizę mięśni szkieletowych oraz monitorowanie efektów treningu i rehabilitacji. Dalsze badania w tej dziedzinie są niezbędne dla pełnego zrozumienia mechanizmów nerwowo-mięśniowych oraz optymalizacji procesów szkoleniowych w sporcie.

4.3.2. Główne cele cyklu publikacji

Główne cele prezentowane w ramach cyklu sześciu powiązanych tematycznie artykułów naukowych koncentrują się na diagnostyce nerwowo-mięśniowych czynników efektywności treningu sportowego różnych dyscyplin sportowych w kontekście zmniejszenia ryzyka kontuzji i optymalizacji pracy mięśni oraz wykorzystaniu tych informacji w procesie treningowym.

Ponadto celem jest poznanie referencyjnych wartości kurczliwości mięśni szkieletowych u sportowców, co umożliwiają bezinwazyjne narzędzia badawcze, takie jak elektromiografia powierzchniowa (sEMG) i tensiomiografia (TMG). Celem jest stworzenie bazowego punktu odniesienia dla oceny mięśni szkieletowych oraz monitorowanie ich funkcji w trakcie treningu czy rehabilitacji.

Kolejnym istotnym zagadnieniem jest ocena asymetrii kurczliwości mięśni szkieletowych w kontekście przeciwdziałania urazom sportowców. Badania w ramach cyklu koncentrują się również na identyfikacji różnic między stronami ciała oraz ich wpływie na ryzyko kontuzji, co może prowadzić do opracowania strategii prewencyjnych dla zawodników.

4.3.3. Szczegółowe omówienie osiągnięcia naukowego

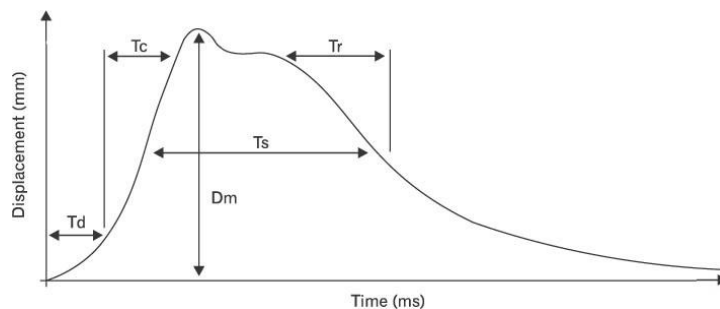
Publikacja nr 1 **Paweł Pakosz**, Anna Jakubowska-Lukanova, Mariusz Gnoiński. TMG as a prevention method of athletes muscles, ligaments and joints injuries. Polish Journal of Sports Medicine. 2016; 32 (3). doi: 10.5604/1232406X.1227534. [MNiSW = 12] (załącznik 8a).

Mój wkład: nadzór projektu, tworzenie koncepcji, zaplanowanie badania, wybór metodyki badań, przeprowadzenie badań, analiza i interpretacja wyników, przeprowadzenie dyskusji i wyników, przegląd piśmiennictwa, pisanie artykułu i jego korekta przed i po złożeniu pracy do druku, pozyskanie finansowania.

Metoda:

Badania dotyczące nerwowo-mięśniowych czynników oceny efektywności treningu z użyciem Tensiomiografii (TMG), zostały przeprowadzone na grupie zawodniczek short tracku. Badanie miało miejsce w laboratorium Wydziału Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii

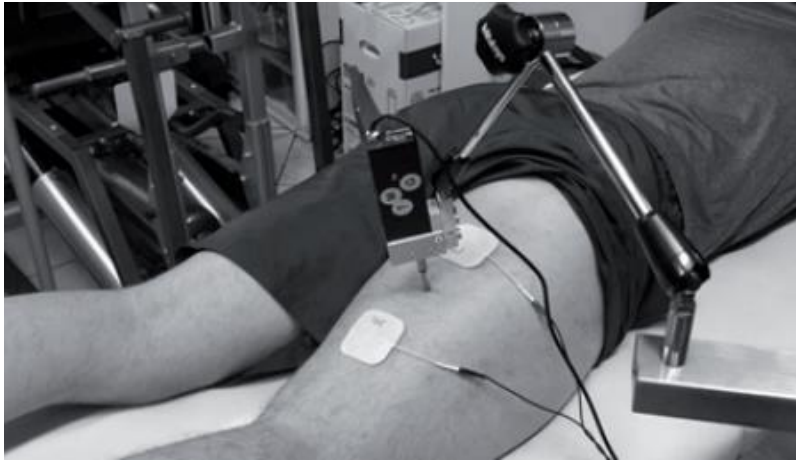
Politechniki Opolskiej. Wykorzystano metodę TMG, która jest nieinwazyjną metodą pomiarową służącą do wykrywania właściwości mięśni szkieletowych. Badania przeprowadzono zgodnie z zaleceniami protokołu TMG, wykorzystując elektryczny impuls do stymulacji mięśni. Każdy pomiar zaangażowanych mięśni przedstawiał pięć parametrów mimowolnego skurczu izometrycznego wymuszonego przez bodziec elektryczny (Ryc. 1.): maksymalna wartość przemieszczenia promieniowego brzośca mięśni (D_m) w mm, czas skurczu (T_c) w ms, który był mierzony od 10% do 90% D_m , czas opóźnienia (T_d) jako czas w ms od początku do 10% D_m , czas podtrzymania (T_s) jako czas w ms między 50% D_m , zarówno na wstępujących i zstępujących stronach krzywej, czas relaksacji (T_r) jako czas w ms między 90% a 50% D_m na krzywej opadającej. Parametry te były wykorzystywane do oceny sztywności mięśni i równowagi w stosunku do łańcuchów mięśniowych odpowiedzialnych za zgięcie i wyprost w stawach oraz kończyn dolnych po prawej i lewej stronie ciała.



Rycina 1 Krzywa przemieszczenia TMG w czasie oraz mierzone parametry

Precyzyjniej, TMG mierzy geometryczne zmiany w brzoścu mięśni podczas skurczu izometrycznego w odpowiedzi na bodziec elektryczny. Dokonuje się tego za pomocą czujnika ciśnienia podłączonego do precyzyjnego cyfrowego przetwornika przemieszczenia, umocowanego prostopadle do brzośca mięśnia (Ryc. 2). Cyfrowy przetwornik przemieszczenia ma zamontowaną w sobie sprężynę 0,17 N/mm. Czujnik ma kontrolowane ciśnienie początkowe $1,5 \times 10^{-2}$ N/mm². Przekształca fizyczne przemieszczenie na impulsy elektryczne. Podczas pomiaru czujnik przemieszczenia na skutek pobudzenia elektrycznego jest dociskany przez mięsień, a wyniki pomiarowe są prezentowane w postaci krzywych czasu

i przemieszczenia. Badania zostały poprzedzone uzyskaniem zgody Komisji Bioetycznej Opolskiej Izby Lekarskiej w Opolu, nr 260. Kierownik projektu badawczego: Paweł Pakosz.



Rycina 2 Umieszczenie czujnika TMG i elektrod stymulujących na badanym mięśniu

Cel pracy:

Celem badania było ustalenie, jakie zmiany następują w mięśniowych parametrach symetrii bocznych i funkcjonalnych, mierzonych TMG, po miesięcznym okresie odpowiednio zestawionego treningu, nakierowanego na poprawę parametrów symetrii u elitarnych polskich zawodników short tracku.

Protokół badania:

Podczas miesięcznego szkolenia zawodnicy trenowali przez 4-5 godzin dziennie, 6 dni w tygodniu, z jednym dniem wolnym. Przed rozpoczęciem treningów przeprowadzono pierwsze badanie TMG. Trzy pierwsze mikrocykle treningowe były intensywne, z dużymi obciążeniami, natomiast czwarty mikrocykl miał charakter regeneracyjny. Po nim przeprowadzono drugie badanie TMG. Trening skupiał się głównie na rozwój siły (3 razy w tygodniu), wytrzymałości ogólnej (5 razy w tygodniu) oraz treningu wyrównawczym (3 razy w tygodniu). W treningu wyrównawczym wykorzystano rekomendacje z raportu TMG, dostarczające wskazówek dotyczących ćwiczeń aktywacyjno-szybkościowych, siłowych oraz rozciągająco-relaksacyjnych, aby przywrócić pełną homeostazę organizmu.

Uczestnicy:

Badania przeprowadzono na dziewięciu zawodniczkach kadry polskiej seniorów w short tracku, które nie miały wcześniejszych kontuzji w obrębie mierzonych mięśni i stawów.

Średni wiek badanych wynosił $18,2 \pm 2,9$ lat, średnia wysokość ciała $161 \pm 2,8$ cm, a średnia masa ciała $56,8 \pm 4,8$ kg.

Analiza danych:

Do analizy danych wykorzystano statystyki opisowe, test Kołmogorow-Smirnova oraz test kolejności par Wilcoxona, w celu wykrycia istotnych różnic w symetrii mierzonych po miesięcznym okresie treningu, przyjmując znaczący poziom różnic jako ($p \leq 0,05$). Symetrie boczne (LS) i funkcjonalne (FS) zostały obliczone za pomocą algorytmu w oprogramowaniu tensiomyography® TMG, BMC.

Wyniki:

Analiza symetrii mięśni po miesięcznym okresie treningów wyrównawczych wykazała poprawę u badanych zawodniczek. Zarówno przy pomiarach symetrii bocznych jak i funkcjonalnych odnotowano procentowy wzrost. W symetriach bocznych poprawa nastąpiła w sześciu z siedmiu badanych mięśni, w symetriach funkcjonalnych w ośmiu z dziesięciu badanych symetrii.

Wnioski:

Badanie TMG wykazało skuteczność w ocenie parametrów symetrii mięśniowych u zawodniczek short tracku. Zastosowanie miesięcznego treningu wyrównawczego sugerowanego przez system TMG przyczyniło się do poprawy symetrii bocznych i funkcjonalnych mięśni, co może przyczynić się do zmniejszenia ryzyka kontuzji u sportowców.

Publikacja numer 2 **Paweł Pakosz**, Mariusz Konieczny. Training induced fatigability assessed by sEMG in Pre-Olympic ice-skaters. Training induced fatigability assessed by sEMG in Pre-Olympic ice-skaters. Scientific Reports. 2020; 10(1). doi.org/10.1038/s41598-020-71052-4. [IF 4,38; MNiSW = 140 pkt.] (załącznik 8b).

Mój wkład: nadzór projektu, tworzenie koncepcji, zaplanowanie badania, wybór metodyki badań, przeprowadzenie badań, analiza i interpretacja wyników, przeprowadzenie dyskusji i wyników, przegląd piśmiennictwa, pisanie artykułu i jego korekta przed i po złożeniu pracy do druku, pozyskanie finansowania.

Metoda:

Badanie zmęczenia mięśni u sportowców short tracku przeprowadzono na podstawie elektromiografii powierzchniowej (sEMG) w okresie przedolimpijskim. Wykorzystano modyfikowany test Bieringa-Sorensena, który pozwalał na pomiar zmęczenia mięśni pośladkowych w trakcie treningu na lodzie. Badanie miało miejsce na lodowisku „Toropol” w Opolu, gdzie trenowała kadra short tracku. Test polegał na wykonywaniu skurczu izometrycznego w pozycji leżącej, a sygnał sEMG rejestrowano w czasie 60-sekundowej próby. Badanie aktywności bioelektrycznej przeprowadzono za pomocą elektromiografu TeleMyo DTS (NORAXON). Przed badaniem miejsce przyklejenia elektrod ogolono i oczyszczono wacikiem nasączonym alkoholem, aby zminimalizować impedancję skóry. Elektrody bipolarne (Ag/AgCl) miały średnicę wstępnie żelowanego materiału wynoszącą 10 mm, a odległość między elektrodami wynosiła 2 cm. Elektrody powierzchniowe umieszczono na brzusznej stronie mięśnia, pomiędzy punktem ruchu a przyczepem ścięgna, wzdłuż środkowej linii podłużnej mięśnia, zgodnie z metodologią SENIAM. System NORAXON DTS posiadał następującą specyfikację techniczną: szum podstawowy urządzenia poniżej 1 μV RMS, impedancja wejściowa powyżej 100 M Ω , CMR (współczynnik odrzucenia sygnału wspólnego) powyżej 100 dB, częstotliwość próbkowania 1500 Hz, wzmacnienie: 500. surowe sygnały EMG przetworzono na średnią kwadratową (RMS) w oknie 50 ms. Zastosowano filtr pasmowo przepustowy 20–450 Hz wraz z filtrami wycinającymi przy 60 Hz. Przetwarzanie sygnału i analizę EMG przeprowadzono przy użyciu oprogramowania NORAXON MyoResearch-XP 1.07 Master Editionx. Badania poprzedzono uzyskaniem zgody Komisji Bioetycznej Opolskiej Izby Lekarskiej w Opolu, nr 237. Kierownik projektu badawczego: Paweł Pakosz.

Cel pracy:

Głównym celem badań było ocena zmęczenia mięśni pośladkowych u sportowców short tracku w okresie przedolimpijskim za pomocą sEMG. Szczegółowo analizowano zmiany w częstotliwości widma mocy sygnału sEMG oraz ich związek z postępowaniem treningu. Dodatkowo, badano asymetrię zmęczenia mięśni między kończynami dolnymi oraz jej potencjalny wpływ na skuteczność sportowców i ryzyko kontuzji.

Protokół badania:

Przed przystąpieniem do badań uczestnicy zostali poinformowani o celu i przebiegu eksperymentu oraz podpisali zgodę na udział w badaniach. Protokół badania obejmował serię

testów Bieringa-Sorensena przeprowadzonych przed i po 15-minutowej rozgrzewce oraz po każdej z trzech serii treningowych prowadzonych na lodzie. Każda seria treningowa składała się z dziewięciu minutowych podserii, z przerwami trwającymi po 1 minucie między nimi. Sygnał sEMG rejestrowano podczas skurczu izometrycznego mięśnia pośladkowego wielkiego, a analizowano zmiany w amplitudzie i częstotliwości sygnału. Test Bieringa-Sorensena polegał na tym, że badani leżeli na stole do badań, w pozycji na brzuchu, z biodrami ustawionymi w linii z krawędzią stołu, a ich kończyny dolne były stabilizowane paskami przy kostkach i pod kolanami. Podczas testu badani zostali poproszeni o utrzymanie ciała poziomo względem podłoża, trzymając głowę, ramiona i tułów bez podparcia oraz ręce skrzyżowane na klatce piersiowej. Podczas całego testu zapewniano słowne wsparcie i zachętę.

Uczestnicy:

Badaniami objęto ośmiu zawodników short tracku z krajowej kadry narodowej. Wiek uczestników wynosił średnio 18,7 lat, a masa ciała wynosiła średnio 57,2 kg. Uczestnicy nie mieli żadnych istotnych schorzeń mięśniowych ani stawowych, które mogłyby wpłynąć na wyniki badań.

Analiza danych:

Analizując dane, skoncentrowano się na zmianach w amplitudzie i częstotliwości sygnału sEMG podczas skurczu izometrycznego mięśnia pośladkowego wielkiego. Ponadto, oceniano asymetrię zmęczenia mięśni między kończynami dolnymi. Wyniki analizowano pod kątem średniej częstotliwości sygnału. W celu określenia istotności różnic wykorzystano test Wilcoxon'a a określenia siły związku pomiędzy zmiennymi wykorzystano wielkość efektu d Cohena.

Wyniki:

Badania wykazały istotne zmiany w amplitudzie i częstotliwości sygnału sEMG podczas skurczu izometrycznego mięśnia pośladkowego wielkiego. Średnia częstotliwość sygnału zmniejszała się wraz z postępem treningu, co świadczyło o zmęczeniu mięśni. Dodatkowo, zaobserwowano większe zmiany w mięśniu prawym niż lewym, co sugeruje zwiększone jego obciążenie i potencjalne ryzyko kontuzji.

Wnioski:

Podczas jednodominutowego testu Bieringa-Sorensena, częstotliwość sygnału mięśniowego mierzona za pomocą metody sEMG maleje, co wskazuje na zmęczenie mięśni podczas treningu u zawodników short track. W kolejnych seriach badań, obserwuje się większą

tendencję do malejącej częstotliwości w pierwszej sekundzie pomiaru niż w ostatniej sekundzie, która określa próg zmęczenia. Zmniejszenie częstotliwości obserwowane w pierwszej i ostatniej sekundzie badań było bardziej wyraźne w kończynie dolnej prawej. W miarę postępu kolejnych serii treningowych, wielkość efektu d-Cohena w zmęczeniu maleje. Analiza zmęczenia mięśni za pomocą sEMG może być przydatna w ocenie skuteczności treningu oraz ryzyka kontuzji u sportowców short tracku. Istnieje potrzeba dalszych badań nad związkami pomiędzy asymetrią zmęczenia mięśni a urazami sportowymi.

Publikacja numer 3 Paweł Pakosz, Przemysław Domaszewski, Mariusz Konieczny, Dawid Bączkiewicz. Muscle activation time and free-throw effectiveness in basketball. *Muscle activation time and free-throw effectiveness in basketball*. Scientific Reports. 2021; 11(1). doi.org/10.1038/s41598-021-87001-8. [IF 4,997; MNiSW = 140 pkt.] (załącznik 8c).

Mój wkład: nadzór projektu, tworzenie koncepcji, zaplanowanie badania, wybór metodyki badań, przeprowadzenie badań, analiza i interpretacja wyników, przeprowadzenie dyskusji i wyników, przegląd piśmiennictwa, pisanie artykułu i jego korekta przed i po złożeniu pracy do druku, pozyskanie finansowania.

Metoda:

W ramach badań analizowano rzuty wolne koszykarzy o różnym poziomie doświadczenia treningowego. Prowadzono badania wykorzystując elektromiografię powierzchniową (sEMG) zsynchronizowaną z systemem szybkich kamer. Zbieranie danych odbywało na hali sportowej Wydziału Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii Politechniki Opolskiej w kontrolowanych warunkach, zapewniając powtarzalność i precyzję pomiarów. Przed badaniami uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej Opolskiej Izby Lekarskiej w Opolu, nr 237. Kierownik projektu badawczego: Paweł Pakosz.

Cel pracy:

Głównym celem badań było zbadanie czasu aktywacji mięśni ramion u koszykarzy o różnym poziomie doświadczenia podczas wykonywania rzutów wolnych. Dodatkowo, analiza miała na celu określenie związków między czasem aktywacji mięśni a skutecznością rzutów wolnych wśród badanych grup.

Protokół badania:

Badania przeprowadzono na trzech grupach koszykarzy o różnym poziomie doświadczenia: ekspertów, średniozaawansowanych i nowicjuszy. Każdy uczestnik wykonał 20 rzutów wolnych, a ich czas aktywacji mięśni ramion został dokładnie zarejestrowany za pomocą elektromiografii powierzchniowej (sEMG) zsynchronizowanej z szybkimi kamerami cyfrowymi.

Uczestnicy:

W badaniu wzięło udział 15 zawodników koszykówki, reprezentujących trzy różne grupy ze względu na poziom umiejętności: eksperci, średniozaawansowani i nowicjusze. Każda grupa liczyła po pięciu uczestników.

Analiza danych:

Do analizy wykorzystano czas aktywacji mięśni ramion oraz skuteczność rzutów wolnych w poszczególnych grupach. Dane zostały zebrane i analizowane przy użyciu kamery cyfrowej zsynchronizowanej z sEMG.

Wyniki:

Zauważono istotne różnice w czasie aktywacji mięśni między grupami koszykarzy o różnym poziomie doświadczenia. Zawodnicy doświadczeni mieli krótszy czas aktywacji mięśni niż średniozaawansowani i nowicjusze. Skuteczność rzutów wolnych była również różna między grupami, przy czym zawodnicy doświadczeni mieli najwyższą skuteczność.

Wnioski:

Badanie potwierdziło istotność czasu aktywacji mięśni ramion w kontekście skuteczności rzutów wolnych u koszykarzy. Wnioski te mogą mieć istotne znaczenie dla trenerów w procesie doskonalenia techniki graczy oraz dla przyszłych badań nad optymalizacją wykonywania rzutów wolnych w koszykówce.

Publikacja numer 4 **Paweł Pakosz**, Anna Lukanova-Jakubowska, Edyta Łuszczki, Mariusz Gnoiński, Oscar García-García. Asymmetry and changes in the neuromuscular profile of short-track athletes as a result of strength training. PloS One. 2021; 16(12). doi.org/10.1371/journal.pone.0261265. [IF 3,752; MNiSW = 100 pkt.] (załącznik 8d).

Mój wkład: nadzór projektu, tworzenie koncepcji, zaplanowanie badania, wybór metodyki badań, przeprowadzenie badań, analiza i interpretacja wyników, przeprowadzenie dyskusji i wyników, przegląd piśmiennictwa, pisanie artykułu i jego korekta przed i po złożeniu pracy do druku, pozyskanie finansowania.

Metoda:

Badanie przeprowadzono na najlepszych zawodniczkach reprezentacji Polski w short tracku, które nie miały wcześniej urazów mierzonych mięśni. Próby skoków pionowych wykonano za pomocą platformy kontaktowej Swift SpeedMat, natomiast parametry mięśni mierzono przy pomocy tensiomiografii (TMG). Wszystko to po to, aby zbadać wpływ miesięcznego treningu siłowego oraz treningu regeneracyjnego na siłę mięśni i ich parametry nerwowo-mięśniowe. Zbieranie danych odbywało w warunkach laboratoryjnych na Wydziale Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii Politechniki Opolskiej, zapewniając powtarzalność i precyzję pomiarów. Przed badaniami uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej Opolskiej Izby Lekarskiej w Opolu, nr 260. Kierownik projektu badawczego: Paweł Pakosz.

Cel pracy:

Celem badań było ocenienie siły i charakterystyki mięśni zawodniczek short tracku oraz zmian nerwowo-mięśniowych pod wpływem miesięcznego treningu siłowego oraz regeneracyjnego. Dodatkowym celem było ustalenie wartości referencyjnych kurczliwości mięśni oraz ocena asymetrii mięśniowej, która potencjalnie może powodować zwiększenie ryzyka kontuzji.

Protokół badania:

Badania przeprowadzono w oparciu o protokół testu skoku pionowego na platformie Swift SpeedMat oraz z wykorzystaniem TMG do pomiaru parametrów kurczliwości mięśni. Zbadano mięśnie obu kończyn dolnych oraz analizowano wielkość asymetrii mięśni przed i po miesięcznym okresie treningów. Zastosowano platformę kontaktową (Swift SpeedMat, Wacoi, QLD, Australia), by mierzyć parametry skoków dla obu stóp oraz każdej z kończyn dolnych oddzielnie. Badani przeprowadzili trzy skoki w trzech różnych protokołach maksymalnego skoku w pionie (CMJ – Counter Movement Jump): 1) na prawą nogę, 2) na lewą nogę i 3) na obie nogi. Każdy zawodnik wykonał łącznie 9 skoków, z 30-sekundową przerwą przed każdą próbą. Do analizy wybrano najwyższy skok z każdej próby. Skoki rozpoczynano z pozycji pionowej, stojąc z rękami na biodrach, następnie wykonywano ruch w dół poprzez ugięcie

kolan i bioder, a następnie natychmiastowe wyprostowanie kolan i wyskok bioder w górę, kończący się lądowaniem na obu stopach. Podczas rozgrzewki sportowcy zapoznawali się z techniką CMJ i skoki te nie były brane do obliczeń. Po opanowaniu prawidłowej techniki skoków przystąpiono do właściwego badania. Zawodnicy rozpoczynali od skoku na prawą nogę, sprawdzając wysokość skoku. Próba była odrzucana i powtarzana, jeśli pojawiła się zła technika, niepełny kontakt z platformą, niewystarczający wysiłek lub złe lądowanie. Do testu z systemem TMG wykorzystano dane dotyczące mięśni prawej i lewej kończyny dolnej zawodniczek uprawiających short track, w tym: mięsień brzuchaty łydki głowa przyśrodkowa (GM), mięsień brzuchaty łydki głowa boczna (GL), mięsień piszczelowy przedni (TA), mięsień obszerny przyśrodkowy (VM), mięsień obszerny boczny (VL), mięsień prosty uda (RF), mięsień pośladkowy wielki (GT) oraz mięsień dwugłowy uda (BF).

Uczestnicy:

Badaniem objęto siedem najwybitniejszych zawodniczek reprezentujących Polskę w short tracku, w wieku $18,8 \pm 2,7$ roku, o średnim wzroście $162 \pm 2,4$ cm i masie ciała $55,9 \pm 3,9$ kg, które nie doświadczyły wcześniej urazów badanych mięśni. Wszystkie te zawodniczki trenowały według tego samego systemu przez ostatnie 4 lata i osiągnęły międzynarodowe sukcesy, zdobywając medale na arenie Pucharu Świata, Mistrzostw Świata oraz Mistrzostw Europy. Ponadto wielokrotnie poprawiały one rekordy Polski na różnych dystansach.

Analiza danych:

Podczas każdego skoku mierzono czas lotu (FT) w sekundach, wysokość skoku (JH) w metrach, moc skoku (JP) w watach oraz moc względną ($W \cdot kg^{-1}$). Platforma kontaktowa dokonywała pomiarów z dokładnością czasową 0,001 s. parametry TMG, takie jak czas skurczu (T_c), maksymalne przemieszczenie (Dm) i czas opóźnienia (T_d). Analizowano również różnice między kończynami dolnymi oraz efekty treningu siłowego i regeneracyjnego na te parametry. Podczas badania TMG mierzono następujące parametry: maksymalne promieniowe przemieszczenie brzośca mięśnia (Dm) w mm, oraz czas skurczu (T_c), czas opóźnienia (T_d) w ms. Ponadto mierzono V90 jako współczynnik ($mm \cdot s^{-1}$) pomiędzy przemieszczeniem promieniowym występującym w okresie $T_c + T_d$ (Dm90) i $T_c + T_d$ [Dm90/ $T_c + T_d$]. Do wykrycia istotnych różnic po miesięcznym treningu zastosowano test Kruskala-Wallisa, uwzględniając czas (przed i po treningu), stronę (prawą i lewą) oraz mięsień. Wielkość różnic procentowych obliczono za pomocą d Cohena, przyjmując wartości 0,2, 0,5 i 0,8 jako odpowiednio małe, umiarkowane i duże różnice. Aby zbadać związki między zmiennymi TMG

a wydajnością skoków, użyto współczynnika korelacji dwuwymiarowej Pearsona. Istotność statystyczną uznano dla poziomu alfa $p < 0,05$.

Wyniki:

Po miesięcznym treningu siłowym zaobserwowano poprawę parametrów skoku pionowego, przy jednoczesnym zmniejszeniu się wartości parametrów TMG, co sugeruje efektywność treningu w poprawie siły mięśniowej. Czas lotu przy skoku obunóż wydłużył się o umiarkowany do duży efekt. W zakresie parametrów TMG, zaobserwowano ogólny spadek czasu skurczu (T_c). Nie stwierdzono istotnych różnic między lewą a prawą kończyną dolną. Natomiast zmiany w wynikach testów po treningu regeneracyjnym zazwyczaj nie były istotne.

Wnioski:

Badania potwierdziły, że trening siłowy może skutecznie poprawić parametry skoku pionowego u zawodniczek short tracku, przy jednoczesnym zmniejszeniu wartości parametrów TMG. Wyniki analiz były bez istotnych różnic pomiędzy prawą i lewą kończyną dolną. Wyniki te sugerują, że monitorowanie parametrów TMG może być przydatne w ocenie skuteczności treningu siłowego.

Publikacja numer 5 **Paweł Pakosz**, Mariusz Konieczny, Przemysław Domaszewski, Tomasz Dybek, Mariusz Gnoiński, Elżbieta Skorupska. Changes in hamstring contractile properties during the competitive season in young football players. PeerJ. 2024. doi.org/10.7717/peerj.17049 [IF = 2,7; MNiSW = 100 pkt] (załącznik 8e).

Mój wkład: nadzór projektu, tworzenie koncepcji, zaplanowanie badania, wybór metodyki badań, przeprowadzenie badań, analiza i interpretacja wyników, przeprowadzenie dyskusji i wyników, przegląd piśmiennictwa, pisanie artykułu i jego korekta przed i po złożeniu pracy do druku, pozyskanie finansowania.

Metoda:

Badania nad zmianami w właściwościach kurczliwych mięśni hamstring u młodych piłkarzy prowadzono w klubie sportowym Resovia Rzeszów, gdzie uczestnicy przeszli ocenę przy użyciu tensiomiografii (TMG) przed i po 12 tygodniach treningów sezonu piłkarskiego. Badania poprzedzono uzyskaniem zgody Komisji Bioetycznej Opolskiej Izby Lekarskiej w Opolu, nr 260. Kierownik projektu badawczego: Paweł Pakosz.

Cel pracy:

Głównym celem badania było ustalenie profilu nerwowo-mięśniowego mięśni zginaczy stawu kolanowego u młodych piłkarzy przed sezonem oraz ocena zmian po 12 tygodniach treningów. Równie ważnym celem było zrozumienie, w jaki sposób zmiany te mogą potencjalnie przyczyniać się do ryzyka urazów tych mięśni.

Protokół badania:

Uczestnicy byli badani dwukrotnie: przed rozpoczęciem sezonu i po jego zakończeniu. Przed każdym badaniem poddawano ich ocenie lekarskiej, a następnie wykonano pomiary za pomocą TMG. Oceniano właściwości skurczowe mięśni ścięgien podkolanowych, lewego i prawego mięśnia dwugłowego uda (BF) i mięśnia półścięgnistego (ST). Sportowcy przed badaniem odpoczywali i nie wykonywali żadnych forsownych ćwiczeń w ciągu ostatnich 48 godzin, ani nie przyjmowali w tym czasie żadnych środków pobudzających, które mogłyby mieć wpływ na wynik badania. Przed badaniem nie jedli także przez co najmniej 2 godziny. Badanie odbywało się zgodnie z zasadami Deklaracji Helsińskiej i po uzyskaniu zgody rodziców nieletnich uczestników.

Uczestnicy:

Badanie przeprowadzono na 74 młodych piłkarzach klubu sportowego, w wieku $17,13 \pm 0,51$ lat, waga $69,00 \pm 1,22$ kg, wzrost $174,09 \pm 0,84$ cm. Badania przeprowadzono zgodnie z przyjętymi kryteriami włączenia i wyłączenia, na piłkarzach, którzy byli zdrowi i nie mieli urazów.

Analiza danych:

Do analizy danych zastosowano wiele wskaźników mięśni, w tym: maksymalne przemieszczenie brzośca mięśnia (Dm), czas skurczu (Tc), czas opóźnienia (Td), czas podtrzymania (Ts), czas relaksacji (Tr), oraz procentową symetrię boczną mięśni. Analizę wyników przeprowadzono z wykorzystaniem testu ANOVA z powtarzanymi pomiarami dla zidentyfikowanych różnic statystycznych.

Wyniki:

Wyniki analizy wykazały istotne różnice między stronami ciała w parametrach Td, Tc i Dm mięśni Biceps Femoris po 12 tygodniach sezonu piłkarskiego. Ponadto zaobserwowano zmiany w symetrii mięśni, szczególnie w mięśniu Biceps Femoris, co może potencjalnie

sugerować podniesione ryzyko kontuzji. Wyniki analizy wykazały istotne różnice między stronami ciała w mięśniu Biceps Femoris (BF), gdzie w badaniu przed sezonem zaobserwowano istotne różnice w opóźnieniu czasowym (Td), oraz w maksymalnym przemieszczeniu (Dm). Istotne różnice między testami przed i po zaobserwowano w parametrze Dm w lewym mięśniu ST. Symetria boczna mięśnia BF uległa pogorszeniu, a mięśnia ST delikatnemu polepszeniu po 12 tygodniach treningu.

Wnioski:

Badanie dostarczyło danych referencyjnych dotyczących kurczliwości mięśni hamstring u młodych piłkarzy oraz wskazało na istotne różnice między stronami ciała po 12 tygodniach sezonu. Zaobserwowane zmiany właściwości skurczowych oraz zmniejszenie symetrii bocznej mięśnia BF, potencjalnie sugerują zwiększone ryzyko urazów. Wyniki te mogą być przydatne w monitorowaniu zmian w mięśniach i ryzyka kontuzji u sportowców.

Publikacja numer 6 **Paweł Pakosz**, Mariusz Konieczny, Przemysław Domaszewski, Tomasz Dybek, Mariusz Gnoiński, Elżbieta Skorupska. Comparison of concentric and eccentric resistance training in terms of changes in the muscle contractile properties. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2023; 73, 102824. doi.org/10.1016/j.jelekin.2023.102824. [IF 2,5; MNiSW = 100 pkt.] (załącznik 8f).

Mój wkład: nadzór projektu, tworzenie koncepcji, zaplanowanie badania, wybór metodyki badań, przeprowadzenie badań, analiza i interpretacja wyników, przeprowadzenie dyskusji i wyników, przegląd piśmiennictwa, pisanie artykułu i jego korekta przed i po złożeniu pracy do druku, pozyskanie finansowania.

Metoda:

Tensiomiografia (TMG) została użyta jako narzędzie do pomiaru mechanicznej odpowiedzi mięśni hamstring na skutek ostrego treningu oporowego. Badanie miało miejsce w laboratorium Wydziału Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii Politechniki Opolskiej. Badania poprzedzono uzyskaniem zgody Komisji Bioetycznej Opolskiej Izby Lekarskiej w Opolu, nr 260. Kierownik projektu badawczego: Paweł Pakosz.

Cel pracy:

Badanie miało na celu zrozumienie wpływu treningu oporowego, wykorzystującego skurcze koncentryczne (CON) i ekscentryczne (ECC) na właściwości skurczowe mięśni ścięgna podkolanowego.

Protokół badania:

Badanie TMG ścięgna podkolanowego (biceps femoris – BF, semitendinosus – ST), przeprowadzono dwukrotnie u każdego sportowca: w spoczynku oraz po wykonaniu treningu oporowego, który mógł być ekscentryczny lub koncentryczny. Przed testem, uczestnicy rozgrzewali się na rowerze stacjonarnym przez 10 minut przy obciążeniu 100 W (10 MET) i tempie 60-70 obrotów na minutę (rpm). Następnie przystępowali do ćwiczeń, wykonując 10 maksymalnych koncentrycznych lub ekscentrycznych powtórzeń pracy mięśni ścięgna podkolanowego. Wszystkie powtórzenia treningu oporowego trwały 3 s przy maksymalnym obciążeniu, z sekundą czasu na każdą czynność z trzech pozostałych faz ruchu. Testy zostały przeprowadzone z wykorzystaniem specjalnego stanowiska badawczego, minimalizującego zakłócenia i zapewniającego porównywalne wyniki. W trakcie testów badani osiągnęli przy ostatnim powtórzeniu wysoki poziom zmęczenia na skali OMNI-RES (9-10 punktów). Podczas treningu koncentrycznego kończyna dolna była w pełni wyprostowana, a ruch z oporem polegał na przesuwaniu pięty w kierunku pośladka, podczas gdy w treningu ekscentrycznym ruch zaczynał się od zgiętego stawu kolanowego i kończył się pełnym wyprostem. W obu przypadkach badający kontrolował obciążenie, aby zapewnić maksymalny wysiłek badanych.

Uczestnicy:

Grupa badana to 20 młodych zawodniczek (średni wiek = $21,3 \pm 0,9$ lata, masa ciała = $65,4 \pm 5,4$ kg, wzrost = $168,4 \pm 9,6$ cm), podzielonych do badań na dwie równe grupy, które regularnie ćwiczą rekreacyjnie 3 razy w tygodniu. Zwyczajowy trening badanych trwał około półtorej godziny i obejmował różnorodne zajęcia mające na celu poprawę ogólnej sprawności i zdrowia, takie jak jogging, jazda na rowerze stacjonarnym, ćwiczenia na bieżni, ćwiczenia siłowe, ćwiczenia rozciągające, pilates i gimnastyka.

Analiza danych:

Do analizy użyto tensiomiografii (TMG) oceniającej właściwości kurczliwe mięśni. Porównano mięśnie dwugłowe uda (BF) i półścięgnisty (ST). Analizie poddano różne parametry, takie jak czas skurczu (Td), czas relaksacji (Tc), prędkość przemieszczenia

promieniowego (Vrd) i przemieszczenie brzucha mięśnia (Dm). Zastosowano analizę ANOVA z powtarzanymi pomiarami do oceny różnic między mięśniami (BF, ST), rodzajami skurczu (ECC, CON), stronami ciała (lewa, prawa) oraz przed i po treningu.

Wyniki:

Analiza danych wykazała istotne różnice w parametrze Td, gdzie współczynnik Skurczu miał istotny i duży wpływ na wydajność mięśni, natomiast współczynnik Mięsień wykazywał statystycznie istotny, ale średni wpływ. Nie zaobserwowano istotnego wpływu czynnika Mięsień i Skurcze. Nie odnotowano także znaczących różnic między mięśniami biorąc pod uwagę porównanie stronami ciała. Wyniki pokazały, że istnieją istotne różnice pomiędzy wynikami przed i po treningu w przypadku skurczu ekscentrycznego oraz skurczu koncentrycznego. W odniesieniu do parametru Tc, współczynnik Skurczu miał istotny i duży wpływ na wydajność mięśni, podczas gdy współczynnik Mięsień i interakcja pomiędzy Mięśniem i Skurczem nie wykazały istotnego wpływu. Również w tym przypadku nie odnotowano znaczących różnic między mięśniami po obu stronach ciała. Stwierdzono istotne różnice pomiędzy wynikami przed i po treningu zarówno dla skurczu ekscentrycznego, jak i koncentrycznego. Wyniki parametru Dm wykazały, że czynnik Mięsień miał istotny i średni wpływ na wydajność mięśni, natomiast współczynniki Skurczu i interakcja pomiędzy Mięśniem i Skurczem nie wykazały istotnego wpływu. Nie zaobserwowano również istotnych różnic między mięśniami biorąc pod uwagę porównanie stronami ciała. Istotne różnice pomiędzy wynikami przed a po treningu stwierdzono jedynie dla skurczu ekscentrycznego.

Wnioski:

Oba rodzaje treningu, zarówno ekscentryczny, jak i koncentryczny, wpłynęły na profil nerwowo-mięśniowy ścięgien podkolanowych, prowadząc do skrócenia czasu skurczu, zmniejszenia opóźnienia czasowego oraz zwiększenia prędkości przemieszczenia promieniowego. Jednak trening ekscentryczny wykazał większe i bardziej istotne zmiany w tych parametrach w porównaniu z treningiem koncentrycznym. Te wyniki sugerują, że trening ekscentryczny może być bardziej skuteczny w poprawie adaptacji nerwowej i mięśniowej mięśni ścięgien podkolanowych.

Ogólne wnioski z badań poświęconych nerwowo-mięśniowym czynnikom efektywności treningu w wybranych dyscyplinach sportowych, analizując wskaźniki napięcia bioelektrycznego i odpowiedzi mechanicznej mięśni sportowców.

1. Badania potwierdzają skuteczność TMG w ocenie różnych parametrów mięśniowych, takich jak symetria mięśni czy skuteczność treningu siłowego. Wyniki te sugerują, że TMG może być przydatnym narzędziem w prewencji kontuzji i optymalizacji treningu.
2. Wykorzystanie sygnału elektromiograficznego (sEMG) pozwala na monitorowanie zmęczenia mięśniowego u sportowców bezpośrednio w czasie treningu, co może być istotne dla poprawy efektywności treningu czy uniknięcia kontuzji.
3. Czas aktywacji mięśni może mieć istotne znaczenie dla skuteczności wykonania określonych ruchów sportowych, co sugeruje, że jego monitorowanie może być przydatne w procesie treningowym. Ponadto doświadczenie treningowe różnicuje czas wykonania ruchu wpływając na skuteczność jego wykonania.
4. Trening siłowy może efektywnie poprawić parametry skoku pionowego u zawodników, przy jednoczesnym wpływie na zmniejszenie wartości parametrów tensiomiograficznych. Monitorowanie tych parametrów może być przydatne w ocenie skuteczności treningu siłowego.
5. Badania nad zmianami mięśni w sezonie sportowym sugerują, że istnieje związek między zmianami kurczliwości mięśni a ryzykiem kontuzji, co może być istotne dla planowania treningu i prewencji urazów.
6. Porównanie treningu ekscentrycznego i koncentrycznego sugeruje, że trening ekscentryczny może być skuteczniejszy w poprawie adaptacji nerwowo-mięśniowej, co ma znaczenie dla optymalizacji treningu i sugeruje jego potencjalną większą skuteczność w poprawie adaptacji nerwowo-mięśniowej.
7. Monitorowanie parametrów nerwowo-mięśniowych w procesie treningowym, jest istotne zarówno dla poprawy wydajności sportowej, jak i prewencji kontuzji.

Implikacje praktyczne wynikające z cyklu prac

Na podstawie podsumowania wniosków z badań, możemy wskazać następujące implikacje praktyczne, które mogą być przydatne dla zawodników, trenerów i fizjoterapeutów:

1. Zawodnicy mogą skorzystać z regularnego monitorowania parametrów nerwowo-mięśniowych, takich jak czas aktywacji mięśni czy zmęczenie mięśniowe, aby ocenić swoją kondycję fizyczną oraz ewentualne ryzyko kontuzji. Trenerzy i fizjoterapeuci mogą wykorzystać te dane do dostosowania programów treningowych i rehabilitacyjnych.
2. Na podstawie wyników badań, trenerzy mogą dostosować treningi indywidualnie dla każdego zawodnika, uwzględniając ich specyficzne potrzeby i słabości. Może to obejmować trening ukierunkowany na poprawę właściwości nerwowo-mięśniowych lub prewencję urazów, w zależności od celów i potrzeb sportowców.
3. Świadomość zmian w parametrach nerwowo-mięśniowych, takich jak asymetria mięśniowa czy zmiany w kurczliwości mięśni podczas treningu, może pomóc w identyfikacji zawodników narażonych na ryzyko kontuzji. Wczesne wykrycie tych zmian i odpowiednie interwencje mogą zmniejszyć ryzyko urazów sportowców.
4. Trenerzy mogą wykorzystać wiedzę na temat wpływu różnych rodzajów treningu na parametry nerwowo-mięśniowe do optymalizacji programów treningowych. Wybór odpowiednich technik treningowych może przynieść większe korzyści w poprawie wydolności mięśniowej i osiągnięciu lepszych wyników sportowych.
5. Fizjoterapeuci mogą wykorzystać informacje na temat zmian w parametrach nerwowo-mięśniowych do opracowania spersonalizowanych programów rehabilitacyjnych dla sportowców po kontuzjach. Monitorowanie postępów w czasie rehabilitacji za pomocą różnych parametrów może pomóc w skutecznym powrocie do pełnej sprawności fizycznej.
6. Systematyczne monitorowanie parametrów nerwowo-mięśniowych przez cały okres treningowy i sezonowy może dostarczyć cennych informacji na temat postępów zawodników oraz skuteczności programów treningowych i rehabilitacyjnych.
7. Analiza zmęczenia mięśniowego może pomóc w identyfikacji okresów przeciążenia treningowego. Dzięki temu trenerzy mogą odpowiednio dostosować intensywność i objętość treningu, aby zapobiec przeciążeniom i przetrenowaniu.
8. Na podstawie analizy parametrów nerwowo-mięśniowych, trenerzy mogą pomóc zawodnikom w doskonaleniu ich techniki treningowej. Poprawa synchronizacji aktywacji mięśniowej może prowadzić do bardziej efektywnego i wydajnego wykonywania ruchów sportowych.

9. Dzięki zrozumieniu wpływu różnych rodzajów treningu na parametry nerwowo-mięśniowe, trenerzy mogą dostosować programy treningowe w celu maksymalizacji efektów. Wybór odpowiednich technik treningowych może przyspieszyć postępy i poprawić osiągnięcia sportowe zawodników.

Podsumowanie cyklu sześciu powiązanych tematycznie artykułów naukowych

Cykl sześciu powiązanych tematycznie artykułów naukowych stanowi bogate źródło wiedzy na temat nerwowo-mięśniowych czynników wpływających na efektywność treningu w różnych dyscyplinach sportowych. Badania skupiają się na złożonych relacjach między aktywnością mięśniową, parametrami biomechanicznymi a skutecznością treningu oraz ryzykiem kontuzji u sportowców. Wnioski płynące z analizy tych artykułów są istotne dla praktyki sportowej i poszerzają naszą wiedzę na temat optymalizacji treningu oraz zapobiegania urazom.

Analiza parametrów nerwowo-mięśniowych umożliwia trenerom dostosowanie programów treningowych do indywidualnych potrzeb zawodników. Poprzez śledzenie zmian w tych parametrach, trenerzy mogą optymalizować intensywność, objętość i rodzaj treningu, co przekłada się na lepszą efektywność treningu i osiągnięcie lepszych wyników sportowych. Badania potwierdzają związek między nieprawidłowościami w parametrach nerwowo-mięśniowych a ryzykiem kontuzji u sportowców. Poprawa symetrii mięśniowej, zwiększenie stabilności biomechanicznej oraz odpowiednie monitorowanie zmęczenia mięśniowego mogą przyczynić się do zmniejszenia ryzyka urazów.

Fizjoterapeuci mogą wykorzystać analizę parametrów nerwowo-mięśniowych do spersonalizowania programów rehabilitacji po kontuzji. Dostosowanie terapii do indywidualnych potrzeb pacjenta może przyspieszyć proces powrotu do zdrowia i aktywności fizycznej. Zrozumienie wpływu różnych rodzajów treningu na parametry nerwowo-mięśniowe pozwala zawodnikom doskonalić swoją technikę treningową. Poprawa synchronizacji aktywacji mięśniowej i biomechaniki ruchu może prowadzić do bardziej efektywnego wykonywania ruchów sportowych.

Wnioski te podkreślają konieczność synergii pomiędzy światem nauki a praktyką sportową i rehabilitacyjną, aby osiągnąć najlepsze rezultaty w sporcie oraz minimalizować ryzyko kontuzji. Moja praca badawcza wnosi istotny wkład do tego dialogu, poszerzając

dotychczasową wiedzę o nowe spostrzeżenia dotyczące złożonych mechanizmów determinujących skuteczność treningu i ogólny stan zdrowia sportowców. Poprzez zrozumienie tych mechanizmów możemy lepiej dostosować strategie treningowe i rehabilitacyjne, co przyczyni się do dalszego rozwoju sportu oraz poprawy jakości życia zawodników.

4.4. Piśmiennictwo wykorzystane w opisie osiągnięcia naukowego

1. García-García, O.; Cuba-Dorado, A.; Riveiro-Bozada, A.; Carballo-López, J.; Álvarez-Yates, T.; López-Chicharro, J. A Maximal Incremental Test in Cyclists Causes Greater Peripheral Fatigue in Biceps Femoris. *Research Quarterly for Exercise and Sport* **2020**, *91*, 460–468, doi:10.1080/02701367.2019.1680789.
2. Fernández-Baeza, D.; Diaz-Urena, G.; González-Millán, C. Effect of an Individualised Training Programme on Hamstrings and Change Direction Based on Tensiomyography in Football Players. *Applied Sciences (Switzerland)* **2022**, *12*, 10908, doi:10.3390/app122110908.
3. Muñoz-López, A.; De Hoyo, M.; Nuñez, F.J.; Sañudo, B. Using Tensiomyography to Assess Changes in Knee Muscle Contraction Properties after Concentric and Eccentric Fatiguing Muscle Actions. *Journal of Strength and Conditioning Research* **2022**, *36*, 935–940, doi:10.1519/JSC.0000000000003562.
4. Đorđević, S.; Rozman, S.; Zupet, P.; Dopsaj, M.; Maffulli, N. Tensiomyography Allows to Discriminate between Injured and Non-Injured Biceps Femoris Muscle. *Biology* **2022**, *11*, 746, doi:10.3390/biology11050746.
5. Rainoldi, A.; Moritani, T.; Boccia, G. EMG in Exercise Physiology and Sports. In *Surface Electromyography: Physiology, Engineering and Applications*; John Wiley & Sons, Ltd, 2016; pp. 501–539 ISBN 9781119082934.
6. Farina, D.; Enoka, R.M. Evolution of Surface Electromyography: From Muscle Electrophysiology towards Neural Recording and Interfacing. *Journal of Electromyography and Kinesiology* **2023**, *71*, 102796, doi:10.1016/j.jelekin.2023.102796.
7. Van Der Horst, N.; Smits, D.W.; Petersen, J.; Goedhart, E.A.; Backx, F.J.G. The Preventive Effect of the Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Injuries in Amateur Soccer Players: A Randomized Controlled Trial. *American Journal of Sports Medicine* **2015**, *43*, 1316–1323, doi:10.1177/0363546515574057.
8. García-García, O.; Cuba-Dorado, A.; Álvarez-Yates, T.; Carballo-López, J.; Iglesias-Caamaño, M. Clinical Utility of Tensiomyography for Muscle Function Analysis in Athletes. *Open Access Journal of Sports Medicine* **2019**, *10*, 49–69.
9. Kozlenia, D.; Domaradzki, J. Prediction and Injury Risk Based on Movement Patterns and Flexibility in a 6-Month Prospective Study among Physically Active Adults. *PeerJ* **2021**, *9*.
10. Brukner, P. Hamstring Injuries: Prevention and Treatment - An Update. *British Journal of Sports Medicine* **2015**, *49*, 1241–1244, doi:10.1136/bjsports-2014-094427.

11. Bishop, C.; Turner, A.; Read, P. Effects of Inter-Limb Asymmetries on Physical and Sports Performance: A Systematic Review. *Journal of Sports Sciences* 2018, *36*, 1135–1144.
12. Mather, R.C.; Koenig, L.; Kocher, M.S.; Dall, T.M.; Gallo, P.; Scott, D.J.; Bach, B.R.; Spindler, K.P. Societal and Economic Impact of Anterior Cruciate Ligament Tears. *Journal of Bone and Joint Surgery* **2013**, *95*, 1751–1759, doi:10.2106/JBJS.L.01705.
13. Gigante, A.; Cianforlini, M.; Manzotti, S.; Ulisse, S. The Effects of Growth Factors on Skeletal Muscle Lesions. *Joints* 2013, *1*, 180–186.
14. Andia, I.; Abate, M. Platelet-Rich Plasma in the Treatment of Skeletal Muscle Injuries. *Expert Opinion on Biological Therapy* 2015, *15*, 987–999.
15. Wilson, M.T.; Ryan, A.M.F.; Vallance, S.R.; Dias-Dougan, A.; Dugdale, J.H.; Hunter, A.M.; Hamilton, D.L.; Macgregor, L.J. Tensiomyography Derived Parameters Reflect Skeletal Muscle Architectural Adaptations Following 6-Weeks of Lower Body Resistance Training. *Frontiers in Physiology* **2019**, *10*, 1493, doi:10.3389/fphys.2019.01493.
16. Rodriguez-Ruiz, D.; Palomino, A.; Gutierrez, S.; Garcia, D.; Rodriguez-Matoso, D. Tensiomyography Used for Analysis on Mechanical Characteristics of Knee Muscles in Subjects Diagnosed with Stage 1 Parkinson's Disease. *Movement Disorders* **2014**, *29*, S286–S287.
17. Chelly, M.S.; Fathloun, M.; Cherif, N.; Amar, M. Ben; Tabka, Z.; Van Praagh, E. Effects of a Back Squat Training Program on Leg Power, Jump, and Sprint Performances in Junior Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research* **2009**, *23*, 2241–2249, doi:10.1519/JSC.0b013e3181b86c40.
18. Turner, A.N.; Stewart, P.F. Strength and Conditioning for Soccer Players. *Strength and Conditioning Journal* **2014**, *36*, 1–13, doi:10.1519/SSC.0000000000000054.
19. Gates, D.H.; Dingwell, J.B. The Effects of Neuromuscular Fatigue on Task Performance during Repetitive Goal-Directed Movements. *Experimental Brain Research* **2008**, *187*, 573–585, doi:10.1007/s00221-008-1326-8.
20. Al-Mulla, M.R.; Sepulveda, F.; Colley, M. SEMG Techniques to Detect and Predict Localised Muscle Fatigue. In *EMG Methods for Evaluating Muscle and Nerve Function*; Schwartz, M., Ed.; InTech: Rijeka, 2012; pp. 157–187 ISBN 9789533077932.
21. Phinyomark, A.; Thongpanja, S.; Hu, H.; Phukpattaranont, P.; Limsakul, C. The Usefulness of Mean and Median Frequencies in Electromyography Analysis. In *Computational Intelligence in Electromyography Analysis - A Perspective on Current Applications and Future Challenges*; InTech, 2012.
22. Felser, S.; Behrens, M.; Fischer, S.; Baeumler, M.; Salomon, R.; Bruhn, S. Neuromuscular Activation during Short-Track Speed Skating in Young Athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance* **2016**, *11*, 848–854, doi:10.1123/ijsp.2015-0344.
23. Šimunič, B. Between-Day Reliability of a Method for Non-Invasive Estimation of Muscle Composition. *Journal of Electromyography and Kinesiology* **2012**, *22*, 527–530, doi:10.1016/j.jelekin.2012.04.003.
24. Maloney, S.J. The Relationship Between Asymmetry and Athletic Performance:

A Critical Review. *Journal of Strength and Conditioning Research* **2019**, *33*, 2579–2593, doi:10.1519/jsc.0000000000002608.

25. Nicholson, G.; Bennett, T.; Thomas, A.; Pollitt, L.; Hopkinson, M.; Crespo, R.; Robinson, T.; Price, R.J. Inter-Limb Asymmetries and Kicking Limb Preference in English Premier League Soccer Players. *Frontiers in Sports and Active Living* **2022**, *4*, 331, doi:10.3389/fspor.2022.982796.

4.5. Pozostały dorobek naukowy nie wchodzący w skład głównego osiągnięcia

Poza głównym osiągnięciem opublikowałem łącznie 38 prac, w czasopiśmie naukowych, o łącznej wartości wpływu współczynnika Impact Factor równej 56,535, na łączną sumę 1 897 punktów MEiN.

Oprócz głównego obszaru moich badań, interesuję się również wpływem suplementacji kofeiną na właściwości kurczliwe mięśni u sportowców, co stanowi temat moich dwóch prac badawczych.

Publikacja nr 1 Przemysław Domaszewski, **Paweł Pakosz**, Mariusz Konieczny, Dawid Bączkiewicz, Ewa Sadowska-Krępa. Caffeine-Induced effects on human skeletal muscle contraction time and maximal displacement measured by tensiomyography. *Nutrients*. 2021; 13(3). doi.org/10.3390/nu13030815. [IF 6.706; MNiSW = 140 pkt.] (załącznik 8i).

Mój wkład: tworzenie koncepcji, zaplanowanie badania, wybór metodyki badań, przeprowadzenie badań, analiza i interpretacja wyników, korekta przed i po złożeniu pracy do druku, pozyskanie finansowania.

Metoda:

Badania dotyczące czasu aktywacji mięśni w kontekście suplementacji kofeiną przeprowadzono na grupie zawodowych sportowców piłki ręcznej męskiej, z wykorzystaniem tensiomiografii (TMG). Badanie miało miejsce w laboratorium Centrum Leczenia Bólu w Opolu. Badania zostały poprzedzone uzyskaniem zgody Komisji Bioetycznej Opolskiej Izby Lekarskiej w Opolu, nr 260. Kierownik projektu badawczego: Paweł Pakosz.

Cel pracy:

Celem pracy było sprawdzenie czy dawka kofeiny wynosząca 9 mg/kg/masa ciała wpływa na zmiany czasu skurczu i przemieszczenia mięśnia brzuchatego łydki u zawodowych sportowców piłki ręcznej.

Protokół badania:

Badania przeprowadzono z wykorzystaniem i TMG. Uczestnicy byli wstępnie badani przez TMG, spożywali kofeinę, a następnie badano ponownie czas skurczu i przemieszczenie mięśnia brzuchatego łydki. Uczestnicy zostali poproszeni o zachowanie swoich codziennych

nawyków dotyczących spożycia kofeiny przed dniem eksperymentu. W dniu badania, uczestnicy zrezygnowali ze spożywania produktów zawierających kofeinę. Badanie zostało przeprowadzone w sposób losowy i podwójnie ślepy, z kontrolą placebo. Uczestnicy zostali podzieleni na dwie grupy: kontrolną (CON) i eksperymentalną (EXP) z suplementacją kofeiną w dawce 9 mg/kg/masa ciała. Kofeinę podano 60 minut przed pomiarem TMG w przezroczystych kapsułkach celulozowych. Osoby z grupy placebo otrzymały identyczne kapsułki z czystą skrobią ziemniaczaną. Wszystkie kapsułki spożyto z wodą źródlaną.

Uczestnicy:

W eksperymencie uczestniczyło 40 zawodowych graczy piłki ręcznej męskiej (wiek = $23,13 \pm 3,51$, masa ciała = $93,51 \pm 15,70$ kg, wzrost $191 \pm 7,72$, BMI = $25,89 \pm 3,10$). Zawodnicy ci zostali sklasyfikowani jako osoby regularnie spożywające znaczne ilości kofeiny, na podstawie wypełnionego kwestionariusza częstotliwości spożywania posiłków (FFQ).

Analiza danych:

Badanie tensiomiograficzne skupiło się na analizie parametrów Tc, Td i Dm, przy uwzględnieniu czasu oraz efektu kofeiny na odpowiedź mięśniową. Wszystkie zmienne zależne zostały poddane dwuczynnikowej analizie ANOVA z powtarzanymi pomiarami, uwzględniającej dwie grupy (eksperymentalną i kontrolną) oraz dwa pomiary (przed i po). Do przeprowadzenia testów post hoc zastosowano testy uzupełniające Tukeya HSD.

Wyniki:

Analiza statystyczna wykazała istotne obniżenie wartości TMG w grupie eksperymentalnej ($p \leq 0,001$), podczas gdy w grupie kontrolnej wyniki nie różniły się istotnie. Średni czas skurczu mięśni (Tc) oraz przemieszczenie skurczowe mięśnia (Dm) uległy istotnemu zmniejszeniu po zastosowaniu kofeiny. W grupie eksperymentalnej wartości Tc przed suplementacją wynosiły $20,60 \text{ ms} \pm 2,58$, a po suplementacji $18,43 \text{ ms} \pm 3,05$, natomiast wartości Dm przed suplementacją wynosiły $2,32 \text{ mm} \pm 0,80$, a po suplementacji $1,69 \text{ mm} \pm 0,51$. W grupie kontrolnej średnie wartości Tc wynosiły odpowiednio $20,00 \text{ ms} \pm 3,74$ i $19,87 \text{ ms} \pm 3,06$ przed i po, a wartości Dm wynosiły odpowiednio $2,06 \text{ mm} \pm 0,66$ i $1,97 \text{ mm} \pm 0,60$ przed i po.

Wnioski:

Głównym osiągnięciem badań było wykazanie, że kofeina w dawce 9 mg/kg wywiera bezpośredni, pozytywny wpływ na czynność mechaniczną mięśni szkieletowych u sportowców wyczynowych, co potwierdza skuteczność kofeiny w poprawie wydolności fizycznej.

Publikacja nr 2 Paweł Pakosz, Mariusz Konieczny, Przemysław Domaszewski, Tomasz Dybek, Oscar García-García, Mariusz Gnoiński, Elżbieta Skorupska. Muscle contraction time after caffeine intake is faster after 30 minutes than after 60 minutes. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2023 Dec;21(1):2306295. DOI: 10.1080/15502783.2024.2306295 [IF = 5.1; MNiSW = 100 pkt] (załącznik 8h).

Mój wkład: nadzór projektu, tworzenie koncepcji, zaplanowanie badania, wybór metodyki badań, przeprowadzenie badań, analiza i interpretacja wyników, przeprowadzenie dyskusji i wyników, przegląd piśmiennictwa, pisanie artykułu i jego korekta przed i po złożeniu pracy do druku, pozyskanie finansowania.

Metoda:

Zastosowano tensiomiografię (TMG) do oceny reakcji mięśniowych na kofeinę, koncentrując się na mięśniu brzuchatym łydki. Pomiar TMG na grupie zawodników piłki nożnej wykonano przed spożyciem kofeiny, a także 30 i 60 minut po jej spożyciu. Badanie miało miejsce w laboratorium Centrum Leczenia Bólu w Opolu. Badania zostały poprzedzone uzyskaniem zgody Komisji Bioetycznej Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu 108/22. Kierownik projektu badawczego: Paweł Pakosz.

Cel pracy:

Celem badania było określenie optymalnego punktu czasowego (30 lub 60 minut po spożyciu kofeiny), w którym reaktywność mięśni na kofeinę jest największa.

Protokół badania:

Uczestnicy otrzymali dawkę 6 mg/kg masy ciała kofeiny. Pomiar TMG został przeprowadzony przed spożyciem kofeiny oraz po 30 i 60 minutach od spożycia. Zbadano

parametry TMG, takie jak czas do skurczu (T_c), opóźnienie czasowe (T_d) i maksymalne przemieszczenie (D_m).

Uczestnicy:

Czterdziestu dwóch piłkarzy nożnych grających na krajowym poziomie (średni wiek = $24,8 \pm 4,4$ lat, średnia masa ciała = $81,5 \pm 8,4$ kg, średnie BMI = $24,4 \pm 3,6$), zostało włączonych do badania. Uczestnicy, uznani zostali za osoby spożywające duże ilości kofeiny na podstawie kwestionariusza częstotliwości spożycia żywności (FFQ), oraz wyrazili świadomą zgodę na udział w badaniu.

Analiza danych:

Analiza TMG obejmowała parametry T_c , T_d i D_m . Badanie uwzględniło czas oraz wpływ kofeiny na reakcję mięśni. W celu oceny istotności różnic między efektami głównymi, tj. stroną (lewa vs prawa) oraz czasem (przed spożyciem vs 30 minut po spożyciu vs 60 minut po spożyciu), a poszczególnymi zmiennymi (T_c , T_d , D_m , V_{rd}), przeprowadzono analizę ANOVA. W celu identyfikacji konkretnych różnic pomiędzy badanymi efektami głównymi, skorzystano z testu post-hoc Tukeya HSD.

Wyniki:

W przeprowadzonej analizie ANOVA stwierdzono istotny wpływ czasu na parametry T_c , T_d i D_m , bez istotnego wpływu strony ciała. Skurcz mięśni był szybszy 30 minut po spożyciu kofeiny niż przed i 60 minut po. Sztywność mięśni była większa 30 minut po spożyciu kofeiny niż przed i 60 minut po.

Wnioski:

Analiza wyników sugeruje, że zarówno czas skurczu mięśni (T_c), jak i czas opóźnienia (T_d), są uzależnione od czasu upływającego od spożycia kofeiny, przy czym najbardziej dynamiczne reakcje obserwuje się po 30 minutach. Ponadto, zaobserwowano, że kofeina wywiera ogólnoustrojowy wpływ, ponieważ nie zaobserwowano istotnych różnic w pomiarach między stronami ciała, co sugeruje jednolitą reakcję mięśni na substancję. Tensiomiografia (TMG) wykazała się jako efektywna i nieinwazyjna metoda oceny reakcji mięśniowej po podaniu kofeiny.

Ponadto, w moich badaniach skupiłem się na różnorodnych aspektach związanych z analizą nerwowo-mięśniowych czynników efektywności mięśni i ich wpływem na zdrowie

oraz wydajność fizyczną. Jednym z głównych obszarów moich badań było badanie wzorców ruchowych sportowców, co miało istotne znaczenie dla ich efektywności treningowej i osiąganych wyników w zawodach. Poprzez analizę tych wzorców starałem się znaleźć optymalne strategie treningowe, które mogłyby bezpośrednio przyczynić się do poprawy wyników sportowców.

- Borysiuk Zbigniew, Markowska Natalia, Konieczny Mariusz, Krzysztof Kręcisz, Monika Błaszczyszyn, Pantelis T. Nikolaidis, Beat Knechtle and **Paweł Pakosz**. Flèche versus Lunge as the Optimal Footwork Technique in Fencing. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019, vol. 16, nr 13, s.1-10, Numer artykułu: 2315. DOI:10.3390/ijerph16132315
- Borysiuk Zbigniew, Waśkiewicz Zbigniew, Piechota Katarzyna, **Paweł Pakosz**, Mariusz Konieczny, Monika Błaszczyszyn, Pantelis T. Nikolaidis, Thomas Rosemann and Beat Knechtle. Coordination Aspects of an Effective Sprint Start *Frontiers in Physiology*, 2018, vol. 9, s.1-7. DOI:10.3389/fphys.2018.01138
- Borysiuk Zbigniew, Markowska Natalia, Czyż Stanisław, Mariusz Konieczny, **Paweł Pakosz**, Krzysztof Kręcisz. Fencing flèche performed by elite and novice épéeists depending on type of perception. *Archives of Budo*, 2018, vol. 14, s.179-187
- **Pakosz Paweł**. Wzorce ruchowe techniki w sportach zespołowych na przykładzie koszykówki. W: *Elektromiografia w sporcie. Wybrane zastosowania praktyczne* / Borysiuk Zbigniew (red.), 2015, Opole, Wydział Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii Politechniki Opolskiej, Studio IMPRESO, s.73-109, ISBN 978-83-937403-8-3
- Konieczny Mariusz, **Pakosz Paweł**, Witkowski Mateusz. Asymmetrical fatiguing of the gluteus maximus muscles in the elite short-track female skaters. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 2020, nr 12, s.1-8, Numer artykułu: 48. DOI:10.1186/s13102-020-00193-w

Jednak moje zainteresowanie nie ograniczało się tylko do sportu. Przeprowadziłem również badania nad nerwowo-mięśniowymi czynnikami efektywności mięśni oraz opracowywaniem programów sprawnościowych dla osób starszych. Chciałem zrozumieć, jak wiek wpływa na funkcjonowanie mięśni i jakie programy ćwiczeń mogą pomóc w poprawie zdrowia i jakości życia osób starszych.

- Błaszczyszyn Monika, Konieczny Mariusz, **Pakosz Paweł**. Analysis of Ankle sEMG on Both Stable and Unstable Surfaces for Elderly and Young Women - A Pilot Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019, vol. 16, nr 9, s.1-12. DOI:10.3390/ijerph16091544
- Borysiuk Zbigniew, Konieczny Mariusz, Kręcisz Krzysztof, **Paweł Pakosz** and Bożena Królikowska. Effect of six-week intervention program on postural stability measures and muscle coactivation in senior-aged women. *Clinical interventions in aging*, 2018, vol. 13, s.1701-1708. DOI:10.2147/CIA.S167782
- Borysiuk Zbigniew, **Pakosz Paweł**, Konieczny Mariusz, Krzysztof Kręcisz. Intensity-dependent effects of a six-week balance exercise program in elderly women. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018, vol. 15, nr 11, s.1-9. DOI:10.3390/ijerph15112564

Kolejnym ważnym obszarem moich badań była rehabilitacja pacjentów po udarze mózgu. Analizując nerwowo-mięśniowe wzorce ruchowe tych pacjentów, starałem się opracować skuteczne metody rehabilitacji, które mogłyby pomóc im w powrocie do normalnego funkcjonowania i poprawie jakości życia po przebytym udarze.

- Konieczny Mariusz, **Pakosz Paweł**, Domaszewski Przemysław, Monika Błaszczyszyn and Aleksandra Kawala-Sterniuk. Analysis of Upper Limbs Target-Reaching Movement and Muscle Co-Activation in Patients with First Time Stroke for Rehabilitation Progress Monitoring. *Applied Sciences-Basel*, 2022, vol. 12, nr 3, s.1-11, Numer artykułu:1551. DOI:10.3390/app12031551
- Błaszczyszyn Monika, Agnieszka Szczęsna, Opara Józef, Mariusz Konieczny, **Paweł Pakosz**, Stefan Balko. Functional differences in upper limb movement after early and chronic stroke based on kinematic motion indicators. *Biomedical Papers-Olomouc*, 2018, vol. 162, nr 4, s.294-303. DOI:10.5507/bp.2018.061
- Konieczny Mariusz, **Pakosz Paweł**, Błaszczyszyn Monika. Zastosowanie pomiaru trajektorii ruchu i koaktywacji mięśniowej do diagnozowania procesu rehabilitacji pacjentów po niedokrwiennych udarach mózgu. W: *Człowiek w zdrowiu i chorobie: promocja zdrowia, pielęgnowanie i rehabilitacja* / Pietrzyk Jacek A. (red.), 2018, Tarnów, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Tarnowie, s.226-237, ISBN 978-83-952363-0-3

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

1. W 2017 nawiązałem współpracę i prowadziłem badania z naukowcami z Uniwersytetu Rzeszowskiego. Zrealizowany został tam duży projekt badawczy, w związku z czym powstały 2 wspólne artykuły naukowe w czasopiśmie ze współczynnikiem IF: „The LEAF questionnaire is a good screening tool for the identification of the Female Athlete Triad/Relative Energy Deficiency in Sport among young football players” (załącznik 8g), oraz „Asymmetry and changes in the neuromuscular profile of short-track athletes as a result of strength training” (załącznik 8d). W planach są kolejne artykuły, gdyż współpraca polegała na wielokrotnych wyjazdach na różne projekty badawcze, dzięki czemu został stworzony obszerny materiał do przyszłych analiz.

2. Od 2019 prowadzę badania przy współpracy z hiszpańskim naukowcem - Oscar García-García z Faculty of Education and Sport Sciences and head of the Sport Performance, Physical Condition and Wellness Lab of the University of Vigo. Współpraca polegała na nawiązaniu w 2019 roku kontaktu z ekspertem w dziedzinie oceny kurczliwości mięśni sportowców, a ponadto najczęstszym publikującym autorem prac z zakresu innowacyjnej na polskim rynku tensiomiografii (TMG). W wyniku badań i współpracy stworzyliśmy artykuły w czasopiśmie ze współczynnikiem IF: „Asymmetry and changes in the neuromuscular profile of short-track athletes as a result of strength training” (załącznik 8d), oraz „Muscle contraction time after caffeine intake is faster after 30 minutes than after 60 minutes” (załącznik 8h). Razem z Oscarem García-García, tworzyliśmy koncepcję artykułów, pisaliśmy artykuły, wykonywaliśmy obliczenia, on z chęcią przekazywał swoje uwagi płynące z bogatego doświadczenia naukowego. Brał również udział w każdym etapie wysyłania prac, w odpowiedziach na recenzje i naniesieniu poprawek na artykuł. Dzięki temu mogłem poznać warsztat pracy tego naukowca, sposób rozwiązywania problemów, odpowiedzi na recenzje i wiele innych. Jestem częścią laboratorium Faculty of Education and Sport Sciences and head of the Sport Performance, Physical Condition and Wellness Lab of the University of Vigo, a w planach są kolejne projekty badawcze (załącznik 6a).

3. W 2021 roku zostałem członkiem zespołu badawczego dr hab. Elżbiety Skorupskiej z Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu. Współpraca polega na połączeniu zainteresowań dr hab. Elżbiety Skorupskiej związanych z diagnostyką bólu, z obiektywizacją oceny kurczliwości mięśni u sportowców. Zostały stworzone obiecujące projekty badawcze, które bazują na najnowszych wytycznych Międzynarodowego Komitetu Olimpijskiego, potwierdzających konieczność uwzględnienia w programach leczniczych i prewencyjnych zagadnień związanych z bólem nocnyplastycznym, co wiąże się z występującym u sportowców przetrwałymi urazami i opornym na leczenie bólem mięśniowym. W wyniku wspólnych badań i współpracy powstały artykuły naukowe w czasopismach ze współczynnikiem IF: „Retrospective Analysis of Functional Pain among Professional Climbers” (załącznik 8j), oraz “MATLAB Analysis of SP Test Results—An Unusual Parasympathetic Nervous System Activity in Low Back Leg Pain: A Case Report” (załącznik 8k), „Relationship between latent trigger points, lower limb asymmetry and muscle fatigue in elite short-track athletes” (załącznik 8l), w recenzjach są kolejne. W planach są również kolejne badania, na które uzyskano już zgodę komisji bioetycznej, część z badań jest już w trakcie realizacji. Ponadto w wyniku nawiązania współpracy jest obecnie realizowany mój staż naukowy, finansowany z grantu NCN - Miniatura 6 pt.: "Ocena zmian biomechanicznych mięśni poprzecznie prążkowanych z zaburzeniami mięśniowo-powięziowymi”.

4. W lutym 2023 odbyłem trzytygodniowy badawczy staż naukowy w Universidad de Zaragoza, Facultad Ciencias de la Salud, Hiszpania (załącznik 6b). Opieka merytoryczna nad stażem: Dr. Pablo Herrero Gallego. PT, PhD. Program stażu związany był z innowacyjnymi badaniami jakimi rozpoczętymi we współpracy z Uniwersytetem Medycznym w Poznaniu, a dotyczy diagnostyki zaburzeń mięśniowo-powięziowych u zawodników różnych dyscyplin sportowych. Efektami stażu było:

- Uszczegółowienie i doprecyzowanie metody diagnostyki zaburzenia mięśniowo-powięziowego związanego z punktami spustowymi, polegającej na prezentacji naszych rozwiązań w zakresie diagnostyki związanej z tensiomiografią i elektromiografią powierzchniową, co może być innowacją w ich pracy badawczej. Przeprowadziliśmy w tym zakresie próbne badania ukazujące korzyści naszych rozwiązań w diagnostyce.

- Nawiązanie współpracy badawczej dotyczącej hiszpańskiej metody diagnostyki i leczenia zaburzeń mięśniowo-powięziowego związanego z punktami spustowymi (wykorzystanie USG i galwanizacji). Powyższą metodę chcemy wdrożyć nasz system diagnostyczny. Dr Pablo Herrero przoduje w tej metodzie i prowadzi szkolenia z tego zakresu.

W wyniku badań i współpracy stażowej już powstała wspólna publikacja w czasopiśmie ze współczynnikiem IF: „Relationship between latent trigger points, lower limb asymmetry and muscle fatigue in elite short-track athletes” (załącznik 81). W zespole pracujemy również nad kolejnymi pracami, aby jeszcze bardziej udoskonalić metodę i pomóc sportowcom.

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

1.1 Informacja o osiągnięciach dydaktycznych

1. Dużym moim osiągnięciem było wygranie w 2022 roku konkursu na projekt dydaktyczny **EDUCATUS**, ogłoszonego przez Rektora Politechniki Opolskiej. Polegał on na stworzeniu nowoczesnego projektu, który będzie spełniał poniższe cele:

- przygotowanie zajęć prowadzonych z wykorzystaniem metod i technik kształcenia na odległość (w trybie synchronicznym, asynchronicznym lub hybrydowym), które wnoszą nową innowacyjną jakość w obszarze metodycznym i narzędziowym;
- zakup sprzętu (wraz z oprogramowaniem) i narzędzi wspomagających proces dydaktyczny (m. in. na potrzeby wyposażenia sal);
- przygotowanie, wydanie i opublikowanie w wersji elektronicznej podręczników akademickich oraz innych publikacji dotyczących dydaktyki;
- sfinansowanie udziału nauczyciela akademickiego w szkoleniach doskonalących umiejętności dydaktyczne.

Zwycięski projekt nosił nazwę „Digitalizacja nauki o pracy mięśni w oparciu o animacje 3D i innowacyjne podejście do efektywniejszej nauki ćwiczeń fizycznych”. Dotychczas stosowane konwencjonalne metody dydaktyczne dotyczące dokładnego wskazania pracujących podczas ćwiczeń fizycznych mięśni, ich fizjologii czy anatomii, bywają niełatwe do opanowania przez studentów. Ten stan rzeczy bywa spotęgowany

zwłaszcza w zdalnym lub hybrydowym trybie nauki. Projekt ma na celu wprowadzenie do procesu dydaktycznego nową, innowacyjną jakość w obszarze metodycznym i narzędziowym przekazywania wiedzy. Nastąpi to przez obrazowe (wizualizacja 3D) przedstawienie pracujących podczas ćwiczeń mięśni za pomocą specjalistycznej aplikacji, jak również wykorzystanie podczas zajęć nowoczesnego sprzętu sportowego wzmacniającego doznania uczącego się (“learning experience”). Dzięki wykorzystaniu nowych technologii i narzędzi, ułatwiona zostanie nauka, zrozumienie i zapamiętywanie treści dotyczących pracy układu mięśniowo-szkieletowego. Ponadto celem jest przygotowanie pracowników do wykorzystywania tych narzędzi w pracy na WWFIF podczas szkoleń wewnętrznych, które zostaną przygotowane również do studiowania na platformie Moodle. Narzędzia te będą przydatne do prowadzenia wielu zajęć związanych z ruchem ciała ludzkiego, które na WWFIF są realizowane dla studentów na każdym semestrze 1 i 2 stopnia studiów. Wykorzystanie sprzętu lepiej zobrazuje zmiany w mięśniach na wskutek ćwiczeń i pozwoli klarownie wyjaśnić złożone koncepcje ruchu. To zintensyfikuje pracę na zajęciach i przyczyni się do lepszego i trwalszego zdobywania wiedzy. Absolwenci zajęć cechować się będą lepszym rozumieniem mechaniki mięśni i zwiększoną świadomością na temat mięśni w ruchu. Przyczyni się do poprawy wyników nauczania oraz zmniejszenia ryzyka kontuzji u ich przyszłych podopiecznych.

2. Działalność dydaktyczna na WWFIF:

- Prowadzone przedmioty w ramach pensum:
 - o Formy aktywności ruchowej do wyboru J: Rekreacyjne formy koszykówki
 - o Technologia informacyjna – koordynator przedmiotu
 - o Teoria i metodyka sportów zespołowych: koszykówka
 - o Zaawansowana teoria i metodyka koszykówki
 - o Metodyka i praktyka specjalizacji trenerskiej I - trener personalny – koordynator przedmiotu
 - o Praca dyplomowa
 - o Praca magisterska
 - o Seminarium dyplomowe I
 - o Seminarium magisterskie I
 - o Seminarium dyplomowe II

- o Seminarium magisterskie II
- o Żywnienie sportowca i odnowa biologiczna – koordynator przedmiotu
- o Obóz letni – żeglarstwo windsurfing
- o Obóz letni – żeglarstwo jachtowe
- o Wychowanie fizyczne - fitness i ćwiczenia siłowe
- o Wychowanie fizyczne
- Wypromowane prace magisterskie: 8
- Wypromowane prace licencjackie: 19
- Recenzent prac: 3

3. Ukończenie licznych szkoleń i uzyskanie certyfikatów z zakresu ćwiczeń fizycznych, edukacji czy fizjoterapii to dowód mojego zaangażowania w rozwijanie własnych kompetencji. Działając w roli organizatora swojego doszkalania, starałem się zawsze dostarczać Uczelni najwyższej jakości edukację realizując szkolenia. Przedstawiam poniżej tylko te najistotniejsze z wszystkich 36 ukończonych (załącznik 6c):

- Kurs elektromiografii funkcjonalnej w badaniach naukowych – szkolenie zaawansowane – 2017
- Kurs elektromiografii funkcjonalnej w badaniach naukowych – 2015
- Trener personalny Wellness – 2016
- Wellness Coach – 2017
- PFS® - Diagnostyka Funkcjonalna – 2019
- PFS® - Programowanie i planowanie treningu – 2021
- PFS® - Trening medyczny - 2021
- PZŻ - Żeglarz jachtowy morski – 2021
- AST Wrocław – Instruktor Jogi – 2022
- PFS® - Zdrowy kręgosłup - 2023
- PFS® - Anatomia palpacyjna i podstawy mobilności – 2023.

1.2. Informacja o osiągnięciach organizacyjnych

1. W 2014 roku byłem członkiem komitetu organizacyjnego konferencji naukowej - 1st Control of Movement and Posture Conference, Organizator: Wydział Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii (załącznik 6d).

2. Członkostwo w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism:

- Członek redakcji czasopisma: *Journal of Biomedical Research & Environmental Sciences*, funkcja doradcza i redaktora w naukach o sporcie.
- Członek redakcji czasopisma: „*Journal of Combat Sports and Martial Arts*”, funkcja redaktora internetowego.

3. Pełnię rolę koordynatora współpracy Wydziału Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii z Zespołem Szkół Zawodowych im. Stanisława Staszica w Opolu. Zorganizowałem i skoordynowałem różne działania dla społeczności szkoły, które miały na celu promocję Wydziału Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii oraz podniesienie jego rozpoznawalności. Zorganizowane przeze mnie inicjatywy, takie jak warsztaty "Zadbaj o swoje ciało i umysł z Martą Majdecką" oraz "Soczysty dzień zdrowego jedzenia w Staszicu," i wiele innych, które przy współpracy z Wydziałem Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii, miały na celu nie tylko dostarczenie wartościowych, prozdrowotnych doświadczeń uczniom szkoły, ale także promocję Wydziału Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii czy podniesienie rozpoznawalności Uczelni. Moje działania obejmowały pełną koordynację organizacji, zapewnienie niezbędnego sprzętu, integrację obu społeczności oraz szeroką kampanię medialną w opolskich mediach, takich jak TVP Opole, Radio Opole, Nowa Trybuna Opolska. Dodatkowo zaangażowałem się w prowadzenie "Poradnika Zdrowszego Stylu Życia Wellness" na szkolnej stronie internetowej, co było kolejnym narzędziem do inspiracji młodzieży do dbania o zdrowie i aktywność fizyczną, wartości tak ważnych dla WWFIF. Moje zaangażowanie jako koordynatora współpracy z Zespołem Szkół Zawodowych im. Stanisława Staszica w Opolu polegało na kompleksowej organizacji i zarządzaniu, co przyczyniło się do udanego przeprowadzenia tych działań, zacieśnienia współpracy między naszymi instytucjami i podniesienia rozpoznawalności Uczelni.

4. Organizacja trzytygodniowego zagranicznego stażu naukowego w 2023 roku na Universidad de Zaragoza, Facultad Ciencias de la Salud, Hiszpania, była możliwa dzięki mojej staranności w planowaniu i organizacji stanowiska badań diagnostyki zaburzeń mięśniowo-powięziowych. Moje zaangażowanie przyczyniło się do efektywnego przebiegu stażu i nawiązania owocnej międzynarodowej współpracy.

1.3. Informacja o osiągnięciach popularyzujących naukę

1. Upowszechnianie wyników badań w czasopismach naukowych ze współczynnikiem IF o zasięgu międzynarodowym.

2. Udział w konferencjach międzynarodowych i krajowych, tu przedstawiono tylko te bardziej istotne:

- 2014 Opole - 1st CONTROL OF MOVEMENT AND POSTURE CONFERENCE EMG and posturography workshop.
- 2014 Warszawa – Kongres Polskiego Towarzystwa Medycyny Sportowej – udział czynny z wystąpieniem “Zastosowanie systemów analizy ruchu z wykorzystaniem szybkich kamer zsynchronizowanych z EMG do oceny wzorców ruchowych w sporcie – na przykładzie piłki koszykowej”.
- 2016 Tomaszów Mazowiecki - I Międzynarodowy Zjazd Polskiego Towarzystwa Mięśni, Ścięgien i Więzadeł – udział czynny z wystąpieniem „Tensiomiografia (TMG) – diagnostyka funkcjonalna stawów, mięśni i więzadeł.”, oraz „Biochemiczne markery wysiłku fizycznego - jak dalece można obciążyć organizm sportowca”.
- 2018 Dublin, Irlandia - 23rd Annual Congress of the European College of Sport Science – udział czynny z wystąpieniem „Effect of a warm-up on the reactivity of the bottom limb muscles”.
- 2018 Tarnów - II Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Człowiek w zdrowiu i chorobie – promocja zdrowia, pielęgnowanie i rehabilitacja” – udział czynny z wystąpieniem „Zmiana profilu nerwowo-mięśniowego kończyn dolnych po 15 minutowej rozgrzewce, mierzona TMG, w grupie młodych kobiet”.
- 2021 Usti nad Labem, Czechy - International Conference of Sport, Health and Physical Education – udział czynny z wystąpieniem “Motor pattern and efficiency in basketball free throw shooting”.
- 2022 Seinäjoki, Finlandia - SeAMK International Week.

3. Członkostwo w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych wraz z informacją o pełnionych funkcjach:
 - Członek European College of Sport Science.
 - Członek Polskiego Towarzystwa Mięśni, Ścięgien i Węzadeł.
4. Dzielenie się treściami popularnonaukowymi na osobistych profilach w mediach społecznościowych: Facebook, Instagram, LinkedIn.

7. Inne ważne informacje dotyczące kariery zawodowej.

1. Przyznany grant Narodowego Centrum Nauki - MINIATURA 6 (NR DEC-2022/06/X/NZ1/01578/2) pt.: "Ocena zmian biomechanicznych mięśni poprzecznie prążkowanych z zaburzeniami mięśniowo-powięziowymi", będący w toku realizacji, gdzie jestem kierownikiem i wykonawcą.
2. Promotor pomocniczy w dwóch przewodach doktorskich w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu w dyscyplinie nauki o kulturze fizycznej realizowanych na WWFiF Politechniki Opolskiej:
 - Doktorant: Marcin Chociaj, Promotor: prof. Zbigniew Borysiuk, tytuł przewodu doktorskiego: „Struktura wzorców ruchowych w kontekście podejmowania decyzji u piłkarzy nożnych w ukierunkowanym i specjalistycznym etapie szkolenia”.
 - Doktorant: Beata Tyszkiewicz-Gromisz, Promotor: prof. dr hab. Małgorzata Chalimoniuk, tytuł przewodu doktorskiego: „Skuteczność postępowania usprawniającego metodą integracji sensorycznej chłopców ze spektrum autyzmu”.
3. Recenzent 22 artykułów naukowych w czasopismach z bazy WOS.
4. W ramach współpracy z sektorem gospodarczym w dziedzinie sektora usługowego ochrony zdrowia, stworzenie stanowiska i współpraca z fizjoterapeutom i właścicielem Centrum Leczenia Bólu w Opolu - Mariuszem Gnoińskim, która zaowocowała znaczącymi osiągnięciami w dziedzinie analizy nerwowo mięśniowych czynników wpływających na efektywność treningu sportowego. Efektem współpracy jest wiele badań na sportowcach oraz opublikowanych publikacji w czasopismach ze współczynnikiem IF, wspomnianych wcześniej.

5. Uzyskanie w 2014 roku Medalu Komisji Edukacji Narodowej, za szczególne zasługi dla oświaty i wychowania (załącznik 6e).
6. Uzyskanie w 2023 roku Nagrody Rektora Politechniki Opolskiej za osiągnięcia organizacyjne (załącznik 6f).

.....
(podpis wnioskodawcy)