

Autoreferat

1. Imię i nazwisko.

Robert Śliwowski

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

- **Magister wychowania fizycznego**, Akademia Wychowania Fizycznego w Poznaniu, 1994 r.
- **Trener klasy II**, Akademia Wychowania Fizycznego w Poznaniu, 1994 r.
- **Trener klasy I**, Akademia Wychowania Fizycznego w Warszawie, 2002 r.
- **Doktor nauk o kulturze fizycznej** – Rada Wydziału Wychowania Fizycznego Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu, 24.05.2005 r.

Tytuł rozprawy doktorskiej: ***Zmiany wydolności tlenowej i beztlenowej u młodocianych piłkarzy nożnych w rocznym cyklu treningowym***

Promotor: prof. dr hab. med. Tadeusz Rychlewski

- **Trener klasy mistrzowskiej**, Centralny Ośrodek Sportu w Warszawie, 2010 r.
- **Trener UEFA A**, Polski Związek Piłki Nożnej, Biała Podlaska, 2015 r.
- **Trener edukator Polskiego Związku Piłki Nożnej**, Polski Związek Piłki Nożnej, Biała Podlaska, 2016 r.

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

- 1997–2005 – **asystent** w Zakładzie Teorii i Metodyki Zespołowych Gier Sportowych Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu
- 2005–2013 – **adiunkt** w Zakładzie Teorii i Metodyki Zespołowych Gier Sportowych Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu
- 2013–2020 – **starszy wykładowca** w Zakładzie Teorii i Metodyki Zespołowych Gier Sportowych Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu
- 2006–2017 – **wykładowca** w Wyższej Szkole Pedagogiki i Administracji im. Mieszka I w Poznaniu
- od 2020 – **adiunkt** w Zakładzie Teorii i Metodyki Zespołowych Gier Sportowych Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu
- od 2020 – **kierownik** Zakładu Teorii i Metodyki Zespołowych Gier Sportowych Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu

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 tematycznie artykułów naukowych pod wspólnym tytułem *Izokinetyczna ocena siły mięśniowej w diagnostyce przygotowania motorycznego piłkarzy nożnych*, będących efektem badań realizowanych w latach 2013-2019.

1. Śliwowski, R., Jadcak, Ł., Hejna, R., Wieczorek, A. (2015). The effects of individualized resistance strength programs on knee muscular imbalances in junior elite soccer players. *PLoS One*, 10(12), 1-14. doi: 10.1371/journal.pone.0144021. **Wskaźnik Impact Factor ISI: 3.057. Punktacja MEiN: 40.000.**
2. Śliwowski, R., Marynowicz, J., Grygorowicz, M., Wieczorek, A., Jadcak, Ł. (2021). Are there differences in concentric isokinetic strength performance profiles between international and non-international elite soccer players? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(1), 1-10. doi: 10.3390/ijerph18010035. **Wskaźnik Impact Factor ISI: 3.390. Punktacja MEiN: 140.000.**
3. Śliwowski, R., Grygorowicz, M., Hojszyk, R., Jadcak, Ł. (2017). The isokinetic strength profile of elite soccer players according to playing position. *PLoS One*, 12(7), 1-13. doi: 10.1371/journal.pone.0182177. **Wskaźnik Impact Factor ISI: 2.766. Punktacja MEiN: 40.000.**
4. Śliwowski, R., Grygorowicz, M., Wieczorek, A., Jadcak, Ł. (2018). The relationship between jumping performance, isokinetic strength and dynamic postural control in elite youth soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(9), 1226-1233. doi: 10.23736/S0022-4707.17.07289-9. **Wskaźnik Impact Factor ISI: 1.302. Punktacja MEiN: 20.000.**
5. Śliwowski, R., Marynowicz, J., Jadcak, Ł., Grygorowicz, M., Kalinowski, P., Paillard, T. (2021). The relationships between knee extensors/flexors strength and balance control in elite male soccer players. *PeerJ*, 9: e12461, 1-15. doi: 10.7717/peerj.12461. **Wskaźnik Impact Factor ISI: 2.984. Punktacja MEiN: 100.000.**

We wszystkich pięciu publikacjach występuję jako pierwszy autor i autor korespondencyjny. W zakresie dotyczącym badań byłem ich pomysłodawcą, autorem koncepcji, opracowałem również metodologię badań, które zostały przeprowadzone pod moim kierownictwem. Analizowałem pozyskane dane i dokonałem obliczeń statystycznych, opracowałem także uzyskane wyniki. Przygotowałem manuskrypty artykułów oraz zajmowałem się redagowaniem i korektą ostatecznej wersji artykułów do druku. Sumaryczny współczynnik wpływu *Impact Factor* dla cyklu pięciu opublikowanych, powiązanych tematycznie artykułów naukowych wynosi 13.499 oraz 100.000 punktów MEiN według skali punktacji obowiązującej do końca 2018 r. i 240.000 punktów MEiN według skali punktacji obowiązującej od roku 2019 (co daje razem 340.000 punktów za cały cykl publikacji).

Wykaz najważniejszych skrótów stosowanych w autoreferacie

DL	– <i>dominant leg</i> – noga dominująca
H_{con}/Q_{con}	– <i>conventional harmstrings/quadriceps ratio</i> – stosunek siły zginaczy do prostowników stawu kolanowego rozwijanej w warunkach izokinetycznych podczas czynności koncentrycznej (tzw. konwencjonalny współczynnik H _{con} /Q _{con})
NDL	– <i>non-dominant leg</i> – noga niedominująca
PP	– <i>postural priority</i> – wskaźnik obrazujący kontrolę posturalną
PT	– <i>peak torque</i> – maksymalny moment siły rozwijany w warunkach izokinetycznych
PT-H	– <i>peak torque of the harmstrings</i> – maksymalny moment siły zginaczy stawu kolanowego rozwijany w warunkach izokinetycznych
PT-Q	– <i>peak torque of the quadriceps</i> – maksymalny moment siły prostowników stawu kolanowego rozwijany w warunkach izokinetycznych
TW	– <i>total work</i> – praca całkowita rozwijana w warunkach izokinetycznych
TW-H	– <i>total work of the harmstrings</i> – praca całkowita zginaczy stawu kolanowego rozwijana w warunkach izokinetycznych
TW-Q	– <i>total work of the quadriceps</i> – praca całkowita prostowników stawu kolanowego rozwijana w warunkach izokinetycznych

Wprowadzenie

Współczesna piłka nożna stawia przed zawodnikami coraz większe wymagania w zakresie przygotowania motorycznego i sprawnościowego. Skuteczność działania piłkarza nożnego odzwierciedla się m.in. w jego zdolności do szybkiego przyspieszania, hamowania, nagłej zmiany kierunku biegu, wielokrotnego powtarzania sprintów w dłuższym przedziale czasu. Dane z *Premier League*, obejmujące okres pomiędzy sezonami 2006/2007 i 2012/2013, pokazują w przybliżeniu 20-procentowy wzrost (ok. 3% na rok) w dystansie pokonywanym z wysoką intensywnością oraz 50-procentowy wzrost liczby akcji o takiej intensywności [Barnes i wsp. 2014]. Analiza meczów rozegranych podczas mistrzostw świata pomiędzy 1996 a 2014 rokiem wykazała zwiększoną liczbę podań na minutę o ok. 35% (z 11 do 15 podań na minutę). Ponadto szybkość gry zwiększyła się o 15%, co wykazała obserwacja prędkości przemieszczania się piłki (z 8,0 m/s do 9,2 m/s) [Nassis i wsp. 2020]. Jednocześnie najlepsze europejskie drużyny piłkarskie w sezonie 2008/2009 rozgrywały ok. 50 spotkań w trakcie sezonu, podczas gdy w sezonie 2018/2019 liczba ta zwiększyła się do mniej więcej 60 spotkań. Ponadto dla reprezentantów kraju liczba spotkań wzrasta do ponad 70 [FIFPRO 2019]. Analiza trendu dotyczącego aktywności zawodników w warunkach rywalizacji pozwala przewidywać wywieranie przez drużyny coraz większej presji na przeciwniku. Należy się również spodziewać jeszcze większej liczby kontrataków, co istotnie przyczyni się do zwiększenia intensywności gry [Nassis i wsp. 2020].

W trakcie rywalizacji zawodnik jest zmuszony do wykonywania krótkotrwałych wysiłków z maksymalną i wysoką intensywnością, które występują naprzemiennie z dłuższymi okresami o obniżonej intensywności wysiłku. Zawierają one takie formy ruchu jak: stanie, marsz, trucht, wyskoki, bieg tyłem [Di Salvo i wsp. 2007]. Poza niepodważalnie niezbędnymi piłkarzowi umiejętnościami techniczno-taktycznymi powinno się rozwijać i utrzymywać wysoki poziom wytrzymałości tlenowej i beztlenowej, szybkości, zwinności, siły oraz mocy [Turner i Steward 2014]. Podstawą efektywnego wykonywania tych zadań, jak również wielu innych elementów *stricte* piłkarskich, są siła i moc kończyn dolnych [Wisloff i wsp. 2004]. Zdolności siłowe w praktyce treningu piłkarskiego uważa się w ostatnim czasie za kluczowe dla profilu motorycznego piłkarza nożnego, wskazując, że determinują one poziom sportowy zawodnika [Cometti i wsp. 2001, Ergun i wsp. 2004, Lehance i wsp. 2009, Metaxas i wsp. 2009, Cotte i Chatard 2011], świadczą o stanie przygotowania fizycznego oraz są istotnym czynnikiem

zapobiegania kontuzjom [Beato i wsp. 2021]. Powszechnie przyjmuje się, że siła stanowi główny czynnik sukcesu w sporcie.

Ocena poziomu siły mięśniowej jest elementem kompleksowej oceny potencjału motorycznego piłkarza nożnego. Spośród szerokiego spektrum metod i sposobów oceny siły mięśniowej w warunkach izokinetycznych zostały uznane jako tzw. *gold standard* w tym zakresie, zapewniając bardzo wysoką wiarygodność [Impellizzeri i wsp. 2008, Paul i Nassis 2015]. Pomiary izokinetyczne od wielu lat stanowią integralną część biomechanicznej oceny sportowca, pozwalając na szerokie zastosowanie w diagnostyce treningu [Baltzopoulos i Brodie 1989, Nugent i wsp. 2015]. Nowoczesna aparatura pomiarowa umożliwia obiektywną ocenę wskaźników szybkościowo-siłowych oraz ich pochodnych, w tym m.in.: momentów siły (wartości bezwzględne i względne w odniesieniu do masy ciała), przyspieszenia, wielkości pracy i mocy wybranych grup mięśni. Uzyskane wyniki mogą być analizowane w ujęciu porównawczym, np. bilateralnym (kończyna dominująca do niedominującej), unilateralnym (agoniści do antagonistów) lub w odniesieniu do ustalonych norm dla danej grupy sportowej lub populacji. Najczęściej wykorzystywanymi wskaźnikami w praktyce są: maksymalny moment siły, wskaźniki pracy i mocy, wskaźniki unilateralne i bilateralne. Wszelkie dysproporcje i asymetrie mięśniowe we wskaźnikach unilateralnych i bilateralnych dla potrzeb niniejszych rozważań zostaną zdefiniowane adekwatnie jako deficyty [Fousekis i wsp. 2010b] i dysbalanse mięśniowe [Junge i wsp. 2002]. Za deficyty mięśniowe uznaje się różnice w sile poszczególnych partii mięśniowych pomiędzy kończynami (ujęcie bilateralne) większe niż 10% [Dauty i wsp. 2003, Dello Iacono i wsp. 2016, Kyritsis i wsp. 2016], natomiast za dysbalans uznaje się stosunek siły mięśniowej zginaczy do prostowników stawu kolanowego w obrębie kończyny, mierzonej podczas czynności koncentrycznej przy prędkości kątowej na poziomie $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ (ujęcie unilateralne) $< 0,6$ (tzw. konwencjonalny współczynnik H_{con}/Q_{con}) [Heiser i wsp. 1984, Coombs i Garbutt 2002, Denadai i wsp. 2016]. Warto także podkreślić, że izokinetyczna ocena może odnosić się zarówno do koncentrycznej, jak i ekscentrycznej czynności mięśni [Croisier i wsp. 2008, Impellizzeri i wsp. 2008, Fousekis i wsp. 2011, van Dyk i wsp. 2018] oraz różnych prędkości kątowych [Cometti i wsp. 2001, Zakas 2006, Gur i wsp. 2007, Ruas i wsp. 2015, Coratella i wsp. 2016, Eustace i wsp. 2019]. W praktyce treningu piłkarskiego za kluczowe przyjmuje się prędkości kątowe na poziomie $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ i $240^{\circ}\cdot s^{-1}$ [Croisier i wsp. 2008, Lehance i wsp. 2009, Zabka i wsp. 2011, Jenkins i wsp. 2013], które zastosowano w niniejszych rozważaniach. W pomiarach izokinetycznych niższe prędkości kątowe są

najczęściej wykorzystywane do pomiaru maksymalnej siły [Montgomery i wsp. 1989], a wyższe prędkości kątowe (przy większej liczbie powtórzeń) – do określania wytrzymałości siłowej (*muscular endurance*) [Montgomery i wsp. 1989, English i wsp. 2006].

Różnice w profilach siły obu nóg są szczególnie ważnym predyktorem kontuzji u piłkarzy [Fousekis i wsp. 2011, Daneshjoo i wsp. 2012a, Hagglund i wsp. 2013, Correia i wsp. 2020, Maior i Lopez 2021]. W związku z tym istnieje potrzeba badań koncentrujących się na interwencjach prewencyjnych w piłce nożnej [Croisier i wsp. 2008, Grygorowicz i wsp. 2017, van Dyk i wsp. 2018, Maior i Lopez 2021] i innych sportach, w których występują asymetryczne wzorce kinetyczne, sprzyjające zaburzeniom równowagi mięśniowej. Mimo że literatura przedmiotu jest obszerna, pozostaje wiele wątpliwości co do samego wpływu bodźca treningowego na profil siły mięśniowej rozwijanej w warunkach izokinetycznych wśród piłkarzy nożnych na różnych etapach szkolenia. W kilku programach treningowych z powodzeniem włączono jeden lub więcej różnych elementów/ćwiczeń, w tym siłowych, wzmacniających kontrolę nerwowo-mięśniową, wykorzystujących rozciąganie statyczne i dynamiczne, plyometrię, równowagę czy propriocepcję, aby zapobiegać kontuzjom u młodych i dorosłych piłkarzy [Croisier i wsp. 2008, Emery i wsp. 2010, Amiri-Khorasani i wsp. 2011, Daneshjoo i wsp. 2012a, Daneshjoo i wsp. 2012b, Dello Iacono i wsp. 2016, Ayala i wsp. 2017, Medeiros i wsp. 2020]. Niektóre badania wykazały istotne zmniejszenie częstości i nasilenia urazów mięśniowo-więzadłowych po odpowiednim treningu oporowym [Askling i wsp. 2003, Mjolsnes i wsp. 2004, Holcomb i wsp. 2007]. Programy treningowe o różnej długości interwencji, oparte na ekscentrycznej czynności grupy mięśni kulszowo-goleniowych okazały się skuteczne w rozwijaniu maksymalnej ekscentrycznej siły tej grupy mięśniowej zarówno u aktywnych mężczyzn [Clark i wsp. 2005], jak i wysoko wytrenowanych piłkarzy, co wykazano w dwóch randomizowanych badaniach dotyczących treningu siłowego [Askling i wsp. 2003, Mjolsnes i wsp. 2004]. Wieloletnie badania Arnasona i wsp. [2008] potwierdziły te dane, wykazując, że program treningu ekscentrycznego mięśni kulszowo-goleniowych, opierający się na ćwiczeniu *Nordic hamstring*, może zmniejszyć częstotliwość występowania urazów tej grupy mięśniowej wśród elitarnych piłkarzy nożnych. Z drugiej strony Clark i in. [2005], bazując na wynikach swoich badań, stwierdzili, że połączenie ekscentrycznego programu treningowego opartego na ćwiczeniach *Nordic hamstring* z tradycyjnym treningiem oporowym grupy mięśni kulszowo-goleniowych jest w stanie zapewnić korzystną adaptację tej grupy, sprzyjającą

redukcji ryzyka urazu. Pytanie, czy korekta jakiegokolwiek nierównowagi mięśniowej może zmniejszyć ryzyko kontuzji, stało się kluczowym problemem trenerów i zespołów medycznych na różnych poziomach treningu piłkarskiego. Jakkolwiek oczywiste wydaje się, że specyficzne dla piłki nożnej programy treningu siłowego skutecznie poprawiają sprawność fizyczną i zmniejszają ryzyko kontuzji u dorosłych zawodników, to niewiele jest badań dotyczących takich strategii u młodych i młodocianych zawodników [MacKay i wsp. 2004].

Powyżej zaprezentowana problematyka stała się inspiracją do przeprowadzenia eksperymentu badawczego, polegającego na ocenie wpływu zindywidualizowanego programu ćwiczeń siłowych w celu normalizacji deficytów i dysbalansów mięśniowych u młodych piłkarzy nożnych, który został opisany w pierwszej publikacji (P-1).

Wiele wątpliwości nadal pozostawia profil siły mięśniowej rozwijanej w warunkach izokinetycznych zawodników na różnych poziomach zaawansowania sportowego. Wcześniejsze badania wskazywały, że siła mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego jest czynnikiem różnicującym piłkarzy [Oberg i wsp. 1986, Cometti i wsp. 2001, Lehance i wsp. 2009, Ergun i wsp. 2009, Metaxas i wsp. 2009, Cotte i Chatard 2011, Mazuquin i wsp. 2015]. Ponadto dowodzono, że gra w piłkę nożną prowadzi do znacznego wzrostu poziomu siły prostowników i zginaczy stawu kolanowego [Croisier i wsp. 2008]. Inne z kolei badania wykazały, że siła prostowników i zginaczy stawu kolanowego wzrasta, choć w różnym stopniu. Na przykład Lehance i wsp. [2009] stwierdzili, że siła prostowników i zginaczy stawu kolanowego podczas czynności koncentrycznej wzrasta z wiekiem i poziomem sportowym piłkarzy. Wcześniejsze badanie Oberga i wsp. [1986] wykazało również, że siła prostowników i zginaczy stawu kolanowego podczas czynności koncentrycznej wzrastała wraz z poziomem gry w szwedzkich ligach piłkarskich. Piłkarze reprezentujący poziom międzynarodowy przejawiali wyższy poziom siły w tym zakresie niż zawodnicy grający na szczeblu regionalnym. Jeszcze inne badanie dowiodło pozytywnej korelacji pomiędzy stażem treningowym zawodnika a poziomem siły prostowników i zginaczy stawu kolanowego [Fousekis i wsp. 2010a]. Należy także zauważyć, że na podstawie porównań wartości maksymalnego momentu siły (PT) pomiędzy młodymi i dorosłymi zawodnikami zasugerowano, że staż treningowy może sprzyjać większemu rozwojowi sygnalizowanych grup mięśniowych [Gur i wsp. 2007]. Zjawisko to potwierdzają również badania Comettiego i wsp. [2001], które wskazują, że jedynym czynnikiem różnicującym zawodników rywalizujących na poziomach centralnym i amatorskim w zakresie siły

mięśniowej kończyn dolnych jest siła zginaczy stawu kolanowego podczas wykonywania czynności koncentrycznej. To z kolei może wskazywać, że właśnie poziom siły mięśni zginaczy stawu kolanowego istotnie różnicuje piłkarzy na różnych poziomach zaawansowania sportowego.

Przedmiotem rozważań w istniejących badaniach nadal pozostaje kwestia zależności i różnic w sile mięśniowej między kończynami dolnymi. Piłkarze rzadko używają obydwu nóg z równą częstotliwością, faworyzując używanie kończyny dominującej podczas wykonywania czynności związanych z grą (podania, strzały, przyjęcia piłki, obroty, zatrzymania itp.) [Zakas 2006, Hart i wsp. 2016]. Może to prowadzić do nierównowagi (asymetrii) mięśniowej, która w konsekwencji powoduje dysproporcję funkcjonalną, a nawet strukturalną [Bonetti i wsp. 2017, Bishop i wsp. 2018b, Gkrilias i wsp. 2018]. Różnice w sile mięśniowej między nogą dominującą (DL) a niedominującą (NDL) były tematem wielu badań, które wykazały, że asymetrie (*bilateral differences*) nie tylko zwiększają ryzyko kontuzji, ale również znacznie zmniejszają możliwości wysiłkowe zawodnika [Bonetti i wsp. 2017, Gkrilias i wsp. 2018]. Wspomniane wcześniej różnice pomiędzy DL a NDL wyższe niż 10% skutkują utratą siły mięśni, wolniejszą zmianą czasów prędkości zmiany kierunku biegu i zwiększonym ryzykiem urazów kończyn dolnych [Hoffman i wsp. 2007, Bell i wsp. 2014]. Co więcej, piłkarze z asymetrią siły powyżej 15% są od czterech do pięciu razy bardziej narażeni na urazy mięśni kulszowo-goleniowych [Croisier i wsp. 2008]. W wielu badaniach [Magalhaes i wsp. 2004, Zabka i wsp. 2011, Daneshjoo i wsp. 2013] nie stwierdzono istotnej różnicy w sile mięśniowej między nogą prawą a lewą, podczas gdy inne badania [Ergun i wsp. 2004, Weber i wsp. 2010] wykazały znaczącą przewagę DL nad NDL w odniesieniu do siły rozwijanej w warunkach izokinetycznych podczas czynności koncentrycznej. W przeciwieństwie do tych wyników inne badania [Fonseca i wsp. 2007, Teixeira i wsp. 2015, Bonetti i wsp. 2017] wykazały, że zginacze stawu kolanowego w DL są znacznie silniejsze niż zginacze w NDL lub odwrotnie, tj. zginacze stawu kolanowego w NDL mogą być znacznie silniejsze niż zginacze stawu kolanowego w DL [Rahnama i wsp. 2005]. Można się spodziewać, że stały wzrost liczby badań w tym obszarze [Stephenson i wsp. 2021], jak i zmiana podejścia do treningu prewencyjnego – przejawiająca się koncentracją na treningu redukującym asymetrię – spowodują, iż różnice w sile mięśni między nogami w nadchodzących latach będą się stopniowo zmniejszać. Wyjaśnienie tych rozbieżności pozostaje nadal ważnym przedmiotem dyskusji.

Na podstawie niniejszych przesłanek przeprowadzono kolejne badania własne, mające wyłonić charakterystyczne cechy profilu siły mięśniowej rozwijanej w warunkach izokinetycznych u zawodników reprezentujących zróżnicowany poziom mistrzostwa sportowego w piłce nożnej (P-2). Stwierdzenie ewentualnego zróżnicowania międzygrupowego w poziomie wybranych wskaźników izokinetycznej siły mięśniowej może wskazywać na różnice w procesach adaptacyjnych. Tego typu informacje stanowią bardzo ważny aspekt optymalizacji procesu treningowego piłkarzy nożnych.

Pomimo szerokiego obszaru eksploracji badań izokinetycznych piłkarzy nożnych niewiele dostępnych informacji dotyczy profilu siły mięśniowej w zależności od pozycji zajmowanej przez piłkarzy na boisku. Istniejące doniesienia w tym obszarze generalnie potwierdzają zróżnicowany profil siły rozwijanej w warunkach izokinetycznych między zawodnikami grającymi na różnych pozycjach [Tourny-Chollet i wsp. 2000, Magalhaes i wsp. 2004, Carvalho i Cabri 2007, Goulart i wsp. 2007, Weber i wsp. 2007, Costa Silva i wsp. 2015, Ruas i wsp. 2015, Scoz i wsp. 2021], choć niektóre badania wykazały sprzeczne wyniki [Magalhaes i wsp. 2004, Carvalho i Cabri 2007, Goulart i wsp. 2007, Costa Silva i wsp. 2015, Ruas i wsp. 2015]. Na przykład badanie Tourny-Chollet i wsp. [2000] wskazuje, że napastnicy zasadniczo wykazywali wyższy poziom siły zginaczy stawu kolanowego w porównaniu z pomocnikami i obrońcami w tym zakresie. Oberg i wsp. [1984] odnotowali z kolei wyższe wartości maksymalnego momentu siły (PT) prostowników stawu kolanowego u bramkarzy i obrońców niż u napastników. Wyższy poziom maksymalnego momentu siły prostowników stawu kolanowego u obrońców w porównaniu z pomocnikami został również potwierdzony w badaniach Costa Silvy i wsp. [2015]. Goulart i wsp. [2007], którzy zastosowali bardziej zaawansowany podział zawodników pola gry, wykazali, że środkowi obrońcy osiągnęli niższe wartości maksymalnego momentu siły zginaczy stawu kolanowego w porównaniu z zawodnikami innych pozycji, natomiast u bramkarzy stwierdzono niższe wartości tego wskaźnika w odniesieniu do prostowników stawu kolanowego i wyższy wskaźnik zmęczenia w porównaniu z wynikami zawodników innych pozycji. Ruas i wsp. [2015] stwierdzili natomiast, że bramkarze prezentowali wyższy poziom siły mięśni stawu kolanowego niż pozostali zawodnicy pola gry, z kolei Magalhaes i wsp. [2004] nie odnotowali istotnych różnic w poziomie siły rozwijanej w warunkach izokinetycznych pomiędzy zawodnikami grającymi na poszczególnych pozycjach.

Sygnalizowane rozbieżności wskazują na potrzebę dalszej eksploracji i badań na zwiększonej próbie w celu identyfikacji profilu siły mięśniowej rozwijanej w warunkach

izokinetycznych u profesjonalnych zawodników w zależności od zajmowanej pozycji na boisku – co uczyniono w trzeciej publikacji (P-3). Przeprowadzanie tego typu analiz na zawodnikach najwyższego poziomu mistrzostwa sportowego może stanowić nie tylko cenny wkład poznawczy, ale również mieć wpływ na profilowanie zawodników na daną pozycję oraz optymalizację strategii przygotowania fizycznego w różnych fazach procesu treningowego.

Do ważnych obszarów poszukiwań należą badania predykcyjne, wiążące siłę mięśniową kończyn dolnych z różnorodnymi elementami sprawności ogólnej i specjalnej o charakterze eksplozywnym. W ostatnich latach ukazało się wiele prac z tego zakresu, badających różne poziomy zaawansowania sportowego zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i terenowych. Szczególne uzasadnienie praktyczne mają badania zależności pomiędzy siłą mięśni kończyn dolnych a szybkością, skocznością czy zmianami kierunku biegu (*changes of direction – COD*) [Tourny-Chollet i wsp. 2000, Newman i wsp. 2004, Wisloff i wsp. 2004, Chamari i wsp. 2008, Lehance i wsp. 2009, Requena i wsp. 2009, Cotte i Chatard 2011, Morin i wsp. 2015, Barker i wsp. 2018, Coratella i wsp. 2018, Coratella i wsp. 2019, Kozinc i Sarabon 2022, Kabaciński i wsp. 2022]. Tego typu analizy mogą dostarczać obiektywnych informacji o stanie przygotowania motorycznego zawodników w różnych fazach struktury czasowej treningu, o skuteczności zastosowanych metod treningowych, a w konsekwencji – prowadzić do optymalizacji programów treningowych na różnych poziomach zaawansowania sportowego. Niektórzy autorzy zwracają uwagę, że w szczególności wyniki pomiarów skocznościowych (*jumping performance*) i mocy kończyn dolnych stanowią cenny wskaźnik diagnostyczny, gdyż sposób ich wykonywania jest bardzo zbliżony do czynności ruchowych zawodników podczas współzawodnictwa sportowego [Impellizzeri i wsp. 2007, Menzel i wsp. 2013]. Należy jednak zauważyć, że pomimo rosnącego zainteresowania tego typu badaniami – dostarczały one niespójnych danych. Podczas gdy niektórzy autorzy wskazywali na wysokie korelacje pomiędzy siłą mięśni kończyn dolnych a wysokością skoku [Malliou i wsp. 2003, Wisloff i wsp. 2004], według innych korelacje te były średnie i niskie [Lehance i wsp. 2009, Lehnert i wsp. 2013], a jeszcze inni nie potwierdzili żadnych związków [Cometti i wsp. 2001, Kabaciński i wsp. 2022]. Jako przyczyny niespójności wskazywano m.in.: dokonywanie pomiarów w różnych fazach rocznego cyklu szkoleniowego, zróżnicowany poziom zaawansowania sportowego zawodników, kwestie metodologiczne w zakresie pozycji i czynników technicznego wykonania próby (które mogły wpływać na długość mięśni i prędkość skurczu) [Malliou i wsp. 2003, McErlain-

Naylor i wsp. 2014, Kabaciński i wsp. 2022]. Interesujące może się wydawać to, że związki obserwowane między rozwijaną w warunkach izokinetycznych siłą prostowników i zginaczy stawu kolanowego a skocznością rosły wraz z prędkością kątową [Iossifidou i wsp. 2005, Lehnert i wsp. 2013, Mały i wsp. 2013, Menzel i wsp. 2013, Bulgan 2016], co sugeruje korzystniejsze możliwości predykcyjne tych zależności przy wyższych prędkościach kątowych. Przypuszcza się, że obserwowane wyższe wartości współczynnika korelacji przy wyższych prędkościach kątowych mogą być związane z rosnącą swoistością ruchu izokinetycznego w stawie kolanowym [Mały i wsp. 2013].

Większość sygnalizowanych badań odnosiła się do najczęściej wykorzystywanych testów skocznościowych, tj. *Counter Movement Jump* (CMJ) oraz *Squat Jump* (SJ). Nieliczne prace uwzględniały w swojej metodologii badań testy bazujące na kilkunastu–kilkudziesięciu powtórzeniach, które obrazowałyby wytrzymałość skocznościową. Należy podkreślić, że tego typu eksplozywne wysiłki towarzyszą zawodnikowi z różnymi interwałami przez 90 minut meczu [Requena i wsp. 2014]. Nieliczne dane odnoszą się również do kontroli postawy, która obok mocy i siły maksymalnej może istotnie wpływać na możliwości skocznościowe zawodnika [Jukić i wsp. 2007, Jallai i wsp. 2012]. Identyfikacja różnorodnych czynników i uwarunkowań nerwowo-mięśniowych, które wpływają na predyspozycje skocznościowe, może pozwolić na określenie bardziej szczegółowych strategii interwencji treningowych. Do tej pory przeprowadzono niewiele tego typu badań, podejmowanych wśród wysoko wytrenowanych młodych piłkarzy nożnych, co mocno ogranicza aplikację zawartych w nich danych w programach treningowych na poszczególnych poziomach szkolenia piłkarskiego.

Jednym z kluczowych elementów diagnostycznych przygotowania funkcjonalnego piłkarza nożnego jest kontrola równowagi [Paillard i Noe 2006, Hrysomallis 2011, Pau i wsp. 2015]. Jakkolwiek w literaturze przedmiotu istnieje szereg prac badających zależności pomiędzy poziomem kontroli równowagi a elastycznością, siłą i kontrolą nerwowo-mięśniową [Blackburn i wsp. 2000, Paillard i wsp. 2006, Bressel i wsp. 2007, Hrysomallis 2011, Ruiz-Perez i wsp. 2019], tylko niewiele publikacji opisuje te zależności wśród piłkarzy nożnych. Tasmektepligil [2016] odnotował niskie i umiarkowane korelacje między siłą mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego w warunkach izokinetycznych (przy różnych prędkościach kątowych) a zachowaniem równowagi wśród piłkarzy nożnych na poziomie amatorskim. Z badań Lockiego i wsp. [2013] wynika, że zawodnicy poziomu amatorskiego gier zespołowych (w tym piłkarze nożni) z lepszą równowagą dynamiczną, mierzoną za pomocą funkcjonalnego testu *Star Excursion*

Balance Test (SEBT), wykazywali większą siłę prostowników stawu kolanowego prawej nogi przy wszystkich badanych prędkościach kątowych. Z kolei Booyesen i wsp. [2015] odnotowali umiarkowane korelacje między siłą i mocą prostowników stawu kolanowego a równowagą dynamiczną (*Y-Balance Test*) w grupie piłkarzy na poziomie uniwersyteckim. W przeciwieństwie do tych ustaleń do tej pory nie udało się stwierdzić związków pomiędzy siłą prostowników stawu kolanowego a dynamiczną równowagą u profesjonalnych piłkarzy (prezentujących wysoki poziom mistrzostwa sportowego). Jedyne badania z tego zakresu z aktualnym stanem wiedzy [López-Valenciano i wsp. 2019] nie wykazały znaczącego wpływu siły prostowników i zginaczy stawu kolanowego na wyniki testu *Y-Balance* u zawodowych piłkarzy nożnych obojga płci. Dane te potwierdzają sygnalizowane badania Booyesena i wsp. [2015], którzy z kolei stwierdzili, że siła zginaczy i prostowników stawu kolanowego rozwijana podczas czynności ekscentrycznej również nie wykazała znaczącego wpływu na wyniki testu *Y-Balance*. Nieliczne dostępne badania z tego zakresu wskazują na zasadność poszukiwania związków między siłą prostowników i zginaczy stawu kolanowego a kontrolą równowagi wśród piłkarzy nożnych najwyższego poziomu sportowego.

Zaprezentowana problematyka badawcza wskazuje na potrzebę budowania modeli predykcyjnych pomiędzy siłą mięśniową rozwijaną w warunkach izokinetycznych a różnorodnymi elementami sprawności ogólnej, motorycznej, funkcjonalnej oraz kontroli posturalnej i równowagi, co znalazło uzasadnienie w czwartej (P-4) i piątej (P-5) publikacji. Lepsze zrozumienie związków między komponentami nerwowo-mięśniowymi a kontrolą równowagi może zoptymalizować istniejące programy treningowe związane z ich wzajemnym oddziaływaniem na wysoko wytrenowanych piłkarzy nożnych na różnych poziomach szkolenia.

Mając na uwadze wieloaspektowość i złożoność podejmowanej tematyki badawczej, zasadniczym celem cyklu publikacji uczyniono przedstawienie możliwości wykorzystania oceny siły mięśniowej rozwijanej w warunkach izokinetycznych w diagnostyce przygotowania motorycznego piłkarzy nożnych.

W ramach głównego celu badań postawiono pięć celów cząstkowych, realizowanych w kolejnych publikacjach cyklu.

1. Ocena wpływu zindywidualizowanego programu treningu oporowego na normalizację siły prostowników i zginaczy stawu kolanowego rozwijanej w warunkach izokinetycznych u młodych wysoko wytrenowanych piłkarzy nożnych (P-1).

2. Ocena zależności pomiędzy wybranymi wskaźnikami siły mięśniowej rozwijanej w warunkach izokinetycznych między zawodnikami reprezentującymi zróżnicowany poziom mistrzostwa sportowego w piłce nożnej (P-2).
3. Charakterystyka profilu siły mięśniowej rozwijanej w warunkach izokinetycznych u wysoko wytrenowanych piłkarzy nożnych zajmujących określone pozycje na boisku (P-3).
4. Ocena związków pomiędzy skocznością, siłą prostowników i zginaczy stawu kolanowego rozwijaną w warunkach izokinetycznych a kontrolą posturalną u młodych wysoko wytrenowanych piłkarzy nożnych (P-4).
5. Ocena związków między siłą prostowników i zginaczy stawu kolanowego rozwijaną w warunkach izokinetycznych a kontrolą równowagi w grupie profesjonalnych piłkarzy nożnych (P- 5).

Wyniki badań i ich omówienie

Publikacja (P-1)

Śliwowski Robert, Jadcak Łukasz, Hejna Rafał, Wieczorek Andrzej. (2015). The effects of individualized resistance strength programs on knee muscular imbalances in junior elite soccer players. PLoS One, 10 (12), 1-14. doi: 10.1371/journal.pone.0144021.

Celem badań była ocena wpływu zindywidualizowanego programu treningu oporowego na normalizację siły prostowników i zginaczy stawu kolanowego rozwijanej w warunkach izokinetycznych u młodych wysoko wytrenowanych piłkarzy nożnych. Przyjęto hipotezę badawczą zakładającą, że zindywidualizowany pod kątem deficytów i dysbalansów mięśniowych program treningu oporowego spowoduje normalizację wskaźników siły w warunkach izokinetycznych.

Na potrzeby niniejszego eksperymentu badawczego 24-osobowa grupa wysoko wytrenowanych młodych piłkarzy nożnych została podzielona na dwie podgrupy treningowe, realizujące odpowiedni program obciążeń siłowych: grupę kontrolną (RTCG – *resistance training control group*), złożoną z 10 zawodników, u których nie stwierdzono deficytów i dysbalansów mięśniowych, oraz grupę eksperymentalną (RTEG – *resistance training experimental group*), złożoną z 14 zawodników, u których stwierdzono deficyty

i dysbalanse mięśniowe. Wszyscy zawodnicy zostali poddani treningowi oporowemu, który był realizowany dwa razy w tygodniu przez sześć kolejnych tygodni okresu przygotowawczego. Program zindywidualizowanego treningu oporowego składał się z dwóch części. Pierwsza, identyczna pod względem doboru obciążeń treningowych, przeznaczona była dla obydwu grup treningowych i składała się z dwóch serii ćwiczeń obejmujących górne i dolne części ciała. Druga część programu, przeznaczona tylko dla grupy eksperymentalnej, składała się z dwóch dodatkowych serii ćwiczeń grup mięśniowych, w których zidentyfikowano deficyty (noga dominująca vs. noga niedominująca) i dysbalanse mięśniowe (agoniści vs. antagoniści).

Badania wykazały, że zindywidualizowany program treningu oporowego spowodował różnokierunkowy przebieg zmian siły rozwijanej w warunkach izokinetycznych w badanych grupach. W przypadku grupy kontrolnej (RTCG) statystycznie istotne zmiany dotyczyły głównie maksymalnego momentu siły prostowników stawu kolanowego (PT-Q) dla nogi dominującej ($p < 0,05$). Z kolei w odniesieniu do grupy eksperymentalnej (RTEG) statystycznie istotne zmiany zaobserwowano dla maksymalnego momentu siły zginaczy stawu kolanowego (PT-H) w obydwu nogach ($p < 0,05$), co z kolei spowodowało wzrost współczynnika H_{con}/Q_{con} . Warto odnotować, że statystycznie istotny wzrost tego wskaźnika ($p < 0,05$) odnotowano jedynie dla nogi dominującej. W żadnej z grup nie zaobserwowano statystycznie istotnych zmian w odniesieniu do różnic siły mięśniowej między nogami (*bilateral differences*).

Przeprowadzone badania wskazują, że zindywidualizowany program treningu oporowego może zapewnić dodatkowe korzyści w porównaniu z tradycyjnymi protokołami treningu siłowego, doprowadzając do redukcji nierównowagi mięśniowej u młodych piłkarzy nożnych, co potwierdziło przyjętą hipotezę badawczą.

Publikacja (P-2)

Robert Śliwowski, Jakub Marynowicz, Monika Grygorowicz, Andrzej Wieczorek, Łukasz Jadcak. (2021). Are there differences in concentric isokinetic strength performance profiles between international and non-international elite soccer players? **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 18 (1), 35, 1-10. doi: 10.3390/ijerph18010035.

Głównym celem badań była analiza porównawcza wybranych wskaźników siły mięśniowej rozwijanej w warunkach izokinetycznych u zawodników reprezentujących zróżnicowany poziom mistrzostwa sportowego w piłce nożnej. Jako dodatkowy cel pracy wskazano ocenę stanu symetrii siły mięśniowej w ujęciu bilateralnym i unilateralnym w porównywanych grupach zawodników.

Badania obejmowały 100 piłkarzy nożnych, spośród których 36 reprezentowało poziom międzynarodowy (wiek: $27,5 \pm 3,4$ roku; wysokość ciała: $181,8 \pm 5,1$ cm; masa ciała: $77,3 \pm 5,5$ kg; staż treningowy: 17,1 roku), a 64 – najwyższy poziom rozgrywkowy w Polsce bez doświadczenia międzynarodowego (wiek: $27,7 \pm 6,4$ roku; wysokość ciała: $182,3 \pm 2,7$ cm; masa ciała: $79,4 \pm 8,9$ kg; staż treningowy: 16,8 roku).

Zgodnie z aktualnym stanem wiedzy były to pierwsze tego typu badania eksplorujące na tak szeroką skalę ocenę izokinetycznej siły mięśniowej na tle poziomu sportowego w piłce nożnej.

Badania wykazały statystycznie istotne różnicowanie międzygrupowe w odniesieniu do maksymalnego momentu siły zginaczy (PT-H), pracy całkowitej zginaczy stawu kolanowego (TW-H) oraz współczynnika H_{con}/Q_{con} , gdzie średnie wartości uzyskiwane przez zawodników reprezentujących poziom międzynarodowy (IL) były wyższe w porównaniu z wartościami zawodników bez doświadczenia międzynarodowego (N-IL) (odpowiednio: $p = 0,006$, $p < 0,001$ i $p = 0,012$). Badania wykazały również statystycznie istotne różnice w przypadku maksymalnego momentu siły prostowników (PT-Q), maksymalnego momentu siły zginaczy (PT-H), pracy całkowitej prostowników (TW-Q) oraz pracy całkowitej zginaczy (TW-H) stawu kolanowego między nogami, gdzie średnie wartości odnotowane dla nogi dominującej (DL) były wyższe niż dla nogi niedominującej (NDL) w obydwu grupach (odpowiednio: $p = 0,021$, $p < 0,001$, $p = 0,006$ i $p = 0,004$). Inne wyniki pokazały, że zawodnicy reprezentujący poziom międzynarodowy prezentowali bardziej symetryczny rozkład siły poszczególnych grup mięśniowych w ujęciu bilateralnym (noga dominująca vs. noga niedominująca) w porównaniu z zawodnikami bez doświadczenia międzynarodowego.

Przeprowadzone badania wskazują, że największe różnice w zakresie siły mięśniowej rozwijanej w warunkach izokinetycznych u zawodników reprezentujących zróżnicowany poziom mistrzostwa sportowego w piłce nożnej dotyczą zginaczy stawu kolanowego.

Publikacja (P-3)

Robert Śliwowski, Monika Grygorowicz, Radosław Hojszyk, Łukasz Jadcak. (2017). The isokinetic strength profile of elite soccer players according to playing position. PLoS One, 12 (7), 1-13. doi: 10.1371/journal.pone.0182177.

Celem badań była ocena profilu siły mięśniowej rozwijanej w warunkach izokinetycznych u wysoko wytrenowanych piłkarzy nożnych zajmujących określone pozycje na boisku.

Badaniami objęto międzynarodową grupę 111 profesjonalnych zawodników reprezentujących najwyższy poziom rozgrywkowy w Polsce (wiek: 26 ± 5 lat; wysokość ciała: 181 ± 7 cm; masa ciała: 79 ± 8 kg). Siedemdziesięciu ośmiu zawodników (70% ogólnej liczby badanych) należało do seniorskich i młodzieżowych drużyn narodowych swoich krajów, głównie krajów europejskich (92%). Zawodnicy zostali podzieleni na sześć podgrup według zajmowanej pozycji na boisku: bramkarze ($n = 14$), środkowi obrońcy ($n = 18$), boczni obrońcy ($n = 14$), środkowi pomocnicy ($n = 30$), boczni pomocnicy ($n = 14$) oraz napastnicy ($n = 21$).

Badania wykazały, że wartości siły i wytrzymałości mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego rozwijanych w warunkach izokinetycznych wykazują znaczne zróżnicowanie u zawodników zajmujących określone pozycje na boisku. W odniesieniu do siły mięśniowej ustalono, że bramkarze i środkowi pomocnicy uzyskiwali niższe wartości maksymalnego momentu siły prostowników (PT-Q) oraz zginaczy (PT-H) stawu kolanowego w porównaniu z zawodnikami pozostałych pozycji na boisku. Nie stwierdzono natomiast statystycznie istotnego zróżnicowania międzygrupowego w odniesieniu do współczynnika H_{con}/Q_{con} . W przypadku PT-H, jak i współczynnika H_{con}/Q_{con} zaobserwowano natomiast statystycznie istotne różnice między nogami (adekwatnie $p = 0,011$ oraz $p = 0,032$), gdzie średnie wartości odnotowane dla nogi dominującej były wyższe niż dla nogi niedominującej. Badania wykazały także statystycznie istotne zróżnicowanie międzygrupowe wskaźników obrazujących wytrzymałość siłową. Średnie wartości pracy całkowitej prostowników stawu kolanowego (TW-Q) uzyskiwane przez bramkarzy były istotnie niższe w porównaniu z wartościami uzyskiwanymi przez środkowych obrońców oraz bocznych pomocników. Z kolei średnie wartości pracy całkowitej zginaczy stawu kolanowego (TW-H) uzyskiwane przez bramkarzy były istotnie niższe w porównaniu z wartościami uzyskiwanymi przez środkowych pomocników, środkowych obrońców oraz bocznych pomocników.

W przypadku wskaźników wytrzymałości siłowej (TW-Q i TW-H) nie stwierdzono statystycznie istotnego zróżnicowania między nogami.

Badania wykazały, że specyficzna aktywność funkcjonalna zawodników na poszczególnych pozycjach na boisku wpływa na zróżnicowany profil siły mięśniowej rozwijanej w warunkach izokinetycznych.

Publikacja (P-4)

Robert Śliwowski, Monika Grygorowicz, Andrzej Wieczorek, Łukasz Jadczyk. (2018). The relationship between jumping performance, isokinetic strength and dynamic postural control in elite youth soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58 (9), 1226-1233. doi: 10.23736/S0022-4707.17.07289-9.

Celem badań było określenie związków pomiędzy skocznością (*jumping performance*) a rozwijaną w warunkach izokinetycznych siłą prostowników i zginaczy stawu kolanowego oraz kontrolą posturalną u młodych piłkarzy nożnych.

Badaniami objęto 31-osobową grupę wysoko wytrenowanych młodych piłkarzy nożnych w wieku od 17 do 20 lat (wiek: $18,6 \pm 1,3$ roku; wysokość ciała: $1,78 \pm 0,74$ m; masa ciała: $73,1 \pm 6,8$ kg). Wszyscy uczestnicy badań byli zawodnikami czołowej akademii piłkarskiej w Polsce. Przeszło 1/3 z nich (35%) to reprezentanci kraju w młodzieżowych kategoriach wiekowych. Do oceny predyspozycji skocznościowych wykorzystano trzy rodzaje testów: *Counter Movement Jump* (CMJ), *Squat Jump* (SJ) oraz *30 second Jumping Test* (30 s). Test kontroli postawy (*postural control*) przeprowadzono z kolei przy użyciu *Delos Postural System Test* (DPST), w którym *postural priority* (PP) stanowi główny parametr opisujący kontrolę posturalną. Z kolei do oceny izokinetycznej siły mięśni stawu kolanowego posłużono się dynamometrem Biodex System 3.

Badania wykazały istotne związki pomiędzy siłą prostowników i zginaczy stawu kolanowego rozwijaną w warunkach izokinetycznych oraz kontrolą posturalną a skocznością. Ostateczny model liniowej analizy regresji obejmował maksymalny moment siły prostowników stawu kolanowego prawej nogi (PT-Q-RL) oraz *postural priority* tej samej nogi (PP-RL) stanowiących istotne predyktory skoczności w teście 30 s ($R^2 = 38\%$; $F(2,27) = 8,28$; $p = 0,002$), CMJ ($R^2 = 29\%$; $F(2,27) = 5,42$; $p = 0,011$) oraz SJ ($R^2 = 27\%$; $F(2,27) = 5,00$; $p = 0,014$). Jakkolwiek w każdym z tych testów

skocznościowych PP-RL wchodził do modelu regresji, udział tego parametru jedynie w teście 30 s wykazywał znamiona istotności statystycznej ($p = 0,040$).

Badania wykazały, że siła prostowników stawu kolanowego rozwijana w warunkach izokinetycznych oraz *postural priority* stanowią mogą istotne predyktory skoczności (*jumping performance*).

Publikacja (P-5)

Robert Śliwowski, Jakub Marynowicz, Łukasz Jadczyk, Monika Grygorowicz, Paweł Kalinowski, Thierry Paillard. (2021). The relationships between knee extensors/flexors strength and balance control in elite male soccer players. **PeerJ**, 9: e12461, 1-15. doi: 10.7717/peerj.12461.

Celem pracy była ocena związków między siłą prostowników i zginaczy stawu kolanowego rozwijaną w warunkach izokinetycznych a kontrolą równowagi w grupie profesjonalnych piłkarzy nożnych.

W pracy przyjęto dwie hipotezy badawcze: (a) siła mięśni kończyn dolnych jest związana z kontrolą równowagi, a zatem może być istotnym predyktorem kontroli równowagi; (b) dominacja nogi może wpływać na zachowanie równowagi w staniu jednonóż – dlatego założono, że noga niedominująca (jako noga podporowa, wspierająca ciało piłkarza) prezentuje wyższy poziom kontroli równowagi.

Badaniami objęto 77-osobową grupę profesjonalnych piłkarzy nożnych (wiek: $26,8 \pm 5,4$ roku; wysokość ciała: $183,3 \pm 6,3$ cm; masa ciała: $78,6 \pm 7,1$ kg) reprezentujących najwyższą klasę rozgrywkową w Polsce.

Badania wykazały, że zachodzi istotny związek między siłą prostowników i zginaczy stawu kolanowego a kontrolą równowagi. Ostateczny model hierarchicznej regresji wielokrotnej obejmował maksymalny moment siły zginaczy (PT-H) oraz maksymalny moment siły prostowników stawu kolanowego (PT-Q) w przypadku nogi niedominującej ($R^2 = 19,6\%$; $F(2,74) = 9,04$; $p \leq 0,001$) oraz wyłącznie maksymalny moment siły zginaczy stawu kolanowego (PT-H) w przypadku nogi dominującej ($R^2 = 11,3\%$; $F(1,75) = 9,52$; $p = 0,003$), stanowiące istotne czynniki prognostyczne kontroli równowagi. Uzyskane wyniki wskazują, że na kontrolę równowagi (w zależności od badanej nogi) znaczący wpływ ma maksymalny moment siły zginaczy (PT-H)

i prostowników (PT-Q) stawu kolanowego, jakkolwiek warto zaznaczyć, że predykcyjny wpływ prostowników na kontrolę równowagi był znacznie mniejszy w porównaniu z wpływem zginaczy. Należy również podkreślić, że predykcyjny wpływ sygnalizowanych grup mięśniowych był większy w nodze niedominującej. Badania nie wykazały istotnych różnic w poziomie kontroli równowagi między nogami.

Przeprowadzone badania potwierdziły pierwszą hipotezę badawczą mówiącą, że siła mięśni kończyn dolnych rozwijana w warunkach izokinetycznych jest związana z kontrolą równowagi, dlatego też może być zidentyfikowana jako istotny predyktor kontroli równowagi (*postural control performance*). Druga hipoteza została odrzucona, ponieważ wyniki badań nie dowiodły wpływu dominacji jednej z nóg na zachowanie równowagi.

Dyskusja

Badania izokinetyczne stanowią integralną część biomechanicznej oceny piłkarzy nożnych, umożliwiając szerokie zastosowanie w diagnostyce przygotowania motorycznego. Oddziaływanie aplikacyjne prezentowanych badań w praktyce treningu piłkarskiego dotyczy różnych obszarów przygotowania motorycznego: od identyfikacji deficytów i dysbalansów mięśniowych, oceny profilu siły mięśniowej u zawodników zróżnicowanych pod kątem poziomu sportowego i zajmowanej pozycji na boisku, po predykcję wybranych wskaźników izokinetycznych z różnorodnymi elementami kontroli nerwowo-mięśniowej i sprawności motorycznej. Odpowiednio wdrożone wyniki badań mogą mieć istotny wpływ na indywidualizację obciążeń treningowych oraz strategię treningowe pozwalające w konsekwencji na optymalizację procesu treningowego.

Główne ustalenia niniejszego cyklu publikacji są następujące: (1) indywidualizowane programy treningu oporowego mogą prowadzić do redukcji nierównowagi mięśniowej u młodych piłkarzy nożnych, (2) największe różnice w zakresie siły mięśniowej rozwijanej w warunkach izokinetycznych u zawodników reprezentujących zróżnicowany poziom mistrzostwa sportowego w piłce nożnej dotyczą zginaczy stawu kolanowego, (3) profil siły mięśniowej rozwijanej w warunkach izokinetycznych wykazuje znaczne zróżnicowanie wśród piłkarzy nożnych na poszczególnych pozycjach gry, (4) siła prostowników i zginaczy stawu kolanowego rozwijana w warunkach izokinetycznych oraz kontrola posturalna wykazują związki ze skocznością (*jumping performance*), (5) siła

mięśniowa prostowników i zginaczy stawu kolanowego rozwijana w warunkach izokinetycznych wykazuje związki z kontrolą równowagi.

Za kluczowy element diagnostyczny pomiarów izokinetycznych uznaje się ocenę nierównowagi siły mięśniowej w ujęciu bilateralnym (deficyty mięśniowe) oraz w ujęciu unilateralnym (dysbalans mięśniowy). Tego typu informacje pozwalają na podjęcie działań optymalizujących dobór obciążeń treningowych nie tylko w okresach przygotowawczych, ale w całym rocznym cyklu treningowym piłkarzy nożnych. Przywrócenie równowagi mięśniowej między agonistycznymi i antagonistycznymi grupami mięśni z jednej strony znacząco zmniejsza ryzyko kontuzji, z drugiej natomiast wpływa na sprawność motoryczną zawodnika w trakcie sezonu [Ardern i wsp. 2015].

Biorąc pod uwagę niniejsze przesłanki, przeprowadzono eksperyment badawczy (P- 1), w którym postawiono hipotezę, że eksperymentalny program treningowy zawierający ćwiczenia oporowe może przywrócić symetrię w zakresie siły mięśniowej rozwijanej w warunkach izokinetycznych wśród wysoko wytrenowanych młodych piłkarzy nożnych. To badanie wykazało, że zindywidualizowane programy treningu oporowego spowodowały różnokierunkowe zmiany w obu grupach treningowych. W grupie kontrolnej, w której stwierdzono normalizację siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego, zastosowane obciążenia wpłynęły przede wszystkim na zmiany w zakresie prostowników stawu kolanowego. Z kolei wprowadzenie dodatkowego, zindywidualizowanego programu ćwiczeń oporowych w grupie eksperymentalnej skutkowało dodatkowymi korzyściami w zakresie poprawy dysbalansów mięśniowych. Zmiany te dotyczyły głównie siły zginaczy stawu kolanowego, co z kolei przełożyło się na wzrost współczynnika H_{con}/Q_{con} . Może to wskazywać, że niższy poziom wykorzystania prostowników stawu kolanowego w rutynowym treningu młodych piłkarzy spowodował, iż ta grupa mięśni w krótkim czasie wykazywała wyższą reaktywność na dodatkowy zestaw ćwiczeń oporowych. Niestety, aplikowany program treningu siłowego nie wpłynął na korektę deficytów siły mięśniowej w ujęciu bilateralnym. Brak w pełni oczekiwanych efektów treningowych, zwłaszcza w zakresie sygnalizowanych deficytów mięśniowych, może mieć związek z ograniczonym czasem interwencji treningowej (6 tygodni). Dlatego też przyszłe badania powinny koncentrować się nie tylko na sterowaniu podstawowymi składowymi obciążeniami treningowymi, takimi jak intensywność i objętości, ale także na odpowiednio dobranej strategii redukcji nierównowagi, realizowanej oddzielnie względem deficytów i dysbalansów mięśniowych.

Problemy związane z korygowaniem nierównowagi mięśniowej w celu zmniejszenia ryzyka kontuzji, a także sam wpływ nierównowagi mięśniowej na występowanie kontuzji nie zostały dokładnie zbadane. Mimo wielu prób opracowania formuł predykcyjnych zwiększających dokładność wyznaczenia obciążenia w ćwiczeniach siłowych dolnych partii ciała, a w szczególności proporcji aktywacji antagonistycznych grup mięśni stawu kolanowego podczas tych ćwiczeń [Ebben i wsp. 2009, Wong i wsp. 2010], do tej pory nie wypracowano optymalnego wzorca ćwiczeń oporowych w tym zakresie, a w szczególności w zakresie aktywacji zginaczy stawu kolanowego. Wskazuje to, że potrzebne są dalsze badania longitudinalne w celu zbadania długotrwałego wpływu treningu piłki nożnej na relacje siły między prostownikami i zginaczami stawu kolanowego na różnych poziomach treningu piłkarskiego. Zauważono, że logicznie dobrany i ukierunkowany program obciążeń treningowych w zakresie kompensacji deficytów mięśniowych, poprzez regularnie stosowany program treningu oporowego w zespołach młodzieżowych, może być skuteczną metodą zmniejszania ryzyka urazu. Potwierdzają to wcześniejsze badania Igi i wsp. [2009], które sugerują, że włączenie treningu oporowego do programu ćwiczeń młodych piłkarzy może poprawić różne deficyty i dysbalanse mięśniowe. W kontekście naszych badań wydaje się, że wyrównywanie wszelkich dysproporcji mięśniowych w obrębie stawu kolanowego u wysoko wytrenowanych młodych zawodników powinno być procesem kompleksowym. Warto zaznaczyć, że proponowane tradycyjne programy treningu oporowego należy wspierać ćwiczeniami ekscentrycznymi jako element stałego reżimu treningowego podczas całego rocznego cyklu treningowego. Przyczyni się to nie tylko do wspomnianej skutecznej profilaktyki kontuzji, ale również zapewni optymalny rozwój potencjału funkcjonalnego i motorycznego zawodnika w kontekście wysokich wymagań w tym zakresie na poziomie piłki nożnej seniorskiej.

Jednym z ważniejszych obszarów działań diagnostycznych w ramach procesu przygotowania motorycznego piłkarza nożnego jest ocena profilu siły mięśniowej w warunkach izokinetycznych u zawodników reprezentujących zróżnicowany poziom mistrzostwa sportowego. Tego typu dane mogą dostarczać istotnych informacji w odniesieniu do procesów adaptacyjnych wynikających ze zróżnicowanego poziomu rywalizacji i treningu. Pomimo rosnącej popularności badań w tym zakresie nadal istnieje ogromne zapotrzebowanie na szczegółowe dane dotyczące identyfikacji tych zależności wśród zawodników reprezentujących najwyższy poziom mistrzostwa sportowego.

Przeprowadzone badania (P-2) wskazują, że największe różnice w poziomie siły mięśniowej rozwijanej w warunkach izokinetycznych między zawodnikami reprezentującymi poziom międzynarodowy a zawodnikami szczebla krajowego dotyczą zginaczy stawu kolanowego. Należy pokreślić, że ustalenie to odnosi się do wskaźników izokinetycznych charakteryzujących zarówno siłę, jak i wytrzymałość siłową. Interesujące może się wydawać, że nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w przypadku prostowników stawu kolanowego. Heterogeniczność międzygrupowa pod względem siły zginaczy stawu kolanowego może wynikać z różnic w adaptacjach treningowych i poziomie rywalizacji analizowanych zawodników. Głównym czynnikiem różnicującym profil siły mięśniowej badanych grup zawodników może być zatem kompleksowość realizowanego przez nich treningu siły mięśniowej. Wiele badań wskazuje, że na intensywność gry zawodnika podczas meczu istotny wpływ ma poziom wytrenowania [Krustrup i Bangsbo 2001] oraz rywalizacji sportowej [Reilly i wsp. 1996]. Współczesna piłka nożna staje się szybsza i bardziej dynamiczna, dlatego pokonywany dystans o wysokiej i bardzo wysokiej intensywności, jak i podczas meczu wzrastał wykładniczo w ostatnich latach [Barnes i wsp. 2014]. Thorpe i Sunderland [2012] wykazali, że półprofesjonalni zawodnicy pokonują zarówno mniejsze całkowite odległości, jak i całkowity dystans z dużymi prędkościami i sprintem. W zasadzie różnice te mogą generować różne adaptacje mięśniowe między zawodnikami reprezentującymi zróżnicowany poziom sportowy, zwłaszcza w odniesieniu do zginaczy stawu kolanowego. W rezultacie znacznie wyższe wartości PT-H i TW-H obserwowane w badaniach własnych u zawodników reprezentujących poziom międzynarodowy są prawdopodobnie wynikiem zwiększonej ekspozycji na grę. Większa liczba meczów rozgrywanych w trakcie sezonu (ponad 70) przez zawodników poziomu międzynarodowego, w porównaniu z zawodnikami szczebla krajowego, spowodowała znaczne zwiększenie objętości wykonywanych wysiłków o wysokiej intensywności, takich jak biegi z submaksymalną prędkością czy sprinty [Markovic i wsp. 2020]. Istnieje wiele dowodów wskazujących na związki korelacyjne między siłą zginaczy stawu kolanowego rozwijaną w warunkach izokinetycznych podczas czynności ekscentrycznej [Anderson i wsp. 1991, Ishoi i wsp. 2018, Markovic i wsp. 2020] i koncentrycznej [Anderson i wsp. 1991, Lehance i wsp. 2009] a szybkością. Morin i wsp. [2015] zwrócili uwagę na kluczową rolę zginaczy stawu kolanowego w wytwarzaniu siły „propulsywnej” podczas przyspieszania oraz ich ważną rolę w wytwarzaniu wymaganych momentów stawów podczas biegu z dużymi

prędkościami. W świetle tych ustaleń wysoce zalecany jest systematyczny trening siłowy wymienionych grup mięśni, niezależnie od poziomu sportowego zawodnika.

Ważnym wynikiem niniejszych badań było wykazanie statystycznie istotnego różnicowania międzygrupowego w odniesieniu do współczynnika H_{con}/Q_{con} . Wyższy poziom tego wskaźnika, wraz z większą siłą zginaczy stawu kolanowego w grupie zawodników reprezentujących poziom międzynarodowy może wskazywać na lepszą wydajność i równowagę siły mięśniowej, a także na większy potencjał stabilizacji mięśniowej stawu kolanowego u tych zawodników w porównaniu z zawodnikami reprezentującymi niższy poziom sportowy. Powszechnie przyjmuje się, że relatywnie wysoki poziom siły zginaczy stawu kolanowego może być zapobiegawczą strategią dla urazów mięśni kulszowo-goleniowych [Fousekis i wsp. 2011]. Zawodnicy poziomu międzynarodowego prezentowali także bardziej symetryczny rozkład siły poszczególnych grup mięśniowych w ujęciu unilateralnym, co wynikać może m.in. z większego przejawu obunożności w grze w stosunku do zawodników bez doświadczenia międzynarodowego. Dane te wskazują, że specyficzne schematy ruchowe występujące na najwyższym poziomie mistrzostwa sportowego mogą mieć bardziej zrównoważony i symetryczny charakter [Zakas 2006], co z kolei, prawdopodobnie, bezpośrednio przekłada się na wspomnianą efektywność całości kształtu przygotowania funkcjonalnego, motorycznego i sprawnościowego zawodników. Warto podkreślić, że większe asymetrie siły mięśniowej kończyn dolnych mogą negatywnie oddziaływać na zdolności skocznościowe, zwrotnościowe i moc wyjściową, a tym samym znacznie ograniczać potencjał sportowy zawodników [Bishop i wsp. 2018a]. Zatem symetria siły między kończynami wydaje się pożądana dla poprawy wyników w zakresie umiejętności specjalnych związanych z piłką nożną [Rouissi i wsp. 2016].

W omawiany kierunek działań optymalizujących proces treningowy dobrze wpisuje się kwestia oceny profilu siły mięśniowej rozwijanej w warunkach izokinetycznych zawodników zajmujących określone pozycje na boisku. Wobec zaawansowanej ostatnio specjalizacji gry pozycyjnej, a co za tym idzie – zróżnicowanego profilu motorycznego na danej pozycji gry [Vigh-Larsen i wsp. 2018], nabiera ona coraz większego znaczenia. Tego typu dane mogą mieć istotny wpływ na profilowanie zawodników na daną pozycję, jak i optymalizację strategii przygotowania motorycznego i funkcjonalnego w różnych fazach procesu treningowego. Jakkolwiek związki między izokinetyczną siłą mięśni u piłkarzy nożnych a wymaganiami funkcjonalnymi w grze nie są jasne, wydaje się, że specyficzna aktywność funkcjonalna zawodników na poszczególnych pozycjach na boisku może

wpływać na profil siły rozwijanej w warunkach izokinetycznych [Tourny-Chollet i wsp. 2000, Carvalho i Cabri 2007, Weber i wsp. 2010]. Badania własne (P-3) w dużej mierze potwierdziły te zależności, ujawniając znaczne zróżnicowanie profilu siły mięśniowej rozwijanej w warunkach izokinetycznych między zawodnikami zajmującymi poszczególne pozycje na boisku. Bramkarze i środkowi pomocnicy osiągnęli ogólnie niższy poziom maksymalnego momentu siły prostowników (PT-Q) i zginaczy (PT-H) stawu kolanowego w porównaniu z zawodnikami pozostałych pozycji na boisku. Warto podkreślić, że bramkarze uzyskiwali najniższe wartości większości analizowanych wskaźników izokinetycznych. Nie jest to oczywiste, ponieważ Ruas i wsp. [2015] wykazali w trakcie testów izokinetycznej siły mięśniowej, że maksymalny moment siły zginaczy i prostowników stawu kolanowego podczas czynności koncentrycznej jest wśród bramkarzy wyższy w porównaniu z zawodnikami zajmującymi pozostałe pozycje, z wyłączeniem jedynie środkowych obrońców. Wzorca takiego nie zaobserwowano dla zginaczy stawu kolanowego, które w tym badaniu były testowane podczas czynności ekscentrycznej. Wyjaśnieniem tego może być charakterystyka wysiłku startowego bramkarzy, wiążąca się z ograniczoną rolą grupy mięśni kulszowo-goleniowych ze względu na mniejszą liczbę wykonywanych sprintów biegów z wysoką intensywnością oraz hamowań, w porównaniu z pozostałymi zawodnikami [Schache i wsp. 2012]. Warto także zaznaczyć, że przywołana praca w swojej metodologii badań uwzględniała bezwzględne wartości analizowanych wskaźników izokinetycznych. Powszechnie wiadomo, że bramkarze charakteryzują się większą masą ciała w porównaniu z zawodnikami pozostałych pozycji na boisku [Sutton i wsp. 2009]. Z drugiej strony, obserwowane różnice w sile mięśniowej między środkowymi pomocnikami a pozostałymi zawodnikami pola gry można uzasadnić zbliżoną strukturą wysiłku meczowego realizowaną przez środkowych i bocznych obrońców, bocznych pomocników i napastników – składającą się głównie z krótkich, intensywnych, lecz bardziej przerywanych akcji (które znacząco angażują mięśnie stawu kolanowego) – w porównaniu ze środkowymi pomocnikami, których aktywność wykazuje cechy dłuższego i bardziej ciągłego działania (zawodnicy grający na tej pozycji muszą być cały czas „pod grą”) [Oliva-Lozano i wsp. 2020]. Warto podkreślić, że ustalenia te wpisują się w ogólny trend potwierdzony we wcześniejszych badaniach [Tourny-Chollet i wsp. 2000, Magalhaes i wsp. 2004, Carvalho i Cabri 2007, Weber i wsp. 2010, Costa Silva i wsp. 2015]. Mogłoby się wydawać, że ze względu na wspomniane znaczące różnice w zakresie wymagań funkcjonalnych w grze zawodnicy poszczególnych pozycji boiskowych będą

reprezentować różny poziom wytrzymałości mięśniowej. Badania własne wykazały, że średnie wartości pracy całkowitej prostowników stawu kolanowego (TW-Q) u bramkarzy były niższe niż u środkowych obrońców i bocznych pomocników, również średnie wartości pracy całkowitej zginaczy stawu kolanowego (TW-H) u bramkarzy były niższe niż u środkowych pomocników, środkowych obrońców i bocznych pomocników. Najwyższe z kolei średnie wartości TW-Q i TW-H uzyskali boczni pomocnicy – różnice te w odniesieniu do pozostałych pozycji pola gry nie wykazywały istotności statystycznej (zanotowano jedynie tendencję do istotności statystycznej między bocznymi pomocnikami a bocznymi obrońcami w odniesieniu do TW-H). Według Goularta i wsp. [2007], którzy uzyskali podobne w tym zakresie wyniki badań, brak większego zróżnicowania międzygrupowego może wynikać z tego, że trening wytrzymałości siłowej w klubach piłkarskich jest realizowany podobnie dla wszystkich zawodników. Naszym zdaniem, w kontekście stosowania nowoczesnych technologii treningowych, obciążenia te powinny być silnie zindywidualizowane pod względem poszczególnych przejawów siły mięśniowej (*strength performance*). Dlatego też niniejsze opracowanie może stanowić kluczowy element nurtu działań zmierzających do indywidualizacji procesu treningowego w piłce nożnej oraz strategii treningowych w zakresie przygotowania siłowego zawodników grających na poszczególnych pozycjach, jak też profilowania zawodników na określone pozycje. Jako że przeprowadzone badanie obejmowało profesjonalnych zawodników najwyższego szczebla rozgrywkowego w Polsce (z wieloma reprezentantami różnych krajów z całego świata) – uzyskane dane w zakresie pożądanego poziomu siły mięśniowej rozwijanej w warunkach izokinetycznych w piłce nożnej można traktować jako normatywne.

Do istotnych elementów diagnostycznych obszaru przygotowania motorycznego piłkarzy nożnych na różnych etapach szkolenia sportowego zaliczyć można badanie związków między różnorodnymi elementami sprawności ogólnej i specjalnej a wybranymi wskaźnikami siły mięśniowej rozwijanej w warunkach izokinetycznych. Badania tego typu zależności dostarczają z jednej strony ważnych danych normatywnych, z drugiej natomiast umożliwiają predykcję wybranych elementów sprawności układu nerwowo-mięśniowego na kontrolę równowagi, co w konsekwencji pozwala na wypracowanie protokołów i standardów treningowych w tym zakresie. Niniejszą tematykę badań podjęto w dwóch pracach cyklu (P-4 i P-5).

W pierwszej z nich (P-4) zbadano związki pomiędzy skocznością (*jumping performance*) a siłą prostowników i zginaczy stawu kolanowego rozwijaną w warunkach

izokinetycznych oraz kontrolą posturalną u młodych wysoko wytrenowanych piłkarzy nożnych. Zastosowana liniowa analiza modelu regresji wielokrotnej wskazała na maksymalny moment siły prostowników stawu kolanowego prawej nogi (PT-Q-RL) oraz *postural priority* tej samej nogi (PP-RL) jako istotne predyktory skoczności we wszystkich testach. Ujawniono szereg interesujących zależności. Pierwsza – pokazuje jako znaczący predyktor skoczności wśród piłkarzy nożnych udział prostowników stawu kolanowego. Jakkolwiek tendencja ta znajduje dość szerokie uzasadnienie w literaturze przedmiotu [Krizaj i wsp. 2019, Murtagh i wsp. 2018, Wilhelm i wsp. 2013], interesujące wydaje się, że we wszystkich opisanych modelach regresji znalazł się maksymalny moment siły prostowników stawu kolanowego prawej nogi (PT-Q-RL) uzyskiwany przy niższej prędkości kątowej, tj. $60^{\circ}\cdot s^{-1}$. Wyniki wielu badań dowodzą [Iossifidou i wsp. 2005, Lehnert i wsp. 2013, Mały i wsp. 2013, Menzel i wsp. 2013, Bulgan 2016], że prędkość kątowa, przy której wytwarzany jest maksymalny moment siły, stanowi kluczowy element określający zależność między siłą prostowników stawu kolanowego rozwijaną w warunkach izokinetycznych a wysokością skoku wertykalnego. Obecne ustalenia nie pozwalają na jednoznacznie stwierdzenie związków przyczynowo-skutkowych w tym zakresie. Wyniki prezentowanych badań wskazują, że zastosowanie pośredniej prędkości kątowej, tj. $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ może lepiej odzwierciedlać związki między siłą mięśniową rozwijaną w warunkach izokinetycznych a wysokością skoków wertykalnych u młodych piłkarzy nożnych. Druga z ujawnionych zależności wskazuje na znaczący udział, poza wskaźnikami izokinetycznymi, czynników odpowiedzialnych za kontrolę posturalną podczas wykonywania skoków. Szczególnie było to widoczne w teście 30-sekundowym, co może dowodzić, że w sekwencji kilkunastu następujących po sobie skoków kontrola posturalna nabiera większego znaczenia. Logiczny wydaje się zwiększony udział procesów kontroli równowagi w sekwencji następujących po sobie skoków w odniesieniu do pojedynczego skoku, który miał miejsce w trakcie wykonywania *Counter Movement Jump* (CMJ) czy *Squat Jump* (SJ). Z kolei udział we wszystkich modelach regresji *postural priority* prawej nogi (która u 88% badanych zawodników była nogą dominującą) wskazywać może na lepszą koordynację nerwowo-mięśniową tej nogi. Noga dominująca w piłce nożnej, w przeciwieństwie do nogi podporowej (niedominującej), jest częściej wykorzystywana w wykonywaniu wszelkich czynności z piłką – jest więc bardziej precyzyjna [Lehnert i wsp. 2013]. Warto podkreślić, że wysoka niestabilność wykonywanych czynności ruchowych z piłką i bez piłki generuje u piłkarzy nożnych szczególnie poziom kontroli posturalnej i dokładnego ustawienia stawów kończyn dolnych, co może bezpośrednio

wpływać na efektywność repozycji stawów. Wydaje się jednak, że poprawa kontroli posturalnej młodych piłkarzy nożnych może znacząco wpłynąć nie tylko na skoczność, ale na wszelkie inne wzorce ruchowe, na których oparta jest piłka nożna.

W pracy P-5 dokonano z kolei oceny związków między siłą prostowników i zginaczy stawu kolanowego w warunkach izokinetycznych a kontrolą równowagi mierzoną za pomocą *Delos Postural System Test* (DPST) w grupie profesjonalnych piłkarzy nożnych. Zgodnie z aktualnym stanem wiedzy były to pierwsze tego typu badania. Do modelu regresji wielokrotnej wykonanej metodą hierarchiczną włączono maksymalny moment siły zginaczy (PT-H) i prostowników (PT-Q) stawu kolanowego w przypadku nogi niedominującej oraz wyłącznie maksymalny moment siły zginaczy (PT-H) stawu kolanowego w przypadku nogi dominującej jako istotne czynniki prognostyczne kontroli równowagi podczas stania na jednej nodze. Wyniki badań wskazują, że na kontrolę równowagi w zależności od badanej nogi znaczący wpływ ma maksymalny moment siły zginaczy i prostowników stawu kolanowego, choć warto zaznaczyć, że był on znacznie mniejszy w przypadku prostowników niż zginaczy. Należy również podkreślić, że wpływ sygnalizowanych grup mięśniowych na kontrolę równowagi był większy w nodze niedominującej. Wydaje się, że noga niedominująca u piłkarzy nożnych wymaga większej wrażliwości na kontrolę równowagi w porównaniu z nogą dominującą, co objawia się zwiększoną aktywnością mięśni, zarówno zginaczy, jak i prostowników stawu kolanowego. Biorąc pod uwagę te wyniki, można wnioskować, że profilaktyczne programy treningowe powinny być ukierunkowane na utrzymanie odpowiedniej równowagi między prostownikami i zginaczami stawu kolanowego – głównie poprzez wzmocnienie zginaczy w obydwóch nogach (niezależnie od zwiększonego ryzyka uszkodzenia mięśni w przypadku braku równowagi między prostownikami i zginaczami stawu kolanowego, ponieważ naturalnie mięsień czworogłowy uda jest znacznie silniejszy niż mięśnie kulszowo-goleniowe) [Correia i wsp. 2020]. Co więcej, programy treningowe powinny również niezależnie od tych interwencji obejmować ćwiczenia równowagi w zmienionych warunkach sensorycznych (dla każdego układu sensorycznego, tj. wzrokowego, somatosensorycznego i przedsionkowego). Kluczową rolę w tym zakresie będzie spełniał tzw. trening proprioceptywny, który stanowi nie tylko podstawę kontroli równowagi i szeroko rozumianych działań prewencyjnych w zapobieganiu kontuzji, ale również kształtowania wzorców ruchowych, na których oparta jest dana dyscyplina sportu [Riva i wsp. 2016]. Wreszcie rozwój szeregu innych właściwości układu nerwowo-mięśniowego wpłynąłby na lepszą kontrolę równowagi u piłkarzy nożnych, a zatem

konieczne są dalsze badania, aby pełniej ustalić związki między siłą prostowników/zginaczy stawu kolanowego a różnymi aspektami kontroli równowagi. Ta wiedza umożliwiłaby klinicytom i praktykom sportowym opracowanie bardziej skutecznych i zindywidualizowanych programów treningowych, potencjalnie wpływając na poprawę wyniku sportowego i zmniejszając ryzyko kontuzji.

Przeprowadzony cykl badań uzasadnia aplikację pomiaru siły mięśniowej w warunkach izokinetycznych jako integralnego elementu kompleksowej oceny biomechanicznej zawodnika. Informacje uzyskane dzięki diagnostyce izokinetycznej mogą prowadzić do optymalizacji procesu treningowego zarówno w obszarze podnoszenia potencjału motorycznego zawodników, jak i prewencji urazowości.

Za główne ograniczenie niniejszego cyklu publikacji należy uznać procedury pomiarowe siły w warunkach izokinetycznych oparte wyłącznie na analizie czynności koncentrycznej badanych mięśni. Dodatkowo ustalenie poziomu maksymalnego momentu siły zginaczy stawu kolanowego (PT-H) podczas czynności ekscentrycznej mięśni mogłoby nie tylko ujawnić interesujące zależności między koncentryczną i ekscentryczną czynnością PT-H, ale także umożliwić obliczenie tzw. *dynamic control ratio* (H_{ecc}/Q_{con}), co pozwoliłoby uzyskać pełny raport o profilu mięśniowym piłkarzy nożnych.

Atutem niniejszego cyklu publikacji jest dobór zawodników odznaczających się najwyższym poziomem sportowym, z wieloma reprezentantami poszczególnych krajów (głównie europejskich), zarówno wśród badanych seniorów, jak i młodzieżowców (wyłącznie Reprezentacji Polski). Tego typu dane rzadko trafiają do przestrzeni rozważań naukowych – tym bardziej wzrasta wartość aplikacyjna podjętych badań własnych. Zgodnie z aktualnym stanem wiedzy, badania związków pomiędzy wskaźnikami siły rozwijanej w warunkach izokinetycznych a wybranymi elementami kontroli posturalnej i równowagi, które odbywało się przy użyciu *Delos Postural System Test*, były pierwszymi tego typu pracami. Warto także podkreślić, że wszystkie badania zostały zrealizowane w laboratorium badawczym posiadającym certyfikat *FIFA Medical Centre of Excellence*.

Konkluzje i wnioski z prowadzonych badań

1. Zindywidualizowany program treningu oporowego prowadzi do normalizacji nierównowagi mięśniowej u młodych piłkarzy nożnych. Dlatego programy treningowe powinny koncentrować się nie tylko na sterowaniu podstawowymi składowymi obciążeniami treningowymi, ale także na odpowiednio dobranej strategii normalizacji

nierównowagi, realizowanej oddzielnie zarówno względem deficytów, jak i dysbalansów mięśniowych.

2. Największe różnice w poziomie izokinetycznej siły mięśniowej między zawodnikami reprezentującymi zróżnicowany poziom mistrzostwa sportowego w piłce nożnej obserwuje się w zginaczach stawu kolanowego. Zalecany jest zatem systematyczny trening siłowy tych grup mięśni, niezależnie od poziomu sportowego zawodnika.
3. Specyficzna aktywność funkcjonalna zawodników na poszczególnych pozycjach na boisku wykazuje związek ze zróżnicowanym profilem izokinetycznej siły mięśniowej. Ustalenie to może stanowić kluczowy element nurtu działań zmierzających do indywidualizacji procesu treningowego w piłce nożnej oraz strategii przygotowawczych w zakresie przygotowania siłowego zawodników na poszczególnych pozycjach, jak też w kontekście profilowania zawodników na daną pozycję.
4. Izokinetyczna siła prostowników stawu kolanowego oraz kontrola posturalna stanowią istotne predyktory skoczności (*jumping performance*). Identyfikacja różnorodnych czynników nerwowo-mięśniowych, które wpływają na predyspozycje skocznościowe, może pozwolić na określenie bardziej szczegółowych strategii interwencji treningowych u wysoko wytrenowanych młodych piłkarzy nożnych.
5. Izokinetyczna siła prostowników i zginaczy stawu kolanowego jest związana z kontrolą równowagi, dlatego może stanowić istotny predyktor kontroli równowagi (*balance control performance*). Ustalenie związków między czynnikami nerwowo-mięśniowymi a kontrolą równowagi pozwoli zoptymalizować istniejące programy treningowe związane z ich wzajemnym oddziaływaniem u profesjonalnych piłkarzy nożnych.

Piśmiennictwo (wykorzystane do opisu cyklu publikacji)

- Amiri-Khorasani M, Abu Osman NA, Yusof A. 2011. Acute Effect of Static and Dynamic Stretching on Hip Dynamic Range of Motion During Instep Kicking in Professional Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 25:1647–1652. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181db9f41.
- Anderson MA, Gieck JH, Perrin D, Weltman A, Rutt R, Denegar C. 1991. The Relationships among Isometric, Isotonic, and Isokinetic Concentric and Eccentric Quadriceps and Hamstring Force and Three Components of Athletic Performance. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 14:114–120. DOI: 10.2519/jospt.1991.14.3.114.
- Arden CL, Pizzari T, Wollin MR, Webster KE. 2015. Hamstrings Strength Imbalance in Professional Football (Soccer) Players in Australia. *Journal of Strength and Conditioning Research* 29:997–1002. DOI: 10.1519/JSC.0000000000000747.

- Arnason A, Andersen TE, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. 2008. Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 18:40–48. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2006.00634.x.
- Askling C, Karlsson J, Thorstensson A. 2003. Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 13:244–250. DOI: 10.1034/j.1600-0838.2003.00312.x.
- Ayala F, Calderón-López A, Delgado-Gosálbez JC, Parra-Sánchez S, Pomares-Noguera C, Hernández-Sánchez S, López-Valenciano A, De Ste Croix M. 2017. Acute Effects of Three Neuromuscular Warm-Up Strategies on Several Physical Performance Measures in Football Players. *PLOS ONE* 12:e0169660. DOI: 10.1371/journal.pone.0169660.
- Baltzopoulos V, Brodie DA. 1989. Isokinetic Dynamometry: Applications and Limitations. *Sports Medicine* 8:101–116. DOI: 10.2165/00007256-198908020-00003.
- Barker LA, Harry JR, Mercer JA. 2018. Relationships Between Countermovement Jump Ground Reaction Forces and Jump Height, Reactive Strength Index, and Jump Time. *Journal of Strength and Conditioning Research* 32:248–254. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002160.
- Barnes C, Archer D, Hogg B, Bush M, Bradley P. 2014. The Evolution of Physical and Technical Performance Parameters in the English Premier League. *International Journal of Sports Medicine* 35:1095–1100. DOI: 10.1055/s-0034-1375695.
- Beato M, Maroto-Izquierdo S, Turner AN, Bishop C. 2021. Implementing Strength Training Strategies for Injury Prevention in Soccer: Scientific Rationale and Methodological Recommendations. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 16:456–461. DOI: 10.1123/ijsp.2020-0862.
- Bell DR, Sanfilippo JL, Binkley N, Heiderscheid BC. 2014. Lean mass asymmetry influences force and power asymmetry during jumping in collegiate athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research* 28:884–891. DOI: 10.1519/JSC.0000000000000367.
- Bishop C, Turner A, Read P. 2018a. Training Methods and Considerations for Practitioners to Reduce Interlimb Asymmetries. *Strength & Conditioning Journal* 40:40–46. DOI: 10.1519/SSC.0000000000000354.
- Bishop C, Turner A, Read P. 2018b. Effects of inter-limb asymmetries on physical and sports performance: a systematic review. *Journal of Sports Sciences* 36:1135–1144. DOI: 10.1080/02640414.2017.1361894.
- Blackburn T, Guskiewicz KM, Petschauer MA, Prentice WE. 2000. Balance and Joint Stability: The Relative Contributions of Proprioception and Muscular Strength. *Journal of Sport Rehabilitation* 9:315–328. DOI: 10.1123/jsr.9.4.315.
- Bonetti LV, Floriano LL, dos Santos TA, Segalla FM, Biondo S, Tadiello GS. 2017. Isokinetic performance of knee extensors and flexors in adolescent male soccer athletes. *Sport Sciences for Health* 13:315–321. DOI: 10.1007/s11332-017-0360-y.
- Booyesen MJ, Gradidge PJ-L, Watson E. 2015. The relationships of eccentric strength and power with dynamic balance in male footballers. *Journal of Sports Sciences* 33:2157–2165. DOI: 10.1080/02640414.2015.1064152.
- Bressel E, Yonker JC, Kras J, Heath EM. 2007. Comparison of static and dynamic balance in female collegiate soccer, basketball, and gymnastics athletes. *Journal of Athletic Training* 42:42–46.
- Bulgan C. 2016. The Relationship between Isokinetic Knee Strength and Squat Jump Performance. *The Anthropologist* 24:440–444. DOI: 10.1080/09720073.2016.11892036.
- Carvalho P, Cabri J. 2007. Avaliacao isocinetica da forca dos musculos da coxa dos futebolistas. *Rev Port Fisiot Desporto* 1(2):4–13.
- Chamari K, Chaouachi A, Hambli M, Kaouech F, Wisløff U, Castagna C. 2008. The Five-Jump Test for Distance as a Field Test to Assess Lower Limb Explosive Power in Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 22:944–950. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31816a57c6.
- Clark R, Bryant A, Culgan J-P, Hartley B. 2005. The effects of eccentric hamstring strength training on dynamic jumping performance and isokinetic strength parameters: a pilot study on the implications for the prevention of hamstring injuries. *Physical Therapy in Sport* 6:67–73. DOI: 10.1016/j.ptsp.2005.02.003.
- Cometti G, Maffiuletti NA, Pousson M, Chatard J-C, Maffulli N. 2001. Isokinetic Strength and Anaerobic Power of Elite, Subelite and Amateur French Soccer Players. *International Journal of Sports Medicine* 22:45–51. DOI: 10.1055/s-2001-11331.
- Coombs R, Garbutt G. 2002. Developments in the use of the hamstring/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. *Journal of Sports Science & Medicine* 1:56–62.
- Coratella G, Beato M, Cè E, Scurati R, Milanese C, Schena F, Esposito F. 2019. Effects of in-season enhanced negative work-based vs traditional weight training on change of direction and hamstrings-

- to-quadriceps ratio in soccer players. *Biology of Sport* 36:241–248. DOI: 10.5114/biolsport.2019.87045.
- Coratella G, Beato M, Schena F. 2016. The specificity of the Loughborough Intermittent Shuttle Test for recreational soccer players is independent of their intermittent running ability. *Research in Sports Medicine* 24:363–374. DOI: 10.1080/15438627.2016.1222279.
- Coratella G, Beato M, Schena F. 2018. Correlation between quadriceps and hamstrings inter-limb strength asymmetry with change of direction and sprint in U21 elite soccer-players. *Human Movement Science* 59:81–87. DOI: 10.1016/j.humov.2018.03.016.
- Correia P, Santos P, Mil-Homens P, Gomes M, Dias A, Valamatos MJ. 2020. Rapid hamstrings to quadriceps ratio at long muscle lengths in professional football players with previous hamstring strain injury. *European Journal of Sport Science* 20:1405–1413. DOI: 10.1080/17461391.2020.1714741.
- Costa Silva JRL, Detanico D, Dal Pupo J, Freitas CD la R. 2015. Assimetria bilateral no torque isocinético do joelho e tornozelo em jogadores de futebol da categoria sub 20. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano* 17:195. DOI: 10.5007/1980-0037.2015v17n2p195.
- Cotte T, Chatard J-C. 2011. Isokinetic strength and sprint times in English Premier League Football Players. *Biol Sport* 28:89–94.
- Croisier J-L, Ganteaume S, Binet J, Genty M, Ferret J-M. 2008. Strength Imbalances and Prevention of Hamstring Injury in Professional Soccer Players: A Prospective Study. *The American Journal of Sports Medicine* 36:1469–1475. DOI: 10.1177/0363546508316764.
- Daneshjoo A, Mokhtar AH, Rahnama N, Yusof A. 2012a. The Effects of Injury Preventive Warm-Up Programs on Knee Strength Ratio in Young Male Professional Soccer Players. *PLoS ONE* 7:e50979. DOI: 10.1371/journal.pone.0050979.
- Daneshjoo A, Mokhtar AH, Rahnama N, Yusof A. 2012b. The Effects of Comprehensive Warm-Up Programs on Proprioception, Static and Dynamic Balance on Male Soccer Players. *PLoS ONE* 7:e51568. DOI: 10.1371/journal.pone.0051568.
- Daneshjoo A, Rahnama N, Mokhtar AH, Yusof A. 2013. Bilateral and Unilateral Asymmetries of Isokinetic Strength and Flexibility in Male Young Professional Soccer Players. *Journal of Human Kinetics* 36:45–53. DOI: 10.2478/hukin-2013-0005.
- Dauty M, Potiron-Josse M, Rochcongar P. 2003. Identification of previous hamstring muscle injury by isokinetic concentric and eccentric torque measurement in elite soccer player. *Isokinetics and Exercise Science* 11:139–144. DOI: 10.3233/IES-2003-0140.
- DeLang MD, Rouissi M, Bragazzi NL, Chamari K, Salamh PA. 2019. Soccer Footedness and Between-Limbs Muscle Strength: Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 14:551–562. DOI: 10.1123/ijsp.2018-0336.
- Dello Iacono A, Padulo J, Ayalon M. 2016. Core stability training on lower limb balance strength. *Journal of Sports Sciences* 34:671–678. DOI: 10.1080/02640414.2015.1068437.
- Denadai BS, de Oliveira FBD, Camarda SR de A, Ribeiro L, Greco CC. 2016. Hamstrings-to-quadriceps strength and size ratios of male professional soccer players with muscle imbalance. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 36:159–164. DOI: 10.1111/cpf.12209.
- Di Salvo V, Baron R, Tschan H, Calderon Montero F, Bachl N, Pigozzi F. 2007. Performance Characteristics According to Playing Position in Elite Soccer. *International Journal of Sports Medicine* 28:222–227. DOI: 10.1055/s-2006-924294.
- van Dyk N, Witvrouw E, Bahr R. 2018. Interseason variability in isokinetic strength and poor correlation with Nordic hamstring eccentric strength in football players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 28:1878–1887. DOI: 10.1111/sms.13201.
- Ebben WP. 2009. Hamstring activation during lower body resistance training exercises. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 4:84–96. DOI: 10.1123/ijsp.4.1.84.
- Emery CA, Meeuwisse WH. 2010. The effectiveness of a neuromuscular prevention strategy to reduce injuries in youth soccer: a cluster-randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine* 44:555–562. DOI: 10.1136/bjism.2010.074377.
- English R, Brannock M, Chik WT, Eastwood LS, Uhl T. 2006. The Relationship between Lower Extremity Isokinetic Work and Single-Leg Functional Hop-Work Test. *Journal of Sport Rehabilitation* 15:95–104. DOI: 10.1123/jsr.15.2.95.
- Ergün M, İşlegen Ç, Taşkıran E. 2004. A Cross-Sectional Analysis of Sagittal Knee Laxity and Isokinetic Muscle Strength in Soccer Players. *International Journal of Sports Medicine* 25:594–598. DOI: 10.1055/s-2004-821116.
- Eustace SJ, Page RM, Greig M. 2019. Isokinetic strength differences between elite senior and youth female soccer players identifies training requirements. *Physical Therapy in Sport* 39:45–51. DOI: 10.1016/j.ptsp.2019.06.008.

- Exell T, Irwin G, Gittoes M, Kerwin D. 2017. Strength and performance asymmetry during maximal velocity sprint running. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 27:1273–1282. DOI: 10.1111/sms.12759.
- FIFPRO. 2019. Football Players Worldwide. At the limit. Player workload in elite professional men's football. <https://www.fifpro.org/media/bffctr1/at-the-limit.pdf>.
- Fonseca ST, Ocarino JM, Silva PLP, Bricio RS, Costa CA, Wanner LL. 2007. Characterization of professional soccer players' muscle performance. *Rev. Bras. Med. Esporte* 13:125e–129e.
- Forbes H, Bullers A, Lovell A, McNaughton LR, Polman RC, Siegler JC. 2009. Relative torque profiles of elite male youth footballers: effects of age and pubertal development. *International Journal of Sports Medicine* 30:592–597. DOI: 10.1055/s-0029-1202817.
- Fousekis K, Tsepis E, Poulmedis P, Athanasopoulos S, Vagenas G. 2011. Intrinsic risk factors of non-contact quadriceps and hamstring strains in soccer: a prospective study of 100 professional players. *British Journal of Sports Medicine* 45:709–714. DOI: 10.1136/bjism.2010.077560.
- Fousekis K, Tsepis E, Vagenas G. 2010a. Lower limb strength in professional soccer players: profile, asymmetry, and training age. *Journal of Sports Science & Medicine* 9:364–373.
- Fousekis K, Tsepis E, Vagenas G. 2010b. Multivariate isokinetic strength asymmetries of the knee and ankle in professional soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 50:465–474.
- Gkrilias P, Zavvos A, Fousekis K, Billis E, Matzaroglou C, Tsepis E. 2018. Dynamic balance asymmetries in pre-season injury-prevention screening in healthy young soccer players using the Modified Star Excursion Balance Test—a pilot study. *Journal of Physical Therapy Science* 30:1141–1144. DOI: 10.1589/jpts.30.1141.
- Greco CC, da Silva WL, Camarda SRA, Denadai BS. 2013. Fatigue and rapid hamstring/quadriceps force capacity in professional soccer players. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 33:18–23. DOI: 10.1111/j.1475-097X.2012.01160.x.
- Goulart LF, Dias RMR, Altimari LR. 2007. Isokinetic force of under-twenties soccer players: Comparison of players in different field positions. *Rev Bras Cineantrop Desempenho Hum* 9(2):165–169.
- Grygorowicz M, Michałowska M, Walczak T, Owen A, Grabski JK, Pyda A, Piontek T, Kotwicki T. 2017. Discussion about different cut-off values of conventional hamstring-to-quadriceps ratio used in hamstring injury prediction among professional male football players. *PLOS ONE* 12:e0188974. DOI: 10.1371/journal.pone.0188974.
- Gür H, Akova B, Pündük Z, Küçükoğlu S. 2007. Effects of age on the reciprocal peak torque ratios during knee muscle contractions in elite soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 9:81–87. DOI: 10.1111/j.1600-0838.1999.tb00213.x.
- Häglund M, Waldén M, Ekstrand J. 2013. Risk Factors for Lower Extremity Muscle Injury in Professional Soccer: The UEFA Injury Study. *The American Journal of Sports Medicine* 41:327–335. DOI: 10.1177/0363546512470634.
- Hart NH, Nimphius S, Weber J, Spiteri T, Rantalainen T, Dobbin M, Newton RU. 2016. Musculoskeletal Asymmetry in Football Athletes: A Product of Limb Function over Time. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 48:1379–1387. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000897.
- Heiser TM, Weber J, Sullivan G, Clare P, Jacobs RR. 1984. Prophylaxis and management of hamstring muscle injuries in intercollegiate football players. *The American Journal of Sports Medicine* 12:368–370. DOI: 10.1177/036354658401200506.
- Hoffman JR, Ratamess NA, Klatt M, Faigenbaum AD, Kang J. 2007. Do Bilateral Power Deficits Influence Direction-Specific Movement Patterns? *Research in Sports Medicine* 15:125–132. DOI: 10.1080/15438620701405313.
- Holcomb WR, Rubley MD, Lee HJ, Guadagnoli MA. 2007. Effect of hamstring-emphasized resistance training on hamstring:quadriceps strength ratios. *Journal of Strength and Conditioning Research* 21:41–47. DOI: 10.1519/R-18795.1.
- Hrysomallis C. 2011. Balance Ability and Athletic Performance. *Sports Medicine* 41:221–232. DOI: 10.2165/11538560-000000000-00000.
- Iga J, George K, Lees A, Reilly T. 2009. Cross-sectional investigation of indices of isokinetic leg strength in youth soccer players and untrained individuals. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 19:714–719. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2008.00822.x.
- Impellizzeri FM, Bizzini M, Rampinini E, Cereda F, Maffiuletti NA. 2008. Reliability of isokinetic strength imbalance ratios measured using the Cybex NORM dynamometer. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 28:113–119. DOI: 10.1111/j.1475-097X.2007.00786.x.
- Impellizzeri FM, Rampinini E, Maffiuletti N, Marcora SM. 2007. A Vertical Jump Force Test for Assessing Bilateral Strength Asymmetry in Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 39:2044–2050. DOI: 10.1249/mss.0b013e31814fb55c.

- Iossifidou A, Baltzopoulos V, Giakas G. 2005. Isokinetic knee extension and vertical jumping: Are they related? *Journal of Sports Sciences* 23:1121–1127. DOI: 10.1080/02640410500128189.
- Ishøi L, Hölmich P, Aagaard P, Thorborg K, Bandholm T, Serner A. 2018. Effects of the Nordic Hamstring exercise on sprint capacity in male football players: a randomized controlled trial. *Journal of Sports Sciences* 36:1663–1672. DOI: 10.1080/02640414.2017.1409609.
- Jallai T, Erelina J, Kums T, Aibast H, Gapeyeva H, Pääsuke M. 2012. Postural control and vertical jumping performance in adolescent and adult male basketball players. *Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis* 17:89. DOI: 10.12697/akut.2011.17.07.
- Jenkins NDM, Hawkey MJ, Costa PB, Fiddler RE, Thompson BJ, Ryan ED, Smith D, Sobolewski EJ, Conchola EC, Akehi K, Cramer JT. 2013. Functional hamstrings: quadriceps ratios in elite women's soccer players. *Journal of Sports Sciences* 31:612–617. DOI: 10.1080/02640414.2012.742958.
- Jukić I, Milanović D, Šimek S. (2007). The effects of proprioceptive training on jumping and agility performance. *Kinesiology*, 39(2):131–141. URL: <https://hrcak.srce.hr/file/34523>.
- Junge A, Rösch D, Peterson L, Graf-Baumann T, Dvorak J. 2002. Prevention of Soccer Injuries: A Prospective Intervention Study in Youth Amateur Players. *The American Journal of Sports Medicine* 30:652–659. DOI: 10.1177/03635465020300050401.
- Kabacinski J, Szozda PM, Mackala K, Murawa M, Rzepnicka A, Szewczyk P, Dworak LB. 2022. Relationship between Isokinetic Knee Strength and Speed, Agility, and Explosive Power in Elite Soccer Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19:671. DOI: 10.3390/ijerph19020671.
- Kozinc Ž, Šarabon N. 2022. Measurements of Lower-limb Isometric Single-joint Maximal Voluntary Torque and Rate of Torque Development Capacity Offer Limited Insight into Vertical Jumping Performance. *Measurement in Physical Education and Exercise Science* 26:15–26. DOI: 10.1080/1091367X.2021.1937176.
- Križaj J, Rauter S, Vodičar J, Hadžić V, Šimenko J. 2019. Predictors of vertical jumping capacity in soccer players. *Isokinetics and Exercise Science* 27:9–14. DOI: 10.3233/IES-182138.
- Krustrup P, Bangsbo J. 2001. Physiological demands of top-class soccer refereeing in relation to physical capacity: effect of intense intermittent exercise training. *Journal of Sports Sciences* 19:881–891. DOI: 10.1080/026404101753113831.
- Kyritsis P, Bahr R, Landreau P, Miladi R, Witvrouw E. 2016. Likelihood of ACL graft rupture: not meeting six clinical discharge criteria before return to sport is associated with a four times greater risk of rupture. *British Journal of Sports Medicine* 50:946–951. DOI: 10.1136/bjssports-2015-095908.
- Lehance C, Binet J, Bury T, Croisier JL. 2009. Muscular strength, functional performances and injury risk in professional and junior elite soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 19:243–251. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2008.00780.x.
- Lehnert M, Svoboda Z, Cuberek R. 2013. The correlation between isokinetic strength of knee extensors and vertical jump performance in adolescent soccer players in an annual training cycle. *Acta Gymnica* 43:7–15. DOI: 10.5507/ag.2013.001.
- Lockie RG, Schultz AB, Callaghan SJ, Jeffriess MD. 2013. The effects of isokinetic knee extensor and flexor strength on dynamic stability as measured by functional reaching. *Isokinetics and Exercise Science* 21:301–309. DOI: 10.3233/IES-130501.
- López-Valenciano A, Ayala F, De Ste Croix M, Barbado D, Vera-Garcia FJ. 2019. Different neuromuscular parameters influence dynamic balance in male and female football players. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 27:962–970. DOI: 10.1007/s00167-018-5088-y.
- MacKay M, Scanlan A, Olsen L, Reid D, Clark M, McKim K, Raina P. 2004. Looking for the evidence: a systematic review of prevention strategies addressing sport and recreational injury among children and youth. *Journal of Science and Medicine in Sport* 7:58–73. DOI: 10.1016/s1440-2440(04)80045-8.
- Magalhães J, Oliveira J, Ascensão A, Soares J. 2004. Concentric quadriceps and hamstrings isokinetic strength in volleyball and soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 44:119–125.
- Maior AS, Lopes RT. 2021. Neuromuscular and functional responses in professional soccer players during pre-season: implications for injury prevention. *Sport Sciences for Health* 17:1017–1024. DOI: 10.1007/s11332-021-00769-0.
- Malliou P, Ispirlidis I, Beneka A, Taxildaris K, Godolias G. 2003. Vertical jump and knee extensors isokinetic performance in professional soccer players related to the phase of the training period. *Isokinetics and Exercise Science* 11:165–169. DOI: 10.3233/IES-2003-0144.
- Markovic G, Sarabon N, Boban F, Zoric I, Jelcic M, Sos K, Scappaticci M. 2020. Nordic Hamstring Strength of Highly Trained Youth Football Players and Its Relation to Sprint Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* 34:800–807. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002800.

- Mazuquin BF, Pereira LM, Dias JM, Batista Junior JP, Silva MAC, Finatti ME, Leme LC, Carregaro RL, Moura FA, Cardoso JR. 2015. Isokinetic evaluation of knee muscles in soccer players: discriminant analysis. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* 21:364–368. DOI: 10.1590/1517-869220152105144244.
- McErlain-Naylor S, King M, Pain MTG. 2014. Determinants of countermovement jump performance: a kinetic and kinematic analysis. *Journal of Sports Sciences* 32:1805–1812. DOI: 10.1080/02640414.2014.924055.
- Medeiros TM, Ribeiro-Alvares JB, Fritsch CG, Oliveira GS, Severo-Silveira L, Pappas E, Baroni BM. 2020. Effect of Weekly Training Frequency With the Nordic Hamstring Exercise on Muscle-Strain Risk Factors in Football Players: A Randomized Trial. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 15:1026–1033. DOI: 10.1123/ijsp.2018-0780.
- Menzel H-J, Chagas MH, Szmuchrowski LA, Araujo SRS, de Andrade AGP, de Jesus-Moraleida FR. 2013. Analysis of Lower Limb Asymmetries by Isokinetic and Vertical Jump Tests in Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 27:1370–1377. DOI: 10.1519/JSC.0b013e318265a3c8.
- Metaxas TI, Koutlianos N, Sendelides T, Mandroukas A. 2009. Preseason Physiological Profile of Soccer and Basketball Players in Different Divisions. *Journal of Strength and Conditioning Research* 23:1704–1713. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181b3e0c5.
- Mjølsnes R, Arnason A, Østhagen T, Raastad T, Bahr R. 2004. A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 14:311–317. DOI: 10.1046/j.1600-0838.2003.367.x.
- Montgomery LC, Douglass LW, Deuster PA. 1989. Reliability of an Isokinetic Test of Muscle Strength and Endurance. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 10:315–322. DOI: 10.2519/jospt.1989.10.8.315.
- Morin J-B, Gimenez P, Edouard P, Arnal P, Jiménez-Reyes P, Samozino P, Brughelli M, Mendiguchia J. 2015. Sprint Acceleration Mechanics: The Major Role of Hamstrings in Horizontal Force Production. *Frontiers in Physiology* 6. DOI: 10.3389/fphys.2015.00404.
- Murtagh CF, Nulty C, Vanrenterghem J, O’Boyle A, Morgans R, Drust B, Erskine RM. 2018. The Neuromuscular Determinants of Unilateral Jump Performance in Soccer Players Are Direction-Specific. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 13:604–611. DOI: 10.1123/ijsp.2017-0589.
- Nassis GP, Massey A, Jacobsen P, Brito J, Randers MB, Castagna C, Mohr M, Krstrup P. 2020. Elite football of 2030 will not be the same as that of 2020: Preparing players, coaches, and support staff for the evolution. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 30:962–964. DOI: 10.1111/sms.13681.
- Newman MA, Tarpenning KM, Marino FE. 2004. Relationships Between Isokinetic Knee Strength, Single-Sprint Performance, and Repeated-Sprint Ability in Football Players. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 18:867. DOI: 10.1519/13843.1.
- Nugent EP, Snodgrass SJ, Callister R. 2015. The effect of velocity and familiarisation on the reproducibility of isokinetic dynamometry. *Isokinetics and Exercise Science* 23:205–214. DOI: 10.3233/IES-150582.
- Öberg B, Ekstrand J, Möller M, Gillquist J. 1984. Muscle strength and flexibility in different positions of soccer players. *International Journal of Sports Medicine* 5:213–216. DOI: 10.1055/s-2008-1025908.
- Öberg B, Möller M, Gillquist J, Ekstrand J. 1986. Isokinetic Torque Levels for Knee Extensors and Knee Flexors in Soccer Players. *International Journal of Sports Medicine* 7:50–53. DOI: 10.1055/s-2008-1025735.
- Oliva-Lozano JM, Fortes V, Krstrup P, Muyor JM. 2020. Acceleration and sprint profiles of professional male football players in relation to playing position. *PLOS ONE* 15:e0236959. DOI: 10.1371/journal.pone.0236959.
- Paillard Th, Noé F. 2006. Effect of expertise and visual contribution on postural control in soccer. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 16:345–348. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2005.00502.x.
- Paillard Th, Noé F, Riviere T, Marion V, Montoya R, Dupui P. 2006. Postural performance and strategy in the unipedal stance of soccer players at different levels of competition. *Journal of Athletic Training* 41(2):172–176.
- Pau M, Arippa F, Leban B, Corona F, Ibba G, Todde F, Scorcu M. 2015. Relationship between static and dynamic balance abilities in Italian professional and youth league soccer players. *Physical Therapy in Sport* 16:236–241. DOI: 10.1016/j.ptsp.2014.12.003.

- Paul DJ, Nassis GP. 2015. Testing Strength and Power in Soccer Players: The Application of Conventional and Traditional Methods of Assessment. *Journal of Strength and Conditioning Research* 29:1748–1758. DOI: 10.1519/JSC.0000000000000807.
- Rahnama N, Lees A, Bambaecchi E. 2005. A comparison of muscle strength and flexibility between the preferred and non-preferred leg in English soccer players. *Ergonomics* 48:1568–1575. DOI: 10.1080/00140130500101585.
- Reilly T. 1996. Motion Analysis and Physiological Demands. In *Science and Soccer*; Reilly, T., Ed.; E & F.N Spon: London, UK, pp. 65–83.
- Requena B, Garcia I, Requena F, Bressel E, Saez-Saez de Villarreal E, Cronin J. 2014. Association between traditional standing vertical jumps and a soccer-specific vertical jump. *European Journal of Sport Science* 14:S398–S405. DOI: 10.1080/17461391.2012.708790.
- Requena B, González-Badillo JJ, Villareal ESS de, Erelina J, García I, Gapeyeva H, Pääsuke M. 2009. Functional Performance, Maximal Strength, and Power Characteristics in Isometric and Dynamic Actions of Lower Extremities in Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 23:1391–1401. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181a4e88e.
- Riva D, Bianchi R, Rocca F, Mamo C. 2016. Proprioceptive Training and Injury Prevention in a Professional Men's Basketball Team: A Six-Year Prospective Study. *Journal of Strength and Conditioning Research* 30:461–475. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001097.
- Rouissi M, Chtara M, Owen A, Chaalali A, Chaouachi A, Gabbett T, Chamari K. 2016. Effect of leg dominance on change of direction ability amongst young elite soccer players. *Journal of Sports Sciences* 34:542–548. DOI: 10.1080/02640414.2015.1129432.
- Ruas CV, Minozzo F, Pinto MD, Brown LE, Pinto RS. 2015. Lower-Extremity Strength Ratios of Professional Soccer Players According to Field Position. *Journal of Strength and Conditioning Research* 29:1220–1226. DOI: 10.1519/JSC.0000000000000766.
- Ruiz-Pérez I, Ayala F, Puerta JM, Elvira JLL, De Ste Croix M, Hernández-Sánchez S, Vera-García FJ. 2019. A Bayesian Network approach to study the relationships between several neuromuscular performance measures and dynamic postural control in futsal players. *PLOS ONE* 14:e0220065. DOI: 10.1371/journal.pone.0220065.
- Schache AG, Dorn TW, Blanch PD, Brown NAT, Pandy MG. 2012. Mechanics of the Human Hamstring Muscles during Sprinting. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 44:647–658. DOI: 10.1249/MSS.0b013e318236a3d2.
- Scorz RD, Alves BMO, Burigo RL, Vieira ER, Ferreira LMA, da Silva RA, Hirata RP, Amorim CF. 2021. Strength development according with age and position: a 10-year study of 570 soccer players. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine* 7:e000927. DOI: 10.1136/bmjsem-2020-000927.
- Small K, McNaughton L, Greig M, Lovell R. 2009. Effect of Timing of Eccentric Hamstring Strengthening Exercises During Soccer Training: Implications for Muscle Fatigability. *Journal of Strength and Conditioning Research* 23:1077–1083. DOI: 10.1519/JSC.0b013e318194df5c.
- Stephenson SD, Kocan JW, Vinod AV, Kluczynski MA, Bisson LJ. 2021. A Comprehensive Summary of Systematic Reviews on Sports Injury Prevention Strategies. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine* 9:232596712110357. DOI: 10.1177/23259671211035776.
- Sutton L, Scott M, Wallace J, Reilly T. 2009. Body composition of English Premier League soccer players: Influence of playing position, international status, and ethnicity. *Journal of Sports Sciences* 27:1019–1026. DOI: 10.1080/02640410903030305.
- Tasmektepligil MY. 2016. The Relationship between Balance Performance and Knee Flexor-Extensor Muscular Strength of Football Players. *The Anthropologist* 23:398–405. DOI: 10.1080/09720073.2014.11891960.
- Teixeira J, Carvalho P, Moreira C, Carneiro A, Santos R. 2015. Muscle strength assessment of knee flexors and extensors. Comparative study between basketball, football, handball and volleyball athletes. *Int J Sports Sci* 5:192–200.
- Thompson BJ, Ryan ED, Sobolewski EJ, Smith DB, Akehi K, Conchola EC, Buckminster T. 2013. Relationships Between Rapid Isometric Torque Characteristics and Vertical Jump Performance in Division I Collegiate American Football Players: Influence of Body Mass Normalization. *Journal of Strength and Conditioning Research* 27:2737–2742. DOI: 10.1519/JSC.0b013e318281637b.
- Thorpe R, Sunderland C. 2012. Muscle Damage, Endocrine, and Immune Marker Response to a Soccer Match. *Journal of Strength and Conditioning Research* 26:2783–2790. DOI: 10.1519/JSC.0b013e318241e174.
- Tourny-Chollet C, Leroy D, Leger H, Beuret-Blanquart F. 2000. Isokinetic knee muscle strength of soccer players according to their position. *Isokinet Exerc Sci* 8(4):187–193.
- Turner AN, Stewart PF. 2014. Strength and Conditioning for Soccer Players. *Strength & Conditioning Journal* 36:1–13. DOI: 10.1519/SSC.0000000000000054.

- Vigh-Larsen JF, Dalgas U, Andersen TB. 2018. Position-Specific Acceleration and Deceleration Profiles in Elite Youth and Senior Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 32:1114–1122. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001918.
- Weber FS, Silva BGC da, Radaelli R, Paiva C, Pinto RS. 2010. Avaliação Isocinética em Jogadores de Futebol Profissional e Comparação do Desempenho Entre as Diferentes Posições Ocupadas no Campo. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* 16:264–268. DOI: 10.1590/S1517-86922010000400006.
- Wilhelm EN, Radaelli R, da Silva BGC, Botton CE, Barbosa R, Bottaro M, Brown LE, Pinto RS. 2013. Single-joint isometric rate of torque development is not related to counter-movement jump performance in soccer players. *Isokinetics and Exercise Science* 21:181–186. DOI: 10.3233/IES-130513.
- Wisloff U. 2004. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine* 38:285–288. DOI: 10.1136/bjism.2002.002071.
- Wong P, Chaouachi A, Chamari K, Dellal A, Wisloff U. 2010. Effect of preseason concurrent muscular strength and high-intensity interval training in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 24:653–660. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181aa36a2.
- Zabka FF, Valente HG, Pacheco AM. 2011. Avaliação isocinética dos músculos extensores e flexores de joelho em jogadores de futebol profissional. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* 17:189–192. DOI: 10.1590/S1517-86922011000300008.
- Zakas A. 2006. Bilateral isokinetic peak torque of quadriceps and hamstring muscles in professional soccer players with dominance on one or both two sides. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 46:28–35.

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. Współpraca z **prof. T. Paillardem** z University of Pau and Pays de l'Adour, dyrektorem nadzorującym badania w Movement, Balance, Performance and Health Laboratory (EA 4445) w Tarbes. Rezultatem współpracy z prof. T. Paillardem był artykuł należący do cyklu publikacji:

- Śliwowski, R., Marynowicz, J., Jadczyk, Ł., Grygorowicz, M., Kalinowski, P., Paillard, T. (2021). The relationships between knee extensors/flexors strength and balance control in elite male soccer players. *PeerJ*, 9: e12461, 1-15. doi: 10.7717/peerj.12461. **Wskaźnik Impact Factor ISI: 2.984. Punktacja MEiN: 100**

jak również staż naukowy na University of Pau and Pays de l'Adour, odbywany pod opieką prof. T. Paillarda. Obecnie jestem w trakcie realizacji wypracowanej na stażu we Francji koncepcji i metodologii badań w grupach o najwyższym poziomie piłkarskim w Polsce (młodzieżowe kadry narodowe Polskiego Związku Piłki Nożnej oraz głównej akademii piłkarskiej w Polsce) w ścisłej współpracy z prof. T. Paillardem.

2. Współpraca z **dr hab. Moniką Grygorowicz** z Zakładu Fizjoterapii Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu, kierownikiem Zespołu Nauk o Sporcie w Rehasport Clinic FIFA Medical Center of Excellence w zakresie biomechanicznych uwarunkowań procesu treningowego piłkarzy nożnych. Współpraca z dr hab. M. Grygorowicz zaowocowała czterema wspólnymi pracami o łącznej sumie IF: 10.442 oraz punktacji MEiN: 300.000
 3. Współpraca z **prof. dr hab. Zbigniewem Jastrzębskim**, kierownikiem Katedry Zdrowia i Nauk Przyrodniczych Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku w zakresie fizjologicznych uwarunkowań procesu treningowego piłkarzy nożnych.
 4. Współpraca z **drem Miłozem Stępińskim, prof. dydaktycznym** z Instytutu Nauk o Kulturze Fizycznej Uniwersytetu Szczecińskiego w zakresie metodycznych uwarunkowań procesu treningowego piłkarzy nożnych.
6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.

6.1. Działania dydaktyczne

- Prowadzenie zajęć dydaktycznych z przedmiotów: teoria i metodyka piłki nożnej, teoria i metodyka piłki nożnej w ramach wybranej dyscypliny sportu (specjalizacja trenerska), zajęcia specjalistyczne z piłki nożnej w ramach specjalizacji instruktorskiej, przygotowanie motoryczne w zespołowych grach sportowych, analiza walki sportowej na kierunkach wychowanie fizyczne i sport I i II stopnia studiów oraz w ramach studiów podyplomowych.
- Przygotowanie sylabusów i programów nauczania z teorii i metodyki piłki nożnej, teorii i metodyki piłki nożnej w ramach wybranej dyscypliny sportu (specjalizacja trenerska), zajęć specjalistycznych z piłki nożnej w ramach specjalizacji instruktorskiej, przygotowania motorycznego w zespołowych grach sportowych, analizy walki sportowej na kierunkach wychowanie fizyczne i sport I i II stopnia studiów oraz w ramach studiów podyplomowych.
- Opiekun i koordynator praktyk trenerskich w ramach specjalizacji trenerskiej z piłki nożnej.

- Organizator cyklicznych otwartych wykładów „Znani, uznani świata sportu w AWF” (z udziałem wielu cenionych w środowisku trenerów, analityków, psychologów itp.).
- Autor kilkunastu prac o charakterze dydaktycznym (wykazanych w spisie publikacji).
- Współautor „Narodowego Modelu Gry” – publikacji Polskiego Związku Piłki Nożnej w zakresie unifikacji procesu szkolenia piłkarskiego w Polsce.
- Wykładowca, moderator, trener edukator, prelegent na wielu kursach trenerskich, konferencjach metodyczno-szkoleniowych, warsztatach szkoleniowych, wystąpieniach publicznych itp. (uszczegółowione informacje w tym zakresie zawarto w pkt 7).

6.2. Działania organizacyjne

- Kierownik Zakładu Teorii i Metodyki Zespołowych Gier Sportowych Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu.
- Opiekun reprezentacji studentów Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu w piłce nożnej 11-osobowej oraz futsalu w ramach Akademickich Mistrzostw Polski (AMP).
- Opiekun zespołu pracowników Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu reprezentujących Uczelnię w różnego typu turniejach piłki nożnej uczelni wyższych, jak też podczas rozmaitych imprez uczelnianych.
- Organizator cyklicznego halowego turnieju piłki nożnej dla absolwentów, studentów i pracowników Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu – Balcer Cup.
- Organizator pokazowych zajęć z piłki nożnej w ramach Poznańskiego Festiwalu Nauki i Sztuki w 2005 oraz 2007 r.
- Współtwórca, koordynator i opiekun merytoryczny projektu szkół patronackich KKS Lecha Poznań S.A. przy współpracy z Urzędem Oświaty w Poznaniu. Współautor programu szkolenia projektu szkół patronackich Lecha Poznań.
- Współorganizator cyklicznej konferencji metodyczno-szkoleniowej Lech Conference.

- Koordynator współpracy Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu z Wielkopolskim Związkiem Piłki Nożnej w zakresie kursów Grassroots C oraz UEFA B, jak również w zakresie badań naukowych na rzecz rozwoju piłki nożnej.
- Członek Komisji ds. Kryteriów Oceny Pracowników Dydaktycznych (2020 r.).
- Członek Komisji ds. Nagród Nauczycieli Dydaktycznych (2021 r.).
- Przewodniczący Komisji do Przeprowadzenia Egzaminu Dyplomowego na Kierunku Sport (2021 oraz 2022 r.).

6.3. Działania popularyzujące naukę

- Opiekun Koła Naukowego przy Zakładzie Teorii i Metodyki Zespołowych Gier Sportowych Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu.
- Koordynator współpracy Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu i Działu Naukowego KKS Lech Poznań S.A. w zakresie badań naukowych na rzecz rozwoju piłki nożnej.
- Popularyzator nauki w wielu obszarach swojej działalności przy Polskim Związku Piłki Nożnej, które szerzej zostały opisane w pkt 7.
- Popularyzator nauki w ramach realizacji szeregu kursów trenerskich, konferencji metodyczno-szkoleniowych, warsztatów szkoleniowych, wystąpień publicznych i innych działań, które szerzej zostały opisane w pkt 7.

6.4. Inne działania nieujęte w punktach: 6.1, 6.2 oraz 6.3

- Promotor 102 prac dyplomowych, w tym 50 prac licencjackich i 52 prac magisterskich.
- Przedstawiciel Rady Wydziału Wychowania Fizycznego, Sportu i Rehabilitacji Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu na kadencję 2016–2020 z grupy nauczycieli akademickich nieposiadających tytułu naukowego lub stopnia naukowego doktora habilitowanego.

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

Po skończeniu studiów, równoległe z rozpoczęciem pracy naukowo-dydaktycznej w Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu, podjąłem pracę w charakterze trenera grup młodzieżowych w klubie piłkarskim KKS Lech Poznań S.A. Połączenie pracy w środowisku akademickim oraz dużym klubie piłkarskim dawało mi od samego początku naturalne możliwości łączenia teorii/nauki z praktyką. W KKS Lech Poznań S.A. przeszedłem przez wszystkie szczeble rozwojowe: od pracy w charakterze trenera grup młodzieżowych na wszystkich etapach szkolenia (łącznie z krótkim epizodem pracy przy I Zespole Lecha Poznań), następnie – koordynatora grup młodzieżowych, szefa Działu Metodologii, a obecnie – koordynatora projektu klubów patronackich Lecha Poznań. Systematycznie podnosiłem swoje kwalifikacje trenerskie: ukończyłem kursy trenera klasy I (2002), trenera klasy mistrzowskiej (2010), a po deregulacji zawodu trenera – kursy trenera UEFA A (2015) oraz trenera edukatora PZPN (2016), który jest uznawany przez UEFA za najwyższy stopień trenerski w piłce nożnej.

Swoimi licznymi doświadczeniami praktycznymi mogłem się dzielić podczas setek kursów, konferencji i warsztatów szkoleniowych, których liczbę nawet trudno oszacować. Za największe osiągnięcie zawodowe uważam wyszkolenie kilkuset trenerów w Polsce w ramach specjalizacji trenerskich i instruktorskich (które realizowałem przez wszystkie lata pracy w Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu), unijnego projektu „Ogólnopolski Program Kształcenia Kadr Sportowych” w latach 2009-2014 w Wałczu oraz kursów prowadzonych przez Polski Związek Piłki Nożnej (PZPN) na wszystkich poziomach szkolenia (Grassroots C, UEFA B, UEFA A). Wielu moich studentów/kursantów obecnie zajmuje się profesjonalnie piłką nożną, pracuje w strukturach PZPN i głównych akademiach piłkarskich w Polsce. Warto podkreślić, że kształcenie trenerów podczas kursów, konferencji, warsztatów szkoleniowych itp. zawsze dawało mi możliwość dzielenia się swoimi dokonaniem naukowymi.

Wraz z podnoszeniem kwalifikacji zawodowych zostałem zaproszony do współpracy z PZPN, gdzie pełniłem wiele funkcji. Spośród najważniejszych należy wymienić uczestnictwo w Komisji Technicznej PZPN (2016-2021), grupie eksperckiej, tzw. Grupie Ekspertkiej Narodowego Modelu Gry, która zajmuje się

publikacją materiałów szkoleniowych PZPN. Głównym osiągnięciem tej grupy jest unifikacja szkolenia PZPN, zwana Narodowym Modelem Gry, stanowiąca kluczową publikację w zakresie szkolenia piłkarskiego w Polsce. W ostatnim czasie kierowałem grupą ekspercką trenerów przygotowującą dokumentację szkoleniową w ramach Projektu Certyfikacji PZPN (sztandarowy projekt PZPN powstający w porozumieniu z Ministerstwem Sportu w zakresie szkoleniowej, organizacyjnej i finansowej pomocy polskim klubom/szkołkom szkolącym dzieci i młodzież). W ostatnich latach, z ramienia PZPN, nadzorowałem proces szkolenia dzieci i młodzieży Akademii Młodych Orłów, OSSM, oraz Certyfikacji PZPN – jako trener monitorujący.

Konkludując, moja działalność zawodowa pozwalała mi od samego początku łączyć naukę z praktyką. Dokonania naukowe pomagały optymalizować proces treningowy na różnych poziomach szkolenia, z kolei zdobyta praktyka umożliwiała uzasadniać dane naukowe z praktycznego punktu widzenia. Myślę, że ta synergia jest największą wartością każdej działalności naukowej, jak i praktycznej/zawodowej.

.....
(podpis wnioskodawcy)