

**Akademia Wychowania Fizycznego im.
Polskich Olimpijczyków we Wrocławiu**
al. I.J. Paderewskiego 35, Wrocław
za pośrednictwem:
Rady Doskonałości Naukowej
pl. Defilad 1
00-901 Warszawa
(Pałac Kultury i Nauki, p. XXIV, pok. 2401)

Marek, Lucjan Popowczak
Akademia Wychowania Fizycznego im. Polskich
Olimpijczyków we Wrocławiu,
Wydział Wychowania Fizycznego i Sportu
Zakład Zespołowych Gier Sportowych,
al. I.J. Paderewskiego 35, Wrocław

Wniosek

z dnia 30 stycznia 2023 r.

o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego
w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu

w dyscyplinie¹ nauk o kulturze fizycznej

Określenie osiągnięcia naukowego będącego podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego

Cykl 6 publikacji pt. „Czynniki wpływające na szybkość zmian kierunku poruszania się i zwinność zawodników zespołowych gier sportowych”.

Wniosuję – na podstawie art. 221 ust. 10 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 zm.) – aby komisja habilitacyjna podejmowała uchwałę w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w głosowaniu **tajnym/jawnym***²

Zostałem poinformowany, że:

Administratorem w odniesieniu do danych osobowych pozyskanych w ramach postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego jest Przewodniczący Rady Doskonałości Naukowej z siedzibą w Warszawie (pl. Defilad 1, XXIV piętro, 00-901 Warszawa).

Kontakt za pośrednictwem e-mail: kancelaria@rdn.gov.pl, tel. 22 656 60 98 lub w siedzibie organu. Dane osobowe będą przetwarzane w oparciu o przesłankę wskazaną w art. 6 ust. 1 lit. c) Rozporządzenia UE 2016/679 z dnia z dnia 27 kwietnia 2016 r. w związku z art. 220 - 221 oraz art. 232 – 240 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, w celu przeprowadzenie postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego oraz realizacji praw i obowiązków oraz środków odwoławczych przewidzianych w tym postępowaniu.

Szczegółowa informacja na temat przetwarzania danych osobowych w postępowaniu dostępna jest na stronie www.rdn.gov.pl/klauzula-informacyjna-rodo.html



(podpis wnioskodawcy)

¹ Klasyfikacja dziedzin i dyscyplin wg. rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin w zakresie sztuki (Dz. U. z 2018 r. poz. 1818).

² * Niepotrzebne skreślić.

Załączniki: Zał. 1. Dane osobowe; Zał. 2. Kopia dyplomu doktorskiego; Zał. 3. Autoreferat; Zał. 4. Wykaz osiągnięć naukowych; Zał. 5. Informacja z OIN – potwierdzenie publikacji. Zał. 6. Potwierdzenia stażów naukowych, krajowych; Zał. 7. Cykl 6 publikacji (osiągnięć naukowych) oraz oświadczenia współautorów; Zał. 8. Kopie dokumentów potwierdzające inne osiągnięcia naukowe (w formie elektronicznej).

Załącznik 3.

Marek Lucjan Popowczak

AUTOREFERAT

Opisujący osiągnięcia i dorobek naukowy

Wrocław 2023

Spis treści

1	Imię i nazwisko.....	5
2	Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.....	5
3	Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.....	6
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.).....	6
4.1	Tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego.....	7
4.2	Autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa.....	7
4.3	Omówienie celu naukowego/artystycznego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.....	9
4.3.1	Wprowadzenie.....	9
4.3.1.1	Aktywność fizyczna gracza w zespołowych grach sportowych.....	9
4.3.1.2	Definiowanie zwinności i szybkości zmian kierunku ruchu w literaturze.....	10
4.3.1.3	Aktywność gracza a sprawność okoruchowa.....	12
4.3.1.4	Początkowe własne prace badawcze nad zwinnością i jej komponentami.....	13
4.3.1.5	Diagnozowanie komponentów zwinności przy użyciu „The Five-Time Shuttle Run To Gates Test”.....	15
4.3.2	Cele pracy - cyklu sześciu publikacji.....	17
4.3.3	Omówienie realizacji celów w poszczególnych pracach.....	18
4.3.3.1	Artykuł 1: The level of selected coordinative motor abilities of basketball players aged 16-18.....	18
4.3.3.2	Artykuł 2: Multi-Directional Sprinting and Acceleration Phase in Basketball and Handball Players Aged 14 and 15 Years.	19
4.3.3.3	Artykuł 3: Are Linear Speed and Jumping Ability Determinants of Change of Direction Movements in Young Male Soccer Players?.....	22
4.3.3.4	Artykuł 4: „Predicting Visual-Motor Performance in a Reactive Agility Task from Selected Demographic, Training, Anthropometric, and Functional Variables in Adolescents”.....	25
4.3.3.5	Artykuł 5: „The Relationship Between Reactive Agility and Change of Direction Speed in Professional Female Basketball and Handball Players”.....	27
4.3.3.6	Artykuł 6: „The Functional Form of the Relationship between Body Height, Body Mass Index and Change of Direction Speed, Agility in Elite Female Basketball and Handball Players”.....	28

4.3.3.7	Podsumowanie – główny przekaz naukowy i aplikacyjny omawianych prac w cyklu pt. „Czynniki wpływające na szybkość zmian kierunku poruszania się i zwinność zawodników zespołowych gier sportowych”	30
4.4	Piśmiennictwo.....	34
5	Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.....	39
5.1	Aktywność naukowa w zespole badawczym dr hab. Teresy Zwierko prof. Uniwersytetu Szczecińskiego	39
5.1.1	Staż naukowy w Katedrze Kinezylogii i Gier Sportowych Uniwersytetu Szczecińskiego w 2017r.	39
5.1.2	Opiekun stażu naukowego dr. Wojciecha Jedziniaka i projekt badawczy międzyuczelniany	40
5.1.3	Staż naukowy w Katedrze Kinezylogii i Gier Sportowych Uniwersytetu Szczecińskiego w 2021-2022r.	41
5.1.4	Pozostałe działania naukowe realizowane przy udziale dr hab. Teresy Zwierko prof. Uniwersytetu Szczecińskiego	42
5.2	Aktywność naukowa z pracownikami Wydziału Edukacji Uniwersytetu Konstantyna Filozofa w Nitrze na Słowacji	43
5.3	Aktywność naukowa w zespole badawczym dr. hab. Jakuba Adamczyka prof. Akademii Wychowania Fizycznego im. Józefa Piłsudskiego w Warszawie.....	43
5.4	Aktywność naukowa dotycząca wspólnego projektu z dr. Paulo Henrique Borges z Center for Research and Development in Football and Futsal, Federal University of Santa Catarina w Brazylii	44
6	Informacja o wykazywaniu się istotną inną aktywnością naukową albo artystyczną	44
6.1	Aktywność naukowa w zespole badawczym prof. dr. hab. Andrzeja Rokity.....	44
6.2	Aktywność naukowa w zespole badawczym dr. hab. Jarosława Domaradzkiego prof. Akademii Wychowania Fizycznego im. Polskich Olimpijczyków we Wrocławiu.....	46
6.3	Wykaz autorstwa w pozostałych publikacjach po uzyskaniu stopnia doktora nauk o kulturze fizycznej z wyłączeniem prac zaprezentowanych w poprzednich rozdziałach	49
6.3.1	Publikacje z pierwszym autorstwem	49
6.3.2	Współautorstwo oryginalnych artykułów naukowych w czasopismach nie będących na liście Thomson Scientific Master Journal List	49
6.4	Uczestnictwo w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych	51
6.5	Uczestnictwo w konferencjach naukowych po uzyskaniu stopnia doktora nauk o kulturze fizycznej.....	51
6.6	Członkostwo w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism	53

6.7	Wykonane recenzje artykułów dla periodyków naukowych	53
6.8	Udział w zespołach badawczych, realizujących projekty inne niż zaprezentowano w rozdziale 5 i podrozdziałach 6.1-6.4.	54
6.9	Członkostwo w stowarzyszeniach naukowych.....	55
6.10	Opiekun Studenckich Kół Naukowych w Akademii Wychowania Fizycznego im. Polskich Olimpijczyków we Wrocławiu	55
7	Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę po uzyskaniu stopnia doktora nauk o kulturze fizycznej.....	56
7.1	Współpraca z liceum ogólnokształcącym.....	56
7.2	Uczestnictwo w pracach organizacyjnych wydarzeń popularyzujących naukę	56
7.3	Udział w projekcie finansowanym w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych	57
7.4	Wydarzenia popularyzujące naukę	58
7.5	Opiniowanie wniosków w konkursach mających charakter dydaktyczny.	59
7.6	Autorskie programy specjalizacji zawodowej (trenerskiej), specjalizacji instruktorskiej, kursów instruktorskich oraz innych przedmiotów.....	59
7.7	Promotorstwo prac magisterskich i licencjackich oraz recenzowanie prac dyplomowych.....	60
7.8	Wykonanie ekspertyz lub innych opracowań zrealizowanych na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców	61
7.9	Funkcje sprawowane na Uczelni	61
7.10	Organizacja wydarzeń sportowo-rekreacyjnych.....	62
7.11	Zaangażowanie w rozwój sportu akademickiego	62
7.12	Podnoszenie kwalifikacji zawodowych	63
7.13	Nagrody i wyróżnienia.....	65
7.14	Działalność trenerska.....	65
8	Dane naukometryczne	66

1 Imię i nazwisko

Marek Lucjan Popowczak/ ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3895-6206>

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

- 1992 – magister wychowania fizycznego, Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu.
- 1992 - instruktor lekkoatletyki, pływania, gimnastyki, piłki nożnej, piłki siatkowej, gimnastyki korekcyjnej. Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu.
- 1994 – tytuł trenera II klasy w koszykówce, Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu
- 1996 – tytuł trenera I klasy w koszykówce, Resortowe Centrum Metodyczno-Szkoleniowe w Warszawie.
- 1997 - menadżer sportu, studia podyplomowe w Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu.
- 2008 - nauczyciel dyplomowany wychowania fizycznego, Dolnośląskie Kuratorium Oświaty.
- 2009 - doktor nauk o kulturze fizycznej, Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, tytuł rozprawy doktorskiej: „Wykorzystanie zabaw i gier z piłką w procesie wychowania fizycznego do rozwoju empatii uczniów szkoły ponadgimnazjalnej”, promotor: prof. dr hab. Andrzej Szmałke.
- 2015 – tytuł trenera certyfikowanego klasy mistrzowskiej, Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu.
- 2018 – trener z licencją kategorii A w koszykówce, Polski Związek Koszykówki.
- 2019 – instruktor z licencją w korfballu, Polski Związek Korfballu.
- 2019 – trener z licencją międzynarodową kategorii D w piłce ręcznej, Międzynarodowa Federacja Piłki Ręcznej.

3 Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych

- 2001–2008, zatrudniony w Katedrze Zespołowych Gier Sportowych Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu na stanowisku asystenta.
- 2008-2009, zatrudniony na stanowisku wykładowcy w Katedrze Zespołowych Gier Sportowych Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu.
- 2009-2010, zatrudniony jako starszy wykładowca w Katedrze Zespołowych Gier Sportowych Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu.
- 2010-nadal, zatrudniony na stanowisku adiunkta, a od 2020r. jako pracownik badawczo-dydaktyczny w Zakładzie Zespołowych Gier Sportowych Akademii Wychowania Fizycznego im. Polskich Olimpijczyków we Wrocławiu.
- 1992–nadal zatrudniony jako nauczyciel w różnych rodzajach szkół ponadpodstawowych (ponadgimnazjalnych): zawodowej, technikum, liceum ogólnokształcącym, liceum profilowane i szkole policealnej, które zlokalizowane były i są w budynkach przy ul. Tęczowej nr 60 we Wrocławiu.
- Zatrudnienie w stowarzyszeniach sportowych jako trener koszykówki:
1992-1996, w Kolejowym Klubie Sportowym „Odra” Wrocław,
1995 – 2000, w Dolnośląskiej Federacji Sportu we Wrocławiu,
1996 – 2004, w AZS Uniwersytet Wrocław,
2012 - 2017 roku, jako koordynator szkolenia i trener sekcji koszykówki w Klubie Sportowym AZS-AWF Wrocław.

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.)

Jako osiągnięcie naukowe wskazuję cykl 6 publikacji powiązanych tematycznie, opublikowanych w czasopiśmie z Thomson Scientific Master Journal List po uzyskaniu stopnia doktora nauk o kulturze fizycznej

4.1 Tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego

„Czynniki wpływające na szybkość zmian kierunku poruszania się i zwinność zawodników zespołowych gier sportowych”

4.2 Autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa

1. **Popowczak Marek**, Struzik Artur, Rokita Andrzej, Pietraszewski Bogdan. The level of selected coordinative motor abilities of basketball players aged 16-18. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2015: vol. 55, nr 10, s.1138-1144.

IF = 1,111; MEiN = 20 pkt., Q3.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na dokonaniu przeglądu literatury, zaprojektowaniu badań, przygotowaniu metodologii badań, wykonaniu badań właściwych, przygotowaniu manuskryptu artykułu, wykonaniu analizy wyników, dokonaniu korekty przed złożeniem do recenzji, dokonaniu korekty po recenzjach.

2. **Popowczak Marek**, Rokita Andrzej, Struzik Artur, Cichy Ireneusz, Dudkowski Andrzej, Chmura Paweł. Multi-directional sprinting and acceleration phase in basketball and handball players aged 14 and 15 years. *Perceptual and Motor Skills*, 2016: vol. 123, nr 2, s. 543-563, doi:10.1177/0031512516664744.

IF = 0,626; MEiN = 15 pkt., Q4.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał dokonaniu przeglądu literatury, zaprojektowaniu badań, przygotowaniu metodologii badań, wykonaniu badań właściwych, przygotowaniu manuskryptu artykułu, wykonaniu analizy wyników, dokonaniu korekty przed złożeniem do recenzji, dokonaniu korekty po recenzjach, przygotowaniu rycin i tabel, nadzorowaniu korespondencji z czasopismem.

3. **Popowczak Marek**, Rokita Andrzej, Świerzko Kamil, Szczepan Stefan, Michalski Ryszard, Maćkała Krzysztof. Are linear speed and jumping ability determinants of change of direction movements in young male soccer players? *Journal of Sports Science and Medicine*, 2019: vol. 18, nr 1, s. 109-117.

IF= 1,806, MEiN = 100 pkt., Q1.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na dokonaniu przeglądu literatury, zaprojektowaniu badań, przygotowaniu metodologii badań, wykonaniu badań właściwych, przygotowaniu manuskryptu artykułu, wykonaniu analizy wyników, dokonaniu korekty przed złożeniem do recenzji, dokonaniu korekty po recenzjach, przygotowaniu rycin i tabel, nadzorowaniu korespondencji z czasopismem.

4. **Popowczak Marek**, Domaradzki Jarosław, Rokita Andrzej, Zwierko Michał, Zwierko Teresa. Predicting visual-motor performance in a reactive agility task from selected demographic, training, anthropometric, and functional variables in adolescents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020: vol. 17, nr 15, art. 5322, s. 1-13, doi:10.3390/ijerph17155322.

IF = 3,390, MEiN = 140 pkt., Q2.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na dokonaniu przeglądu literatury, zaprojektowaniu badań, przygotowaniu metodologii badań, wykonaniu badań właściwych, przygotowaniu manuskryptu artykułu, wykonaniu analizy wyników, dokonaniu korekty przed złożeniem do recenzji, dokonaniu korekty po recenzjach, przygotowaniu rycin i tabel, nadzorowaniu korespondencji z czasopismem.

5. **Popowczak Marek**, Cichy Ireneusz, Rokita Andrzej, Jarosław Domaradzki. The relationship between Reactive Agility and Change of Direction Speed in Elite Female Basketball and Handball Players. *Frontiers in Psychology*, 2021: vol. 12, nr 4124, art. 708771, doi: 10.3389/fpsyg.2021.708771.

IF = 4,232, MEiN = 70 pkt., Q2.

6. **Popowczak Marek**, Horička Pavol, Šimonek Jaromir, Domaradzki Jarosław. The Functional Form of the Relationship between Body Height, Body Mass Index and Change of Direction Speed, Agility in Elite Female Basketball and Handball Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022: vol 19, nr 22, art. 15038, s. 1-12, doi: 10.3390/ijerph192215038.

IF = 4,614, MEiN = 140pkt., Q1.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na dokonaniu przeglądu literatury, zaprojektowaniu badań, przygotowaniu metodologii badań, wykonaniu badań właściwych, przygotowaniu manuskryptu artykułu, przetworzeniu danych surowych, dokonaniu korekty przed złożeniem

do recenzji, dokonaniu korekty po recenzjach, przygotowaniu rycin i tabel, nadzorowaniu korespondencji z czasopismem.

Liczba prac: 6; sumaryczna wartość współczynnika IF = 14,537; MEiN = 485 pkt.

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

4.3.1 Wprowadzenie

4.3.1.1 Aktywność fizyczna gracza w zespołowych grach sportowych

Zespołowe gry sportowe ciągle przechodzą dynamiczne zmiany w aktywności fizycznej zawodników podczas współzawodnictwa sportowego powiązanych ze wzrostem intensywności jego poruszania się i różnorodnością działań ruchowych realizowanych przez niego. Kluczową rolę w uzyskaniu sukcesy sportowego odgrywają zdolności motoryczne tj. szybkość zmian kierunku poruszania się (z ang. change of direction speed, skrót „CODS”) lub zwinność (z ang. agility, skrót „AG”). Liczni badacze podejmują próby analizowania graczy zespołowych gier w zakresie tych zdolności opartych na charakterystycznych wzorcach ruchowych, przyspieszeniach, szybkich zatrzymaniach lub spowolnieniach i ponownych przyspieszeniach. Ruchy te najczęściej są wielokrotnie powtarzane w zależności od zaistniałych sytuacji (przewidywanych i nieprzewidywanych) w ataku i w obronie (Attene i in., 2015). W wielu sytuacjach zazwyczaj zawodnicy nie mogą z góry zaplanować swojego schematu ruchu. Dzieje się tak, ponieważ ich ruch stanowi reakcję na nieprzewidywalny pojedynczy lub złożony bodziec zewnętrzny (np. przeciwnika, kolegi z drużyny, piłki itp.). Biorąc to pod uwagę, szybkie i trafne reakcje podczas zmian kierunku poruszania się (z ang. change of direction, skrót „COD”) wykonywane w odpowiedzi na określone bodźce zewnętrzne określane są jako AG i wymagają znacznego zaangażowania elementów poznawczo-percepcyjnych w podejmowaniu decyzji, takich jak: przetwarzanie wzrokowe, rozpoznawanie przestrzeni, czas reakcji, percepcję i przewidywanie (Jones i in., 2009; Šimonek i in., 2017; Spasic i in., 2015).

Ponadto wielokierunkowe, powtarzane wielokrotnie sprinty na krótkich odcinkach (tj. ruchy liniowe i ze zmianą kierunku), COD (bieg przodem, tyłem, obroty, zwroty, krok obronny) oraz inne manewry zwinnościowe (np. powodujące zmiany położenia ciała z pozycji wysokiej do niskiej i odwrotnie) to wielowymiarowe zdolności wymagające od sportowców kontroli

poszczególnych elementów (pozycji ciała, aktywacji mięśni, wytwarzania siły, procesów kognitywno-poznawczych) i manipulowanie poszczególnymi częściami ciała, aby umożliwić ciągłą adaptację w reaktywnych nieprzewidywalnych środowiskach (Sheppard i Young, 2006; Young i Farrow, 2006; Yudhistira i Tomoliyus, 2020). Są to zdolności gracza niezbędne do realizacji ciągle występujących, agresywnych COD podczas walki o pozycję w grze. Wymagają różnych technik zmiany pozycji ciała, kierunku poruszania się (Simonek i in., 2016).

Ciągle trwające zmiany w aktywności fizycznej zawodnika podczas gry oraz zmiany w sposobach rozwijania zdolności motorycznych graczy podczas treningu (w tym CODS) stanowią przesłankę do prowadzenia prac badawczych, które wskazują na potrzebę badania zdolności opartych na tych wzorcach ruchowych osobno od innych zdolności motorycznych czy nawet określenia relacji między nimi (Sheppard i Young, 2006).

4.3.1.2 Definiowanie zwinności i szybkości zmian kierunku ruchu w literaturze

Od dawna pomimo licznych badań poszukujących określenia AG (jako zdolności motorycznej) nie uzyskano spójności interpretacji na co wskazują w pracy Jones i Nimphius (2018). Przez licznych badaczy AG była rozumiana jako złożona zdolność motoryczna wyrażająca zdolność osoby do intensywnej i skutecznej zmiany kierunku ruchu części ciała zgodnie z działaniami gry lub podejmowanymi ruchami (Dušan i in., 2003; Tarnichkova i Petrova, 2020). Verstegen i Williams (2006) określili na podstawie wcześniejszych badań „zwinność” jako kompleks 10 elementów do których zaliczono: koordynację, funkcjonalne ruchy tułowia, biomechanikę, szybkość, intensywność, energię, rozwój (wyzwalanie) systemów energetycznych, elastyczność, moc, równowagę dynamiczną i mobilność (elastyczność).

W ostatnich dwudziestu latach podjęto próby wskazywania w tej zdolności na znaczenie komponentów poznawczo-kognitywnych. Zgodnie z modelem Young i in. (2002) wyróżniono uniwersalne komponenty AG tj.: CODS oraz komponent percepcyjno-decyzyjny. Do czynników mających znaczenie w CODS zaliczono: technikę, szybkość i siłę, charakterystykę umięśnienia kończyn dolnych (mięśnie), pomiary antropometryczne. Na charakterystykę umięśnienia kończyn dolnych składały się parametry: siła reaktywna, siła koncentryczna i moc, równowaga mięśniowa między kończynami dolnymi. Do czynników mających znaczenie dla komponentu percepcyjno-decyzyjnego zaliczono: „skanowanie” wizualne (spospozeganie

wzrokowe), antycypację, rozpoznawanie wzorców ruchowych, wiedzę (doświadczenie) sytuacyjną (Young i Farrow, 2006).

W dostępnej literaturze „zwinność” w bardzo ogólnym rozumieniu została zdefiniowana dla wszystkich form aktywności ruchowej jako szybki i dokładny ruch całego ciała ze zmianą prędkości i kierunku poruszania się bez utraty równowagi w odpowiedzi na bodziec Jones i Nimphius, 2018). Zwrócono uwagę na stabilność postawy podczas zmian położenia ciała w różnych ruchach po pojawieniu się bodźca (Yudhistira i Tomolius, 2020).

AG uznawana jest za zdolność hybrydową, która nie wykazuje wyraźniej dominanty jednej ze zdolności. Zadania zwinnościowe są w dużej mierze nasycone czynnikami energetycznymi, a sama zdolność leży na pograniczu zdolności kondycyjnych i koordynacyjnych (Fugiel i in., 2017; Raczek, 2010). Šimonek i Horička (2019) przedstawili unikalną, ogólną strukturę zdolności motorycznych, w której AG uważa się za hybrydowy i złożony związek zdolności motorycznych takich jak eksplozywność, częstotliwość ruchów, szybkości działania, szybkości reakcji, dynamiczną równowagę, rytmizację, orientację przestrzenną (które także wyodrębniono jako zdolności koordynacyjne).

AG zgodnie z ostatnimi doniesieniami badawczymi (Dos Santos i Jones, 2022) w dużej mierze zależy od czynników percepcyjno-poznawczych, które prowadzą do wyboru działania ruchowego poprzez procesy decyzyjne (Dos Santos i Jones, 2022). Natomiast działanie ruchowe może dotyczyć bardzo krótkiej zmiany kierunku położenia ciała w płaszczyźnie pionowej lub poziomej oraz akcji przemieszczania się w celu utrzymania, zwiększania lub utraty szybkości. Sukces w tych działaniach zależy od czynników technicznych i fizycznych, które są specyficzne dla każdego działania, sytuacji i dyscypliny sportowej. Zauważa się zatem potrzebę rozdzielenia AG od CODS, pozostawiając w obszarze szybkości zmian kierunku aspekty: ruchu, wzorców ruchowych, zmian położenia ciała.

W licznych publikacjach termin „szybkości zmiany kierunku poruszania się” lub nazewnictwo testów było (jest) synonimem AG co powoduje do dnia dzisiejszego niespójność w interpretacji wyników badań. Od dłuższego czasu czynione są przez badaczy starania zmierzające do oddzielenia wyników badań interpretujących CODS po wcześniej zaplanowanym schemacie lub w wyniku podjętych decyzji od niezaplanowanych ruchów jako reakcji na bodziec. Ponieważ coraz częściej AG odnosi się jako reakcję na bodziec zewnętrzny i ruch nieplanowany, dlatego też zaproponowano używanie terminów: zwinność reakcyjna (Sheppard i in., 2006), nieplanowana (Spasic i in., 2015) czy otwarte umiejętności

zwinnościowe (Gabbett i in., 2008). Liczni badacze (Mackała i in., 2020; Popowczak i in., 2020; Simonek i in., 2016; Spasic i in., 2015), określili zwinność reakcyjną jako zdolność do wykonania ruchu całego ciała, który wymaga zmiany prędkości lub kierunku w odpowiedzi na nieplanowany bodziec zewnętrzny, odzwierciedlającą elementy związane z wizualnym przetwarzaniem sensomotorycznym, a także reprezentującą istotny aspekt sprawności motorycznej w oparciu o tło energetyczne. W ostatnim okresie czynione są dalsze starania ujednolicenia w nazewnictwie terminu „zwinność” jako COD lub położenia ciała w wyniku reakcji na bodziec zewnętrzny.

Natomiast w najnowszych doniesieniach naukowych CODS definiowana jest jako reorientacja i zmiana poruszania się w poziomej linii (ścieżce) środka masy całego ciała (COM) w nowym zamierzonym kierunku (Šimonek i in., 2017). Spośród licznych doniesień naukowych można wyodrębnić kilka ważnych określeń tej zdolności. CODS jest uważana za zdolność do przyspieszania, zwalniania, odwracania się (zwrotu) lub COD i ponownego przyspieszania (Jones i in., 2009). W najnowszych doniesieniach czyni się starania do odróżnienia tej zdolności od zdolności do utrzymania prędkości podczas COD tzw. manewrowości do których zalicza się zmiany sposobu poruszania się poprzez wykorzystanie kroku odstawno-dostawnego czy cofania się. Termin „CODS” jest także często definiowany jako zdolność do COD w możliwie najkrótszym czasie nie wymagająca odpowiedzi na bodziec, klasyfikowana jako zdolność zaplanowana i zamknięta (Brughelli i in., 2008; Young i in., 2015). Do tej pory wykazano, że na optymalne właściwości CODS wpływ ma wiele czynników, w tym zdolności sprinterskie (Sayers, 2015), siła kończyn dolnych (Harper i in., 2021), siła reakcji (Castillo-Rodriguez i in., 2012), stabilność ciała (Sasaki i in., 2011) oraz techniki hamowania (Brughelli i in., 2008). Jednak CODS pozostaje fizjologiczną i mechaniczną podstawą zwinności w aktywności sportowca (Thomas i in., 2018).

4.3.1.3 Aktywność gracza a sprawność okoruchowa

COD podczas gry dokonywane są najczęściej na podstawie obserwacji zmian w środowisku otaczającym zawodnika. Dlatego też w tak dynamicznie zmieniającym się i nieprzewidywalnym środowisku zawodnik musi wykazać się wysoką sprawnością wzrokowo-ruchową, która jest częściowo zdeterminowana przez zdolność widzenia centralnego i peryferyjnego, Widzenie centralne obejmuje odpowiednie skierowanie wzroku na obiekt przy użyciu wysokiej ostrości widzenia dołkowego. W sportach zespołowych równie ważna jest umiejętność zajmowania się innymi obiektami (np. partnerami) w otoczeniu za pomocą

widzenia peryferyjnego (tj. bez patrzenia na nie bezpośrednio). Sytuacja w grze inicjuje przetwarzanie informacji odbieranych z więcej niż jednego miejsca przy użyciu różnych mechanizmów wizualnych, peryferyjnych (np. obserwacja otoczenia, koncentracja spojrzenia na punkcie czy „zakotwiczenie” spojrzenia) lub centralnego widzenia (np. fiksacja, sakady, ruchy gałek ocznych), które uzupełniają się wzajemnie (Klostermann i in., 2018). Zespołowe gry sportowe wymagają umiejętności wydobywania i szybkiego przetwarzania dynamicznych cech wizualnych poprzez szybkie lokalizowanie obiektu, rozpoznawanie sytuacji z dynamicznie zmieniającego się otoczenia i podejmowanie decyzji w krótkim czasie (Williams i in., 1999). Istnieją dowody na to, że sportowcy uprawiający gry z piłką wykazują lepsze wyniki w zakresie sprawności okoruchowej i zdolności motorycznych, w tym koordynacji wzrokowo-ruchowej, funkcji okoruchowej i czasu reakcji w porównaniu z grupą osób bez doświadczenia sportowego, co sugeruje poprawę dzięki systematycznemu angażowaniu tych sprawności podczas uprawiania sportu (Zwierko i in., 2019). Natomiast brakuje w literaturze informacji jak sprawność okoruchowa zmienia się wraz z wiekiem i różni się w zależności od dyscypliny sportowej, płci, zmiennych antropometrycznych, doświadczenia sportowego i objętości treningów w tygodniu. Każdy sportowiec może uzyskać wysoką efektywność gry jeżeli będzie prezentował wysoki poziom zdolności motorycznych (w tym zdolności omawianych we wcześniejszym tekście) oraz komponentów percepcyjno-poznawczych i koordynacyjnych (Dos Santos i Jones, 2022).

W dostępnej literaturze naukowej często podejmowano próby określenia poziomu AG i CODS w popularnych testach motorycznych np. T-test, Y-test, które niekoniecznie odzwierciedlały sposób poruszania się graczy w określonej dyscyplinie sportowej. Ponadto, rzadko podejmowano próby określenia komponentów percepcyjno-poznawczych w próbach zwinnościowych i szybkościowych. Aktualnie, nieznane jest znaczenie sprawności okoruchowej podczas poruszania się po nieplanowanym i zaplanowanym torze. A przecież każdy moment COD wymaga kontroli wzrokowej i szybkich decyzji.

4.3.1.4 Początkowe własne prace badawcze nad zwinnością i jej komponentami

Początki własnych badań nad parametrami zwinnościowymi i ich analizowanie sięgają jeszcze od prac przed uzyskaniem stopnia doktora nauk o kulturze fizycznej w 2009r. Prace jednak odnosiły się do zmian u uczniów w poziomie empatii i sprawności fizycznej po zastosowaniu ukierunkowanych zabaw i gier z piłkami. Po uzyskaniu stopnia doktora nauk o kulturze fizycznej zainteresowanie badawcze ukierunkowano na aspekty motoryczne, na diagnozowanie predyspozycji i zdolności motorycznych dzieci i młodzieży uzdolnionej

sportowo. Podczas tych działań uwagę badawczą coraz bardziej ukierunkowano na ocenę jednej ze zdolności ujawnianej w AG jaką jest orientacja czasowo-przestrzennej (jej przejawy), uważaną za kluczową zdolność motoryczną w uzyskiwaniu sukcesów sportowych przez zawodników zespołowych gier sportowych. Wówczas, przejawy jej nadal oceniano na podstawie wyników próby „biegu do bramek” (Popowczak i Cichy, 2009; Popowczak, Majorowski, i in., 2011; Popowczak, Rokita, i in., 2011; Popowczak i in., 2013a, 2013b). Ponadto we wskazanych pracach podjęto działania naukowe, które dążyły do określenia także relacji koordynacyjnych zdolności motorycznej między sobą oraz z innymi zdolnościami motorycznymi (Popowczak, Majorowski, i in., 2011; Popowczak i in., 2013b). Uczestnicząc w pracach zespołu badawczego prof. dr. hab. Andrzeja Rokity stwierdzono u 10 letnich dzieci, że przejawy orientacji czasowo-przestrzennej badanej testem zwinnościowym z reakcją na sygnał z otoczenia [próba „bieg do piłek” realizowana zgodnie z procedurami zaproponowanymi przez Raczek i in., (2003)] miały wpływ na wyniki prób oceniających: CODS (użyto testu „bieg 4x10m” z baterii testów Eurofit), szybkość czy siłę kończyn dolnych (próby z baterii testów Eurofit). Natomiast oceniane zdolności koordynacyjne były od siebie niezależne. Zaproponowano, aby w przyszłości badać je oddzielnie (Popowczak i in., 2013b). Stanowiło to przesłankę do kolejnych działań naukowych dążących do określenia poziomu koordynacyjnych zdolności motorycznych z wykazaniem różnic ze względu na płeć (jako czynników wpływających na CODS i zwinności).

Znaczący przełom w problematyce badawczej nastąpił w latach 2012 i 2013 gdzie na podstawie analizy literatury naukowej, pozyskania aparatury badawczej Fusion Smart Speed System, uczestnictwa w seminariach naukowych z prof. dr. hab. Andrzejem Rokitą (opiekunem naukowym) i prof. dr. hab. Grzegorzem Jurasem opracowano procedury zmodyfikowanego testu „The Five-Time Shuttle Run To Gates Test”, którego dokonano walidacji i rzetelności. Próba ta ma zastosowanie do dnia dzisiejszego w licznych badaniach prowadzonych przeze mnie i innych autorów (Pawlik i in., 2013; Wawrzyniak i in., 2015)

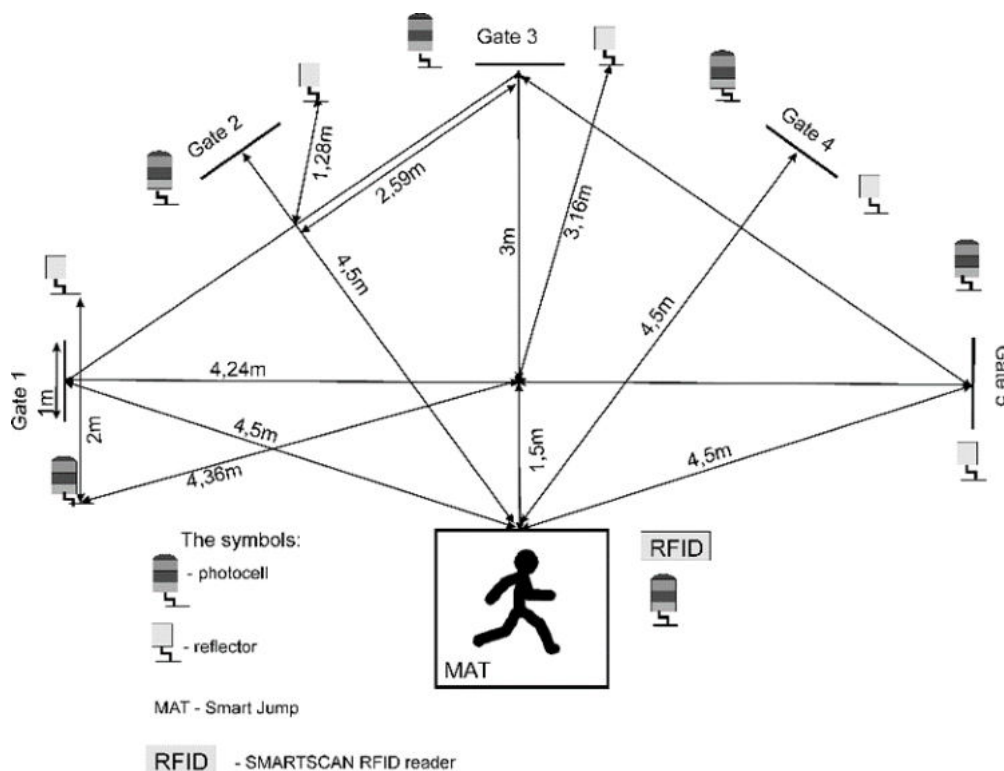
W 2013 roku ponownie podjęto próbę wykazania relacji między wybranymi zdolnościami koordynacyjnymi (orientacją czasowo-przestrzenną z reakcją na sygnał świetlny, szybkim reagowaniem, koordynacją oko-ręka) a sukcesami sportowymi (miejscem w ogólnopolskim rankingu) u polskich 14 - 16 letnich szermierzy (kadetów kadry narodowej). Zrealizowano badania w ramach grantu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w programie Rozwój Sportu Akademickiego pt. „Zastosowanie wieloaspektowego treningu koordynacyjnego a doskonalenie precyzji oraz percepcji wzrokowej wśród szermierzy (Nr. RSA 3 04253) przy

udziale dwóch zespołów badawczych: prof. dr. hab. Andrzeja Rokity i prof. dr. hab. Michała Bronikowskiego. Kierownikiem projektu był dr Mateusz Witkowski (Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu) Pełniłem funkcję wykonawcy. Na podstawie przeprowadzonych prac badawczych opublikowano dwa doniesienia naukowe pt. „Precision and coordination parameters of Polish elite cadet fencers” (Rokita i in., 2014) i „Importance of motor abilities in fencing” (Witkowski i in., 2016). Do oceny aspektów zwinnościowych (a przede wszystkim szybkości orientacji przestrzennej) posłużono się „The Five-Time Shuttle Run To Gates Test”. Dokonano także określenia poziomu szybkiego reagowanie oraz koordynacji oko-ręka. Dokładne procedury przebiegu pomiarów oraz użyte aparatury badawcze zostały zaprezentowane w artykule „Precision and coordination parameters of Polish elite cadet fencers” (Rokita i in., 2014). Na podstawie badań, w których zastosowano bardzo precyzyjne pomiary (z udziałem aparatury badawczej Fusion Smart Speed System) stwierdzono brak relacji między orientacją czasowo-przestrzenną, a szybkością reagowania czy koordynacją oko-ręka. Dlatego też sugerowano, aby badać te zdolności oddzielenie. Zauważono także że poziom orientacji różnił się ze względu na płeć co potwierdziło wcześniejsze badania innych naukowców (Sekulic i in., 2013). Dziewczęta uzyskały dłuższy czas wykonania próby niż chłopcy. Ponadto, badania wskazały na to, że poziom sportowy może różnicować sportowców danej dyscypliny sportowej w poziomie orientacji czasowo-przestrzennej. Sugerowano jednak podjęcie kolejnych badań w celu potwierdzenia wyników.

4.3.1.5 Diagnostowanie komponentów zwinności przy użyciu „The Five-Time Shuttle Run To Gates Test”

W pracach własnych użyto próby określającej AG czy CODS opartych o jednolity schemat „stop-and-go” sugerowany dla zawodników gier zespołowych, który do dnia dzisiejszego jest nowatorskim narzędziem badawczym. Poniżej zaprezentowano krótki opis próby „The Five-Time Shuttle Run To Gates Test”, będącej modyfikacją próby systemowej „Reactive Shuttle Drill” zaproponowanej przez producenta aparatury badawczej. Liczbę powtórzeń zmniejszono z 10 do 5, aby test był bardziej podobny do testu „biegania do 5 piłek” zaproponowanego w artykule pt. „Kształtowanie i diagnostowanie koordynacyjnych zdolności motorycznych: podręcznik dla nauczycieli, trenerów i studentów” (Raczek i in., 2003). Zamiast piłek ustawiono bramki (składające się z fotokomórek i reflektorów), z wyznaczoną między nimi linią 2 m, którą badany musiał przekroczyć dwoma stopami. Podczas testu Five-Time Shuttle Run to Gates użyto aparatu Fusion Smart Speed System (Smart Speed, Fusion Sport, Coopers Plains, Brisbane, Australia). System obejmował bramki (każda z nich wyposażona była

w fotokomórkę z nadajnikiem podczerwieni i reflektorem), zintegrowane z fotokomórką maty (Smart Jump) i czytnikiem RFID do identyfikacji sportowców oraz oprogramowanie komputerowe. Aparatura badawcza mierzyła czas biegu z dokładnością 0,001 s. Rycina 1 przedstawia ustawienie bramek, maty (Smart Jump) oraz czytnika RFID w tym teście. Dystans pokonany przez uczestników tego testu wyniósł 45 m (Rycina 1).



Rycina 1. The Five-Time Shuttle Run To Gates Test (Popowczak i in., 2016)

We własnych pracach oceniano CODS i zwinności stosując testy oparte na tych samych schematach ruchowych. Jednolity wzorec w planowanych i nieplanowanych czynnościach pozwala zdefiniować nie tylko komponent motoryczny AG jakim jest CODS, ale także komponent percepcyjno-poznawczy.

Na początku każdej próby badany podchodził do czytnika i dokonywał identyfikacji (odczytania przez system palmtopa numeru identyfikacyjnego) przykładając identyfikator do czytnika (system potwierdzał identyfikację sygnałem dźwiękowym). Następnie zapalały się wszystkie światła w bramkach, po czym gasły i zaświecało się tylko zielone światło (gotowości systemu) w głowicy fotokomórki połączonej z czytnikiem. Test do oceny AG zaczynał się od wejścia badanego obiema stopami na środkową część maty. Następnie zielone światło gasło i zapalało się kolejne światło w losowo wybranej przez system bramce, do której badany musiał dobiec, przekroczyć wyznaczoną linię obiema stopami. Przekraczanie linii między bramkami

dwoma stopami wyeliminowało wpływ pomiarów antropometrycznych (długości kończyny górnej) na dotykaniu piłki, jak miało to miejsce w teście „bieg do piłek”, podczas którego uczestnicy dotykali piłki dłonią jednej ręki (Raczek i in., 2003). Następnie badany musiał powrócić na matę dwoma stopami, gdzie po zetknięciu z centralną częścią maty zapalało się kolejne światło w losowo wybranej przez system komputerowy bramce. Czynność powtarzano 5 krotnie do chwili, gdy po nadeptnięciu na matę nie pojawił się żaden sygnał świetlny w bramkach. Natomiast test do oceny CODS różnił się ustaloną już przed rozpoczęciem kolejnością zapalania się światła w bramce (od 1 do 5) od próby zwinnościowej. Dane z badań rejestrowano w komputerowym PDA lub iPad gdzie wszystkie wyniki tj. bieg z maty do bramki (powtórzony pięciokrotnie), bieg z bramki na matę (wykonany pięciokrotnie) oraz całkowity czas biegu (ogólny czas wielokierunkowych sprintów) zostały zapisane wraz z imieniem i nazwiskiem uczestnika. Próba była powtarzana i uwzględniała odpoczynek w celu zminimalizowania zmęczenia. Pomiar realizowano zgodnie z procedurami Pracowni Badań z Gier z Piłką należącej do Centralnego Laboratorium Akademii Wychowania Fizycznego im Polskich Olimpijczyków we Wrocławiu.

Początkowo test „The Five-Time Shuttle Run To Gates Test” używano jako próbę określającą poziom orientacji czasowo-przestrzennej. Natomiast na podstawie analizy literatury naukowej, uzyskanych recenzji, konsultacji naukowych już w 2016r. określono go jako test zwinnościowy, reakcyjny dopatrując się w nim możliwości diagnozowania złożonej zdolności składającej się z komponentów motorycznych i percepcyjno-kognitywnych.

4.3.2 Cele pracy - cyklu sześciu publikacji

Własny rozwój naukowy po uzyskaniu doktora nauk o kulturze fizycznej ukierunkowany był na określenie poziomu AG i CODS przejawianych podczas zadań opartych o schemat ruchowy „stop-and-go” u sportowców zespołowych gier sportowych będących na różnym etapie szkolenia sportowego. Ponadto, poszukiwano znaczenia czynników na poziom AG i CODS jako kluczowych zdolności motorycznych u graczy zespołowych gier sportowych, Dlatego też, w procesie badawczym i wraz z jego ewaluowaniem postawiłem poniższe cele badawcze.

Cel 1: Określenie poziomu AG u zawodników zespołowych gier sportowych.

Cel 2: Analizowanie CODS u sportowców trenujących zespołowe gry sportowe.

Cel 3. Poznanie czynników (somatycznych, okoruchowych, percepcyjnych, motorycznych) warunkujących CODS i AG.

4.3.3 Omówienie realizacji celów w poszczególnych pracach

4.3.3.1 Artykuł 1: The level of selected coordinative motor abilities of basketball players aged 16-18

Na podstawie poprzednich badań oraz analizy literatury podjęto próbę określenia relacji pomiędzy poziomem wybranych zdolności koordynacyjnych w grach zespołowych u koszykarzy będących w wieku 16-18 lat należących do elitarnego klubu sportowego w Polsce (Popowczak i in., 2015). Analizowano kluczowe zdolności koordynacyjne koszykarzy (Raczek i in., 2003) do których należą różnicowanie napięć kinestetycznych, szybkość reagowania oraz przejawy orientacji czasowo-przestrzennej w zadaniu zwinnościowym opartym na reakcji na bodziec świetlny. Poziom zdolności różnicowania kinestetycznego oceniano na podstawie wyzwalania określonych wartości statycznego momentu siły mięśni prostowników stawu łokciowego w warunkach statyki. Do oceny szybkiego reagowania zastosowano test „Bieg na 5m” z wykorzystaniem aparatury badawczej Fusion Smart Speed System. W celu określenia przejawów poziomu orientacji czasowo-przestrzennej w zadaniu zwinnościowym posłużono się testem „The Five-Time Shuttle Run To Gates Test” opartego o losowy schemat ruchowy (nieplanowane czynności). Badania zrealizowano (jako kierownik) w ramach projektu badawczego pt. „Poziom wybranych koordynacyjnych zdolności motorycznych u koszykarzy w wieku 16-18 lat” (zgoda Senackiej Komisji ds. Etyki Badań Naukowych Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu z dnia 25 lutego 2013r.) przy współpracy zespołów badawczych prof. dr. hab. Andrzeja Rokity i dr. hab. Bogdana Pietraszewskiego, prof. AWF.

Wnioski z pracy 1.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono brak znaczących relacji między rezultatami testów oceniających zdolności różnicowania kinestetycznego, szybkiej reakcji i orientacji przestrzennej. Zaproponowano jednak, że należy ostrożnie analizować brak związków między samymi wynikami prób mierzących pośrednio te zdolności a nie jako faktyczny brak związków między samymi zdolnościami. Nie jest więc możliwe przy użyciu owych testów prognozowanie poziomu jednej ze zdolności koordynacyjnych na podstawie innej.

Zwrócono uwagę na wartość aplikacyjną badań dotyczącą konieczności skupienia się przez trenera w treningu na każdej analizowanej w badaniu zdolności koordynacyjnej z osobna i stosowania oddzielnych ćwiczeń jak i testów w celu ich doskonalenia i oceny.

W artykule dokonano także, uszczegółowienia procedur realizacji próby „bieg na 5 metrów”. W dotychczasowych doniesieniach naukowych prezentowano w sposób lakoniczny procedury przebiegu podobnych prób. Przeprowadzono także, pomiary przejawów zdolności różnicowania kinestetycznego na podstawie wyzwania określonych wartości statycznego momentu siły. Procedury pomiarów zaprezentowano w omawianym artykule (Popowczak i in., 2015). Do pomiarów momentów sił mięśni prostowników stawu łokciowego w warunkach statyki wykorzystano fotel do ćwiczeń (UPR-01 B firmy OPIW Opole) z dwiema głowicami pomiarowymi (mierzącymi statyczny moment siły), wyposażony również w pasy stabilizujące. Pomiary zostały wykonane dla każdej kończyny osobno. Pierwsza część badania polegała na pomiarze maksymalnej wartości statycznego momentu siły prostowników stawu łokciowego. Na podstawie największej wartości obliczono trzy procentowe wartości: 25%, 50% i 75% maksymalnego statycznego momentu siły. Następnym zadaniem badanego było wyzwolenie momentu siły kolejno odpowiadającego w jak największym stopniu tym trzem wartościom procentowym. Analizowano najlepszy rezultat Mmax oraz momenty sił odpowiadające trzem wartościom procentowym (25%, 50% i 75%). Użyto w tym celu równań zaprezentowanych w artykule. Wybór trzech wartości procentowych koniecznych do wyzwolenia przez badanego był rozszerzeniem metody pomiarowej zaprezentowanej przez Bajdziński i Starosolski (2002).

4.3.3.2 Artykuł 2: Multi-Directional Sprinting and Acceleration Phase in Basketball and Handball Players Aged 14 and 15 Years.

Poprzednie badania prowadzono na grupach reprezentujących jedną dyscyplinę sportową. Analizując literaturę przedmiotu okazało się, że płeć, wiek czy dyscyplina sportowa może mieć wpływ na wynik wielokierunkowego sprintu (zaplanowanego lub nieplanowanego) realizowanego w zadaniu zwinnościowym u młodzieży dojrzewającej (Rokita i in., 2014; Sekulic i in., 2013). Nieliczne prace opublikowano, odnosząc się do relacji pomiędzy 5m przyspieszeniem w biegu w linii prostej a wielokierunkowymi powtarzanymi sprintami jako zadaniami zwinnościowymi. W dostępnej literaturze nie uwzględniano komponentów percepcyjno-kognitywnych, jedynie analizowano aspekty motoryczne, technikę. Dla potrzeb artykułu zwinność określano jako wielokierunkowe, powtarzane „sprinty”,

Postanowiono poszukać różnic pomiędzy wynikami „The Five-Time Shuttle Run To Gates Test” i w wynikach przyspieszenia na 5 metrów w teście „bieg na 30m” między sportowcami różniącymi się płcią, wiekiem i dyscypliną sportową. Dlatego też, celem pracy badawczej było określenie przejawów zwinności określanej wielokierunkowym sprintem i czasów biegu na pierwszych 5 m podczas 30 m testu u koszykarek, koszykarzy, piłkarek ręcznych i piłkarzy ręcznych w wieku od 14 do 15 lat. Poszukiwano, także relacji między czasem biegu na 5m (oceniającym początkową fazę przyspieszenia) a biegiem wielokierunkowym (do oceny, którego użyto testu „Five-time Shuttle Run To Gates”). Na podstawie wcześniejszych badań wskazujących na brak związku pomiędzy poziomem fazy przyspieszenia, a wynikami testów opartych na wielokierunkowym sprincie (Popowczak i in., 2015; Scanlan i in., 2014) oczekiwano, że czas fazy przyspieszenia nie będzie miał związku z czasem testu opartego na wielokierunkowym sprincie określającym zwinność reakcyjną u koszykarzy i piłkarzy ręcznych w wieku 14-15 lat.

Materiałem badawczym były wyniki, które pozyskano w projekcie badawczym pt. „Ocena predyspozycji młodzieży do treningu sportowego w grach zespołowych” nr RSA2 019 52 finansowanego w latach 2013–2016 z programu „Rozwoju Sportu Akademickiego” (ogłoszonego przez MNiSW) w którym pełniłem rolę wykonawcy. Kierownikiem projektu był prof. dr hab. Andrzej Rokita. Do analizy wyników na potrzeby artykułu naukowego wykorzystano wyniki zawodników piłki ręcznej i koszykówki powołanych do kadr regionalnych uzyskanych w pomiarach antropometrycznych, próbach motorycznych: „The Five-Time Shuttle Run To Gates Test” (ogólny czas najszybciej zrealizowanej próby) i „Biegu na 30m” (dla potrzeb prezentowanej pracy badawczej zostały wykorzystane wyniki pierwszego 5-metrowego dystansu).

Wnioski z pracy 2.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że płeć u 14 i 15-latków graczy (trenujących koszykówkę i piłkę ręczną) nie różnicowała wyników AG ocenianej wielokierunkowym sprintem oraz biegu na 5m. Nie można było także jednoznacznie powiedzieć, że wiek badanej młodzieży trenującej gry zespołowe wpływał na wyniki testów. Przypuszczano, że brak zróżnicowania wynikał z różnego etapu rozwoju biologicznego badanych osób. Dziewczęta mogły być już w okresie zakończenia dojrzewania, natomiast chłopcy w wieku 14-15 lat dopiero prawdopodobnie rozpoczynali ten etap rozwoju

biologicznego. Stanowi to sugestie do kolejnych badań, aby u badanych uwzględniać potrzebę analizowania wieku biologicznego.

W badaniach zauważono także brak zróżnicowania w uzyskanych wynikach ze względu na rodzaj podejmowanej aktywności ruchowej, co może świadczyć o użyciu w nim podobnych wzorców ruchowych charakterystycznych dla obu dyscyplin sportowych.

Przeprowadzona analiza korelacji rang Spearmana między wynikami przyśpieszenia na 5m a wynikami wielokierunkowych sprintów nie wskazała jednoznacznie na istnienie związku pomiędzy tymi zmiennymi. Wyniki wskazały na kierunek dalszych badań i podkreśliły potrzebę stosowania oddzielnie testów określających parametry zwinności i szybkości u zawodników gier zespołowych. Bieg z pomiarem przyśpieszenia na 5 metrów z reakcją na sygnał świetlny pozwala na określenie dużego udziału komponentów percepcyjno-kognitywnych w połączeniu z motorycznymi. Zaproponowano także w dalszych pracach badawczych poszukiwać odpowiedzi na pytanie czy przyśpieszenie na dystansie 10m z coraz większym udziałem komponentów motorycznych wpływa na wyniki wielokierunkowego sprintu mierzącego zwinność. Twierdzono także, aby w przyszłych badaniach podjąć próbę określenia wpływu profilu graczy (np. powolny vs szybki, wysoki vs niski, skrzydłowy vs center) na parametry zwinnościowe analizowane w przeprowadzonych testach.

Przeprowadzone badania przyczyniły się także do uszczegółowienia procedur badawczych dotyczących sposobu realizacji obu testów. W próbie biegu na 30 metrów zwrócono uwagę na fazę startu (sygnał oraz rozpoczęcie odmierzenia czasu) i zakończenia biegu (przedłużenie testu o 5 metrów w celu wyeliminowania wcześniejszego zatrzymywania się). W próbie „Five-Time Shuttle Run To Gates” zwrócono uwagę na niedociągnięcia w instrukcji. Sugerowano potrzebę zwracania uczestnikom uwagi na poruszanie się przez całą próbę przodem do bramek i koncentrację uwagi do momentu zakończenia próby.

Na podstawie analizy bieżącej literatury, obserwacji przeprowadzanych licznych prac badawczych, otrzymanych bardzo dobrych recenzji i udziału w konsultacjach naukowych wysunięto kilka sugestii do dalszej pracy badawczej. „The Five-Time Shuttle Run To Gates test”, w którym dochodzi do wielokierunkowych przyśpieszeń (sprintów) na dystansie 4,5m ze zmianą kierunku poruszania się na małym obszarze (polu gry), jak najbardziej odzwierciedla poruszanie zawodnika w licznych grach zespołowych (tj. piłka siatkowa, koszykówka, piłka ręczna, futsal, korfball, unihokej, koszykówka 3x3, odmiany plażowe tych dyscyplin

sportowych itp.). W próbie zawodnik powracając na matę i dotykając ją musi zareagować jak najszybciej na sygnał świetlny głowicy, ponownie zmienić kierunek poruszania się i przyspieszyć do wyznaczonej bramki. Wymusza to od niego, krótkiego czasu podjęcia decyzji i reakcji ruchem na sygnał świetlny. Badana osoba musi w krótkim czasie spostrzegać sygnał pojawiający się w różnym miejscu pola („skanowanie” wizualne) oraz określać położenie ciała wobec miejsca (przemieszczanie się jego struktur w czasie i przestrzeni podczas hamowania, utrzymania równowagi i przyspieszania), do którego będzie musiała biec. Są to przejawy zwinności zgodnie z deterministycznym modelem zaproponowanym przez Young i in. (2002), Sheppard i Young (2006) czy Dos Santos i Jones (2022). Test ten można zaliczyć do specyficznej grupy testów dla halowych zespołowych gier sportowych opartych o schemat ruchowy „stop-and-go” (Morrall-Yepes i in., 2020; Spasic i in., 2015).

Zwrócono uwagę na wartość aplikacyjną badań. Uzyskane wyniki były źródłem informacji do przygotowania programów treningowych, których realizacja może przyczynić się do rozwoju zdolności motorycznych i indywidualnych dyspozycji gracza.

4.3.3.3 Artykuł 3: Are Linear Speed and Jumping Ability Determinants of Change of Direction Movements in Young Male Soccer Players?

Dalsza analiza literatury dotycząca charakterystyki gier zespołowych w ujęciu czasowo-ruchowym (Hammami i in., 2016) oraz zróżnicowania testów ze względu na wzorce ruchowe na których oparte są różnorodne zwinnościowe zadania (Morrall-Yepes i in., 2020; Spasic i in., 2015) ukierunkowały kolejne działania naukowe zmierzające określenia czynników wpływających na szybkość zmian kierunku poruszania się jako komponentu motorycznego zwinności w poszczególnych dyscyplinach sportowych np. w piłce nożnej. Liczne badania dotyczące tej dyscypliny sportowej koncentrowały się na związkach między sprintami, COD i zdolnościami skocznościowymi; jednak wyniki były niespójne. Dlatego też w artykule pt. „Are linear speed and jumping ability determinants of COD movements in young man soccer players?” dążono do określenia, czy CODS i sprinty w linii prostej są charakterystycznymi, przejawami niezależnych od siebie zdolności motorycznych wśród piłkarzy (Popowczak i in., 2019). Zbadano również związek między CODS a skokami pionowymi i poziomymi. Zauważono także istnienie niewielkiej liczba badań, w których wykorzystano modele regresji wielokrotnej do identyfikacji powiązań między licznymi zmiennymi, takimi jak skoki pionowe i poziome (np. CMJ, SBJ), szybkość poruszania się w linii prostej (np. 10 m sprint, 30 m sprint), CODS (pod kątami 60 stopni) i innymi wzorcami ruchów (bieg do przodu-tyłu-przodu czyli

opartych na zwrotach) u młodych piłkarzy. Określenie modeli tych zmiennych poszerzało wiedzę na temat kluczowych predyktorów zdolności motorycznych młodych piłkarzy. Było to także pierwsze badanie określające wydajność (ogólny czas i spadek czasu) zmian kierunków o 60° na podstawie międzyczasów zmierzonych w teście na 5m, 10m, 15m, 20m, 25m i 30m. Dodatkowo przeprowadzono pierwsze badania nad określeniem wydajności zmiany kierunku przód-tył i tył-przód tak zwanych manewrowości na dystansie 30 metrów. Uczestnicząc w zespole badawczych prof. dr. hab. Krzysztofa Maćkały przeprowadzono badania u młodych piłkarzy nożnych w wieku 17-18 lat trenujących w jednym z liczących się klubów w Polsce w tej dyscyplinie sportowej. Sposób rekrutacji i procedury badawcze zaprezentowano w omawianym artykule (Popowczak i in., 2019). Do oceny szybkości funkcjonalnej zastosowano test „biegu na 30 m” w którym określono całkowity czas sprintu na 30 m, czas przyśpieszenia na dystansie 10 m oraz szczytową prędkość biegu na każdym 5 m odcinku (5-m vSprint). CODS pod kątem 60 stopni oceniano w teście „Sprint 30 m COD¹” zgodnie z procedurami przedstawionymi przez Ruscello i in. (2013). Analiza wyników obejmowała końcowe czasy tego testu, najlepsze międzyczasy uzyskane na 5 m oraz procent spadku szybkości w międzyczasach na odcinkach 5m podczas tego testu. W badaniach użyto także testu, w którym osoby badane wykonywały zmiany kierunku poruszania się z biegu przodem do biegu tyłem a potem ponownie z biegu tyłem do biegu przodem na dystansie 30m. Test był modyfikacją tradycyjnego testu SBF (9-3-6-3-9) opartego na biegu do przodu, następnie biegu do tyłu i ponownie do przodu (Hammami i in., 2017). Do analizy wyników wykorzystano następujące parametry czasowe: czas pierwszego przyśpieszenia na dystansie 10 metrów, czas 10-metrowego dystansu, w którym przebiegała zmiana kierunku biegu z przodem do tyłu, czas 10-metrowego dystansu, w którym następowała zmiana biegu tyłem do przyśpieszenia przodem oraz końcowy ogólny czas próby. Do oceny siły eksplozywnej kończyn dolnych wykorzystano test „Counter-Movement Jump” (CMJ) i skok w dal z miejsca (SBJ). Na podstawie analizy wyników badań zauważono znaczące zależności między 30-metrowym biegiem ze zmianą kierunku poruszania się „przód-tył-przód” a 30-metrowym biegiem w linii prostej (sprintem). Ponadto ogólny wynik testu biegu ze zmianą kierunku przód-tył-przód był silnie powiązany z ogólnym czasem drugiego testu mierzącego zmiany kierunku biegu na 30 m o 60 stopni. Analiza wyników skoku w dal wykazała ujemne korelacje z wynikami spadku szybkości biegu lub najlepszego czasu na dystansie 5 m w teście „bieg na 30m ze zmianą kierunku o 60 st.”. Natomiast skok SBJ był dodatnio związany z wysokością skoku CMJ. Na uwagę zasługiwał brak istotnej zależności między wysokością CMJ a innymi zmiennymi. Badania wykazały także, że CODS (pod określonymi kątami) należy analizować oddzielnie w zależności od

postaci wzorców ruchowych, ponieważ inne zmienne mogą wyjaśniać wyniki testów określających ich poziom.

Wnioski z pracy 3.

Zmienne określające CODS pod kątem 60 stopni wyjaśniane były przede wszystkim przez zmienne, które determinowały zdolności skocznościowe. Z kolei zmienne, które wpływały na CODS opartych o schemat biegu „przód-tył-przód” zostały wyjaśnione zmiennymi szybkościowymi. Wyniki tego badania sugerowały, że CODS (od 45° do 60°), CODS opartego na manewrowości (sprint do przodu/do tyłu/do przodu) i sprint po linii prostej reprezentują trzy różne parametry fizyczne u piłkarzy i prawdopodobnie w innych sportach zespołowych, takich jak koszykówka i piłka ręczna. Dlatego, też w przyszłych badaniach należy określać te zdolności za pomocą oddzielnych testów. Nie bez znaczenia jest również to, że wyżej wymienione zdolności należy rozwijać poprzez inny rodzaj treningu motorycznego. Przeprowadzone badania przyczyniły się także do uszczegółowienia procedur badawczych dotyczących sposobu realizacji testu określających dwa sposoby zmian kierunków poruszania.

W artykule także zaproponowano modele predykcyjne dla CODS różniących się wzorcami ruchowymi (przód-tył-przód oraz w bok o 60 stopni). Zaprezentowano relacje między parametrami szybkościowymi, zwinnościowymi i skocznościowymi, które wskazują na stałą potrzebę określenia tych wzorców i korelacji. Należy także podkreślić, że za pomocą regresji krokowej, postępującej udało się określić zakres wpływu zbioru zmiennych na efekt działania motorycznego (jako zmiennej zależnej). Na podstawie utworzonych modeli regresji wykazano, że czas testu CODS o 60 stopni jest najściślej powiązany z wynikami testu COD w którym występują zwroty. Świadczy to o specyfice obu testów, w których zmienia się kierunek biegu.

Zwrócono również uwagę na ograniczenia badania, takie jak: różnice w parametrach morfologicznych (długości kończyn dolnych i asymetria ciała), staż treningowy, które mogły mieć znaczenie na wyniki biegów ze zmianą kierunku, skoków. Stanowiło to informację do uwzględniania w następnych pracach badawczych dotyczących predyktorów AG.

4.3.3.4 Artykuł 4: „*Predicting Visual-Motor Performance in a Reactive Agility Task from Selected Demographic, Training, Anthropometric, and Functional Variables in Adolescents*”

Kolejnym podjętym działaniem była identyfikacja niektórych czynników spostrzegania, które mogą mieć wpływ na sprawność wzrokowo-ruchową w zadaniach zwinnościowych u młodych zawodników zespołowych gier sportowych. Znaczący obszar w poznaniu roli sprawności okoruchowej podczas zadań zwinnościowych oraz w rozwoju naukowym miała współpraca naukowa z dr hab. Teresą Zwierko profesor Uniwersytetu Szczecińskiego, która rozpoczęła się na początku 2017r. (szczegółowe informacje w dalszej części tekstu). Podjęto, także ponowną próbę określenia znaczenia płci, wieku, rodzaju dyscypliny sportowej, stażu treningowego, liczby sesji treningowych w tygodniu na zmienne opisujące AG i sprawność okoruchową. Podjęte działania badawcze opisano w artykule pt. „*Predicting Visual-Motor Performance in a Reactive Agility Task from Selected Demographic, Training, Anthropometric, and Functional Variables in Adolescents*”. Postawiono hipotezę, że sprawność wzrokowo-ruchowa w zadaniu zwinnościowym różni się w zależności od płci i poprawia się wraz z wiekiem sportowców. Znaczącą rolę odgrywa tutaj rozwój fizyczny, który jest niezbędny do opanowania umiejętności percepcyjno-poznawczych i wymagań motorycznych w określonej dyscyplinie sportu. W pracy zaprezentowano wyniki chłopców i dziewcząt w wieku 13–15 lat uprawiających koszykówkę, siatkówkę i piłkę ręczną reprezentujących kadry regionalne z Dolnego Śląska. Rekrutacja uczestników oraz procedury badawcze zostały opisane w omawianej pracy (Popowczak i in., 2020). Badania realizowano w ramach programu „Rozwój Sportu Akademickiego” (RSA2 019 52). Na potrzeby artykułu do analizy wyników badań wykorzystano rezultaty pomiarów antropometrycznych, dane o stażu treningowym, rezultaty testu Percepcji Peryferyjnej (PP) z Wiedeńskiego Systemu Testów (Schuhfried, 2013) oraz próby motorycznej „Five-Time Shuttle Run to Gates” (ogólny czas). Podczas próby PP określono trzy parametry: pole widzenia, medianę czasu odpowiedzi po lewej i prawej stronie jako reakcji obwodowej oraz sumę prawidłowych reakcji na sygnał.

Wnioski z pracy 4.

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że sprawność wzrokowo-ruchowa w zadaniu zwinnościowym poprawia się wraz z wiekiem sportowca. Wyniki badania potwierdziły poprzednio, uzyskane rezultaty w innych pracach badawczych (Fiorilli i in., 2017). Wydaje się, że wpływ wieku na szybkość wykonania zadania zwinnościowego związany

był z indywidualnym rozwojem i można go przypisać dojrzewaniu biologicznemu. Co więcej, wraz z wiekiem następuje poprawa techniki w testach zwinności reaktywnej tj. głównie zdolność do prawidłowego przyspieszania i zwalniania, obniżania środka ciężkości ciała, skracania kroku przed wykonaniem skrętu i reagowania na bodziec zewnętrzny (Ljac i in., 2012).

Na podstawie przeprowadzonego badania zauważono, że szybkość wykonania zadania zwinnościowego różniła się ze względu na płeć. Chłopcy uzyskali krótszy czas realizacji testu niż dziewczęta. Jest to prawdopodobnie wynikiem różnic w czasie szczytowego rozwoju zdolności zmiany kierunku i innych zdolności motorycznych, takich jak szybkość i wytrzymałość, na co wskazywali w pracach badawczych Vääntinen i in. (2011).

W pracy zaobserwowano także istotny wpływ masy ciała na parametry zwinności u dziewcząt, przy czym wzrost masy ciała wydłużał czas zadania zwinnościowego. To pogorszenie wyników jest prawdopodobnie związane z brakiem wzrostu mocy wraz ze zwiększeniem masy ciała. Uczestniczący w badaniu chłopcy w wieku 13–15 lat byli jeszcze na początku lub przed rozwojem masy mięśniowej; w związku z tym ich masa ciała nie wpływała w ten sam sposób na parametry określające sprawność wzrokowo-ruchową.

Wyniki badań wskazały na znaczenie doświadczenia treningowego lub liczby treningów realizowanych w tygodniu przez dziewczęta. Prawdopodobnie, każdy dodatkowy miesiąc treningu lub większa liczba sesji ćwiczeń w tygodniu u 13–15-letnich sportowców przyczynia się do skrócenia czasu realizacji próby zwinnościowej. Natomiast takich relacji nie stwierdzono u chłopców, co może wskazywać na znaczenie jakości i specyfiki zajęć treningowych. Rozwój AG składającej się z komponentów poznawczo-percepcyjnych i motorycznych, wymaga podejmowania zadań ruchowych opartych na przyspieszaniu, szybkości i technice zmian kierunków poruszania się i reagowania na bodźce z otoczenia. Bez wykorzystywania tego typu zadań w treningu, sportowcy raczej nie uzyskają żadnych znaczących zmian w rozwoju AG i późniejszych umiejętnościach gry na co zwrócili uwagę w pracy badawczej Zwierko i in., (2015).

W przeprowadzonym badaniu stwierdzono, że rodzaj zespołowej gry sportowej nie wpływa na wyniki AG co potwierdza badania zrealizowane przez Simonek i in. (2016). Prawdopodobnie osoby reprezentowali zbliżone ze względu na kompetencje percepcyjne (wizualne) dyscypliny sportowe. Koszykówka, siatkówka i piłka ręczna charakteryzują się

sytuacjami, w których obiekt obserwacji (piłka) znajduje się na wysokości tułowia, głowy lub nad głową gracza. Zasugerowano, że w przyszłych badaniach należy poszukiwać różnic w sprawności wzrokowo-ruchowej między zawodnikami różnych sportów zespołowych.

W zrealizowanych badaniach wykazano, że parametry pola widzenia nie miały wpływu na wyniki AG u młodych sportowców. Z jednej strony przypuszczano, że brak relacji był spowodowany zakończeniem rozwoju widzenia peryferyjnego u badanych osób. Z drugiej strony możliwe było, że podczas wykonywania zadań zwinnościowych gracze częściej wykorzystywali ruchy sakkadowe gałek ocznych, aby zlokalizować bodźce wzrokowe, zamiast utrzymywać stabilną fiksację jako podstawę widzenia centralnego i zarazem peryferyjnego.

Stwierdzono również znaczącą relację między częstością prawidłowych reakcji w teście PP a parametrami zwinnościowymi jednak związek ten zaobserwowano tylko u chłopców. Osoby które więcej razy prawidłowo reagowały w teście PP, lepiej radziły sobie w zadaniu zwinnościowym.

W publikacji zaprezentowano modele regresyjne dotyczące relacji między kilkoma zmiennymi, które mogą mieć wkład w istniejące teoretyczne modele AG.

4.3.3.5 *Artykuł 5: „The Relationship Between Reactive Agility and Change of Direction Speed in Professional Female Basketball and Handball Players”*

Na podstawie analizy literatury oraz poprzednich prac badawczych zauważono potrzebę diagnozowania osobno AG i CODS zawodników sportów zespołowych. Podjęto prace z zespołem prof. dr. hab. Andrzeja Rokity i dr. hab. Jarosławem Domaradzkiem prof. AWF we Wrocławiu ukierunkowane na zbadanie zależności między tymi zdolnościami. Sugerowano potrzebę określenia czynników mogących mieć wpływ na CODS i zwinność tj.: parametry antropometryczne, doświadczenie treningowe, poziom gry lub pozycja zawodnika na boisku (Čoh i in., 2018; Popowczak i in., 2020). Jednocześnie postawiono sobie pytanie: Czy istnieją zależności pomiędzy CODS, zwinnością i innymi analizowanymi czynnikami? Jeśli tak, to czy te zależności bezpośrednie są nieprawdziwe (fałszywe), tj. spowodowane przez inne zmienne? W pracy badawczej użyto testu „The Five-Time Shuttle Run To Gates Test” charakteryzujący się jednolitym wzorcem w planowanych i nieplanowanych czynnościach co pozwoliło określić CODS (jako komponent motoryczny), oraz AG (uzupełniona o komponent percepcyjno-poznawczy). Wprowadzono także dodatkowe i bardzo pomocne wskaźniki do określania AG, takie jak REAC-INDEX, jako różnica między wynikami uzyskanymi w ocenie AG i CODS

(Fiorilli i in., 2017). Postawiono hipotezę, że osoby uprawiające koszykówkę i piłkę ręczną osiągają różne wyniki oceniające CODS, AG i REAC-INDEX w zadaniu opartym na wzorcach ruchu „stop-and-go”. W efekcie zróżnicowany będzie poziom wyżej wymienionych parametrów pomiędzy elitarnymi grupami koszykarek i piłkarek ręcznych reprezentujących znaczące kluby w lidze europejskiej i krajowej. Organizację badań oraz procedury przebiegu prób zaprezentowano w omawianym artykule (Popowczak i in., 2021).

Wnioski z pracy 5.

Na podstawie niniejszego badania zaobserwowano, że piłkarki ręczne osiągały lepsze wyniki niż koszykarki w testach CODS i parametrach zwinnosciowych. Były to pierwsze badanie profesjonalnych drużyn koszykówki i piłki ręcznej kobiet dotyczące planowanych i nieplanowanych COD wg scenariusza „stop-and-go”. Uzyskane wyniki nie można było porównywać z wcześniejszymi badaniami, w których mierzono czasy CODS i AG w sportach zespołowych u wysokokwalifikowanych zawodniczek.

Stwierdzono zależności pomiędzy wynikami CODS a AG. Zauważono jednak że zwykłe (całkowite) korelacje stanowią fałszywe zależności i nie są wiarygodne. Zaproponowano badać związek pomiędzy COD i AG a podstawowymi cechami fizycznymi traktowanymi jako całość, ale eliminując jeden z tych parametrów. Wytycza to nowe kierunki wielowymiarowych badań i analiz.

W niniejszej pracy zasugerowano użycie dwóch silnie współzależnych czynników (czasu reakcji i REAC-INDEX) w analizie AG. Ich wpływ na AG należy oceniać za pomocą korelacji cząstkowych. W przyszłych badaniach należy również poszukiwać relacji pomiędzy parametrami antropometrycznymi i zwinnosciowymi z uwzględnieniem rodzaju i specyfiki dyscypliny sportowej czy pozycji zajmowanej przez zawodnika podczas gry. Zasugerowano także podjęcie próby określenia parametrów biomechanicznych AG związanej z funkcjonowaniem układu nerwowo-mięśniowego.

4.3.3.6 *Artykuł 6: „The Functional Form of the Relationship between Body Height, Body Mass Index and Change of Direction Speed, Agility in Elite Female Basketball and Handball Players”*

Na podstawie analizy literatury oraz poprzednich prac badawczych zauważono, że związki między parametrami antropometrycznymi a CODS i AG najczęściej nie mają postaci zależności liniowych. Istnieje wiele dowodów w badaniach biologicznych i badaniach dotyczących

rozwoju motorycznego, które wykazały raczej krzywoliniowe niż prostoliniowe zależności między cechami fizycznymi lub zdolnościami motorycznymi. Zauważono także, że brakuje badań poszukujących funkcji matematycznych (form funkcjonalnych), które najlepiej pasują do zależności między wysokością ciała, masą ciała czy wskaźnikiem masy ciała (BMI) a CODS i AG. Co więcej, większość badań opisujących relacje między parametrami antropometrycznymi a zdolnościami motorycznymi koncentrowała się na mężczyznach, a dostępnych jest mniej informacji opisujących wyżej wymienione zmienne u kobiet trenujących koszykówkę i piłkę ręczną w klubach sportowych uczestniczących w rozgrywkach europejskich. Dlatego celem pracy była ocena funkcjonalnej postaci zależności między dwoma pomiarami antropometrycznymi: wysokością ciała i wskaźnikiem masy ciała a dwiema zdolnościami motorycznymi: CODS i zwinnością u koszykarek i piłkarek ręcznych. Postawiono hipotezę, że wysokość ciała i BMI mogą być istotnie związane z wynikami CODS i AG. Zależności także między parametrami antropometrycznymi a wynikami zdolności motorycznych mogą być krzywoliniowe. Na potrzeby artykułu do analizy wyników badań wykorzystano rezultaty pomiarów antropometrycznych (wysokości ciała i BMI) i testu „Five-Time Shuttle Run To Gates”, które zostały (częściowo) zaprezentowane we wcześniejszym artykule przez Popowczak i in. (2021). Prace publikacyjne przeprowadzono przy udziale dr. hab. Jarosław Domaradzkiego prof. AWF oraz pracowników Wydziału Edukacji Uniwersytetu Konstantyna Filozofa w Nitrze na Słowacji: prof. dr. hab. Jaromira Šimonka oraz dr. hab. Pawła Horicka. Postawiona hipoteza była potwierdzona w niektórych relacjach między zmiennymi zależnymi a niezależnymi. Stwierdzono istotne statystycznie modele regresji u zawodniczek piłki ręcznej pomiędzy wysokością ciała i CODS, wysokością ciała i AG, BMI i CODS oraz BMI i AG. Z kolei u koszykarek zauważono jedynie istotną zależność między wysokością ciała i AG.

Wnioski z pracy 6

W niniejszym artykule wykazano, że formy funkcjonalne między wysokością ciała lub BMI a CODS lub AG różnią się między zawodniczkami dwóch różnych gier zespołowych. Zaobserwowano 3 formy zależności między parametrami antropometrycznymi a zdolnościami motorycznymi:

- stały wzrost liniowy (dłuższy czas realizacji próby motorycznej związany był z wyższą wartością parametru antropometrycznego),

- wzrost liniowy w kształcie odwróconej litery L z plateau (obserwowano wzrost liniowy zależności do wartości szczytowej a następnie utrzymanie zbliżonego czasu realizacji próby motorycznej z równoczesnym wzrostem wartości parametru antropometrycznego),
- w kształcie odwróconej litery U (na początku obserwowano wzrost liniowy do uzyskania wartości szczytowej, potem od wartości szczytowej skracanie się czasu próby motorycznej wraz ze wzrostem wartości pomiaru antropometrycznego).

Na podstawie przeprowadzonej analizy wyników zauważono, że funkcje kwadratowe lepiej wyjaśniały zależność między pomiarem antropometrycznym a cechami funkcjonalnymi niż liniowe. Utworzone modele regresji dla koszykarek charakteryzowały się niższym poziomem dopasowania w porównaniu z modelami dla piłkarek ręcznych. Najlepsze dopasowanie uzyskano dla związku między BMI a AG u piłkarek ręcznych. Świadczy to także o tym, że analizując wyniki uzyskane przez zawodników uczestniczących w europejskich rozgrywkach, nie można jednoznacznie określić liniowej zależności między parametrami antropometrycznymi i zwinnościowymi. Różnice w rozwoju motorycznym spowodowane różnymi czynnikami biologicznymi, treningowymi i społecznymi niwelowane są poprzez odpowiednio przygotowany proces treningowy. Często nawet odnosząc się do indywidualnej pracy trenerów z zawodnikiem. Dlatego też, zawodnicy którzy są wyżsi lub mają wyższy BMI, mogą osiągać podobne wyniki w testach motorycznych lub podczas gry w porównaniu do innych sportowców. Interesujące jest jednak zauważone występowanie wartości szczytowych w relacjach pomiarów antropometrycznych i motorycznych, co dziś jest trudne do interpretacji w tych relacjach ze względu na ograniczoną (niewielką) liczbę osób badanych. To powinno być celem dalszych zainteresowań badawczych.

Na podstawie analizy literatury zauważono, że było to pierwsze badanie prezentujące funkcjonalne formy relacji między wysokością ciała, BMI a wynikami CODS i AG w zespołowych grach sportowych. Dokonano także analizy relacji między zawodniczkami dwóch różnych gier zespołowych. Wyniki te mogłyby zostać włączone do bazy danych, z którą można by porównywać inne wyniki zawodniczki profesjonalnych drużyn.

4.3.3.7 Podsumowanie – główny przekaz naukowy i aplikacyjny omawianych prac w cyklu pt. „Czynniki wpływające na szybkość zmian kierunku poruszania się i zwinność zawodników zespołowych gier sportowych”

Na podstawie opisanych w poprzedniej części prac naukowych tekstu wysunięto liczne i ważne spostrzeżenia.

Na poziom zwinności i sprawności okoruchowej młodzieży ma wpływ wiek badanych osób. Zauważono także, że w badaniach nie wystarczy zaprezentowanie tylko wieku kalendarzowego młodzieży, ale niezbędne jest określenie etapu rozwoju biologicznego. Dlatego też w przeprowadzonych dotychczasowych badaniach zauważono niespójność w otrzymanych wynikach, która także ujawnia się w licznych innych pracach badawczych.

Wyniki testu zwinnościowego wskazują na znaczenie płci dla uzyskiwanych rezultatów w testach wielokrotnie powtarzanych sprintów opartych o schemat ruchowy „stop-and-go”. Badani chłopcy uzyskali krótszy czas realizacji prób niż dziewczęta. Podobnie jak wyżej, znaczącą rolę odgrywa w tym obszarze badań określenie rozwoju biologicznego badanej młodzieży. Tempo dojrzewania różni się u chłopców i dziewcząt, co może mieć związek ze sprawnością okoruchową przejawianą w zadaniach zwinnościowych.

W przeprowadzonych badaniach zauważono, że na sukces sportowy wpływa prawdopodobnie wyższy poziom zwinności, w której przejawiają się nie tylko parametry fizyczne, komponenty percepcyjno-kognitywne ale także koordynacyjne zdolności motoryczne (w tym orientacja przestrzenna).

Na podstawie uzyskanych wyników badań nie można jednoznacznie stwierdzić, że rodzaj zespołowej gry sportowej może różnicować poziom zwinności i szybkości zmian kierunku poruszania się na różnych etapach szkolenia sportowego. Z jednej strony zauważony brak zróżnicowania może świadczyć o użyciu w badaniach podobnych wzorców ruchowych charakterystycznych dla analizowanych zespołowych gier sportowych. Z drugiej strony stwierdzone różnice mogą być spowodowane chociażby zróżnicowaniem w parametrach antropometrycznych. Aktualne działania naukowe ukierunkowano na określenie roli wysokości i masy ciała na CODS i zwinność oraz na zróżnicowanie poziomu tych zdolności w różnych dyscyplinach sportowych.

Przeprowadzone badania wskazały na istnienie relacji pomiędzy wynikami testu zwinnościowego a próbą określającą szybkość zmian kierunku poruszania się. Związek ten charakteryzował się silną korelacją, która z jednej strony wynikała z podobnego schematu poruszania się w próbach. Z drugiej strony szybkość zmian kierunku poruszania się jest komponentem motorycznym zwinności.

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono brak relacji między rezultatami testów oceniających przejawy różnych koordynacyjnych zdolności motorycznych oraz zwinności. Pomimo iż ich przejawy ujawniają się w testach zwinnościowych, to sugeruje się

każdą z nich w kolejnych badaniach naukowych analizować osobno. A w praktycznych działaniach stosować oddzielne ćwiczenie rozwijające je. Ponadto, w kolejnych pracach badawczych należy zwrócić uwagę na obiektywność pomiarów komponentów percepcyjno-kognitywnych zwinności czy przejawów koordynacyjnych zdolności motorycznych, które do dzisiaj jest trudno zdiagnozować. Przykładowo, problem stanowi ocena poziomu orientacji przestrzennej, świadczącej przede wszystkim o sprawności aparatu przedsionkowego i powiązanych z nim innych narządów percepcyjnych.

W badaniach młodzieży nie wskazano jednoznacznie na istnienie związku pomiędzy rezultatami zwinności przejawianej podczas schematu „stop-and-go” a wynikami przyśpieszeń na krótkim dystansie do 5m. Wyniki wskazały na kierunek dalszych badań i podkreśliły potrzebę stosowania oddzielnie testów określających parametry zwinności i szybkości u zawodników gier zespołowych.

W pracy badawczej dotyczącej analizy zwinności stwierdzono znaczenie percepcji obwodowej, czasu reakcji i wskaźnika adaptacji sensomotorycznej (REAC-INDEX) na jej poziom. Aby uniknąć stwierdzeń fałszywych o relacji między tymi zmiennymi i zwinnością sugeruje się użycie korelacji cząstkowych lub regresji które pozwolą na opisanie współzmienności kilku zmiennych.

W przeprowadzonych badaniach dotyczących szybkości zmian kierunku poruszania się zauważono, że należy przy projektowaniu uwzględniać kąty ich realizacji. Różne zmienne mogą wyjaśniać wyniki testów realizowanych w schematach ruchowych różniących się kątami zmian kierunku. Podczas COD wykonywanych pod kątem 60 stopni wyniki były wyjaśniane przede wszystkim przez parametry skocznościowe. Z kolei zmienne, które wpływały na szybkość zmian kierunku poruszania się opartych o schemat biegu „przód-tył-przód” (zwroty o 90 stopni) zostały wyjaśnione zmiennymi szybkościowymi. Wyniki tego badania dostarczyły dalszych dowodów sugerujących, że CODS (od 45° do 60°), CODS opartego na zwrotach (sprint do przodu/do tyłu/do przodu) i sprint po linii prostej reprezentują trzy różne parametry fizyczne u piłkarzy i prawdopodobnie w innych sportach zespołowych, takich jak koszykówce i piłce ręcznej. Dlatego powinno się określać te zdolności za pomocą oddzielnych testów. Nie bez znaczenia jest również to, że wyżej wymienione zdolności należy rozwijać poprzez inny rodzaj treningu motorycznego.

W przeprowadzonych badaniach uszczegółowiono procedury realizacji prób motorycznych oraz zaproponowano modyfikacje już istniejących jak np. próbę określającą przejawy zdolności

różnicowania kinestetycznego. Stanowi to nowe wytyczne do prowadzenia bardziej rzetelnych i wiarygodnych pomiarów, w czym pomaga nam postęp technologiczny.

W prowadzonych badaniach zastosowano specyficzny test „The Five-Time Shuttle Run To Gates”, do oceny zwinności zawodników zespołowych gier sportowych dostosowany do realizacji na każdym poziomie szkolenia sportowego. Zastosowanie testu pozwala także na przeprowadzanie porównań między różnymi rodzajami gier zespołowych, ale i osób nietreningujących. The „Five-Time Shuttle Run To Gates Test ” można uznać za nowatorskie narzędzie badawcze i zostało docenione przez licznych pracowników nauki oraz trenerów i instruktorów.

Należy wspomnieć, że przeprowadzono pierwsze badanie profesjonalnych drużyn koszykówki i piłki ręcznej kobiet dotyczące planowanych i nieplanowanych zmian kierunków poruszania się wg scenariusza ruchowego „stop-and-go”. Jednak uzyskane wyniki badań nie można było porównywać z wcześniejszymi, w których mierzono czasy CODS i zwinności w sportach zespołowych u wysokokwalifikowanych zawodniczek. Niezbędne są dalsze badania dotyczące zmiennych antropometrycznych, motorycznych i percepcyjnych wpływających na te różnice.

Ograniczeniem w licznych własnych badaniach było nie uwzględnianie wpływu profilu graczy (np. powolny a szybki, wysoki a niski, skrzydłowy a center/obrotowy), pozycji zajmowanej na boisku podczas gry, specyfiki dyscypliny sportowej, stażu treningowego, struktury rzeczowo-czasowej procesu treningowego, parametrów morfologicznych takich jak długość kończyn dolnych, asymetria ciała na parametry zwinnościowe, szybkościowe czy komponenty percepcyjno-kognitywnego u graczy na etapie treningu ukierunkowanego lub specjalnego. Stanowi to może informację do uwzględniania w następnych pracach badawczych dotyczących predyktorów zwinności.

Praktyczne implikacje zaprezentowanych badań obejmowały możliwość tworzenia i modyfikacji procesów treningowych dla kluczowych w grach zespołowych zdolności motorycznych, takich jak zwinność, szybkość zmian kierunku ruchu w odniesieniu do rozwoju przyszłych sportowców. Propozycja stosowania treningu wzrokowego może być przydatnym narzędziem do modyfikowania różnic w sprawności wzrokowo-ruchowej młodych sportowców. Uzyskane wyniki były również źródłem informacji dla trenerów i naukowców do porównania ich z rezultatami innych grup sportowych czy badawczych. Badania także potwierdziły znaczenie prowadzenia regularnych diagnoz postępów w zakresie zdolności

motorycznych, umiejętności i indywidualnych predyspozycji zawodników. Taka diagnoza oraz tworzenie programów treningowych powinny uwzględniać zróżnicowanie uczestników pod względem płci, wieku, stażu treningowego, rodzaju sportu czy profilu badanego (w aspekcie budowy ciała czy zajmowanej pozycji na boisku). Sugerowano także podjęcie kolejnych badań w celu potwierdzenia wyników dotyczących komponentów zwinności i jej predyktorów oraz przeprowadzenie eksperymentu pedagogicznemu, w którym wprowadzono by ćwiczenia ukierunkowane na rozwój percepcyjno-kognitywny sportowca.

Należy podkreślić, że w licznych pracach naukowych związki między zmiennymi, takimi jak: skoki, sprinty, CODS czy zwinność, obliczano za pomocą prostych korelacji liniowych. Na podstawie przeprowadzonych badań sugeruje się użycie korelacji cząstkowej lub regresji uwzględniających w modelach liczne zmienne, które pozwolą na lepsze poznanie relacji najczęściej nieliniowych między zmiennymi. Wytycza to nowe kierunki wielowymiarowych badań i analiz.

Realizowane badania przyczyniły się do zaproponowania modeli predykcyjnych dla różnych zmian kierunków poruszania się, różniących się wzorcami ruchowymi (przód-tyłu-przód i w bok o 60 stopni) oraz zwinności.

W przeprowadzonych pracach badawczych zauważono, że funkcjonalna postać relacji pomiędzy parametrami antropometrycznymi a zdolnościami motorycznymi jest raczej krzywoliniowa i związana jest z dyscypliną sportu. Zidentyfikowano dwie krzywoliniowe funkcjonalne formy zależności: kształt odwróconej litery L (co oznacza, że występował plateau wysokości ciała i BMI dla CODS i zwinności) oraz kształt odwróconej litery U (co oznacza szczytową wartość wysokości ciała i BMI, przy której rozpoczyna się progresywny efekt cechy funkcjonalnej). Potwierdza to potrzebę prowadzenia wielowymiarowych badań i analiz.

4.4 Piśmiennictwo

- Attene, G., Laffaye, G., Chaouachi, A., Pizzolato, F., Migliaccio, G. M., and Padulo, J. (2015). Repeated sprint ability in young basketball players: one vs. two changes of direction (part 2). *Journal of Sports Sciences*, 33(15), 1553-1563, doi: 10.1080/02640414.2014.996182.
- Bajdziński, M., and Starosolski, W. (2002). *Kinestetyczne różnicowanie ruchów i jego uwarunkowania*. Międzynarodowe Stowarzyszenie Kinezyki Sportowej. Instytut Kultury Fizycznej Akademii Wychowania Fizycznego im. E. Piaseckiego w Poznaniu, Warszawa-Gorzów.
- Brughelli, M., Cronin, J., Levin, G., and Chaouachi, A. (2008). Understanding change of direction ability in sport: a review of resistance training studies. *Sports Medicine*, 38, 1045–1063, doi:10.2165/00007256-200838120-00007

- Castillo-Rodriguez, A., Fernandez-Garcia, J. C., Chinchilla-Minguet, J. L., and Carnero, E. A. (2012). Relationship between muscular strength and sprints with changes of direction. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(3), 725-732, doi:10.1519/JSC.0b013e31822602db.
- Čoh, M., Vodičar, J., Žvan, M., Šimenko, J., Stodolka, J., Rauter, S., and Maćkala, K. (2018). Are change-of-direction speed and reactive agility independent skills even when using the same movement pattern? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(7), 1929-1936, doi:10.1519/jsc.0000000000002553.
- Dos'Santos, T., Thomas, C., Jones, P. A., and Comfort, P. (2018). Assessing asymmetries in change of direction speed performance; application of change of direction deficit. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(11), 2953-2961 doi:10.1519/jsc.0000000000002438.
- Dos Santos, T., and Jones, P. (2022). Training for COD and agility. In A. Turner and P. Comfort (Eds.), *Advanced strength and conditioning: an evidence-based approach*. Routledge.
- Dušan, M., Marković, G., Prot, F., and Jukić, I. (2003). Latentna struktura testova agilnosti. *Kinesiology*, 35(1), 14-29.
- Fiorilli, G., Mitrotasios, M., Iuliano, E., Pistone, E. M., Aquino, G., Calcagno, G., and Di Cagno, A. (2017). Agility and change of direction in soccer: differences according to the player ages. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(12), 1597-1604, doi:10.23736/s0022-4707.16.06562-2.
- Fugiel, J., Czajka, K., Posłuszny, P., and Sławińska, T. (2017). *Motoryczność człowieka. Podstawowe zagadnienia z antropomotoryki*. Wrocław: MedPharm.
- Gabbett, T. J., Kelly, J. N., and Sheppard, J. M. (2008). Speed, change of direction speed, and reactive agility of rugby league players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(1), 174-181, doi:10.1519/JSC.0b013e31815ef700
- Hammami, M., Negra, Y., Aouadi, R., Shephard, R. J., and Chelly, M. S. (2016). Effects of an in-season plyometric training program on repeated change of direction and sprint performance in the junior soccer player. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(12), 3312-3320, doi:10.1519/JSC.0000000000001470.
- Hammami, M., Negra, Y., Billaut, F., Hermassi, S., Shephard, R. J., and Chelly, M. S. (2018). Effects of lower-limb strength training on agility, repeated sprinting with changes of direction, leg peak power, and neuromuscular adaptations of soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(1), 37-47, doi:10.1519/jsc.0000000000001813.
- Hammami, M., Negra, Y., Shephard, R. J., and Chelly, M. S. (2017). The effect of standard strength vs. contrast strength training on the development of sprint, agility, repeated change of direction, and jump in junior male soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(4), 901-912, doi:10.1519/JSC.0000000000001815.
- Harper, D., Jordan, A., and Kiely, J. (2021). Relationships between eccentric and concentric knee strength capacities and maximal linear deceleration ability in male academy soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(2), 465-472, doi:10.1519/JSC.0000000000002739
- Jones, P., Bampouras, T. M., and Marrin, K. (2009). An investigation into the physical determinants of change of direction speed. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 49(1), 97-104.
- Jones, P., and Nimphius, S. (2018). Change of direction and agility. In P. Comfort, P. A. Jones, and J. J. McMahon (Eds.), *Performance Assessment in Strength and Conditioning* (pp. 140-165). Routledge. doi:10.4324/9781315222813-10.
- Klostermann, A., Panchuk, D., and Farrow, D. (2018). Perception-action coupling in complex game play: exploring the quiet eye in contested basketball jump shots. *Journal of Sports Sciences*, 36(9), 1054-1060, doi:10.1080/02640414.2017.1355063.

- Ljac, V., Witkowski, Z., Gutni, B., Samovarov, A., and Nash, D. (2012). Toward effective forecast of professionally important sensorimotor cognitive abilities of young soccer players. *Perceptual and Motor Skills*, 114(2), 485-506, doi:10.2466/05.10.25.Pms.114.2.485-506.
- Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Radnor, J. M., Rhodes, B. C., Faigenbaum, A. D., and Myer, G. D. (2014). Relationships between functional movement screen scores, maturation and physical performance in young soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 33(1), 11-19, doi:10.1080/02640414.2014.918642.
- Mackala, K., Vodičar, J., Žvan, M., Križaj, J., Stodolka, J., Rauter, S., and Čoh, M. (2020). Evaluation of the pre-planned and non-planned agility performance: comparison between individual and team sports. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3), 975, doi:10.3390/ijerph17030975.
- C. Kai-Ming and L. J. Micheli (Eds.), *Sports and Children* (pp. 133-161). Williams and Wilkins Asia-Pacific.
- Morrall-Yepes, M., Moras, G., Bishop, C., and Gonzalo-Skok, O. (2020). Assessing the reliability and validity of agility testing in team sports: a systematic review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(7), 2035-2049 doi:10.1519/JSC.0000000000003753.
- Nuttall, F. Q. (2015). Body Mass Index: Obesity, BMI, and health: a critical review. *Nutrition Today*, 50(3), 117-128, doi:10.1097/nt.0000000000000092.
- Osiński, W. (2018). *Antropomotoryka*. Wydawnictwo Akademii Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu.
- Pawlik, D., Rokita, A., and Cichy, I. (2013). Orientacja czasowo-przestrzenna uczniów ze specyficznymi trudnościami w uczeniu się. *Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*, 43, 46-56.
- Pawlik, D., Rokita, A., and Wawrzyniak, S. (2014). Time–space orientation and body structure of elite female volleyball players taking part in volleyball camp. *Mitteilungen Klosterneuburg*, 64, 134-145.
- Pehar, M., Sisic, N., Sekulic, D., Coh, M., Uljevic, O., Spasic, M., Krolo, A., and Idrizovic, K. (2018). Analyzing the relationship between anthropometric and motor indices with basketball specific pre-planned and non-planned agility performances. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(7-8), 1037-1044, doi:10.23736/S0022-4707.17.07346-7.
- Popowczak, M., and Cichy, I. (2009). Zmiany poziomu empatii uczniów szkoły ponadgimnazjalnej uczestniczących w aktywności ruchowej z piłką. *Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*, 27, 91-96.
- Popowczak, M., Cichy, I., Rokita, A., and Domaradzki, J. (2021). The Relationship Between Reactive Agility and Change of Direction Speed in Professional Female Basketball and Handball Players. *Frontiers in Psychology*, 12(4124), 708771, doi:10.3389/fpsyg.2021.708771.
- Popowczak, M., Domaradzki, J., Rokita, A., Zwierko, M., and Zwierko, T. (2020). Predicting visual-motor performance in a reactive agility task from selected demographic, training, anthropometric, and functional variables in adolescents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(15), 5322, 1-13, doi:10.3390/ijerph17155322.
- Popowczak, M., Horička, P., Šimonek, J., and Domaradzki, J. (2022). The functional form of the relationship between body height, body mass index and change of direction speed, agility in elite female basketball and handball players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22), 15038, 1-12, doi:10.3390/ijerph192215038.
- Popowczak, M., Majorowski, M., Cichy, I., and Kałużny, K. (2011). The level of coordinative motor abilities of students who participate in the program Basketmania. *Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*, 33(1), 25-30.

- Popowczak, M., Rokita, A., and Cichy, I. (2011). Physical ability of secondary school students who take part in physical classes with the ball that arouse empathy. *Antropomotoryka*, 21(54), 69-80.
- Popowczak, M., Rokita, A., Cichy, I., and Chmura, P. (2013a). The level of selected coordinative motor abilities vs. ten-year-old children's results of the International Physical Fitness tests. *Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*, 40, 86-93.
- Popowczak, M., Rokita, A., Cichy, I., and Chmura, P. (2013b). Physical fitness of children aged 10 years participating in physical education classes enriched with coordination exercises. *Antropomotoryka*, 23(62), 55-65.
- Popowczak, M., Rokita, A., Struzik, A., Cichy, I., Dudkowski, A., and Chmura, P. (2016). Multi-directional sprinting and acceleration phase in basketball and handball players aged 14 and 15 years. *Perceptual and Motor Skills*, 123(2), 543-563, doi:10.1177/0031512516664744.
- Popowczak, M., Rokita, A., Świerzek, K., Szczepan, S., Michalski, R., and Maćkała, K. (2019). Are linear speed and jumping ability determinants of change of direction movements in young male soccer players? *Journal of Sports Science and Medicine*, 18(1), 109-117.
- Popowczak, M., Struzik, A., Rokita, A., and Pietraszewski, B. (2015). The level of selected coordinative motor abilities of basketball players aged 16-18. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(10), 1138-1144.
- Raczek, J. (2010). *Antropomotoryka : teoria motoryczności człowieka w zarysie*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL.
- Raczek, J., Mynarski, W., and Láh, V. I. (2003). *Kształtowanie i diagnozowania koordynacyjnych zdolności motorycznych: podręcznik dla nauczycieli, trenerów i studentów*. Akademia Wychowania Fizycznego im. Bronisława Czecha w Krakowie.
- Rokita, A., Bronikowski, M., Popowczak, M., Cichy, I., and Witkowski, M. (2014). Precision and coordination parameters of Polish elite cadet fencers. *Medicina Dello Sport*, 67(3), 369-381.
- Ruscillo, B., Tozzo, N., Briotti, G., Padua, E., Ponzetti, F., and D'Ottavio, S. (2013). Influence of the number of trials and the exercise to rest ratio in repeated sprint ability, with changes of direction and orientation. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(7), 1904-1919, doi:10.1519/JSC.0b013e3182736adf.
- Sasaki, S., Nagano, Y., Kaneko, S., Sakurai, T., and Fukubayashi, T. (2011). The relationship between performance and trunk movement during change of direction. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10(1), 112-118.
- Sattler, T., Sekulic, D., Spasic, M., Peric, M., Krolo, A., Uljevic, O., and Kondric, M. (2015). Analysis of the association between motor and anthropometric variables with change of direction speed and reactive agility performance. *Journal of Human Kinetics*, 47, 137-145, doi:10.1515/hukin-2015-0069.
- Sayers, M. G. (2015). Influence of test distance on change of direction speed test results. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(9), 2412-2416, doi:10.1519/jsc.0000000000001045.
- Scanlan, A., Humphries, B., Tucker, P. S., and Dalbo, V. (2014). The influence of physical and cognitive factors on reactive agility performance in men basketball players. *Journal of Sports Sciences*, 32(4), 367-374.
- Schuhfried, G. (2013). *Vienna Test System: Psychological Assessment*; . Schuhfried.
- Sekulic, D., Spasic, M., Mirkov, D., Cavar, M., and Sattler, T. (2013). Gender-specific influences of balance, speed, and power on agility performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 802-811, doi:10.1519/JSC.0b013e31825c2cb0.

- Sheppard, J. M., Jay Dawes, J., Jeffreys, I., Spiteri, T., and Nimphius, S. (2014). Broadening the View of Agility: A Scientific Review of the Literature. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 22(3), 6-25.
- Sheppard, J. M., and Young, W. B. (2006). Agility literature review: classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 919-932, doi:10.1080/02640410500457109.
- Sheppard, J. M., Young, W. B., Doyle, T. L., Sheppard, T. A., and Newton, R. U. (2006). An evaluation of a new test of reactive agility and its relationship to sprint speed and change of direction speed. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9(4), 342-349, doi:10.1016/j.jsams.2006.05.019.
- Šimonek, J., and Horička, P. (2019). *Agility in Sport*. Cambridge Scholars Publishing.
- Šimonek, J., Horicka, P., and Hianik, J. (2016). Differences in pre-planned agility and reactive agility performance in sport games. *Acta Gymnica*, 46(2), 68-73, doi:10.5507/ag.2016.006.
- Šimonek, J., Horička, P., and Hianik, J. (2017). The differences in acceleration, maximal speed and agility between soccer, basketball, volleyball and handball players. *Journal of Human Sport and Exercise*, 12(1), 73-82.
- Skurvydas, A., Gutnik, B., Zuoza, A. K., Nash, D., Zuoziene, I. J., and Mickeviciene, D. (2009). Relationship between simple reaction time and body mass index. *HOMO*, 60(1), 77-85, doi:https://doi.org/10.1016/j.jchb.2008.06.006.
- Spasic, M., Krolo, A., Zenic, N., Delextrat, A., and Sekulic, D. (2015). Reactive agility performance in handball; development and evaluation of a sport-specific measurement protocol. *Journal of Sports Science and Medicine*, 14(3), 501-506.
- Spiteri, T., Newton, R. U., Binetti, M., Hart, N. H., Sheppard, J. M., and Nimphius, S. (2015). Mechanical determinants of faster change of direction and agility performance in female basketball athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(8), 2205-2214, doi:10.1519/JSC.0000000000000876.
- Stone, S. A., Baker, J., Olsen, R., Gibb, R., Doan, J., Hoetmer, J., and Gonzalez, C. L. R. (2019). Visual Field Advantage: Redefined by Training? *Frontiers in Psychology*, 9, 2764, doi:10.3389/fpsyg.2018.02764.
- Struzik, A., Winiarski, S., Popowczak, M., and Rokita, A. (2017). Relationships between variables describing vertical jump and sprint time. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation*, 39(1), 177-188.
- Sugiyama, T., Maeo, S., Kurihara, T., Kanehisa, H., and Isaka, T. (2021). Change of direction speed tests in basketball players: a brief review of test varieties and recent trends. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3(95), 645350, doi:10.3389/fspor.2021.645350.
- Tarnichkova, M., and Petrova, M. (2020). Dynamics of development and evaluation of agility in school education (1st-12th grade). *Journal of Applied Sports Sciences*, (2), 19-30.
- Thomas, C., Dos'Santos, T., Comfort, P., and Jones, P. A. (2018). Relationships between unilateral muscle strength qualities and change of direction in adolescent team-sport athletes. *Sports (Basel)*, 6(3), 83, doi:10.3390/sports6030083.
- Vänttinen, T., Blomqvist, M., Nyman, K., and Häkkinen, K. (2011). Changes in body composition, hormonal status, and physical fitness in 11-, 13-, and 15-year-old finnish regional youth soccer players during a two-year follow-up. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(12), 3342-3351, doi:10.1519/jsc.0b013e318236d0c2.
- Vera, J., Jiménez, R., Cárdenas, D., Redondo, B., and García, J. A. (2017). Visual function, performance, and processing of basketball players versus sedentary individuals. *Journal of Sport and Health Science*, doi:10.1016/j.jshs.2017.05.001.
- Verstegen, M., and Williams, P. (2006). *Core Performance Essentials: the revolutionary nutrition and exercise plan adapted for everyday use*. Rodale Books.

- Voss, M. W., Kramer, A. F., Basak, C., Prakash, R. S., and Roberts, B. (2009). Are expert athletes 'expert' in the cognitive laboratory? A meta-analytic review of cognition and sport expertise. *Applied Cognitive Psychology*, 24(6), 812-826, doi:10.1002/acp.1588.
- Wawrzyniak, S., Rokita, A., and Pawlik, D. (2015). Temporal-spatial orientation in first-grade pupils from elementary school participating in physical education classes using Edubal educational balls. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 7(2), 3.
- Williams, A. M., Davids, K., and Williams, J. G. (1999). *Visual Perception and Action in Sport*. E and FN Spon, doi:https://doi.org/10.4324/9780203979952.
- Witkowski, M., Bronikowski, M., Rokita, A., Popowczak, M., and Cichy, I. (2016). Importance of motor abilities in fencing. In M. Łuczak and M. Witkowski (Eds.), *Studies in modern competitive fencing* (pp. 89-100). Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.
- Young, W., and Farrow, D. (2006). A review of agility: practical applications for strength and conditioning. *Strength and Conditioning Journal*, 28(5), 24-29.
- Young, W. B., Dawson, B., and Henry, G. J. (2015). Agility and change-of-direction speed are independent skills: implications for training for agility in invasion sports. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 10(1), 159-169, doi:10.1260/1747-9541.10.1.159.
- Young, W. B., James, R., and Montgomery, I. (2002). Is muscle power related to running speed with changes of direction? *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42(3), 282-288.
- Yudhistira, D., and Tomoliyus, T. (2020). Content validity of agility test in karate kumite category. *International Journal of Human Movement and Sports Sciences*, 8(5), 211-216, doi:10.13189/saj.2020.080508.
- Zouhal, H., Abderrahman, A. B., Dupont, G., Truptin, P., Le Bris, R., Le Postec, E., Sghaeir, Z., Brughelli, M., Granacher, U., and Bideau, B. (2019). Effects of neuromuscular training on agility performance in elite soccer players. *Frontiers in Physiology*, 10, 947, doi:10.3389/fphys.2019.00947.
- Zwierko, T., Jedziniak, W., Florkiewicz, B., Stępiński, M., Buryta, R., Kostrzewa-Nowak, D., Nowak, R., Popowczak, M., and Woźniak, J. (2019). Oculomotor dynamics in skilled soccer players: The effects of sport expertise and strenuous physical effort. *European Journal of Sport Science*, 19(5), 612-620, doi:10.1080/17461391.2018.1538391.
- Zwierko, T., Puchalska-Niedbal, L., Krzepota, J., Markiewicz, M., Wozniak, J., and Lubinski, W. (2015). The effects of sports vision training on binocular vision function in female university athletes. *Journal of Human Kinetics*, 49, 287-296, doi:10.1515/hukin-2015-0131.

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

5.1 Aktywność naukowa w zespole badawczym dr hab. Teresy Zwierko prof. Uniwersytetu Szczecińskiego

5.1.1 Staż naukowy w Katedrze Kinezylogii i Gier Sportowych Uniwersytetu Szczecińskiego w 2017r.

W dniach 13-27 lutego 2017 r. zrealizowałem staż naukowy w Katedrze Kinezylogii i Gier Sportowych Uniwersytetu Szczecińskiego. Opiekunem stażu była dr hab. Teresa Zwierko prof. US którego celem był poznanie problemów naukowych odnoszących się do diagnozowania

funkcji wizualnych w działaniach ruchowych graczy, sposobów diagnozowania jego w próbach wielokrotnych zmian kierunku poruszania się. W ramach zadania badawczego pt. „Aktywność wzrokowa w działaniach motorycznych” i stażu przeprowadzono prace publikacyjne dwóch n/w artykułów:

- Zwierko Teresa. **Popowczak Marek**, Woźniak Jarosław, Rokita, Andrzej. Visual control in basketball shooting under exertion conditions. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2018, vol. 58, nr 10, s. 1544-1553, doi:10.23736/S0022-4707.17.07522-3 (IF = 1,302, MEiN = 20 pkt),.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na tworzeniu koncepcji, zaplanowaniu i przeprowadzeniu prac badawczych, wyborze metodyki badań, analizie statystycznej i interpretacji wyników, przeprowadzeniu dyskusji, zgromadzeniu literatury oraz pisaniu artykułu i korekcie przed i po złożeniu pracy do druku.

- Zwierko Teresa, Jedziniak Wojciech, Florkiewicz Beata, Stępiński Miłosz, Buryta Rafał, Kostrzewa-Nowak Dorota, Nowak Robert, **Popowczak Marek**, Woźniak Jarosław. Oculomotor dynamics in skilled soccer players: The effects of sport expertise and strenuous physical effort. *European Journal of Sport Science*, 2019: vol. 19, nr 5, s. 612-620, doi:10.1080/17461391.2018.1538391 (IF = 2,781, MEiN = 100 pkt).

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przygotowaniu wyników badań do analizy, interpretacji wyników, zgromadzeniu literatury.

5.1.2 Opiekun stażu naukowego dr. Wojciecha Jedziniaka i projekt badawczy międzyuczelniany

Wyrazem następnych wspólnych działań naukowych w zespole badawczym dr hab. Teresy Zwierko prof. US była realizacja stażu naukowego dr. Wojciecha Jedziniaka, pracownika Katedry Kinezylogii i Sportów Zespołowych Uniwersytetu Szczecińskiego w okresie 16-20 czerwca 2019r. w Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu. Pełniłem rolę opiekuna stażu. Podczas stażu przeprowadzono badania w ramach dwóch projektów badawczych: „Analiza związku polimorfizmu genu BDNF kodującego neurotroficzny czynnik pochodzenia mózgowego i efektywności przebiegu procesów sensomotorycznych u sportowców” (projekt naukowy Uniwersytetu Szczecińskiego i Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie, zgoda Komisji Bioetycznej Okręgowej Izby Lekarskiej w Szczecinie z dn. 11 kwietnia 2019r) i zadania naukowego pt. „Diagnoza i monitorowanie szkolenia w zespołowych grach sportowych młodzieży uzdolnionej ruchowo” (w ramach badań statutowych Akademii

Wychowania Fizycznego we Wrocławiu). Było to pierwsze badanie analizujące związek między określonym wariantem genetycznym (BDNF rs6265) a adaptacją sensomotoryczną oparta na czynnikach percepcyjnych i poznawczych w zadaniu ruchowym (zwinnościowym). Podjąłem także działania w zespole badawczym prof. dr. hab. Andrzeja Ciechanowicza (Pomorski Uniwersytet Medyczny). Wyniki badań opublikowano w pracy pt. „Contributing factors to sensorimotor adaptability in reactive agility performance in young athletes”.

Zwierko Teresa, Nowakowska Anna, Jedziniak Wojciech, **Popowczak Marek**, Domaradzki Jarosław, Kubaszewska Joanna, Kaczmarczyk Mariusz, Ciechanowicz Andrzej. Contributing factors to sensorimotor adaptability in reactive agility performance in youth athletes. *Journal of Human Kinetics*, 2022: vol. 83, s. 39-48, doi: 10.2478/hukin-2022-0067 (IF = 2,923, MEiN = 140 pkt).

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na tworzeniu koncepcji badań, zebraniu wyników badań do analizy, interpretacji wyników, pisaniu artykułu i korekcie pracy przed złożeniem do druku.

5.1.3 Staż naukowy w Katedrze Kinezylogii i Gier Sportowych Uniwersytetu Szczecińskiego w 2021-2022r.

Kolejnym działaniem naukowym w zespole dr hab. Teresy Zwierko prof. US był mój udział w stażu naukowym w Instytucie Nauk o Kulturze Fizycznej Uniwersytetu Szczecińskiego w okresie od 5 grudnia 2021 r do 19 lutego 2022 r. (opiekunem stażu była dr hab. Teresa Zwierko, prof. US). Podczas stażu naukowego przygotowano kolejne działania badawczo-publikacyjne w zespole naukowym przy Laboratorium Kinezylogii w Centrum Badań Strukturalno-Funkcjonalnych Człowieka Uniwersytetu Szczecińskiego. Dokończono także w zakresie edytorskim artykuł pt. „Contributing factors to sensorimotor adaptability in reactive agility performance in youth athletes”. Praca ta stanowiła także uwieńczenie współpracy z zespołem badawczym prof. dr. hab. Andrzeja Ciechanowicz. Podczas stażu przeprowadziłem także liczne konsultacje z pracownikami Instytutu Nauk o Kulturze Fizycznej Uniwersytetu Szczecińskiego dotyczące realizacji uzyskanego własnego projektu NCN MINIATURA 5. Ponadto przy udziale zespołu badawczego dr hab. Teresy Zwierko prof. US zrealizowano prace badawcze, których efektem było przygotowanie artykułu pt. „Reactive agility in competent young volleyball players: a gender comparison of perceptual-cognitive and motor determinants” (autorzy: Zwierko Michał, Jedziniak Wojciech, **Popowczak Marek**, Rokita Andrzej). Artykuł opublikowano w w *Journal of Human Kinetics* w 2022r. (vol. 85, s. 87–96, doi: 10.2478/hukin-2022-0112; IF = 2,923, MEiN = 140 pkt).

5.1.4 Pozostałe działania naukowe realizowane przy udziale dr hab. Teresy Zwierko prof. Uniwersytetu Szczecińskiego

Efektom kontynuacji współpracy z zespołem dr hab. Teresy Zwierko prof. Uniwersytetu Szczecińskiego było także opublikowanie artykułu pt. „Predicting Visual-Motor Performance in a Reactive Agility Task from Selected Demographic, Training, Anthropometric, and Functional Variables in Adolescents” (ogólne założenia zaprezentowano w podrozdziale 4.3.3.4).

Rezultaty prac badawczych dotyczące relacji percepcji wzrokowej z wynikami próby zwinnościowej opartej o schemat stop-and-go” także zaprezentowano w 28-30 października 2020r. w Sewilli (Hiszpania) podczas 25th Annual Congress of the European College of Sport Science. Przedstawiłem materiał pt. „Level of reactive agility and peripheral perception in talented young athletes involved in team sports” (autorzy: Popowczak Marek, Cichy Ireneusz, Zwierko Teresa, Rokita Andrzej). Ponadto przy współpracy z dr hab. Teresą Zwierko prof. US oraz dr hab. Jarosławem Domaradzkiem prof. AWF we Wrocławiu opublikowano doniesienie naukowe pt. „The Mediating Effect of Change of Direction Speed in the Relationship between the Type of Sport and Reactive Agility in Elite Female Team-Sport Athletes”. W pracy dążono do wyjaśnienia związku między rodzajem uprawianej zespołowej gry sportowej i wynikami zwinności oraz poszukiwano odpowiedzi w jakim stopniu modyfikuje ten związek szybkość zmian kierunku ruchu (zdolność stanowiąca komponent zwinności).

Domaradzki Jarosław, **Popowczak Marek**, Zwierko Teresa. The Mediating Effect of Change of Direction Speed in the Relationship between the Type of Sport and Reactive Agility in Elite Female Team-Sport Athletes. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2021: vol. 20, nr 4, s. 699-705 (IF = 4,017, MEiN = 100 pkt).

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na dokonaniu przeglądu literatury, zaprojektowaniu badań, przygotowaniu metodologii badań, wykonaniu badań właściwych, przygotowaniu manuskryptu artykułu, dokonaniu korekty przed złożeniem pracy do recenzji, dokonaniu korekty po recenzjach, przygotowaniu rycin i tabel, nadzorowaniu korespondencji z czasopismem.

Efekty współpracy z zespołem badawczym dr hab. Teresą Zwierko prof. Uniwersytetu Szczecińskiego zostały także zaprezentowane podczas: 25th Annual Congress of the European College of Sport Science (28-30 października 2020r. w Sewilli, Hiszpania), II Międzynarodowej Konferencji Naukowej "Motoryczność Sportowa - Założenia Teoretyczne

i Implikacje Praktyczne" (Kraków, 21-23 września 2017r.) i 6th International Teaching Games for Understanding Conference (TGfU, Kolonii, 25-27 lipca 2016r.).

5.2 Aktywność naukowa z pracownikami Wydziału Edukacji Uniwersytetu Konstantyna Filozofa w Nitrze na Słowacji

W 2019r. podjąłem działania naukowe z pracownikami Wydziału Edukacji Uniwersytetu Konstantyna Filozofa w Nitrze, Słowacja: prof. dr. hab. Jaromirem Šimonkiem oraz dr. hab. Pawłem Horicka w celu analizowania znaczenia parametrów antropometrycznych na komponenty zwinności (motoryczne i percepcyjno-kognitywne). Pierwsze wspólne działania naukowe zostały zaprezentowane podczas 26th Annual Congress (virtual) of the European College of Sport Science w 11 września 2021r. pt. „Association between body height and CODs and RA tests' performance in elite team sports players” (autorzy: Popowczak Marek, Domaradzki Jarosław, Horicka Pavol, Šimonek, Jaromir, Rokita Andrzej). W następnym etapie wspólnych działań naukowych opublikowano pracę pt. „Functional form of the relationship between body height, body mass index and change of direction speed, agility in Elite Female Basketball and Handball Players” (ogólne założenia zaprezentowano w podrozdziale 4.3.3.6). Ukierunkowano także, wspólne działania naukowe na analizę procesów decyzyjnych w sportach zespołowych. W tym celu przystąpiłem do udziału w słowackim narodowym projekcie w 2022-2024r. ramach programu VEGA (Naukowej Agencji Grantów Ministerstwa Edukacji, Nauki, Badań Naukowych i Sportu Republiki Słowackiej oraz Słowackiej Akademii Nauk) pt. „Hodnotenie rozhodovacích funkcií športovca vo vybraných kolektívnych a individuálnych športoch” (nr rej 1/0140/22), którego kierownikiem jest dr hab. Paweł Horička. Projekt będzie realizowany w latach 2022-2024.

5.3 Aktywność naukowa w zespole badawczym dr. hab. Jakuba Adamczyka prof. Akademii Wychowania Fizycznego im. Józefa Piłsudskiego w Warszawie

W pracy naukowej podjąłem działania zmierzające do określenia funkcjonowania układu nerwowo-mięśniowego, jego reakcji na różnego rodzaju wysiłki fizyczne. W tym celu uczestniczyłem w licznych konsultacjach i pracach badawczych podczas stażu naukowego w Zakładzie Teorii Sportu, Pływania i Ratownictwa Wodnego Akademii Wychowania Fizycznego im. Józefa Piłsudskiego w Warszawie w okresie 23-30 kwietnia 2019r. Opiekunem stażu był dr hab. Jakub Adamczyk, prof. AWF. Efektem przeprowadzonych badań było przygotowanie publikacji pt. „Bone mineral density in elite mastersathletes: the effect of body composition and long-term exercise”.

Kopiczko Anna., Adamczyk Jakub Grzegorz, Gryko Karol, **Popowczak Marek**. Bone mineral density in elite masters athletes: the effect of body composition and long-term exercise. *European Review of Aging and Physical Activity*, 2021: vol. 18, nr 7, s.1-10, doi:10.1186/s11556-021-00262-0 (IF = 6,650, MEiN = 140 pkt.).

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zebraniu wyników badań, wstępnej analizie, przygotowaniu projektu oryginalnego artykułu.

5.4 Aktywność naukowa dotycząca wspólnego projektu z dr. Paulo Henrique Borges z Center for Research and Development in Football and Futsal, Federal University of Santa Catarina w Brazylii

W działalności naukowej podjąłem wspólne działania z dr. Paulo Henrique Borges z Center for Research and Development in Football and Futsal, Federal University of Santa Catarina w Brazylii. Celem ich była weryfikacja wpływu zajmowanej przez zawodnika pozycji podczas gry na interakcje wykonywane przez młodych piłkarzy w grach jednostronnych, po uwzględnieniu wieku kostnego. Wyniki przeprowadzonych prac badawczych zaprezentowano podczas Międzynarodowego Kongresu Futsalu – ICFutsal 2022 pt. „Network-based centrality measures performed by U-15 football players in small-sided games: effect of game position controlled for bone age indicator. Ponadto uczestniczyłem w pracach publikacyjnych artykułu pt. „Combined Effects of Home Advantage and Match Result on Interactions Performed by Brazilian Handball Players”.

Lucas N. Trindade, **Popowczak Marek**, Matheus de O. Jaime, Priscila G. Marques, Juliano F. da Silva, Lucas S. C. Ueda, Dourivaldo Teixeira, Paulo H. Borges. Combined effects of home advantage and match result on interactions performed by Brazilian handball players. *Motriz: Revista de Educacao Fisica*, 2022: vol. 28, nr e10220001622, s. 1-5, (MEiN = 40 pkt.).

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przygotowaniu projektu oryginalnego artykułu, jego recenzji przed opublikowaniem.

6 Informacja o wykazywaniu się istotną inną aktywnością naukową albo artystyczną

6.1 Aktywność naukowa w zespole badawczym prof. dr. hab. Andrzeja Rokity

Uczestniczyłem w licznych działaniach naukowych realizowanych przez zespół badawczy prof. dr. hab. Andrzeja Rokity (który od 2009 r. jest opiekunem naukowym) dotyczących diagnozowania i monitorowanie szkolenia w zespołowych grach sportowych młodzieży

uzdolnionej ruchowo. Jako główny wykonawca realizowałem zadania badawcze w projekcie pt. „Ocena predyspozycji młodzieży do szkolenia sportowego w zakresie zespołowych gier sportowych” w latach 2013-2016 (RSA2 019 52) w ramach programu „Rozwój Sportu Akademickiego” (ogłoszonego przez MNiSW). Ponadto w ramach umowy o współpracy Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu z Dolnośląską Federacją Sportu z 30 kwietnia 2013r. uczestniczyłem w projekcie badawczym pt. „Program kształcenia i współzawodnictwa młodzieży uzdolnionej sportowo” jako kierownik projektu wspólnie z prof. dr. hab. Andrzejem Rokitą. Celem projektu było zdiagnozowanie predyspozycji motorycznych i dyspozycji osobniczych dzieci uzdolnionych sportowo zakwalifikowanych do kadr wojewódzkich w 2013 r. Efektem badań były raporty, spotkania podsumowujące dla trenerów kadr. Zrealizowane projekty przyczyniły się do opublikowania licznych prac naukowych przedstawionych w podrozdziałach: 4.2, 4.3, 6.3. Uzyskane wyniki w projektach pozwoliły także przygotować przez dr. Kamila Świerzko rozprawy doktorskiej w 2021r pt. „Wybrane zdolności motoryczne, percepcyjne i budowa somatyczna a efekt daty urodzenia młodzieży z reprezentacji województwa Dolnego Śląska w grach zespołowych”. Dr Marek Popowczak pełnił funkcję promotora pomocniczego.

Uczestniczyłem także w zadaniach realizowanych przez zespół badawczy prof. dr. hab. Andrzeja Rokity w ramach porozumienia o współpracy Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu z Urzędem Gminy w Wołowie z dnia 24 maja 2010r. w projekcie badawczym pt. „Kształcenie zintegrowane z wykorzystaniem piłek edukacyjnych EDUBAL”. Pełnił rolę koordynatora projektu i głównego wykonawcy. Projekt realizowany był w latach 2010-2013. Na podstawie zrealizowanych badań przygotowano doniesienia naukowe wymienione poniżej lub w rozdziale 6.3.2.

Cichy Ireneusz, Rokita Andrzej, Wolny Maciej, **Popowczak Marek**. Effect of physical exercise games and playing with Edubal educational balls on eye-hand coordination in first-year primary school children. *Medicina dello Sport*, 2015: vol. 68, nr 3, s. 461-472 (IF = 0,163, MEiN = 15 pkt).

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zebraniu wyników badań, przygotowanie danych do analizy statystycznej, korekcie przed i po złożeniu pracy do druku.

Świerzko Kamil, Wawrzyniak Sara, Pawlik Damian, **Popowczak Marek**, Rokita Andrzej. Reactions of the circulatory system of fourth-grade pupils in physical education lessons. *Antropomotoryka*, 2014: vol. 67, s. 29-36 (MEiN = 4 pkt.).

6.2 Aktywność naukowa w zespole badawczym dr. hab. Jarosława Domaradzkiego prof. Akademii Wychowania Fizycznego im. Polskich Olimpijczyków we Wrocławiu

W działalności naukowej współpracowałem także z innymi zespołami badawczymi. Do ważniejszych należy udział w pracach z zespołem badawczym dr. hab. Jarosława Domaradzkiego prof. Akademii Wychowania Fizycznego im. Polskich Olimpijczyków we Wrocławiu podczas, których analizowano rolę ćwiczeń interwałowych, opartych o protokół Tabaty w lekcjach wychowania fizycznego. Przeprowadzono badania (udział jako koordynator i wykonawca) w projekcie pt. „Aktywność fizyczna i edukacja żywieniowa w profilaktyce chorób cywilizacyjnych – aspekty teoretyczne i implikacje praktyczne dla programu szkolnego wychowania fizycznego w szkole średniej” (ECUPE No. 33/2018, kierownik dr hab. Jarosław Domaradzki). Na podstawie zrealizowanych badań młodzieży szkoły ponadgimnazjalnej przygotowano liczne niżej wymienione doniesienia naukowe.

Popowczak Marek, Rokita Andrzej, Koźlenia Dawid, Domaradzki Jarosław. The high-intensity interval training introduced in physical education lessons decrease systole in high blood pressure adolescents. *Scientific Reports*, 2022: vol. 12, nr 1, art. 1974, s. 1-7, doi:10.1038/s41598-022-06017-w (IF = 4,996, MEiN = 140 pkt.)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na dokonaniu przeglądu literatury, współtworzeniu koncepcji badań, prowadzeniu badań, zebraniu i przeanalizowaniu wyników, zinterpretowaniu danych, przygotowaniu manuskryptu artykułu, dokonaniu korekty przed złożeniem do recenzji.

Popowczak Marek, Rokita Andrzej, Domaradzki Jarosław. Effects of tabata training on health-related fitness components among secondary school students”. *Kinesiology*, 2022: vol. 54, nr 2, s. 221-229, doi:10.26582/k.54.2.2 (IF = 1,101 MEiN = 40 pkt.)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na dokonaniu przeglądu literatury, tworzeniu koncepcji badań, prowadzeniu badań, zebraniu i przeanalizowaniu wyników, zinterpretowaniu danych, przygotowaniu manuskryptu artykułu, dokonaniu korekty przed złożeniem pracy do recenzji i po otrzymaniu recenzji, przygotowaniu tabel oraz nadzorowaniu korespondencji z czasopismem.

Domaradzki Jarosław, Koźlenia Dawid, **Popowczak Marek**. Prevalence of positive effects on body fat percentage, cardiovascular parameters, and cardiorespiratory fitness after 10-week high-intensity interval training in adolescents. *Biology*, 2022: vol. 11, nr 3, art. 424, s. 1-15. <https://www.mdpi.com/2079-7737/11/3/424> (IF = 5,168; MEiN = 100 pkt.)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na dokonaniu przeglądu literatury, współtworzeniu koncepcji badań, prowadzeniu badań, zebraniu wyników, przygotowaniu manuskryptu artykułu, dokonaniu korekty przed złożeniem pracy do recenzji i po otrzymaniu recenzji.

Domaradzki Jarosław, Koźlenia Dawid, **Popowczak Marek**. Sex moderated mediation of the musculoskeletal fitness in relationship between high-intensive interval training performing during physical education classes and cardiorespiratory fitness in healthy boys and girls. *BioMed Research International*, 2022: nr 8760620, s. 1-9, doi:10.1155/2022/8760620.biology-1531960 (IF = 3,246, MEiN = 70 pkt).

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na dokonaniu przeglądu literatury, tworzeniu koncepcji badań, zaprojektowaniu działań, zebraniu wyników, przygotowaniu manuskryptu artykułu, dokonaniu korekty przed złożeniem pracy do recenzji i po otrzymaniu recenzji.

Domaradzki Jarosław, Koźlenia Dawid, **Popowczak Marek**. The relative importance of age at peak height velocity and fat mass index in high-intensity interval training effect on cardiorespiratory fitness in adolescents: a randomized controlled trial. *Children*, 2022: vol. 9, nr 10, art. 1554, s. 1-5, doi: 10.3390/children9101554 (IF = 2,835: MEiN = 40 pkt).

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na prowadzeniu badań, zebraniu wyników, przygotowaniu manuskryptu artykułu, pozyskaniu finansowania, dokonaniu korekty po otrzymaniu recenzji.

Domaradzki Jarosław, Koźlenia Dawid, **Popowczak Marek**. Prognostic potential of the body composition indices in predicting positive changes in resting blood pressure after high-intensity interval training in adolescents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022: vol. 19, nr 22, art. 14658, s. 1-14, doi: 10.3390/ijerph192214658 (IF = 4,614, MEiN = 140 pkt).

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zbieraniu danych, przygotowaniu metodologii badań, przygotowaniu manuskryptu artykułu, dokonaniu korekty przed złożeniem pracy do recenzji i po otrzymaniu recenzji, pozyskiwaniu finansowania.

Domaradzki Jarosław, Koźlenia Dawid, **Popowczak Marek**. The mediation role of fatness in associations between cardiorespiratory fitness and blood pressure after high-intensity interval training in adolescents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022; vol. 19, nr 3, art. 1698, s.1-14 (IF = 4,614, MEiN = 140 pkt).

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współtworzeniu koncepcji badań, prowadzeniu badań, zebraniu wyników, zinterpretowaniu danych, przygotowaniu manuskryptu artykułu, dokonaniu korekty przed złożeniem pracy do recenzji i po otrzymaniu recenzji.

Domaradzki Jarosław, Koźlenia Dawid, **Popowczak Marek**. Mediation effect of cardiorespiratory fitness on relationships between high-intensity interval training and body fat in overweighted and obese adolescents. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2022: vol. 62, nr 12, s. 1735-1741, doi: 10.23736/S0022-4707.22.13539-5. (IF = 1,669, MEiN = 40 pkt.).

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na dokonaniu przeglądu literatury, współtworzeniu koncepcji badań, prowadzeniu badań, zebraniu wyników, dokonaniu korekty przed złożeniem do recenzji.

Domaradzki Jarosław, Rokita Andrzej, Koźlenia Dawid, **Popowczak Marek**. Optimal values of body composition for the lowest risk of failure in tabata training's effects in adolescents: a pilot study. *BioMed Research International*, 2021, art. 6675416, s. 1-7, (IF = 3,246, MEiN = 70 pkt.)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na dokonaniu przeglądu literatury, współtworzeniu koncepcji badań, prowadzeniu badań, zebraniu wyników, przygotowaniu manuskryptu artykułu, dokonaniu korekty przed złożeniem pracy do recenzji i po otrzymaniu recenzji.

Domaradzki Jarosław, Cichy Ireneusz, Rokita Andrzej, **Popowczak Marek**. Effects of Tabata training during physical education classes on body composition, aerobic capacity, and anaerobic performance of under-, normal- and overweight adolescents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020: vol. 17, nr 3, art. 876, s. 1-11, doi:10.3390/ijerph17030876. (IF = 3,390, MEiN = 140 pkt.).

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na dokonaniu przeglądu literatury, współtworzeniu koncepcji badań, zaprojektowaniu działań, zebraniu wyników, zinterpretowaniu danych, przygotowaniu manuskryptu artykułu, dokonaniu korekty przed złożeniem pracy do recenzji i po otrzymaniu recenzji, przygotowaniu tabel oraz nadzorowaniu korespondencji z czasopismem.

Wyniki badań zaprezentowano także podczas Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej „Aktywność fizyczna - interdyscyplinarny przegląd i badania” w 2021r. w doniesieniu naukowym pt. „Sprawność krążeniowo-oddechowa jako mediator relacji między treningiem interwałowym o wysokiej intensywności a otluszczeniem u młodzieży z nadwagą i otyłością” (autorzy: Koźlenia Dawid, **Popowczak Marek**, Domaradzki Jarosław).

Udział w powyższym projekcie przyczynił się także do poszukiwania relacji pomiędzy parametrami antropometrycznymi a komponentami zwinności u dzieci i młodzieży nietreningującej. Wyniki tych badań zaprezentowałem podczas International Scientific Conference „Diagnostics in Sports 2019” w Preszowie na Słowacji (19-20 września 2019r. Przedstawiono doniesienie naukowe pt. „Effect of body composition on speed of changes-of-direction in young adults” (autorzy: **Popowczak Marek**, Rokita Andrzej, Rubajczyk Krystian, Domaradzki Jarosław).

6.3 Wykaz autorstwa w pozostałych publikacjach po uzyskaniu stopnia doktora nauk o kulturze fizycznej z wyłączeniem prac zaprezentowanych w poprzednich rozdziałach

6.3.1 Publikacje z pierwszym autorstwem

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk o kulturze fizycznej byłem pierwszym autorem 5 artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach znajdujących się poza listą Thomson Scientific Master Journal List o łącznej liczbie 25 pkt MEiN. Artykuły zostały wymienione w rozdziale 5 i stanowi znaczący wkład dla rozwoju problemu badawczego dotyczącego cyklu publikacji powiązanych tematycznie i prezentowanych w autoreferacie.

6.3.2 Współautorstwo oryginalnych artykułów naukowych w czasopismach nie będących na liście Thomson Scientific Master Journal List

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk o kulturze fizycznej byłem współautorem 13 oryginalnych artykułów naukowych w czasopismach nie będących na liście Thomson Scientific Master Journal List o łącznej liczbie 140pkt MEiN. Prace są efektem realizacji projektów badawczych oraz udziałem w pracach badawczych innych zespołów. Poniżej zaprezentowane publikacje naukowe z wyłączeniem prac podanych w rozdziale 4 i podrozdziałach 5.1-5.4, 6.1.-6.2.

- Chmura Paweł, Świerzek Kamil, Andrzejewska Justyna, **Popowczak Marek**, Dudkowski Andrzej, Konefał Marek, Rokita Andrzej. Endurance skills of young team game players. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 2015: vol. 7, nr 3, s. 13-22 (MEiN = 11 pkt.).
- Grzesiak-Gasek Iwona, Kaczmarek Urszula, **Popowczak Marek**. Stężenie wybranych składników śliny u koszykarzy przed rutynowym treningiem i po nim. *Dental and Medical Problems*, 2015: vol. 52, nr 2, s. 197-204 (MEiN = 11 pkt.).
- Struzik Artur, Rokita Andrzej, Pietraszewski Bogdan, **Popowczak Marek**. Accuracy of replicating static torque and its effect on shooting accuracy in young basketball players. *Human Movement*, 2014: vol. 15, nr 4, s. 216-220, doi: 10.1515/humo-2015-0014 (MEiN = 14 pkt.).
- Świerzek Kamil, Rokita Andrzej, **Popowczak Marek**. Częstotliwość skurczów serca uczniów klasy IV szkoły podstawowej na lekcji wychowania fizycznego z zakresu koszykówki. *Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*, 2014: nr 44, s. 99-108 (MEiN = 8 pkt.).

- Ściślak Marcin, Rokita Andrzej, Kołodziej Małgorzata, Kałużny Krzysztof, **Popowczak Marek**. Zainteresowania formami aktywności ruchowej uczniów liceów ogólnokształcących Wrocławia. *Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*, 2014: nr 45, s. 79-98 (MEiN = 8 pkt.).
- Ściślak Marcin, Rokita Andrzej, **Popowczak Marek**. Secondary school students' interest in various forms of physical activity. *Human Movement*, 2013: vol. 14, nr 1, s. 11-19 (MEiN = 14 pkt.).
- Chmura Paweł, Rokita Andrzej, **Popowczak Marek**, Cichy Ireneusz. Reactions of the cardiovascular system during physical education classes in first grade primary school children. *Antropomotoryka*, 2012: vol 22, nr 58, s. 57-63 (MEiN = 4 pkt.).
- Ściślak Marcin, Rokita Andrzej, **Popowczak Marek**, Kołodziej Małgorzata, Kałużny Krzysztof. Zainteresowania grami sportowymi uczniów liceów ogólnokształcących Wrocławia. *Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*, 2012: nr 39, s. 149-158 (MEiN = 2 pkt.).
- Cichy Ireneusz, Rokita Andrzej, Kałużny Krzysztof, Majorowski Maciej, **Popowczak Marek**. Piłki edukacyjne "Edubal" w szkole podstawowej z oddziałami integracyjnymi. *Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*, 2011: nr 33, s. 156-165 (MEiN = 2 pkt.).
- Kałużny Krzysztof, Cichy Ireneusz, Majorowski Maciej, **Popowczak Marek**. Zainteresowania aktywnością ruchową uczniów klas pierwszych gimnazjum integracyjnego oraz gimnazjum ogólnego. *Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*, 2011: nr 34, s. 170-175 (MEiN = 2 pkt.).
- Cichy Ireneusz, Rokita Andrzej, **Popowczak Marek**, Naglak Karolina. Psychomotor development of grade I primary school children who are educated by means of traditional and non-traditional program. *Antropomotoryka*, 2010: vol. 19, nr 49, s. 45-55 (MEiN = 6 pkt.).
- Cichy Ireneusz, **Popowczak Marek**. Rozwój psychomotoryczny uczniów kończących pierwszą klasę szkoły podstawowej edukowanych programem tradycyjnym i nietradycyjnym. *Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*, 2009: nr 27, s. 17-23 (MEiN = 2 pkt.).

6.4 Uczestnictwo w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych

Poza projektami wymienionymi w podrozdziałach: 4.3.1.4, 4.3.3.2 i 5.2 zrealizowałem jako kierownik projekt Narodowego Centrum Nauki „MINIATURA 5 pt. „Sterowanie okulomotoryczne w zadaniach zwinności reakcyjnej u zawodników zespołowych gier sportowych” (nr rej. 2021/05/X/NZ7/00478). Działania projektowe realizowano od 2 listopada 2021r. do 2 listopada 2022r.. Celem projektu było określenie relacji pomiędzy wybranymi parametrami sterowania okulomotorycznego a komponentami motorycznymi zwinności u graczy gier zespołowych.

6.5 Uczestnictwo w konferencjach naukowych po uzyskaniu stopnia doktora nauk o kulturze fizycznej

Prowadzona przeze mnie działalność naukowa, po uzyskaniu stopnia doktora nauk o kulturze fizycznej obejmuje również czynny udział w 12 konferencjach naukowych krajowych i 5 zagranicznych. Poniżej wykaz doniesień naukowych zaprezentowanych podczas poszczególnych konferencji naukowych z wyłączeniem aktywności zaprezentowanej w podrozdziałach: 5.1.4 i 6.2.

- Zwierko Michał, Słowińska Weronika, Jedziniak Wojciech, **Popowczak Marek**, Rokita Andrzej (2022). Motoryczne i percepcyjno-kognitywne uwarunkowania zwinności reakcyjnej w młodzieżowej piłce siatkowej. W: *V Ogólnopolska Konferencja dla Młodych Naukowców, Wieczór Naukowca: Wokół Człowieka: program i streszczenia* (s. 23). Wrocław: Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu.
- **Popowczak Marek**, Domaradzki Jarosław, Horicka P., Simonek J., Rokita Andrzej (2021). Association between body height and CODS and RA tests performance in elite team sports players. W: *26th Annual Congress of the European College of Sport Science: 8th-10th September 2021: book of abstracts* (s. 297). Cologne: European College of Sport Science.
- Zwierko Michał, Słowińska Weronika, Janiszewski Michał, Rokita Andrzej, **Popowczak Marek** (2021). Związki pomiędzy postrzeganiem peryferyjnym a szybkością zmian kierunku poruszania się i zwinnością reakcyjną u dzieci trenujących piłkę siatkowa. W: Joanna Kalecińska, Paweł Tomaszewski (red.), *Ogólnopolska Konferencja Studenckich Kół Naukowych: streszczenia* (s. 32). Warszawa: Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie.

- Rubajczyk Krystian, **Popowczak Marek**, Rokita Andrzej (2019). The relative age effect in Poland's youth volleyball. W: V. Bunc, E. Tsolakidis (red.) *24th Annual Congress of the European College of Sport Science: book of abstracts* (s. 608-609). Cologne: European College of Sport Science.
- Zwierko Teresa, Jedziniak Wojciech, Florkiewicz Beata, Buryta Rafał, Kostrzewa-Nowak Dorota, Nowak Robert, **Popowczak Marek**, Woźniak Jarosław (2017). Effect of incremental exercise on eye ctivity in free - viewing visual search task in soccer players [Dokument elektroniczny] W: *II Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Motoryczność Sportowa - Założenia Teoretyczne i Implikacje Praktyczne”*, Kraków, 21-23 września: *program konferencji* (s. 68-69). Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie.
- Zwierko Teresa, **Popowczak Marek**, Woźniak Jarosław, Rokita Andrzej (2016). Gaze control in basketball jump shots and free throws. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 2016: vol. 87, suppl. 1, s. 2-3. Praca badawcza została zaprezentowana podczas *6th International Teaching Games for Understanding Conference (TGfU)*, 25-27 lipca 2016r. w Kolonii, Niemcy.
- **Popowczak Marek**, Rokita Andrzej, Ściślak Marcin, Cichy Ireneusz, Kałużny Krzysztof (2015). The level of spatial orientation and peripheral perception in young talented athletes from team games. W: *I International Scientific Conference „Motor ability in sports - theoretical assumptions and practical implications”*. Krakow, 23-25 September 2015: *conference programme* (s.72). Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie.
- Dudkowski Andrzej, Rokita Andrzej, **Popowczak Marek**, Chmura Paweł (2015). Velocity of moving of handball players with and without ball depending on the running route. W: *I International Scientific Conference „Motor ability in sports - theoretical assumptions and practical implications”*. Krakow, 23-25 September 2015: *conference programme* (s. 48). Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie.
- Rokita Andrzej, **Popowczak Marek**, Struzik Artur (2014). Ocena predyspozycji młodzieży do szkolenia sportowego w zakresie zespołowych gier sportowych [prezentacja]. W: *Konferencja Naukowa „Nauka na rzecz praktyki sportowej”*, Akademia Wychowania Fizycznego w Katowicach, 10-11 października 2014 r, *program konferencji*.
- Struzik Artur, **Popowczak Marek**, Rokita Andrzej. (2014). Wpływ posiadania piłki na poziom zdolności szybkościowych koszykarzy. W: *XX Konferencja Naukowa „Wychowanie fizyczne i sport w badaniach naukowych”*. *Trening sportowy: diagnoza - projekt - kontrola:*

streszczenia/AWF w Poznaniu, 29 maja 2014 r. (s. 34). Akademia Wychowania Fizycznego w Poznaniu.

- **Popowczak Marek**, Rokita Andrzej, Cichy Ireneusz, Chmura Paweł (2011). Poziom wybranych koordynacyjnych zdolności motorycznych a wyniki Międzynarodowego Testu Sprawności Fizycznej dzieci w wieku 10 lat [prezentacja]. W: *Konferencja naukowa „Dydaktyka wychowania fizycznego”, Olejnica, 16 sierpnia 2011 r., program konferencji.* Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu.
- **Popowczak Marek**, Majorowski Maciej, Cichy Ireneusz, Krzysztof Kałużny (2009). Poziom koordynacyjnych zdolności motorycznych uczniów uczestniczących w programie „Basketmania” [prezentacja]. W: *Konferencja Naukowa „Sport Szkolny w Teorii i Praktyce”. Wrocław, 11 grudnia 2009 r., program konferencji.* Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu.
- **Popowczak Marek**, Cichy Ireneusz (2009). Physical ability of secondary school students participating in mobile activity with the ball that arouses their empathy [poster presentation]. W: *International Scientific Conference "Physical Education and Sport in Research" and "Aging and Physical Activity", Rydzyna, 11-12 września 2009r., program konferencji.*
- **Popowczak Marek**, Cichy Ireneusz (2009). Zmiany poziomu empatii uczniów szkoły ponadgimnazjalnej uczestniczących w aktywności ruchowej z piłką. W: *XV Tatrzańskie Seminarium Naukowe „Edukacji Jutra”, Zakopane, 22 czerwiec 2009r, program konferencji.* Wrocławskie Towarzystwo Naukowe, Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu.

6.6 Członkostwo w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism

Uczestniczyłem w pracach komitetu redakcyjnego zeszytu nr 39 Rozpraw Naukowych Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu w 2012 r.

6.7 Wykonane recenzje artykułów dla periodyków naukowych

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk o kulturze fizycznej zrecenzowałem 32 prace naukowe dla 12 czasopism naukowych.

Wykonałem 25 recenzji prac zgłoszonych do czasopism będących na Thomson Scientific Master Journal List:

- Applied Sciences (IF = 2,838; 70 pkt MEiN),
- International Journal of Environmental Research and Public Health (IF = 4,614; 140 pkt MEiN),
- Kinesiology (IF =1,452 ; 40 pkt. MEiN),

- Perceptual and Motor Skills (IF = 2,212; 40 pkt MEiN),
- Scientific Reports (IF = 4,996; 140 pkt MEiN),
- Sports Biomechanics (IF = 2,896, 70 pkt MEiN),
- Sustainability (IF = 3,889; 100 pkt MEiN).

Zrecenzowałem także prace zgłoszone do czasopism spoza Master Journal List:

- Baltic Journal of Health and Physical Activity (70 pkt MEiN),
- Biomedical Human Kinetics (70 pkt MEiN),
- Pediatric Reports (70 pkt MEiN),
- Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu (8 pkt. MEiN),
- Roczniki Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku (6 pkt. MEiN).

6.8 Udział w zespołach badawczych, realizujących projekty inne niż zaprezentowano w rozdziale 5 i podrozdziałach 6.1-6.4.

Uczestniczyłem w niżej wymienionych projektach, które zostały zakończone.

- Jako wykonawca brałem udział w projekcie badawczym pt. „Wpływ ćwiczeń reakcyjnych na poziom efektów percepcyjnych i motorycznych” realizowanym w ramach pojedynczego działania naukowego wyłonionego w ramach konkursu wewnątrzuczelnianego Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu. Kierownikiem projektu był mgr Michał Zwierko. Projekt realizowany był w latach 2021-2022r.
- Uczestniczyłem w zadaniu badawczym dotyczącym diagnozowania piłkarzy ręcznych i piłkarek ręcznych Zagłębia Lubin przez zespół badawczy prof. dr. hab. Andrzeja Rokity w sierpniu i wrześniu 2018r. i 2019r.
- Brałem udział w pracach zespołu badawczego prof. dr. hab. Andrzeja Rokity (Akademia Wychowania Fizycznego im. Polskich Olimpijczyków we Wrocławiu) w ramach uczelnianych badań statutowych pt. „Diagnoza i monitorowanie szkolenia w zespołowych grach sportowych młodzieży uzdolnionej ruchowo” w latach 2014-2018. Pełniłem rolę wykonawcy.
- W latach 2016-2017 uczestniczyłem jako główny wykonawca i koordynator projektu pt. „Diagnoza potencjału motorycznego dzieci zakwalifikowanych do programu Volleymania 2016”. Prace badawcze zrealizowano w ramach współpracy uczelni z Fundacją „Kraina Siatkówki” we Wrocławiu (umowa z dn. z 12 grudnia 2016r.).
- W 2015 roku pełniłem rolę wykonawcy w projekcie badawczym pt. „Diagnoza potencjału motorycznego dzieci uczestniczących w programie Volleymania”. Projekt realizowany był w ramach współpracy uczelni z Fundacją Młoda Gwardia. Przeprowadzono badania

40 dziewcząt i 40 chłopców z klas VI szkoły podstawowej ćwiczących w piłkę siatkową w 22 grudnia 2015 r. Efektem pracy były wyniki badań określające poziom zdolności motorycznych dzieci uczestniczących w programie „Volleymania” oraz publikacje naukowe.

- Realizowałem zadanie publiczne w zakresie edukacji i nauki pt. „Wydanie publikacji naukowych w czasopiśmie *Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*” na podstawie umowy nr 1888/IV/12 Zarządu Województwa Dolnośląskiego z dn. 28 lutego 2012r. Pełniłem funkcję koordynatora zadania. Efektem było wydanie zeszytu nr 39 „Rozpraw Naukowych” AWF we Wrocławiu w 2012 r.
- Brałem udział w projekcie badawczym pt. „Diagnozowanie zainteresowań formami aktywności ruchowej z piłką uczniów klas liceum ogólnokształcącego” jako wykonawca projektu w XVII Liceum Ogólnokształcącym we Wrocławiu w 2011 r. Kierownikiem projektu był dr Marcin Ściślak.

6.9 Członkostwo w stowarzyszeniach naukowych

- Od 2020 r. jestem członkiem European College of Sport Science.
- Od 2004 roku - członkiem Międzynarodowego Towarzystwa Naukowego Gier Sportowych w Krakowie.
- W latach 2001-2003 byłem członkiem Stowarzyszenia Samorozwoju i Psychoterapii „Evolutio”

6.10 Opiekun Studenckich Kół Naukowych w Akademii Wychowania Fizycznego im. Polskich Olimpijczyków we Wrocławiu

Od 2009r. współpracowałem z prof. dr. hab. Andrzejem Rokitą podczas realizacji zadań przez SKN przy Katedrze Zespołowych Gier Sportowych Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu. Od 2017 roku pełnię rolę opiekuna naukowego Studenckie Koło Naukowe „Koszykówka”. Studenci jako członkowie w/w kół naukowych osiągnęli liczne sukcesy naukowe, uczestniczyli w licznych projektach badawczych a efektem ich były publikacje naukowe, wystąpienia podczas konferencji naukowych, uzyskanie stopnia doktora nauk o kulturze fizycznej oraz przygotowanie innych prac dyplomowych.

7 Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę po uzyskaniu stopnia doktora nauk o kulturze fizycznej

7.1 Współpraca z liceum ogólnokształcącym

Od 2009 roku prowadzę liczne działania w Liceum Ogólnokształcącym nr XVII im. Agnieszki Osieckiej we Wrocławiu o charakterze naukowym i dydaktycznym. W zakresie nauki przeprowadziłem prace badawcze, których efektem były liczne artykuły naukowe. Wśród młodzieży szkolnej prowadziłem spotkania z pracownikami uczelni oraz warsztaty praktyczne. Studenci także mieli możliwość realizacji staży instruktorskich na szkolnych koszykarskich drużynach czy praktyk pedagogicznych. Na podstawie wcześniejszych wspólnych działań szkolno-uczelnianych w roku 2018 podpisano umowę o współpracy pomiędzy Liceum Ogólnokształcącym nr XVII im. Agnieszki Osieckiej we Wrocławiu a Akademią Wychowania Fizycznego we Wrocławiu. Od 2018 r. pełnię funkcję koordynatorem współpracy.

7.2 Uczestnictwo w pracach organizacyjnych wydarzeń popularyzujących naukę

- Z-ca Przewodniczącego Komitetu Organizacyjnego (sekretarz) „Konferencji Szkoleniowej dla Sędziów i Trenerów Koszykówki w ramach EuroBasket 2009. Konferencja odbyła się w 5-7 września 2009r. z udziałem krajowych i zagranicznych wykładowców.
- Z-ca Przewodniczącego Komitetu Organizacyjnego Międzynarodowej Konferencji Naukowo – Metodycznej „Gry z piłką w wychowaniu fizycznym i sporcie”, Wrocław, 12 maja 2010r.
- Udział w organizacji Konferencji Edukacyjnej „Teoretyczne i praktyczne aspekty kształcenia dzieci i młodzieży na różnych etapach edukacji piłkarskiej w Polsce”, która odbyła się w 6–7 września 2010 r. w Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu.
- Współpraca ze Szkolnym Związkiem Sportowym „Dolny Śląsk” w organizacji szkoleń dla nauczycieli w ramach Ogólnopolskiego Programu Edukacyjnego „Mały Mistrz” pod patronatem Ministra Sportu i Turystyki w latach 2012-2014 oraz opublikowanie z SZS Dolny Śląsk „Przewodnika dla nauczycieli edukacji wczesnoszkolnej i współpracujących nauczycieli wychowania fizycznego realizujących program Mały Mistrz” w 2013 i 2014r.
- Sekretarz Komitetu Organizacyjnego Ogólnopolskiej Konferencji Edukacyjnej „Teoretyczno-metodyczne aspekty edukacji sportowej dzieci i młodzieży na przykładzie gry w piłkę ręczną”. Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, 12-13 września 2011 roku.

- Udział w pracach Komitetu Organizacyjnego Ogólnopolskiej Konferencji Edukacyjnej pt. „Teoretyczno – metodyczne aspekty edukacji sportowej dzieci i młodzieży na przykładzie gry w piłkę siatkową”, Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, 10-11 września 2012 r.
- Udział w pracach Komitetu Organizacyjnego Ogólnopolskiej Konferencji Edukacyjnej pt. „10 lat z „Edubalem” zakładane i rzeczywiste efekty kształcenia z wykorzystaniem piłek edukacyjnych „Edubal”. Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, 23 maj 2012r.
- Współorganizator IV Konferencji Szkoleniowej dla instruktorów i trenerów piłki ręcznej organizowanej przez Dolnośląski Związek Piłki Ręcznej w 17 lutego 2013 r.
- Udział w pracach Komitetu Organizacyjnego II Ogólnopolskiej Konferencji Edukacyjnej pt. „15 lat z Eduballami zakładane i rzeczywiste efekty kształcenia z wykorzystaniem piłek edukacyjnych Eduball”. Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, 23 maj 2017 r.
- Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego Konferencji Edukacyjnej „Koszykówka w szkolnym wychowaniu fizycznym”, Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, 16 maja 2017 r.
- Udział w pracach Komitetu Organizacyjnego III Ogólnopolskiej Konferencji Edukacyjnej pt. „20 lat z EDUBALLAMI”, Akademia Wychowania Fizycznego im Polskich Olimpijczyków we Wrocławiu, 14 listopada 20022 r.

7.3 Udział w projekcie finansowanym w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych

Uczestniczyłem w niżej wymienionych projektach:

- pt. „Zintegrowany program rozwoju AWF Wrocław” (POWR.03.05.00-00-Z101/18) finansowanym przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju jako koordynator merytoryczny i wykonawca w module Kształcenia Kadr Instruktorskich w latach 2018-2022,
- pt. „Nowa jakość praktyk pedagogicznych” (nr. UDA-POKL.03.03.02-00-069/10) jako superwizor zajęć prowadzonych przez studentów w szkołach podstawowych i gimnazjalnych w latach 2011-2014 i 2015-2016.
- w programie „Erasmus” jako koordynator wizyty zaproszonego pracownika Academic of Democritus University of Thrace (Grecja) dr. Athanasios Laios w 24-25 maja 2010 roku,
- w programie „Uniwersytet Młodego Odkrywcy” ogłoszonego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego jako wykładowca zrealizowałem zajęcia dla dzieci z koszykówki oraz turniej streetballa w 2017 r.,

- w „Programie SKS” ogłoszonego przez Ministerstwo Sportu i Turystyki jako organizator i prowadzący zajęcia dla młodzieży szkolnej w Liceum Ogólnokształcącym nr XVII im. Agnieszki Osieckiej we Wrocławiu w latach 2016-2022,
- w Ogólnopolskim Programie Kształcenia Kadr Sportowych w 2010 r. jako wykładowca kursu instruktora koszykówki,
- w programie „Basketmania” ogłoszonego przez Wrocławski Szkolny Związek Sportowy jako organizator i prowadzący zajęcia ruchowe z koszykówki dla młodzieży szkolnej w latach 2009-2012.

7.4 Wydarzenia popularyzujące naukę

Od 2006 r. organizuję warsztaty praktyczne dla dzieci i młodzieży w ramach Dolnośląskiego Festiwalu Nauki (DFN). Po uzyskaniu stopnia doktora nauk o kulturze fizycznej przeprowadziłem następujące wykłady i warsztaty w ramach DFN:

- 2009r., pt. „Poznaj i zrozum uczestników zajęć ruchowych z koszykówki (wykładowcy: **Marek Popowczak**, Ireneusz Cichy),
- 2010r., pt. „Streetball - forma aktywności ruchowej dla wszystkich” (**Marek Popowczak**),
- 2011r., pt. „Siatkówka plażowa i streetball jako gry alternatywne w szkolnym wychowaniu fizycznym” (**Marek Popowczak**, Marcin Ściślak),
- 2013r., pt. „Poznaj własną sprawność fizyczną za pomocą najnowocześniejszych narzędzi badawczych” (**Marek Popowczak**, Sara Wawrzyniak, Marek Majewski, Kamil Świerzko),
- 2014r., pt. „Jak zdiagnozować wybrane zdolności motoryczne? Prezentacja nowoczesnych narzędzi badawczych” (**Marek Popowczak**, Artur Struzik, Sara Wawrzyniak, Kamil Świerzko, Damian Pawlik),
- 2015r., pt. „Zdiagnozuj wybrane zdolności motoryczne za pomocą nowoczesnych narzędzi badawczych” (**Marek Popowczak**, Artur Struzik, Damian Pawlik, mgr Kamil Świerzko, mgr Katarzyna Klimczak, Marcin Korbecki, Krystian Rubajczyk, Sara Wawrzyniak),
- 2017r., pt. „Funkcje wizualne i orientacja czasowo- przestrzenna młodych sportowców” (**Marek Popowczak**, Marcin Ściślak, Ireneusz Cichy, Kamil Świerzko),
- 2018r., pt. „Poznaj własną sprawność fizyczną i skład swojego ciała za pomocą najnowocześniejszych narzędzi badawczych” (**Marek Popowczak**, Paweł Pośluszny, Jarosław Domaradzki, Krystian Rubajczyk),
- 2020r., pt. „Monitorowanie funkcji wizualnych i zwinność w sporcie” (**Marek Popowczak**, Jarosław Domaradzki, Krystian Rubajczyk, Dawid Koźlenia),

- 2021r, pt. „Widzenie sportowe a zwinność reaktywna” (**Marek Popowczak**, Teresa Zwierko, Jarosław Domaradzki, Michał Zwierko),
- 2022r., pt. „Rozwijaj umiejętności kozłowania piłki i rzutów do kosza w grze jeden przeciwko jednemu” (Dominik Tomczyk, **Marek Popowczak**, Michał Janiszewski).

Zrealizowałem także poniższe warsztaty praktyczne:

- 2009r., pt. „Innowacje w lekcji wychowania fizycznego”, w XIV Liceum Ogólnokształcącym we Wrocławiu,
- 2012r., pt. „Zespołowe gry sportowe w szkolnym wychowaniu fizycznym”, dla Powiatowego Ośrodka Doradztwa Metodycznego w Polkowicach.

7.5 Opiniowanie wniosków w konkursach mających charakter dydaktyczny.

Opiniowałem wnioski w konkursie o włącznie kwalifikacji do Zintegrowanego Rejestru Kwalifikacji w ramach Sektorowych Ram Kwalifikacyjnych. Wnioski dotyczyły następujących kwalifikacji:

- „Projektowanie autorskiej koncepcji treningowej i zarządzanie procesem szkoleniowym w koszykówce” (trener koszykówki – poziom A),
- „Planowanie i prowadzenie procesu szkoleniowego w koszykówce” (trener koszykówki - poziom B),
- „Prowadzenie zajęć z koszykówki w ramach sportu dla wszystkich” (animatore koszykówki),
- „Prowadzenie procesu treningowego w koszykówce” (trener koszykówki - poziom C).

7.6 Autorskie programy specjalizacji zawodowej (trenerskiej), specjalizacji instruktorskiej, kursów instruktorskich oraz innych przedmiotów.

- Od roku 2009 prowadzę wg autorskiego programu przedmiot „Specjalizacja instruktorska, koszykówka” który trwa przez trzy semestry studiów 1 stopnia na Wydziale Wychowania Fizycznego i obecnie Wydziale Wychowania Fizycznego i Sportu w Akademii Wychowania Fizycznego im. Polskich Olimpijczyków we Wrocławiu. Przedmiot ten kończy się egzaminem, a absolwenci otrzymują tytuł Instruktora Sportu, Instruktora Sportu Szkolnego czy Instruktora Rekreacji w koszykówce. Uprawnienia Instruktora Sportu Polskiego Związku Koszykówki do dnia bieżącego pozwalają na uzyskanie licencji kategorii C Polskiego Związku Koszykówki.

- Od 2019 r. prowadzę wg autorskiego programu przedmiot „Instruktor w koszykówce”, który trwa przez 3 semestry studiów I stopnia na Wydziale Wychowania Fizycznego i Sportu. Program został dostosowany do wymogów nowych Ram Kwalifikacji w Sporcie.
- Od 2009 r. prowadzę wg autorskiego programu przedmiot „Teoria i metodyka koszykówki”, który trwa jeden semestr i jest przedmiotem obligatoryjnym dla studentów 1 stopnia Wydziału Wychowania Fizycznego i Sportu w Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu.
- Od 2016r. prowadzę wg programu autorskiego przedmiot „Koszykówka 3x3” dla studentów Wydziału Fizjoterapii i Wydziału Wychowania Fizycznego i Sportu w ramach zajęć do wyboru. Podczas zajęć studenci poznają zespołową grę sportową od niedawna jako olimpijską dyscyplinę sportową. Poznają również walory zdrowotne w aktywności ruchowej człowieka.
- W latach 2013-2015 realizowałem zajęcia dydaktyczne „Streetball” dla studentów 2 roku Wydziału Wychowania Fizycznego Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu wg programu autorskiego.
- Byłem współautorem programów i głównym prowadzącym kursy instruktorskie w koszykówce, organizowane przez Szkołę Wyższą im. Pawła Włodkowica, Płock w ramach Ogólnopolskiego Programu Szkolenia Kadr Sportowych w projekcie Kapitał Ludzki, finansowanych przez Unię Europejską w 2014r. (kurs instruktorski we Wrocławiu).
- Był autorem programów i głównym prowadzącym podczas kursów trenerskich i instruktorskich w koszykówce, organizowanych przez Centrum Doskonalenia Kadr przy AWF we Wrocławiu od 2001 roku,
- Opracowałem program przedmiotu „Teory and methodology of basketball” dla studentów programu „ERASMUS” w 2012 r. oraz prowadzącym zajęcia dydaktyczne.

7.7 Promotorstwo prac magisterskich i licencjackich oraz recenzowanie prac dyplomowych

Od 2009 roku byłem promotorem 20 prac dyplomowych licencjackich, 32 prac dyplomowych magisterskich oraz recenzowałem 51 prac dyplomowych.

7.8 Wykonanie ekspertyz lub innych opracowań zrealizowanych na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców

- Opinia o programie nauczania pt. „Program wychowania fizycznego dla klas sportowych IV-VI i VII-VIII szkoły podstawowej” zgłoszonego przez Szkołę Podstawową nr 24 we Wrocławiu w Wydziale Edukacji Urzędu Miasta Wrocławia z 8 grudnia 2016r.
- Opinia o programie nauczania pt. „Program autorski z wychowania fizycznego dla klas sportowych IV-VIII szkoły podstawowej” zgłoszonego przez Szkołę Podstawową nr 24 we Wrocławiu w Wydziale Edukacji Urzędu Miasta Wrocławia z 22 listopada 2017r.
- Opinia o programie nauczania pt. „Program własny z wychowania fizycznego dla klas sportowych IV- VIII szkoły podstawowej” zgłoszonego przez Szkołę Podstawową nr 24 we Wrocławiu w Wydziale Edukacji Urzędu Miasta Wrocławia z 23 lutego 2019r.

7.9 Funkcje sprawowane na Uczelni

- Udział w pracach „Wydziałowej Komisji ds. Monitorowania Programów Studiów” na Wydziale Wychowania Fizycznego Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, której zadaniem było nadzorowanie nadawania dodatkowych uprawnień zawodowych w 2020r.
- Od 2022r. pełnomocnik Dziekana Wydziału Wychowania Fizycznego i Sportu Akademii Wychowania Fizycznego do spraw realizacji przedmiotu „Warsztaty praktyczne na obiektach zewnętrznych”.
- Od 2009-do 2020 r. pełnienie funkcji kierownika Zespołu Koszykówki i Piłki Siatkowej w Katedrze Zespołowych Gier Sportowych, koordynując zadania dydaktyczne tej jednostki.
- Członek Rady Wydziału Wychowania Fizycznego Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu w latach 2012-2016.
- Członek komisji egzaminu licencjackiego (kierunek Wychowania Fizycznego) w 2015 i 2021 r.
- Opiekun I roku studentów na Wydziale Wychowania Fizycznego w roku akademickim 2015/2016.
- W roku akademickim 2010/2011 pełnienie funkcji przewodniczącego Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej, Wydziału Wychowania Fizycznego w Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu.

- W roku akademickim 2009/2010 pełnienie funkcji zastępcy przewodniczącego Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej, Wydziału Wychowania Fizycznego w Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu.
- Członek komisji ds. koleżeńskich w Klubie Sportowym AZS AWF Wrocław w 2010r.
- Opiekun akademicki praktyk pedagogicznych w gimnazjach w latach 2012-2013.
- Kierownik Pracowni Badań Gier z Piłką posiadającej certyfikat ISO (PN – EN 9001:2015) w latach 2012-2020.

7.10 Organizacja wydarzeń sportowo-rekreacyjnych.

- Aktywny udział w organizacji turnieju koszykówki w ramach III edycji Festynu Sportowo-Rekreacyjnego „Przewietrz się na Olimpijskim z AWF Wrocław” w 2019r.
- Pomoc w organizacji 19 Wrocławskiego Turnieju Koszykówki Ulicznej „STREETBALL 2015”. Organizatorem wydarzenia był Dolnośląski Związek Koszykówki.
- Pomoc w organizacji 20 Wrocławskiego Turnieju Koszykówki Ulicznej „STREETBALL 2016”. Organizatorem był Dolnośląski Związek Koszykówki.
- Pomoc w przygotowaniu i realizacji dwóch edycji Dolnośląskiego Święta Sportu w 25 maja 2013 r. i 25 maja 2014 r. Organizatorem tych wydarzeń była Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, KS AZS-AWF Wrocław i Urząd Marszałkowski Województwa Dolnośląskiego. W ramach Dolnośląskiego Święta Sportu przeprowadził turnieje streetballa, w których brało udział ok. 300 osób (w wieku 7 – 50 lat).
- Koordynowanie prac studentów przy organizacji turniejów „Volleymanii” we Wrocławiu w latach 2013-2014. Organizatorem była Fundacja „Młoda Gwardia”.
- Pomoc w organizacji Europejskiego Tygodnia Koszykówki Olimpiad Specjalnych w Dobroszycach w dniach 24 listopada – 2 grudnia 2012r. Organizatorami wydarzenia sportowego byli: Sekcja Olimpiad Specjalnych „Radośni” Dobroszyce, specjalny Ośrodek Szkolno-Wychowawczy Caritas Archidiecezji Wrocławskiej w Dobroszycach.

7.11 Zaangażowanie w rozwój sportu akademickiego

Poza prowadzeniem działalności naukowej i dydaktycznej angażowałem się w rozwój sportu akademickiego. W latach 2001-2007 opiekowałem się koszykarkami Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, które w sezonie 2004/2005 uzyskały II miejsce w regularnej Dolnośląskiej Lidze Międzyuczelnianej (DLM) oraz I i II miejsce w rozgrywkach streetball’a w ramach DLM. Od 2009 r. pełnię rolę opiekuna czy trenera koordynatora sekcji koszykówki

w Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, organizując liczne wydarzenia sportowe (mecze) z udziałem uczelnianych drużyn przy współpracy z Dolnośląską Organizacją Środowiskową AZS Wrocław. Ponadto podejmowałem działania propagujące sport akademicki Naszej Uczelni uczestnicząc z koszykarskimi, uczelnianymi drużynami w krajowych zawodach sportowych (Akademickich Mistrzostwach Polski i Dolnośląskiej Lidze Międzyuczelnianej) oraz organizując wspólnie z mgr Łukaszem Filem liczne turnieje „Streetbasketball AWF Wrocław” (w latach 2009-2011) przy współudziale z Samorządem Studiów Doktoranckich. W latach 2016-2017 promowałem aktywność ruchową uczelnianej społeczności organizując mecze w koszykówce „Pracownicy vs Studenci” podczas AWFalii.

7.12 Podnoszenie kwalifikacji zawodowych

Podnosiłem własne kwalifikacje zawodowe uczestnicząc w różnych konferencjach dydaktycznych i szkoleniach niżej wymienionych.

- Szkolenie metodyczne pt. „Kształtowanie motoryki ucznia w szkolnym wychowaniu fizycznym”, ICCE Coach Developer, Wrocław, 2020r.
- „Catapult Sports Performance Symposium”, European College of Sport Science, Centrum Kongresowe w Pradze (Czechy), 2 lipca 2019r.
- Kurs piłki ręcznej plażowej, Międzynarodowa Federacja Piłki Ręcznej, Wrocław, 5-7 czerwca 2017r.
- Szkolenie metodyczne „Przewodnik po korfbalu”, Wrocławskie Centrum Doskonalenia Nauczycieli, 2017r.
- Międzynarodowa Konferencja Edukacyjnej „Monitoring obciążeń fizycznych w sporcie”, Wrocław, 28 października 2016r.
- Szkolenie metodyczne pt. „Neurodydaktyka – edukacja nowej generacji”, Katowice, 26 listopada 2016r.
- Panel Dyskusyjny zorganizowany w ramach projektu „Nowa jakość praktyk pedagogicznych II” w 21 września 2015r., Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu.
- Uczestniczenie w kursie „Handball at School course” w 2-4 grudnia 2014 r.
- Szkolenie „Praktyczne wykorzystanie systemu do analizy ruchu MyoMotion, cz II w 3 stycznia 2014 r.

- Szkolenie z zakresu wykorzystania programu EndNot z tematu „Tworzenie i wykorzystanie baz bibliograficznych w pracach nad redagowaniem tekstów do publikacji naukowych” w 26 listopada 2014 r.
- Konferencja szkoleniowa dla trenerów i instruktorów zorganizowana przez Komisję Szkoleniową Dolnośląskiego Związku Piłki Ręcznej w 17 lutego 2013 r.
- Warsztaty praktyczne z wykorzystania praktycznego systemu do analizy ruchu MyoMotion w 31 października 2013 r.
- Szkolenie pt. „Zwiększanie dostępności uczelni wyższych dla osób niepełnosprawnych” w ramach projektu współfinansowanego ze środków PFRON w 18-22 lutego 2013 r. we Wrocławiu.
- Szkolenie metodyczne przygotowujące do realizacji zadań opiekuna praktyk pedagogicznych w ramach projektu „Nowa jakość praktyk pedagogicznych II” w 23 stycznia 2013r.
- Ogólnopolska Konferencja Licencyjna z Koszykówki, Akademia Wychowania Fizycznego w Katowicach oraz Polski Związek Koszykówki, 1 – 3 czerwca 2012r.
- Szkolenie „Test Spostrzegania Peryferyjnego PP”, Wrocław, 27 sierpnia 2012r.
- Szkolenie metodyczne poświęcone aspektom przygotowania i kształtowania motorycznego w grach zespołowych, Akademia Wychowania Fizycznego w Katowicach i PHU Technomex, 17-18 grudnia 2011r.
- Konferencja metodyczna „Nowoczesny trening motoryczny w grach zespołowych”, Wrocław, 17-18 grudnia 2011r.
- VII Konferencja Szkoleniowa dla Trenerów Koszykówki „Coaches Basketball Clinic”, Katowice, 27-29 maja 2011r.
- Szkolenie metodyczne przygotowujące do realizacji zadań opiekuna praktyk pedagogicznych w ramach projektu „Nowa jakość praktyk pedagogicznych” w kwietniu 2011r.
- Szkolenie interpersonalne zrealizowane w ramach Projektu „Edukacja dla sportu – szkolenia językowe i interpersonalne dla pracowników organizacji sportowych i osób aktywnie uczestniczących w życiu sportowym”, wrzesień 2009 – czerwiec 2010 r.
- Szkolenie metodyczne „Jak być dobrym i skutecznym wychowawcą w szkole”, Dolnośląski Ośrodek Doskonalenia Nauczycieli, czerwiec 2010r.
- Międzynarodowe Sympozjum Metodyczno-Naukowe z zakresu „Przygotowanie sprawnościowe i diagnoza stanu wytrenowania w grach zespołowych”, Akademia Wychowania Fizycznego w Katowicach, 3-4 czerwca 2010r.

- VI Konferencja Szkoleniowa dla Trenerów Koszykówki „Coaches Basketball Clinic”, 4-6 czerwca 2010r.
- Szkolenie metodyczne „Wzmacnianie poczucia własnej wartości ucznia i motywowanie do nauki”, Wrocław, 24 sierpnia 2009r.

7.13 Nagrody i wyróżnienia

- Medal Komisji Edukacji Narodowej w 2018r.
- Medal Srebrny za Długoletnią Służbę w 2021r.
- Nagroda sportowa Województwa Dolnośląskiego za całokształt pracy naukowej i trenerskiej w 2016r.
- Indywidualna nagrody JM Rektora za rok akademicki 2017/2018 za całokształt.
- Indywidualna nagroda JM Rektora za rok akademicki 2009/2010 za osiągnięcia organizacyjne.
- 23 października 2001r. odznaczono Srebrną Odznaką AZS.
- Laureat XVIII Plebiscytu Życia Akademickiego w 2011 r. na najlepszego trenera AWF we Wrocławiu i KS AZS-AWF we Wrocławiu w kategorii sport powszechny.

7.14 Działalność trenerska

- W latach 2004-2022, koordynator uczelnianych grup koszykarskich i trener w AWF Wrocław.
- Od 2012 do 2017 roku, koordynator szkolenia w sekcji koszykówki i trener w KS AZS-AWF Wrocław,
- W 2015r. dr Marek Popowczak jako koordynator sekcji koszykówki w KS AZS-AWF Wrocław realizował zadanie publiczne „Cykl imprez sportowo-rekreacyjnych w 2015 roku” ogłoszone przez Urząd Miasta Wrocławia. Dotyczyło ono popularyzacji koszykówki wśród dzieci i młodzieży.
- W latach 2001 – 2004, trener I-ligowego zespołu w koszykówce kobiet AZS Uniwersytet Wrocław.
- Od 1997 do 2000 roku, I trener kadr regionalnych Dolnośląskiego Związku Koszykówki we Wrocławiu.
- Od 1996 do 2001 roku, trener grup młodzieżowych AZS Uniwersytet Wrocław,
- W latach 1995 – 1996, II trener kadr regionalnych Dolnośląskiego Związku Koszykówki we Wrocławiu

- Od 1992 do 1995 roku, trener grup młodzieżowych Kolejowego Klubu Sportowego „Odra” Wrocław.
- W latach 1991-1992, trener zespołu akademickiego kobiet AWF Wrocław.

8 Dane naukometryczne

Całkowita liczba IF – 71,97

Punktacja MEiN – 2275

Liczba cytowani – (Web of Science Core Collection) – 108

Indeks Hirscha – 5



(podpis wnioskodawcy)

Załącznik 4.

Wykaz osiągnięć naukowych albo artystycznych, stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny

I. INFORMACJA O OSIĄGNIĘCIACH NAUKOWYCH ALBO ARTYSTYCZNYCH, O KTÓRYCH MOWA W ART. 219 UST. 1. PKT 2 USTAWY

Cykl 6 powiązanych tematycznie artykułów naukowych, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b Ustawy, powstałych po uzyskaniu stopnia doktora, pod wspólnym tytułem:

Czynniki wpływające na szybkość zmian kierunku poruszania się i zwinność zawodników zespołowych gier sportowych

Dr Marek Popowczak po uzyskaniu stopnia doktora nauk o kulturze fizycznej jest pierwszym autorem 6 powiązanych tematycznie artykułów naukowych o łącznej liczbie IF = 15,779 i 485 pkt MEiN. Poniżej przedstawiono ich wykaz:

- **Popowczak Marek**, Struzik Artur, Rokita Andrzej, Pietraszewski Bogdan (2015). The level of selected coordinative motor abilities of basketball players aged 16-18. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(10), 1138-1144 (IF = 1,111, MEiN = 20pkt., Q3), załączono opublikowany artykuł i opis wkładu pracy współautorów w artykule.
- **Popowczak Marek**, Rokita Andrzej, Struzik Artur, Cichy Ireneusz, Dudkowski Andrzej, Chmura Paweł (2016). Multi-directional sprinting and acceleration phase in basketball and handball players aged 14 and 15 years. *Perceptual and Motor Skills*, 123(2), 543-563 (IF = 0,626, MEiN = 15pkt., Q4). Załączono opublikowany artykuł i oświadczenie współautorów.
- **Popowczak Marek**, Rokita Andrzej, Świerzek Kamil, Szczepan Stefan, Michalski Ryszard, Maćkała Krzysztof (2019). Are linear speed and jumping ability determinants of change of direction movements in young male soccer players? *Journal of Sports Science and Medicine*, 18(1), 109-117 (IF = 1,806, MEiN = 100pkt., Q1). Załączono opublikowany artykuł i oświadczenia współautorów.
- **Popowczak Marek**, Domaradzki Jarosław, Rokita Andrzej, Zwierko Michał, Zwierko Teresa (2020). Predicting visual-motor performance in a reactive agility task from selected demographic, training, anthropometric, and functional variables in adolescents.

International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(15), 5322, 1-13, doi: 10.3390/ijerph17155322 (IF = 3,390, MEiN = 140pkt., Q2). Załączono opublikowany artykuł i oświadczenia współautorów.

- **Popowczak Marek**, Cichy Ireneusz, Rokita Andrzej, Domaradzki Jarosław (2021). The relationship between reactive agility and change of direction speed in professional female basketball and handball players. *Frontiers in Psychology*, 12(4124), 708771, doi:10.3389/fpsyg.2021.708771 (IF = 4,232, MEiN = 70pkt., Q2). Załączono opublikowany artykuł i oświadczenia współautorów.
- **Popowczak Marek**, Horička Pavol, Šimonek Jaromir, Domaradzki Jarosław (2022). The functional form of the relationship between body height, body mass index and change of direction speed, agility in elite female basketball and handball players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22), 15038, 1-12, doi:10.3390/ijerph192215038 (IF = 4,614, MEiN = 140pkt., Q1). Załączono opublikowany artykuł i oświadczenia współautorów.

Dr Marek Popowczak jest pierwszym autorem artykułów naukowych (IF = 6,097, 180 pkt MEiN) poruszających inny problem naukowy niż wyżej zaprezentowany, a dotyczący roli ćwiczeń interwałowych w lekcjach wychowania fizycznego:

- **Popowczak Marek**, Rokita Andrzej, Domaradzki Jarosław (2022). Effects of Tabata training on health-related fitness components among secondary school students. *Kinesiology*, 54(2), 221-229, doi: 10.26582/k.54.2.2 (IF = 1,101 MEiN = 40 pkt., Q3).
- **Popowczak Marek**, Rokita Andrzej, Koźlenia Dawid, Domaradzki Jarosław (2022). The high-intensity interval training introduced in physical education lessons decrease systole in high blood pressure adolescents. *Scientific Reports*, 12(1), 1974, 1-7, doi:10.1038/s41598-022-06017-w (IF = 4,996, MEiN = 140 pkt., Q1).

Załączono informację z Ośrodka Informacji Naukowej w Akademii Wychowania Fizycznego im. Polskich Olimpijczyków we Wrocławiu potwierdzającą powyższe publikacje.

Dr Marek Popowczak także po uzyskaniu stopnia doktora nauk o kulturze fizycznej był pierwszym autorem 5 artykułów naukowych o łącznej liczbie 25 pkt MEiN nie będących na liście Thomson Scientific Master Journal. Poniżej zaprezentowano ich wykaz:

- **Popowczak Marek**, Rokita Andrzej, Cichy Ireneusz, Chmura Paweł (2013). Physical fitness of children aged 10 years participating in physical education classes enriched with coordination exercises. *Antropomotoryka*, 23(62), 55-65 (MEiN = 9 pkt).

- **Popowczak Marek**, Rokita Andrzej, Cichy Ireneusz, Chmura Paweł (2013). Poziom wybranych koordynacyjnych zdolności motorycznych a wyniki Międzynarodowego Testu Sprawności Fizycznej dzieci w wieku 10 lat. *Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*, 40, 86-93 (MEiN = 8 pkt.).
- **Popowczak Marek**, Rokita Andrzej, Cichy Ireneusz (2011). Sprawność fizyczna uczniów szkoły ponadgimnazjalnej uczestniczących w zajęciach ruchowych z piłką rozbudzających empatię. *Antropomotoryka*, 54, 69-79 (MEiN = 4 pkt.).
- **Popowczak Marek**, Majorowski Maciej, Cichy Ireneusz, Kałużny Krzysztof (2011). Poziom koordynacyjnych zdolności motorycznych uczniów biorących udział w programie Basketmania. *Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu AWF we Wrocławiu*, 33, 25-30 (MEiN = 2 pkt.).
- **Popowczak Marek**, Cichy Ireneusz (2009). Zmiany poziomu empatii uczniów szkoły ponadgimnazjalnej uczestniczących w aktywności ruchowej z piłką. *Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*, 27, 91-96 (MEiN = 2 pkt.).

Dr Marek Popowczak przed uzyskaniem stopnia doktora nauk o kulturze fizycznej był pierwszym autorem artykułu naukowego nie będącego na liście Thomson Scientific Master Journal.

Popowczak Marek. (2006). Wykorzystanie aktywności ruchowej z piłkami w rozbudzaniu empatii i przygotowaniu zawodowym nauczycieli wychowania fizycznego. *Innowacje w Edukacji Akademickiej*, 5(1), 195-200 (MEiN = 3 pkt.).

Załączono informację z Ośrodka Informacji Naukowej w Akademii Wychowania Fizycznego im. Polskich Olimpijczyków we Wrocławiu potwierdzającą powyższe publikacje.

II. INFORMACJA O AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ ALBO ARTYSTYCZNEJ

1. Wykaz opublikowanych monografii naukowych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I.1).

Nie dotyczy

2. Wykaz opublikowanych rozdziałów w monografiach naukowych.

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk o kulturze fizycznej dr Marek Popowczak był autorem i współautorem rozdziałów w monografiach o ogólnej liczbie 5 pkt MEiN. Poniżej przedstawiono wykaz publikacji:

- Witkowski Mateusz, Bronikowski Michał, Rokita Andrzej, **Popowczak Marek**, Cichy Ireneusz (2016). Importance of motor abilities in fencing. W: Studies in modern competitive fencing (red. Maciej Łuczak, Mateusz Witkowski). Poznań: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, s. 89-100 (MEiN = 5 pkt.).
- **Popowczak Marek** (2014). Piłkarz – koszykówka. W: Przewodnik dla nauczycieli edukacji wczesnoszkolnej i współpracujących nauczycieli wychowania fizycznego realizujących program Mały Mistrz (red. Ryszard Jezierski, Marek Lewandowski, Andrzej Rokita, Adam Szymczak). wyd. 2 popr. uzup. Warszawa: Ministerstwo Sportu i Turystyki; Zarząd Główny Szkolnego Związku Sportowego, s. 38-40.
- **Popowczak Marek** (2013). Piłkarz – koszykówka. W: Przewodnik dla nauczycieli edukacji wczesnoszkolnej i współpracujących nauczycieli wychowania fizycznego realizujących Program Mały Mistrz (red. Ryszard Jezierski, Marek Lewandowski, Andrzej Rokita, Adam Szymczak). Warszawa: Ministerstwo Sportu i Turystyki, s. 27-29.

Przed uzyskaniem stopnia doktora nauk o kulturze fizycznej dr Marek Popowczak był autorem i współautorem rozdziałów w monografiach o ogólnej liczbie 19 pkt MEiN. Poniżej przedstawiono wykaz publikacji:

- Cichy Ireneusz., **Popowczak Marek** (2007). Propozycja wykorzystania piłek edukacyjnych na etapie kształcenia zintegrowanego w celu zwiększenia efektywności procesu dydaktycznego. W: Humanistyczny sens gier z piłką w wychowaniu fizycznym (pod red. Stanisława Żaka, Michała Spieszego). Wrocław: Międzynarodowe Towarzystwo Naukowe Gier Sportowych, s. 115-120 (MEiN = 3 pkt.).
- **Popowczak Marek**, Rzepa Tadeusz. (2007). Motor activity with the ball as a means of arousing empathy W: Education in a reformed school (red. Tadeusz Koszczyc, Marek Lewandowski, Wojciech Starościak). Wrocław: Wrocławskie Towarzystwo Naukowe, s. 125-129 (MEiN = 7 pkt.).
- **Popowczak Marek** (2005). Aktywność ruchowa z piłką a poziom empatii u uczniów pierwszych klas szkoły ponadgimnazjalnej. W: Dydaktyka wychowania fizycznego w świetle współczesnych potrzeb edukacyjnych (red. Ryszard Bartoszewicz, Tadeusz Koszczyc, Andrzej Nowak). Wrocław: Wrocławskie Towarzystwo Naukowe, s.181-186 (MEiN = 6 pkt.).

- **Popowczak Marek**, Rzepa Tadeusz (2004). Zabawy, ćwiczenia i gry z piłką a rozbudzenie empatii u uczniów szkoły ponadpodstawowej. W: Wychowanie i kształcenie w reformowanej szkole (red. Tadeusz Koszycz, Marek Lewandowski, Wojciech Starościak). Wrocław: Wrocławskie Towarzystwo Naukowe, s. 317-324 (MEiN = 3 pkt.).

Załączono informację z Ośrodka Informacji Naukowej w Akademii Wychowania Fizycznego im. Polskich Olimpijczyków we Wrocławiu potwierdzającą powyższe publikacje.

3. Informacja o członkostwie w redakcjach naukowych monografii.

Nie dotyczy

4. Wykaz opublikowanych artykułów w czasopismach naukowych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I.2).

Dr Marek Popowczak po uzyskaniu stopnia doktora nauk o kulturze fizycznej jest współautorem **17** oryginalnych artykułów naukowych w czasopismach znajdujących się na liście Thomson Scientific Master Journal o łącznym IF = 50,094. Poniżej zaprezentowano ich wykaz:

- Domaradzki Jarosław, Koźlenia Dawid, **Popowczak Marek** (2022). Prevalence of positive effects on body fat percentage, cardiovascular parameters, and cardiorespiratory fitness after 10-week high-intensity interval training in adolescents. *Biology*, 11(3), 424, 1-15, doi: 10.3390/biology11030424 (IF = 5,168; MEiN = 100 pkt).
- Domaradzki Jarosław, Koźlenia Dawid, **Popowczak Marek** (2022). Sex Moderated Mediation of the Musculoskeletal Fitness in Relationship between High-Intensive Interval Training Performing during Physical Education Classes and Cardiorespiratory Fitness in Healthy Boys and Girls. *BioMed Research International*, 2022, 8760620, 1-9, doi:10.1155/2022/8760620.biology-1531960 (IF = 3,246, MEiN = 70 pkt).
- Domaradzki Jarosław, Koźlenia Dawid, **Popowczak Marek** (2022). The Relative Importance of Age at Peak Height Velocity and Fat Mass Index in High-Intensity Interval Training Effect on Cardiorespiratory Fitness in Adolescents: A Randomized Controlled Trial. *Children*, 9(10), 1554, 1-5, doi: 10.3390/children9101554 (IF = 2,835, MEiN = 40 pkt).
- Domaradzki Jarosław, Koźlenia Dawid, **Popowczak Marek** (2022). Prognostic potential of the body composition indices in predicting positive changes in resting blood pressure after high-

intensity interval training in adolescents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22), 14658, 1-14, doi: 10.3390/ijerph192214658 (IF = 4,614, MEiN = 140pkt).

- Domaradzki Jarosław, Koźlenia Dawid, **Popowczak Marek** (2022). The mediation role of fatness in associations between cardiorespiratory fitness and blood pressure after high-intensity interval training in adolescents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3):1698, 1-14, doi: 10.3390/ijerph19031698 (IF = 4,614, MEiN = 140 pkt).
- Zwierko Teresa, Nowakowska Anna, Jedziniak Wojciech, **Popowczak Marek**, Domaradzki Jarosław, Kubaszewska Joanna, Kaczmarczyk Mariusz, Ciechanowicz Andrzej (2022). Contributing factors to sensorimotor adaptability in reactive agility performance in youth athletes. *Journal of Human Kinetics*, 83, 39-48, doi:10.2478/hukin-2022-0067 (IF = 2,923; MEiN = 140 pkt).
- Zwierko Michał, Jedziniak Wojciech, **Popowczak Marek**, Rokita Andrzej (2022). Reactive agility in competitive young volleyball players: a gender comparison of perceptual-cognitive and motor determinants. *Journal of Human Kinetics*, 85, 87–96 doi: 10.2478/hukin-2022-0112 (IF = 2,923; MEiN = 140 pkt),
- Domaradzki Jarosław, Koźlenia Dawid, **Popowczak Marek** (2022). Mediation effect of cardiorespiratory fitness on relationships between high-intensity interval training and body fat in overweighted and obese adolescents. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 62(12), 1735-1741, doi: 10.23736/S0022-4707.22.13539-5 (IF = 1,669; MEiN = 40 pkt).
- Domaradzki Jarosław, Rokita Andrzej, Koźlenia Dawid, **Popowczak Marek** (2021). Optimal Values of Body Composition for the Lowest Risk of Failure in Tabata Training's Effects in Adolescents: a Pilot Study. *BioMed Research International*, 6675416, 1-7 (IF = 3,246, MEiN = 70 pkt.)
- Kopiczko Anna, Adamczyk Jakub Grzegorz, Gryko Karol, **Popowczak Marek** (2021). Bone mineral density in elite mastersathletes : the effect of body compositionand long-term exercise. *European Review of Aging and Physical Activity*, 18(7), 1-10 (IF = 6,650, MEiN = 140 pkt.);
- Domaradzki Jarosław, **Popowczak Marek**, Zwierko Teresa (2021). The mediating effect of change of direction speed in the relationship between the type of sport and reactive agility in elite female team-sport athletes. *Journal of Sports Science and Medicine*, 20(4), 699-705 (IF = 4,017, MEiN = 100 pkt);
- Domaradzki Jarosław, Cichy Ireneusz, Rokita Andrzej, **Popowczak Marek** (2020). Effects of tabata training during physical education classes on body composition, aerobic capacity, and

anaerobic performance of under-, normal- and overweight adolescents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3), 876, 1-11 (IF = 3,390, MEiN = 140 pkt.)

- Zwierko Teresa, Jedziniak Wojciech, Florkiewicz Beata, Stępiński Miłosz, Buryta Rafał, Kostrzewa-Nowak Dorota, Nowak Robert, **Popowczak Marek**, Woźniak Jarosław (2019). Oculomotor dynamics in skilled soccer players : the effects of sport expertise and strenuous physical effort. *European Journal of Sport Science*, 19(5), 612-620 (IF = 2,781, MEiN = 100 pkt).
- Zwierko Teresa, **Popowczak Marek**, Woźniak Jarosław, Rokita Andrzej. Visual control in basketball shooting under exertion conditions (2018). *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(10), 1544-1553 (IF = 1,302, MEiN = 20 pkt),
- Struzik Artur, Winiarski Sławomir, **Popowczak Marek**, Rokita Andrzej (2017). Relationships between variables describing vertical jump and sprint time. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation*, 39(1), 177-188 (IF = 0,318, MEiN = 15 pkt.).
- Cichy Ireneusz, Rokita Andrzej, Wolny Maciej, **Popowczak Marek** (2015). Effect of physical exercise games and playing with Edubal educational balls on eye-hand coordination in first-year primary school children. *Medicina dello Sport*, 68(3), 461-472 (IF = 0,163, MEiN = 15 pkt.).
- Rokita Andrzej, Bronikowski Marcin, **Popowczak Marek**, Cichy Ireneusz, Witkowski M. (2014). Precision and coordination parameters of Polish elite cadet fencers. *Medicina dello Sport*, 67(3), 369-381 (IF = 0,235, MEiN = 15 pkt.).

Załączono informację z Ośrodka Informacji Naukowej w Akademii Wychowania Fizycznego im. Polskich Olimpijczyków we Wrocławiu potwierdzającą powyższe publikacje.

Dr Marek Popowczak po uzyskaniu stopnia doktora nauk o kulturze fizycznej jest współautorem 14 oryginalnych artykułów naukowych w czasopismach nie będących na liście Thomson Scientific Master Journal o łącznej liczbie 128 pkt MEiN. Poniżej zaprezentowano wykaz artykułów.

- Trindade Lucas Nunes, **Popowczak Marek**, de Oliveira Jaime Matheus, Marques Priscila G., da Silva Juliano Fernandes, Ueda Lucas Shoiti Carvalho, Teixeira Eduardo, Borges Paulo Henrique (2022). Combined effects of home advantage and match result on interactions performed by Brazilian handball players. *Motriz: Revista de Educacao Física*, 28, e10220001622, s. 1-5, (MEiN = 40 pkt.).

- Chmura Paweł, Świerzeko Kamil, Andrzejewska Justyna, **Popowczak Marek**, Dudkowski Andrzej, Konefał Marek, Rokita Andrzej (2015). Endurance skills of young team game players. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 7(3), 13-22 (MEiN = 11 pkt.).
- Grzesiak-Gasek Iwona, Kaczmarek Urszula, **Popowczak Marek** (2015). Stężenie wybranych składników śliny u koszykarzy przed rutynowym treningiem i po nim. *Dental and Medical Problems*, 52(2), 197-204 (MEiN = 11 pkt.).
- Świerzeko Kamil, Wawrzyniak Sara, Pawlik Damian, **Popowczak Marek**, Rokita Andrzej (2014). Reactions of the circulatory system of fourth-grade pupils in physical education lessons. *Antropomotoryka*, 24(67), 29-36 (MEiN = 9 pkt.).
- Struzik Artur, Rokita Andrzej, Pietraszewski Bogdan, **Popowczak Marek** (2014). Accuracy of replicating static torque and its effect on shooting accuracy in young basketball players. *Human Movement*, 15(4), 216-220, doi: 10.1515/humo-2015-0014 (MEiN = 14 pkt.).
- Świerzeko Kamil, Rokita Andrzej, **Popowczak Marek** (2014). Częstotliwość skurczów serca uczniów klasy IV szkoły podstawowej na lekcji wychowania fizycznego z zakresu koszykówki. *Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*, 44, 99-108 (MEiN = 8 pkt.).
- Ściślak Marcin, Rokita Andrzej, Kołodziej Małgorzata, Kałużny Krzysztof, **Popowczak Marek** (2014). Zainteresowania formami aktywności ruchowej uczniów liceów ogólnokształcących Wrocławia. *Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*, 45, 79-98 (MEiN = 8 pkt.).
- Ściślak Marcin, Rokita Andrzej, **Popowczak Marek** (2013). Secondary school students' interest in various forms of physical activity. *Human Movement*, 14(1), 11-19 (MEiN = 14 pkt.).
- Chmura Paweł, Rokita Andrzej, **Popowczak Marek**, Cichy Ireneusz (2012). Reactions of the cardiovascular system during physical education classes in first grade primary school children. *Antropomotoryka*, 22(58), 57-63 (MEiN = 4 pkt.).
- Ściślak Marcin, Rokita Andrzej, **Popowczak Marek**, Kołodziej Małgorzata, Kałużny Krzysztof (2012). Zainteresowania grami sportowymi uczniów liceów ogólnokształcących Wrocławia. *Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*, 39, 149-158 (MEiN = 2 pkt.).
- Cichy Ireneusz, Rokita Andrzej, Kałużny Krzysztof, Majorowski Maciej, **Popowczak Marek** (2011). Piłki edukacyjne „Edubal” w szkole podstawowej z oddziałami

integracyjnymi. *Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*, 33, 156-165 (MEiN = 2 pkt.).

- Kałużny Krzysztof, Cichy Ireneusz, Majorowski Maciej, **Popowczak Marek** (2011). Zainteresowania aktywnością ruchową uczniów klas pierwszych gimnazjum integracyjnego oraz gimnazjum ogólnego. *Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*, 34, 170-175 (MEiN = 2 pkt.).
- Cichy Ireneusz, Rokita Andrzej, **Popowczak Marek**, Naglak Karolina (2010). Psychomotor development of grade I primary school children who are educated by means of traditional and non-traditional program. *Antropomotoryka*, 19(49), 45-55 (MEiN = 6 pkt.).
- Cichy Ireneusz, **Popowczak Marek** (2009). Rozwój psychomotoryczny uczniów kończących pierwszą klasę szkoły podstawowej edukowanych programem tradycyjnym i nietradycyjnym. *Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*, 27, 17-23 (MEiN = 2 pkt.).

Załączono informację z Ośrodka Informacji Naukowej w Akademii Wychowania Fizycznego im. Polskich Olimpijczyków we Wrocławiu potwierdzającą powyższe publikacje.

Przed uzyskaniem stopnia doktora nauk o kulturze fizycznej dr Marek Popowczak był współautorem artykułu pt. „Empatia oraz zainteresowania aktywnością ruchową uczniów szkół ponadpodstawowych” opublikowanym w *Human Movement*, w 2001r. 1(3), supl. 2, 96-99 (Rzepa Tadeusz, Rokita Andrzej, **Popowczak Marek**).

Załączono informację z Ośrodka Informacji Naukowej w Akademii Wychowania Fizycznego im. Polskich Olimpijczyków we Wrocławiu potwierdzającą powyższe publikacje.

5. Wykaz osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych, technologicznych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I.3).

Nie dotyczy

6. Wykaz publicznych realizacji dzieł artystycznych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I.3).

Nie dotyczy

7. Informacja o wystąpieniach na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych lub artystycznych, z wyszczególnieniem przedstawionych wykładów na zaproszenie i wykładów plenarnych.

Dr Marek Popowczak zaprezentował doniesienia naukowe podczas 12 konferencji naukowych krajowych i 5 zagranicznych. Poniżej wykaz konferencji i tytułów doniesień naukowych.

- Zwierko Michał, Słowińska Weronika, Jedziniak Wojciech, **Popowczak Marek**, Rokita Andrzej. Motoryczne i percepcyjno-kognitywne uwarunkowania zwinności reakcyjnej w młodzieżowej piłce siatkowej W: V Ogólnopolska Konferencja dla Młodych Naukowców Wieczór Naukowca 2022: Wokół Człowieka: program i streszczenia. Wrocław: Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, 2022, s. 23.
- **Popowczak Marek**, Domaradzki Jarosław, Horicka Pavol, Šimonek, Jaromir, Rokita Andrzej. Association between body height and CODs and RA tests' performance in elite team sports players. Praca badawcza została zaprezentowana podczas 26th Annual Congress (virtual) of the European College of Sport Science, 11 września 2021r.
- Zwierko Michał, Słowińska Weronika, Janiszewski Michał, Rokita Andrzej, **Popowczak Marek**. Związki pomiędzy postrzeganiem peryferyjnym a szybkością zmian kierunku poruszania się i zwinnością reakcyjną u dzieci trenujących piłkę siatkowa. W: Ogólnopolska Konferencja Studenckich Kół Naukowych: streszczenia (red. Joanna Kalecińska, Paweł Tomaszewski). Warszawa: Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie, 2021, s. 32.
- Koźlenia Dawid, **Popowczak Marek**, Domaradzki Jarosław. Sprawność krążeniowo-oddechowa jako mediator relacji między treningiem interwałowym o wysokiej intensywności a otłuszczeniem u młodzieży z nadwagą i otyłością, W: Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Aktywność fizyczna - interdyscyplinarny przegląd i badania”: streszczenia (red. Izabela Mołdoch-Mendoń, Monika Maciąg). Lublin: Fundacja na rzecz promocji nauki i rozwoju TYGIEL, 2021, s. 44.
- **Popowczak Marek**, Cichy Ireneusz, Zwierko Teresa., Rokita Andrzej. Level of reactive agility and peripheral perception in talented young athletes involved in team sports. W: 25th Annual Congress of the European College of Sport Science, 28th-30th October 2020: book of abstract (ed. Dela, F., Muller, E., Tsolakidis, E.). European College of Sport Science, 2020, s. 255.

- Rubajczyk Krystian, **Popowczak Marek**, Rokita Andrzej. The relative age effect in Poland's youth volleyball. W: 24th Annual Congress of the European College of Sport Science: book of abstracts (ed. V. Bunc, E. Tsolakidis). Praga: European College of Sport Science, 2019, s. 608-609.
- **Popowczak Marek**, Rokita Andrzej, Rubajczyk Krystian, Domaradzki Jarosław. Effect of body composition on speed of changes-of-direction in young adults. W: International Scientific Conference „Diagnostics in Sports 2019” w Preszowie na Słowacji, 19-20 września 2019r.
- Zwierko Teresa, Jedziniak Wojciech, Florkiewicz Beata, Buryta Rafał, Kostrzewa-Nowak Dorota, Nowak Robert, **Popowczak Marek**, Woźniak Jarosław. Effect of incremental exercise on eye ctivity in free - viewing visual search task in soccer players [Dokument elektroniczny] W: II Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Motoryczność Sportowa - Założenia Teoretyczne i Implikacje Praktyczne”, Kraków, 21-23 września 2017: program konferencji, s. 68-69.
- Zwierko Teresa., **Popowczak Marek**, Woźniak Jarosław, Rokita Andrzej. Gaze control in basketball jump shots and free throws. Research Quarterly for Exercise and Sport. 2016: vol. 87, suppl. 1, s. 2- 3. Praca badawcza została zaprezentowana podczas 6th International Teaching Games for Understanding Conference (TGfU), 25-27 lipca 2016 w Kolonii, Niemcy.
- **Popowczak Marek**, Rokita Andrzej, Ściślak Marcin, Cichy Ireneusz, Kałużny Krzysztof. The level of spatial orientation and peripheral perception in young talented athletes from team games. W: I International Scientific Conference „Motor ability in sports - theoretical assumptions and practical implications”, Kraków, 23-25 września 2015: conference programme, s. 72.
- Dudkowski Andrzej, Rokita Andrzej, **Popowczak Marek**, Chmura Paweł. Velocity of moving of handball players with and without ball depending on the running route. W: I International Scientific Conference „Motor ability in sports - theoretical assumptions and practical implications”. Krakow, 23-25 September 2015, conference programme, s. 48.
- Rokita Andrzej, **Popowczak Marek**, Struzik Artur. Ocena predyspozycji młodzieży do szkolenia sportowego w zakresie zespołowych gier sportowych. Konferencja Naukowa „Nauka na rzecz praktyki sportowej”, Akademia Wychowania Fizycznego w Katowicach, 10-11 października 2014 r.

- Struzik Artur, **Popowczak Marek**, Rokita Andrzej. Wpływ posiadania piłki na poziom zdolności szybkościowych koszykarzy. W: XX Konferencja Naukowa „Wychowanie fizyczne i sport w badaniach naukowych”. Trening sportowy: diagnoza - projekt - kontrola: streszczenia. AWF w Poznaniu, 29 maja 2014 r., s. 34.
- **Popowczak Marek**, Rokita Andrzej, Cichy Ireneusz, Chmura Paweł. Poziom wybranych koordynacyjnych zdolności motorycznych a wyniki Międzynarodowego Testu Sprawności Fizycznej dzieci w wieku 10 lat. Konferencja naukowa pt. „Dydaktyka wychowania fizycznego”. Olejnica, Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, 16 sierpnia 2011 r.
- **Popowczak Marek**, Majorowski Maciej, Cichy Ireneusz, Krzysztof Kałużny. Poziom koordynacyjnych zdolności motorycznych uczniów uczestniczących w programie „Basketmania”. Konferencja Naukowa „Sport Szkolny w Teorii i Praktyce”. Wrocław, Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, 11 grudnia 2009 r.
- **Popowczak Marek**, Cichy Ireneusz. Physical ability of secondary school students participating in mobile activity with the ball that arouses their empathy. International Scientific Conference „Physical Education and Sport in Research” i „Aging and Physical Activity”, Rydzyna, Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, 11-12 września, 2009 r.
- **Popowczak Marek**, Cichy Ireneusz. Zmiany poziomu empatii uczniów szkoły ponadgimnazjalnej uczestniczących w aktywności ruchowej z piłką. XV Tatrzańskie Seminarium Naukowe „Edukacji Jutra”, Zakopane, 22 czerwiec 2009r.

Załączono informację z Ośrodka Informacji Naukowej w Akademii Wychowania Fizycznego im. Polskich Olimpijczyków we Wrocławiu potwierdzającą powyższe aktywności naukowe udokumentowane w formie streszczeń. Dodatkowo załączono zaświadczenia udziału w konferencjach, w których nie opublikowano streszczeń doniesień naukowych i nie wymieniono w informacji z ww. Ośrodka Informacji Naukowej.

Przed uzyskaniem stopnia doktor nauk o kulturze fizycznej dr Marek Popowczak zaprezentował doniesienia naukowe podczas 6 konferencji krajowych i 1 zagranicznej. Poniżej wykaz konferencji:

- **Popowczak Marek**. Wykorzystanie aktywności ruchowej z piłkami w rozbudzaniu empatii i przygotowaniu zawodowym nauczycieli wychowania fizycznego. IV Ogólnopolska Konferencja „Innowacje w Edukacji Akademickiej”. Paradyż, 30 czerwca –2 lipca 2004r.

- **Popowczak Marek.** Wykorzystanie gier z piłką w procesie wychowania fizycznego do rozbudzania empatii u uczniów szkoły ponadgimnazjalnej. Konferencja „Gry zespołowe w wychowaniu fizycznym i sporcie”. Kraków, AWF w Krakowie, 10-11 września 2005 r.
 - **Popowczak Marek.** Zmiany w poziomie empatii uczniów szkoły ponadpodstawowej wywołane przez wykorzystanie aktywności ruchowej z piłkami. VII Międzynarodowej Konferencji Naukowej „Dydaktyka wychowania fizycznego w świetle współczesnych potrzeb edukacyjnych”. Olejnica, AWF we Wrocławiu, 18 –20 września 2005 r.
 - **Popowczak Marek.** Influence of mobile activity with the ball on the formation of abilities of empathy with secondary school girls. V Międzynarodowa Konferencja „Ruch i Zdrowie”, Głuchołazy, 17-18 listopada 2006 r.
 - **Popowczak Marek.** Wpływ aktywności ruchowej z piłką na rozbudzanie empatii u uczniów szkoły ponadgimnazjalnej. VI Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Wychowanie i kształcenie w reformowanej szkole”, Wrocław, 9 grudnia 2006 r.
 - **Popowczak Marek, Cichy Ireneusz.** Wykorzystanie ćwiczeń, zabaw i gier z piłką do rozbudzania empatii u uczniów szkoły ponadgimnazjalnej. Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Gry z piłką w edukacji fizycznej”. Kraków, Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie, 1-2 marzec 2007 r.
 - **Popowczak Marek, Cichy Ireneusz (2007).** Using exercises, plays and games with the ball for arousing empathy with secondary school students (examination report). *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica*, 37(2), 91. This issue was published as the book of abstracts of the 5th International Conference Movement and Health, Ołomuniec, 2007 r.
8. Informacja o udziale w komitetach organizacyjnych i naukowych konferencji krajowych lub międzynarodowych, z podaniem pełnionej funkcji.
- Z-ca Przewodniczącego Komitetu Organizacyjnego (sekretarz) „Konferencji Szkoleniowej dla Sędziów i Trenerów Koszykówki” w ramach EuroBasket 2009. Konferencja odbyła się w 5-7 września 2009r. z udziałem krajowych i zagranicznych wykładowców.
 - Z-ca Przewodniczącego Komitetu Organizacyjnego (sekretarz) Międzynarodowej Konferencji Naukowo – Metodycznej „Gry z piłką w wychowaniu fizycznym i sporcie”, Wrocław, 12 maja 2010r.

- Udział w organizacji Konferencji Edukacyjnej „Teoretyczne i praktyczne aspekty kształcenia dzieci i młodzieży na różnych etapach edukacji piłkarskiej w Polsce”, która odbyła się w Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu w 6 – 7 września 2010r.
 - Sekretarz Komitetu Organizacyjnego Ogólnopolskiej Konferencji Edukacyjnej „Teoretyczno-metodyczne aspekty edukacji sportowej dzieci i młodzieży na przykładzie gry w piłkę ręczną”. Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, 12-13 września 2011 roku.
 - Udział w pracach Komitetu Organizacyjnego Ogólnopolskiej Konferencja Edukacyjna pt. „Teoretyczno – metodyczne aspekty edukacji sportowej dzieci i młodzieży na przykładzie gry w piłkę siatkową”.
 - Udział w pracach Komitetu Organizacyjnego Ogólnopolskiej Konferencji Edukacyjnej pt. „10 lat z edubalem. Zakładane i rzeczywiste efekty kształcenia z wykorzystaniem piłek edukacyjnych - edubal”. Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, 23 maj 2012r.
 - Udział w pracach Komitetu Organizacyjnego II Ogólnopolskiej Konferencji Edukacyjnej pt. „15 lat z Eduballami zakładane i rzeczywiste efekty kształcenia z wykorzystaniem piłek edukacyjnych Eduball”. Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, 23 maj 2017r.
 - Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego Konferencji Edukacyjnej „Koszykówka w szkolnym wychowaniu fizycznym”, Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, 16 maja 2017r.
 - Udział w pracach Komitetu Organizacyjnego III Ogólnopolskiej Konferencji Edukacyjnej pt. „20 lat z EDUBALLAMI”, Akademia Wychowania Fizycznego im Polskich Olimpijczyków we Wrocławiu, 14 listopada 20022r.
9. Informacja o uczestnictwie w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych, z podziałem na projekty zrealizowane i będące w toku realizacji, oraz z uwzględnieniem informacji o pełnionej funkcji w ramach prac zespołów.

Dr **Marek Popowczak** uczestniczy obecnie w projekcie Agencji Grantów Naukowych Ministerstwa Edukacji, Nauki, Badań Naukowych i Sportu Republiki Słowackiej oraz Słowackiej Akademii Nauk (zwana „VEGA”) pt „Hodnotenie rozhodovacích funkcií športovca vo vybraných kolektívnych a individuálnych športoch” (nr rej 1/0140/22) realizowanego od 2022-01-01 do 2024-12-31. Pełni funkcję wykonawcy projektu,

Dr **Marek Popowczak** uczestniczył także w niżej wymienionych zakończonych projektach:

- jako kierownik projektu Narodowego Centrum Nauki „MINIATURA 5 pt. „Sterowanie okulomotoryczne w zadaniach zwinności reakcyjnej u zawodników zespołowych gier sportowych” (nr rej. 2021/05/X/NZ7/00478) realizowanego od 2021-11-02 do 2022-11-02;
- w ramach programu „Rozwój Sportu Akademickiego” (ogłoszonego przez MNiSW) w projekcie pt „Ocena predyspozycji młodzieży do szkolenia sportowego w zakresie zespołowych gier sportowych” w latach 2013-2016 (RSA2 019 52) jako główny wykonawca. Kierownikiem projektu był prof. dr hab. Andrzej Rokita;
- w ramach umowy o współpracy Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu z Dolnośląską Federacją Sportu z 30 kwietnia 2013r. w projekcie badawczym pt. „Program kształcenia i współzawodnictwa młodzieży uzdolnionej sportowo” jako kierownik projektu wspólnie z prof. dr. hab. Andrzejem Rokitą;
- w ramach porozumienia o współpracy Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu z Urzędem Gminy w Wołowie z dnia 24 maja 2010r. w projekcie badawczym pt. „Kształcenie zintegrowane z wykorzystaniem piłek edukacyjnych EDUBAL” jako koordynator projektu i główny wykonawca. Projekt realizowany był w latach 2010-2013. Kierownikiem projektu był prof. dr hab. Andrzej Rokita.

Załączono kopie dokumentów potwierdzających udział w projektach badawczych lub oświadczenie kierownika projektów.

10. Członkostwo w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych wraz z informacją o pełnionych funkcjach.

Uczestnictwo w Międzynarodowym Towarzystwie Naukowym Gier Sportowych od 2004 roku oraz w European College of Sport Science od 2020 roku.

11. Informacja o odbytych stażach w instytucjach naukowych lub artystycznych, w tym zagranicznych, z podaniem miejsca, terminu, czasu trwania stażu i jego charakteru.

- W okresie 13-27 lutego 2017 r. dr **Marek Popowczak** zrealizował staż naukowy w Katedrze Kinezyjologii i Gier Sportowych Uniwersytetu Szczecińskiego. Opiekunem stażu była dr hab. Teresa Zwierko prof. nadzw. Efektem stażu było podpisanie umowy o współpracy naukowej pomiędzy Akademią Wychowania Fizycznego we Wrocławiu z Uniwersytetem Szczecińskim oraz opublikowanie dwóch artykułów.

- Zwierko Teresa, **Popowczak Marek**, Woźniak Jarosław, Rokita Andrzej. (2018). Visual control in basketball shooting under exertion conditions. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(10), 1544-1553, doi: 10.23736/S0022-4707.17.07522-3 (IF = 1,302, MEiN = 20 pkt.)
- Zwierko Teresa, Jedziniak Wojciech, Florkiewicz Beata, Stępiński Miłosz, Buryta Rafał, Kostrzewa-Nowak Dorota, Nowak Robert., **Popowczak Marek**, Woźniak Jarosław, (2019). Oculomotor dynamics in skilled soccer players: the effects of sport expertise and strenuous physical effort”. *European Journal of Sport Science*, 19(5), 612-620, doi: 10.1080/17461391.2018.1538391 (IF = 2,376, MEiN = 100 pkt).
- Od 2017 roku do dnia dzisiejszego dr **Marek Popowczak** realizuje działania naukowe i popularnonaukowe w zespole badawczym dr hab. Teresy Zwierko prof. US. Wyrazem wspólnych działań naukowych Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu z Uniwersytetem Szczecińskim była realizacja stażu naukowego mgr Wojciecha Jadziński, pracownika Katedry Kinezylogii i Sportów Zespołowych Uniwersytetu Szczecińskiego w okresie 16-20 czerwca 2019r. Dr **Marek Popowczak** pełnił rolę opiekuna stażu. Podczas stażu przeprowadzono badania w ramach dwóch projektów badawczych:
 - „Analiza związku polimorfizmu genu BDNF kodującego neurotroficzny czynnik pochodzenia mózgowego i efektywności przebiegu procesów sensomotorycznych u sportowców” (zgoda Komisji Bioetycznej Okręgowej Izby Lekarskiej w Szczecinie z dn. 11 kwietnia 2019r.) – projekt naukowy Uniwersytetu Szczecińskiego i Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie;
 - zadania naukowego pt. „Diagnoza i monitorowanie szkolenia w zespołowych grach sportowych młodzieży uzdolnionej ruchowo” w ramach badań statutowych Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu.

Wyniki badań opublikowano w artykule pt. „Contributing factors to sensorimotor adaptability in reactive agility performance in youth athletes” (autorzy: Zwierko Teresa, Nowakowska Anna, Jedziniak Wojciech, **Popowczak Marek**, Domaradzki Jarosław, Kubaszewska Joanna, Kaczmarczyk Mariusz, Ciechanowicz Andrzej) w *Journal of Human Kinetics* w 2022r. (vol. 83, s. 39-48, doi:10.2478/hukin-2022-0067) Podczas projektu badawczego dr **Marek Popowczak** rozpoczął współpracę z zespołem badawczym prof. dr hab. Andrzeja Ciechanowicza z Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie.

Uczestnictwo w zadaniach naukowych w zespole dr hab. Teresy Zwierko, prof. US przyczyniło się także do udziału w konferencjach naukowych krajowych czy międzynarodowych podczas, których zaprezentowano doniesienia naukowe:

- **Popowczak Marek**, Cichy Ireneusz, Zwierko Teresa., Rokita Andrzej. Level of reactive agility and peripheral perception in talented young athletes involved in team sports. W: 25th Annual Congress of the European College of Sport Science, 28th-30th October 2020: book of abstract (ed. by Dela, F., Muller, E., Tsolakidis, E.), s. 255.
- Zwierko Teresa, Jedziniak Wojciech, Florkiewicz Beata, Buryta Rafał, Kostrzewa-Nowak Dorota, Nowak Robert, **Popowczak Marek**, Woźniak Jarosław. Effect of incremental exercise on eye ctivity in free - viewing visual search task in soccer players [Dokument elektroniczny] W: II International Scientific Conference „Motor Abilities in Sports - Theoretical Assumptions and Practical Implications”. Krakow, 21 - 23 September 2017: conference programme s.68-69.
- Zwierko Teresa, **Popowczak Marek**, Woźniak Jarosław, Rokita Andrzej (2016). Gaze control in basketball jump shots and free throws. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 87(1), S2- S3. 6th International Teaching Games for Understanding Conference (TGfU)
- Następnny staż naukowy dr **Marek Popowczak** zrealizował w Zakładzie Teorii Sportu, Pływania i Ratownictwa Wodnego Akademii Wychowania Fizycznego w Warszawie w okresie 23-30 kwietnia 2019r. Opiekunem stażu był dr hab. Jakub Adamczyk, prof. AWF. Podczas stażu uczestniczył w projekcie naukowym „Reaction of muscular system for competition mineral bon density and body coposition of Masters Athletes”. Efektem badań przeprowadzonych była publikacja: Kopiczko Anna, Adamczyk Jakub Grzegorz, Gryko Karol, **Popowczak Marek** (2021). Bone mineral density in elite mastersathletes: the effect of body compositionand long-term exercise. *European Review of Aging and Physical Activity*, 18(7), 1-10 (IF = 3.878, MEiN = 140 pkt.).
- W okresie od 5 grudnia 2021 r do 19 lutego 2022 r. zrealizował ponownie staż naukowy w Instytucie Nauk o Kulturze Fizyczne Uniwersytetu Szczecińskiego. Opiekunem stażu była dr hab. Teresa Zwierko, prof. US. Podczas stażu naukowego przygotowano kolejne działania badawczo-publikacyjne w zespole naukowym Centrum Badań Strukturalno-Funkcjonalnych Człowieka Uniwersytetu Szczecińskiego. Ponadto przeprowadzono działania publikacyjne dotyczące wcześniej przeprowadzonych prac badawczych. Efektem tych działań była w/w praca pt. „Contributing factors to sensorimotor adaptability in reactive agility performance

in youth athletes” (autorzy: Zwierko Teresa, Nowakowska Anna, Jedziniak Wojciech, **Popowczak Marek**, Domaradzki Jarosław, Kubaszewska Joanna, Kaczmarczyk Mariusz, Ciechanowicz Andrzej), opublikowana w Journal of Human Kinetics. Stanowiła ona także uwieńczenie współpracy z zespołem badawczym prof. dr. hab. Andrzeja Ciechanowicz (Pomorski Uniwersytet Medyczny). Podczas stażu przygotowano przegląd piśmiennictwa z zakresu uwarunkowań zmienności parametrów okulometrycznych w szczególności fiksacji i sakkad, przeprowadzono liczne konsultacje z pracownikami Instytucie Nauk o Kulturze Fizycznej Uniwersytetu Szczecińskiego dotyczącego realizacji uzyskanego projektu NCN MINIATURA 5. W okresie stażu uczestniczono w konsultacjach z pracownikami instytucji „Eyetracking Solutions”, podczas których uszczegółowiono procedury badawcze i gromadzenie danych. Ponadto przy udziale zespołu badawczego dr hab. Teresy Zwierko prof. US zrealizowano prace badawcze u siatkarki i siatkarek Szkoły Mistrzostwa Sportowego w Policach, Szkoły Mistrzostwa Sportowego „Junior” we Wrocławiu i Gwardii Wrocław Academy w ramach projektu pt. „Wpływ ćwiczeń reakcyjnych na poziom efektów percepcyjnych i motorycznych” (projekt badawczy zaakceptowany do realizacji jako pojedyncze działanie naukowe w Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, kierownik mgr Michał Zwierko). Efektem tych działań był artykuł pt. „Reactive agility in competent young volleyball players: a gender comparison of perceptual-cognitive and motor predictors” (autorzy: Zwierko Michał, Jedziniak Wojciech, **Popowczak Marek**, Rokita Andrzej), który opublikowano w Journal of Human Kinetics w 2022 r. (vol. 85, s. 87–96, doi: 10.2478/hukin-2022-0112).

Załączono dokumenty potwierdzające wyżej wymienioną aktywność naukową.

12. Członkostwo w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism wraz z informacją o pełnionych funkcjach (np. redaktora naczelnego, przewodniczącego rady naukowej, itp.).

Dr **Marek Popowczak** jest współredaktorem tomu nr 39 czasopisma Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu w 2012r.

13. Informacja o recenzowanych pracach naukowych lub artystycznych, w szczególności publikowanych w czasopismach międzynarodowych.

Dr **Marek Popowczak** po uzyskaniu stopnia doktora nauk o kulturze fizycznej zrecenzował 32 prace naukowe dla 12 czasopism naukowych.

Wykonał 25 recenzji prac zgłoszonych do czasopism będących na Thomson Scientific Master Journal List:

- Applied Sciences (IF = 2,838; 70 pkt MEiN),
- International Journal of Environmental Research and Public Health (IF = 4,614; 140 pkt MEiN),
- Kinesiology (IF = 1,452 ; 40 pkt. MEiN),
- Perceptual and Motor Skills (IF = 2,212; 40 pkt MEiN),
- Scientific Reports (IF = 4,996; 140 pkt MEiN),
- Sports Biomechanics (IF = 2,896, 70 pkt MEiN),
- Sustainability (IF = 3,889; 100 pkt MEiN).

Zrecenzował także prace zgłoszone do czasopism spoza Master Journal List:

- Baltic Journal of Health and Physical Activity (70 pkt MEiN),
- Biomedical Human Kinetics (70 pkt MEiN),
- Pediatric Reports (70 pkt MEiN),
- Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu (8 pkt. MEiN),
- Roczniki Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku (6 pkt. MEiN).

14. Informacja o uczestnictwie w programach europejskich lub innych programach międzynarodowych.

Dr **Marek Popowczak** uczestniczy w słowackim narodowym projekcie w 2022-2024r. ramach programu VEGA (Naukowej Agencji Grantów Ministerstwa Edukacji, Nauki, Badań Naukowych i Sportu Republiki Słowackiej oraz Słowackiej Akademii Nauk). Informacje zaprezentowano w pkt 9.

15. Informacja o udziale w zespołach badawczych, realizujących projekty inne niż określone w pkt. II.9.

- Udział jako wykonawca w projekcie badawczym pt. „Wpływ ćwiczeń reakcyjnych na poziom efektów percepcyjnych i motorycznych” zaakceptowanego do realizacji

w ramach pojedynczego działania naukowego Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu (kierownik mgr Michał Zwierko) w 2021-2022r.

- Wspólne działania naukowe z dr. Paulo Henrique Borges z Center for Research and Development in Football and Futsal, Federal University of Santa Catarina w Brazylii. Wyniki przeprowadzonych prac badawczych zaprezentowano podczas Międzynarodowego Kongresu Futsalu – ICFutsal 2022 pt. „Network-based centrality measures performed by U-15 football players in small-sided games: effect of game position controlled for bone age indicator”, oraz w artykule pt. „Combined Effects of Home Advantage and Match Result on Interactions Performed by Brazilian Handball Players”.
- Uczestnictwo jako koordynator badań i wykonawca. w projekcie badawczym pt. „Aktywność fizyczna w i edukacja żywieniowa w profilaktyce chorób cywilizacyjnych – aspekty teoretyczne i implikacje praktyczne dla programu szkolnego wychowania fizycznego w szkole średniej” (zgoda Senackiej Komisji ds. Etyki Badań Naukowych Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, ECUPE No. 33/2018). Kierownikiem projektu jest dr hab. Jarosław Domaradzki prof. AWF.
- Udział w projekcie pt. „Analiza związku polimorfizmu genu BDNF kodującego neurotroficzny czynnik pochodzenia mózgowego i efektywności przebiegu procesów sensomotorycznych u sportowców” (zgoda Komisji Bioetycznej Okręgowej Izby Lekarskiej w Szczecinie z dn. 11 kwietnia 2019r.) – projekt naukowy dr hab. Teresy Zwierko, prof. Uniwersytetu Szczecińskiego. W projekcie uczestniczył zespół badawczy prof. dr. hab. Andrzeja Ciechanowicza z Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie.
- Udział jako wykonawca w pracach zespołu badawczego prof. dr. hab. Andrzeja Rokity (Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu) w ramach uczelnianych badań statutowych pt. „Diagnoza i monitorowanie szkolenia w zespołowych grach sportowych młodzieży uzdolnionej ruchowo” w latach 2014-2018.
- W latach 2016-2017 uczestnictwo w pracach badawczych polegającej na przeprowadzeniu diagnozy potencjału motorycznego dzieci w ramach współpracy uczelni z Fundacją „Kraina Siatkówki” we Wrocławiu. Kierownikiem projektu był prof. dr hab. Andrzej Rokita. Dr Marek Popowczak pełnił funkcję głównego wykonawcy i koordynatora projektu.
- W 2015 roku udział jako wykonawca w projekcie badawczym dotyczącym diagnozowania potencjału motorycznego i dyspozycji osobniczych dzieci zakwalifikowanych do programu „Volleymania”. Projekt realizowany był w ramach współpracy z Fundacją Młoda Gwardia. Kierownikiem projektu był prof. dr hab. Andrzej Rokita.

- W ramach umowy o współpracy Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu z Dolnośląską Federacją Sportu z 30 kwietnia 2013r. uczestnictwo w projekcie badawczym pt. „Program kształcenia i współzawodnictwa młodzieży uzdolnionej sportowo” jako kierownik projektu wspólnie z prof. dr. hab. Andrzejem Rokitą.
- Uczestnictwo jako kierownik w projekcie badawczym pt. „Poziom wybranych koordynacyjnych zdolności motorycznych u koszykarzy w wieku 16-18 lat” (zgoda Senackiej Komisji ds. Etyki Badań Naukowych Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu z dnia 25.02.2013r.).
- Realizacji zadania publicznego w zakresie edukacji i nauki pt. „Wydanie publikacji naukowych w czasopiśmie *Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*” na podstawie umowy nr 1888/IV/12 Zarządu Województwa Dolnośląskiego z dn. 28 lutego 2012r. Pełnienie funkcja koordynatora w zadaniu.
- Udział w badaniach naukowych w 2013 r. w Wałczu w ramach grantu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w programie Rozwój Sportu Akademickiego pt. „Zastosowanie wieloaspektowego treningu koordynacyjnego w doskonalenie precyzji oraz percepcji wzrokowej wśród szermierzy” (Nr. RSA 3 04253), którego kierownikiem był prof. dr hab. Michała Bronikowskiego.
- Udział w projekcie badawczym pt. „Diagnozowanie zainteresowań formami aktywności ruchowej z piłką uczniów klas liceum ogólnokształcącego” jako wykonawca w XVII Liceum Ogólnokształcącym we Wrocławiu w 2011 roku. Kierownikiem projektu był dr Marcin Ściślak.

Załączono dokumenty potwierdzające wyżej wymienione aktywności naukowe w zespołach badawczych prof. dr. hab. Andrzeja Rokity, prof. dr. hab. Michała Bronikowskiego, prof. dr. hab. Andrzeja Ciechanowicza, dr hab. Teresy Zwierko prof. US oraz dr. hab. Jarosława Domaradzkiego prof. AWF.

16. Informacja o uczestnictwie w zespołach oceniających wnioski o finansowanie badań, wnioski o przyznanie nagród naukowych, wnioski w innych konkursach mających charakter naukowy lub dydaktyczny.

Dr **Marek Popowczak** opiniował wnioski w konkursie o włącznie kwalifikacji do Zintegrowanego Rejestru Kwalifikacji w ramach Sektorowych Ram Kwalifikacyjnych. Wnioski dotyczyły następujących kwalifikacji:

- „Projektowanie autorskiej koncepcji treningowej i zarządzanie procesem szkoleniowym w koszykówce” (trener koszykówki – poziom A)
- „Planowanie i prowadzenie procesu szkoleniowego w koszykówce” (trener koszykówki - poziom B)
- „Prowadzenie zajęć z koszykówki w ramach sportu dla wszystkich” (animatore koszykówki),
- „Prowadzenie procesu treningowego w koszykówce” (trener koszykówki - poziom C)

III. INFORMACJA O WSPÓŁPRACY Z OTOCZENIEM SPOŁECZNYM I GOSPODARCZYM

1. Wykaz dorobku technologicznego.

Nie dotyczy

2. Informacja o współpracy z sektorem gospodarczym.

- Wykładowca kursu instruktora koszykówki realizowanego w ramach Ogólnopolskiego Programu Kształcenia Kadr Sportowych w 2010 r.
- Udział w programie Erasmus. Pełniłem rolę opiekuna dr. Athanasios Laios, pracownika Academic of Democritus University of Thrace (Grecja) podczas pobytu w Akademii Wychowania Fizycznego w 24-25 maja 2011 r.
- Udział w roli mentora w realizacji programu „Nowa jakość praktyk pedagogicznych” i „Nowa jakość praktyk pedagogicznych II” finansowanych ze środków otrzymanych z funduszy europejskich w latach 2011-2016. Celem programu było podwyższenie jakości realizowanych praktyk pedagogicznych w szkołach podstawowych i ponadpodstawowych.
- Pełnienie funkcji koordynatora zadania pt. „Program kształcenia i współzawodnictwa młodzieży uzdolnionej sportowo” w ramach współpracy Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu z Dolnośląską Federacją Sportu we Wrocławiu (umowa o współpracy z dn. 22 kwietnia 2013 r.). W ramach zadania dokonano pomiarów utalentowanej sportowo młodzieży (200 osób) w 2013 r. w zakresie parametrów antropometrycznych oraz motorycznych. Ponadto zaprezentowano wyniki trenerom kadr regionalnych poszczególnych dyscyplin sportowych podczas zaplanowanych spotkań podsumowujących. Wyniki badań złożono w formie raportu do Dolnośląskiej Federacji Sportu i Urzędu Marszałkowskiego Województwa Dolnośląskiego.

- Udział w organizacji IV Konferencji Szkoleniowej dla Instruktorów i Trenerów Piłki Ręcznej” w 17 lutego 2013r. Wydarzenie edukacyjne było zorganizowane przez Dolnośląski Związek Piłki Ręcznej,
- Wykonawca zadania badawczego w ramach umowy o wykonanie pracy badawczej pomiędzy Akademią Wychowania Fizycznego we Wrocławiu a Fundacją Młodej Gwardii we Wrocławiu w 2015r. Przebadano 36 siatkarek i siatkarzy. Wyniki w formie raportu ogólnego przekazano Fundacji Młodej Gwardii.
- Wykonawca zadania badawczego w ramach umowy o wykonanie pracy badawczej pomiędzy Akademią Wychowania Fizycznego we Wrocławiu a Fundacją Kraina Siatkówki we Wrocławiu z dn. 12 grudnia 2016r. Przebadano siatkarki i siatkarzy w wieku 12-13 lat. Wyniki w formie raportu ogólnego przekazano Fundacji Kraina Siatkówki.
- Udział w organizacji XII Dolnośląskiego Turnieju Piłki Koszykowej Olimpiad Specjalnych w 2017r. Wydarzenie sportowe było zorganizowane przez Komitet Regionalny Olimpiady Specjalne Polska – Dolnośląskie.
- Wykonawca zadania badawczego w ramach umowy o współpracy badawczej pomiędzy Akademią Wychowania Fizycznego we Wrocławiu a Akademią Piłki Siatkowej z siedzibą we Wrocławiu zawartej w 2018r. Przebadano 59 osób dwukrotnie (20 września 2018 roku i 3 lutego 2019 roku). Jako członek zespołu badawczego kierowanego przez dr. Marcina Ściślaka (Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu) przeprowadzono pomiary orientacji przestrzennej z zastosowaniem aparatury Fusion Smart Speed System.
- Uczestnik (wykładowca) w Ogólnopolskim Programie Edukacyjnym „Mały Mistrz” pod patronatem Ministra Sportu i Turystyki w 2014 roku. Celem programu było przygotowanie kadry nauczycielskiej w zakresie prowadzenia zajęć ruchowych z piłkami w klasach 1-3 szkoły podstawowej. Przeprowadzono warsztaty dla nauczycieli. Przygotowano szkolnych koordynatorów szkoleń. Ponadto opublikowano ze SZS Wrocław przewodnik do programu.
- Współdział w organizacji szkolenia pt „Handball at School” dla nauczycieli w 2014 r. Wydarzenie edukacyjne zorganizowano w Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu przy współpracy ze Związkiem Piłki Ręcznej w Polsce, Ministerstwem Sportu i Turystyki oraz Międzynarodową Federacją Piłki Ręcznej.
- Uczestnik badań diagnostycznych zrealizowanych w ramach współpracy Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu i MKS Zagłębia Lublin w 2018r. Wyniki prac badawczych przekazano w formie raportów trenerom sekcji piłki ręcznej.

- Uczestnik (koordynator szkolny) programu Ministerstwa Sportu i Turystyki „Szkolny Klub Sportowy” w latach 2021/22. Przeprowadzono zajęcia ruchowe dla młodzieży szkolnej.
- Uczestnik (wykładowca i ekspert) w projekcie MEiN pt. „Aktywny powrót do szkoły (WF z AWF)” w 2020r.

3. Uzyskane prawa własności przemysłowej, w tym uzyskane patenty, krajowe lub międzynarodowe.

Nie dotyczy

4. Informacja o wdrożonych technologiach.

Nie dotyczy

5. Informacja o wykonanych ekspertyzach lub innych opracowaniach wykonanych na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców.

- Wykonanie opinii o programie nauczania pt. „Program wychowania fizycznego dla klas sportowych IV-VI i VII-VIII szkoły podstawowej” zgłoszonego przez Szkołę Podstawową nr 24 we Wrocławiu w Wydziale Edukacji Urzędu Miasta Wrocławia z 8 grudnia 2016r.
- Wykonanie opinii o programie nauczania pt. „Program autorski z wychowania fizycznego dla klas sportowych IV-VIII szkoły podstawowej” zgłoszonego przez Szkołę Podstawową nr 24 we Wrocławiu w Wydziale Edukacji Urzędu Miasta Wrocławia z 22 listopada 2017r.
- Przygotowanie opinii o programie nauczania pt. „Program własny z wychowania fizycznego dla klas sportowych IV- VIII szkoły podstawowej” zgłoszonego przez Szkołę Podstawową nr 24 we Wrocławiu w Wydziale Edukacji Urzędu Miasta Wrocławia z 23 luty 2019r.

6. Informacja o udziale w zespołach eksperckich lub konkursowych.

- Promotor pomocniczy przewodu doktorskiego Kamila Świerzko powołany Uchwałą nr 43/2015/2016 Rady Wydziału Wychowania Fizycznego Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu z dnia 7 kwietnia 2016 r. Kamil Świerzko po przygotowaniu rozprawy doktorskiej pt. „Wybrane zdolności motoryczne, percepcyjne i budowa somatyczna a efekt

daty urodzenia młodzieży z reprezentacji województwa Dolnego Śląska w grach zespołowych” i na podstawie uchwała nr 30/2021 Rady Kolegium Naukowego Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu z dnia 13 maja 2021 r. uzyskał stopień doktora w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu w dyscyplinie nauki o kulturze fizycznej.

- Udział w Zespole Ekspertów Wewnętrznych Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławia w projekcie MEiN pt. „Aktywny powrót do szkoły (WF z AWF)” w 2020r.

7. Informacja o projektach artystycznych realizowanych ze środowiskami pozaartystycznymi.

Nie dotyczy

IV. INFORMACJE NAUKOMETRYCZNE

1. Informacja o punktacji Impact Factor (w dziedzinach i dyscyplinach, w których parametr ten jest powszechnie używany jako wskaźnik naukometryczny) wg bazy Web of Science - **71.97**.
2. Informacja o liczbie cytowań publikacji wnioskodawcy, z oddzielnym uwzględnieniem autocytowań wg bazy Web of Science: **108 cytowań w tym 33 autocytowania**.
3. Informacja o posiadanym indeksie Hirscha: **5**.
4. Informacja o liczbie punktów MEiN = **2275**



(podpis wnioskodawcy)

INFORMACJA NAUKOMETRYCZNA – POSTĘPOWANIE HABILITACYJNE
 Informacje dotyczące całego dorobku naukowego

dr Marek Popowczak

	Liczba punktów za artykuły w czasopismach naukowych zgodnie z wykazami MEiN/MNiSW/KBN		Liczba punktów za monografie i rozdziały naukowe oraz redaktorstwa monografii naukowych zgodnie z wytycznymi MEiN/MNiSW/KBN	
	do roku 2019	od roku 2019	do roku 2017	od roku 2017
Przed uzyskaniem stopnia doktora	3	-	19	-
Po uzyskaniu stopnia doktora	218	2030	-	5
Suma	221	2030	19	5

Wartość wskaźnika Impact Factor	
Przed uzyskaniem stopnia doktora	-
Po uzyskaniu stopnia doktora	71.97
Suma	71.97

Liczba cytowań	Author Search	Cited Reference Search
ogółem	93	108
bez autocytowań	60	75
autocytowania	33	33
Indeks Hirscha	5	5

Informacje wykazane w tabeli opracowano na podstawie bazy Web of Science Core Collection.
 Liczba cytowań podana została dwoma metodami: Author Search oraz Cited Reference Search.

Załączone wykazy:

Przed uzyskaniem stopnia doktora oraz po uzyskaniu stopnia doktora:

1. Wykaz opublikowanych artykułów w czasopismach naukowych (z zaznaczeniem cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych, zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt. 2b Ustawy).
2. Wykaz opublikowanych rozdziałów w monografiach naukowych.

KIEROWNIK
Ośrodka Informacji Naukowej

Waleńska
mgr Magdalena Waleńska

25 I 2023 r

dr Marek Popowczak

Wykaz publikacji punktowanych po uzyskaniu stopnia doktora

L.p.	Wykaz powiązanych tematycznie artykułów naukowych stanowiących podstawę ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego	Punkty MEiN/MNiSW/KBN	IF
1	Popowczak Marek , Struzik Artur, Rokita Andrzej, Pietraszewski Bogdan. The level of selected coordinative motor abilities of basketball players aged 16-18 <i>Journal of Sports Medicine and Physical Fitness</i> 2015 : vol. 55, nr 10, s. 1138-1144.	20	1.111
2	Popowczak Marek , Rokita Andrzej, Struzik Artur, Cichy Ireneusz, Dudkowski Andrzej, Chmura Paweł. Multi-directional sprinting and acceleration phase in basketball and handball players aged 14 and 15 years <i>Perceptual and Motor Skills</i> 2016 : vol. 123, nr 2, s. 543-563.	15	0.626
3	Popowczak Marek , Rokita Andrzej, Świerzek Kamil, Szczepan Stefan, Michalski Ryszard, Maćkała Krzysztof. Are linear speed and jumping ability determinants of change of direction movements in young male soccer players? <i>Journal of Sports Science and Medicine</i> 2019 : vol. 18, nr 1, s. 109-117.	100	1.806
4	Popowczak Marek , Domaradzki Jarosław, Rokita Andrzej, Zwierko Michał, Zwierko Teresa. Predicting visual-motor performance in a reactive agility task from selected demographic, training, anthropometric, and functional variables in adolescents <i>International Journal of Environmental Research and Public Health</i> 2020 : vol. 17, nr 15, art. 5322, s. 1-13.	140	3.390
5	Popowczak Marek , Cichy Ireneusz, Rokita Andrzej, Domaradzki Jarosław. The relationship between reactive agility and change of direction speed in professional female basketball and handball players <i>Frontiers in Psychology</i> 2021 : vol. 12, nr art.: 708771.	70	4.232
6	Popowczak Marek , Horicka Pavol, Simonek Jaromir, Domaradzki Jarosław. The Functional form of the relationship between body height, body mass index and change of direction speed, agility in elite female basketball and handball players <i>International Journal of Environmental Research and Public Health</i> 2022 : vol. 19, nr 22, art.15038, s. 1-12.	140	4.614
	Wykaz artykułów w czasopismach naukowych		
7	Domaradzki Jarosław, Koźlenia Dawid, Popowczak Marek . Prevalence of positive effects on body fat percentage, cardiovascular parameters, and cardiorespiratory fitness after 10-week high-intensity interval training in adolescents <i>Biology</i> 2022 : vol. 11, nr 3, art. 424, s. 1-15.	100	5.168

8	Domaradzki Jarosław, Koźlenia Dawid, Popowczak Marek . Sex moderated mediation of the musculoskeletal fitness in relationship between high-intensive interval training performing during physical education classes and cardiorespiratory fitness in healthy boys and girls <i>BioMed Research International</i> 2022 : vol. 2022, art. 8760620, s. 1-9.	70	3.246
9	Domaradzki Jarosław, Koźlenia Dawid, Popowczak Marek . The relative importance of age at peak height velocity and fat mass index in high-intensity interval training effect on cardiorespiratory fitness in adolescents : a randomized controlled trial <i>Children</i> 2022 : vol. 9, nr 10, art. 1554, s. 1-15.	40	2.835
10	Domaradzki Jarosław, Koźlenia Dawid, Popowczak Marek . Prognostic potential of the body composition indices in predicting positive changes in resting blood pressure after high-intensity interval training in adolescents <i>International Journal of Environmental Research and Public Health</i> 2022 : vol. 19, nr 22, art. 14658, s. 1-14.	140	4.614
11	Domaradzki Jarosław, Koźlenia Dawid, Popowczak Marek . The mediation role of fatness in associations between cardiorespiratory fitness and blood pressure after high-intensity interval training in adolescents <i>International Journal of Environmental Research and Public Health</i> 2022 : vol. 19, nr 3, art. 1698, s. 1-14.	140	4.614
12	Zwierko Teresa, Nowakowska Anna, Jedziniak Wojciech, Popowczak Marek , Domaradzki Jarosław, Kubaszewska Joanna, Kaczmarczyk Mariusz, Ciechanowicz Andrzej. Contributing factors to sensorimotor adaptability in reactive agility performance in youth athletes <i>Journal of Human Kinetics</i> 2022 : vol. 83, s. 39-48.	140	2.923
13	Zwierko Michał, Jedziniak Wojciech, Popowczak Marek , Rokita Andrzej. Reactive agility in competitive young volleyball players : a gender comparison of perceptual-cognitive and motor determinants <i>Journal of Human Kinetics</i> 2022 : vol. 85, s. 87-96.	140	2.923
14	Domaradzki Jarosław, Koźlenia Dawid, Popowczak Marek . Mediation effect of cardiorespiratory fitness on relationships between high-intensity interval training and body fat in overweight and obese adolescents <i>Journal of Sports Medicine and Physical Fitness</i> 2022 : vol. 62, nr 12, s. 1735-1741.	40	1.669
15	Popowczak Marek , Rokita Andrzej, Domaradzki Jarosław. Effects of Tabata training on health-related fitness components among secondary school students <i>Kinesiology</i> 2022 : vol. 54, nr 2, s. 221-229.	40	1.101
16	Trindade Lucas N., Popowczak Marek , de O. Jaime Matheus, Marques Priscila G., da Silva Juliano F., Ueda Lucas S. C., Teixeira Eduardo, Borges Paulo H. Combined effects of home advantage and match result on interactions performed by Brazilian handball players	40	-

	<i>Motriz : Revista de Educaco Física 2022</i> : vol. 28, e10220001622, s. 1-5.		
17	Popowczak Marek , Rokita Andrzej, Koźlenia Dawid, Domaradzki Jarosław. The high-intensity interval training introduced in physical education lessons decrease systole in high blood pressure adolescents <i>Scientific Reports 2022</i> : vol.12, art. 1974, s. 1-7.	140	4.996
18	Domaradzki Jarosław, Rokita Andrzej, Koźlenia Dawid, Popowczak Marek . Optimal values of body composition for the lowest risk of failure in tabata training's effects in adolescents : a pilot study <i>BioMed Research International, 2021</i> : vol. 2021, art. 6675416, s. 1-7.	70	3.246
19	Kopiczko Anna, Adamczyk Jakub Grzegorz, Gryko Karol, Popowczak Marek . Bone mineral density in elite mastersathletes : the effect of body compositionand long-term exercise <i>European Review of Aging and Physical Activity 2021</i> : vol. 18, art. 7, s. 1-10.	140	6.650
20	Domaradzki Jarosław, Popowczak Marek , Zwierko Teresa. The mediating effect of change of direction speed in the relationship between the type of sport and reactive agility in elite female team-sport athletes <i>Journal of Sports Science and Medicine 2021</i> : vol. 20, nr 4, s. 699-705.	100	4.017
21	Domaradzki Jarosław, Cichy Ireneusz, Rokita Andrzej, Popowczak Marek . Effects of tabata training during physical education classes on body composition, aerobic capacity, and anaerobic performance of under-, normal- and overweight adolescents <i>International Journal of Environmental Research and Public Health 2020</i> : vol. 17, nr 3, art. 876, s. 1-11.	140	3.390
22	Zwierko Teresa, Jedziniak Wojciech, Florkiewicz Beata, Stępiński Miłosz, Buryta Rafał, Kostrzewa-Nowak Dorota, Nowak Robert, Popowczak Marek , Woźniak Jarosław. Oculomotor dynamics in skilled soccer players : the effects of sport expertise and strenuous physical effort <i>European Journal of Sport Science 2019</i> : vol. 19, nr 5, s. 612-620.	100	2.781
23	Zwierko Teresa, Popowczak Marek , Woźniak Jarosław, Rokita Andrzej. Visual control in basketball shooting under exertion conditions <i>Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 2018</i> : vol. 58, nr 10, s. 1544-1553.	20	1.302
24	Struzik Artur, Winiarski Sławomir, Popowczak Marek , Rokita Andrzej. Relationships between variables describing vertical jump and sprint time <i>South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation 2017</i> : vol. 39, nr 1, s. 177-188.	15	0.318

25	Chmura Paweł, Świerzko Kamil, Andrzejewska Justyna, Popowczak Marek , Dudkowski Andrzej, Konefał Marek, Rokita Andrzej. Endurance skills of young team game players <i>Baltic Journal of Health and Physical Activity</i> 2015 : vol. 7, nr 3, s. 13-22.	11	-
26	Grzesiak-Gasek Iwona, Kaczmarek Urszula, Popowczak Marek . Stężenie wybranych składników śliny u koszykarzy przed rutynowym treningiem i po nim <i>Dental and Medical Problems</i> 2015 : vol. 52, nr 2, s. 197-204.	11	-
27	Cichy Ireneusz, Rokita Andrzej, Wolny Maciej, Popowczak Marek . Effect of physical exercise games and playing with Edubal educational balls on eye-hand coordination in first-year primary school children <i>Medicina dello Sport</i> 2015 : vol. 68, nr 3, s. 461-472.	15	0.163
28	Świerzko Kamil, Wawrzyniak Sara, Pawlik Damian, Popowczak Marek , Rokita Andrzej. Reactions of the circulatory system of fourth-grade pupils in physical education lessons <i>Antropomotoryka</i> 2014 : vol. 24, nr 67, s. 29-36.	9	-
29	Struzik Artur, Rokita Andrzej, Pietraszewski Bogdan, Popowczak Marek . Accuracy of replicating static torque and its effect on shooting accuracy in young basketball players <i>Human Movement</i> 2014 : vol. 15, nr 4, s. 216-220.	14	-
30	Rokita Andrzej, Bronikowski Marcin, Popowczak Marek , Cichy Ireneusz, Witkowski M. Precision and coordination parameters of Polish elite cadet fencers <i>Medicina dello Sport</i> 2014 : vol. 67, nr 3, s. 369-381.	15	0.235
31	Świerzko Kamil, Rokita Andrzej, Popowczak Marek . Częstotliwość skurczów serca uczniów klasy IV szkoły podstawowej na lekcji wychowania fizycznego z zakresu koszykówki <i>Rozprawy Naukowe AWF we Wrocławiu</i> 2014 , nr 44, s. 99-108.	8	-
32	Ściślak Marcin, Rokita Andrzej, Kołodziej Małgorzata, Kałużny Krzysztof, Popowczak Marek . Zainteresowania formami aktywności ruchowej uczniów liceów ogólnokształcących Wrocławia <i>Rozprawy Naukowe AWF we Wrocławiu</i> 2014 , nr 45, s. 79-98.	8	-
33	Popowczak Marek , Rokita Andrzej, Cichy Ireneusz, Chmura Paweł. Physical fitness of children aged 10 years participating in physical education classes enriched with coordination exercises <i>Antropomotoryka</i> 2013 : vol. 23, nr 62, s. 55-65.	9	-
34	Ściślak Marcin, Rokita Andrzej, Popowczak Marek . Secondary school students' interest in various forms of physical activity	14	-

	<i>Human Movement 2013</i> : vol. 14, nr 1, s. 11-19.		
35	Popowczak Marek , Rokita Andrzej, Cichy Ireneusz, Chmura Paweł. Poziom wybranych koordynacyjnych zdolności motorycznych a wyniki Międzynarodowego Testu Sprawności Fizycznej dzieci w wieku 10 lat <i>Rozprawy Naukowe AWF we Wrocławiu 2013</i> , nr 40, s. 86-93.	8	-
36	Chmura Paweł, Rokita Andrzej, Popowczak Marek , Cichy Ireneusz. Reactions of the cardiovascular system during physical education classes in first grade primary school children <i>Antropomotoryka 2012</i> : vol. 22, nr 58, s. 57-63.	4	-
37	Ściślak Marcin, Rokita Andrzej, Popowczak Marek , Kołodziej Małgorzata, Kałużny Krzysztof. Zainteresowania grami sportowymi uczniów liceów ogólnokształcących Wrocławia <i>Rozprawy Naukowe AWF we Wrocławiu 2012</i> , nr 39, s. 149-158.	2	-
38	Popowczak Marek , Rokita Andrzej, Cichy Ireneusz. Sprawność fizyczna uczniów szkoły ponadgimnazjalnej uczestniczących w zajęciach ruchowych z piłką rozbudzających empatię <i>Antropomotoryka 2011</i> , nr 54, s. 69-79.	4	-
39	Cichy Ireneusz, Rokita Andrzej, Kałużny Krzysztof, Majorowski Maciej, Popowczak Marek . Piłki edukacyjne "Edubal" w szkole podstawowej z oddziałami integracyjnymi <i>Rozprawy Naukowe AWF we Wrocławiu 2011</i> , nr 33, s. 156-165.	2	-
40	Popowczak Marek , Majorowski Maciej, Cichy Ireneusz, Kałużny Krzysztof. Poziom koordynacyjnych zdolności motorycznych uczniów biorących udział w programie Basketmania <i>Rozprawy Naukowe AWF we Wrocławiu 2011</i> , nr 33, s. 25-30.	2	-
41	Kałużny Krzysztof, Cichy Ireneusz, Majorowski Maciej, Popowczak Marek . Zainteresowania aktywnością ruchową uczniów klas pierwszych gimnazjum integracyjnego oraz gimnazjum ogólnego <i>Rozprawy Naukowe AWF we Wrocławiu 2011</i> , nr 34, s. 170-175.	2	-
42	Cichy Ireneusz, Rokita Andrzej, Popowczak Marek , Naglak Karolina. Psychomotor development of grade I primary school children who are educated by means of traditional and non-traditional program <i>Antropomotoryka 2010</i> : vol. 19, nr 49, s. 45-55.	6	-
43	Cichy Ireneusz, Popowczak Marek . Rozwój psychomotoryczny uczniów kończących pierwszą klasę szkoły podstawowej edukowanych programem tradycyjnym i nietradycyjnym	2	-

	<i>Rozprawy Naukowe AWF we Wrocławiu 2009</i> , nr 27, s. 17-23.		
44	Popowczak Marek , Cichy Ireneusz. Zmiany poziomu empatii uczniów szkoły ponadgimnazjalnej uczestniczących w aktywności ruchowej z piłką <i>Rozprawy Naukowe AWF we Wrocławiu 2009</i> , nr 27, s. 91-96.	2	-
	Suma	2248	71.97

L.p.	Wykaz rozdziałów w monografiach	Punkty MEiN/MNiSW/KBN
1	Witkowski Mateusz, Bronikowski Michał, Rokita Andrzej, Popowczak Marek , Cichy Ireneusz. Importance of motor abilities in fencing W: <i>Studies in modern competitive fencing</i> / ed. by Maciej Łuczak, Mateusz Witkowski. Poznań : Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, 2016 ; s. 89-100.	5
	Suma	5

KIEROWNIK
Ośrodka Informacji Naukowej
Waleńska
mgr Magdalena Waleńska

25 I 2023 v.

dr Marek Popowczak

Wykaz publikacji punktowanych przed uzyskaniem stopnia doktora

L.p.	Wykaz artykułów w czasopismach naukowych	Punkty MEiN/MNiSW/ KBN	IF
1	Popowczak Marek. Wykorzystanie aktywności ruchowej z piłkami w rozbudzaniu empatii i przygotowaniu zawodowym nauczycieli wychowania fizycznego <i>Innowacje w Edukacji Akademickiej 2006</i> : vol. 5, nr 1, s. 195-200.	3	-
	Suma	3	-

L.p.	Wykaz rozdziałów w monografiach	Punkty MEiN/MNiSW/ KBN
1	Cichy Ireneusz, Popowczak Marek. Propozycja wykorzystania piłek edukacyjnych na etapie kształcenia zintegrowanego w celu zwiększenia efektywności procesu dydaktycznego <i>W: Humanistyczny sens gier z piłką w wychowaniu fizycznym / pod red. Stanisława Żaka, Michała Spiesznego.</i> Wrocław : Międzynarodowe Towarzystwo Naukowe Gier Sportowych, 2007 s. 115-120.	3
2	Popowczak Marek , Rzepa Tadeusz. Motor activity with the ball as a means of arousing empathy <i>W: Education in a reformed school = Wychowanie i kształcenie w reformowanej szkole. 6 / ed. by Tadeusz Koszycz, Marek Lewandowski, Wojciech Starościak.</i> Wrocław : Wrocławskie Towarzystwo Naukowe, 2007 s. 125-129.	7
3	Popowczak Marek. Aktywność ruchowa z piłką a poziom empatii u uczniów pierwszych klas szkoły ponadgimnazjalnej <i>W: Dydaktyka wychowania fizycznego w świetle współczesnych potrzeb edukacyjnych / red. nauk. Ryszard Bartoszewicz, Tadeusz Koszycz, Andrzej Nowak, Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu.</i> Wrocław : Wrocławskie Towarzystwo Naukowe, 2005 s. 181-186.	6
4	Popowczak Marek , Rzepa Tadeusz. Zabawy, ćwiczenia i gry z piłką a rozbudzanie empatii u uczniów szkoły ponadpodstawowej <i>W: Wychowanie i kształcenie w reformowanej szkole. 5 / red. nauk. Tadeusz Koszycz, Marek Lewandowski, Wojciech Starościak.</i> Wrocław : Wrocławskie Towarzystwo Naukowe, 2004 s. 317-324.	3
	Suma	19

KIEROWNIK
 Ośrodka Informacji Naukowej
Magdalena Waleńska
 mgr Magdalena Waleńska

25.1.2023 r.

Dr Marek Popowczak

Wykaz publikacji niepuktowanych

1.

Autorzy: Popowczak Marek.

Tytuł oryginału: Piłkarz - koszykówka

Tytuł całości: W: Przewodnik dla nauczycieli edukacji wczesnoszkolnej i współpracujących nauczycieli wychowania fizycznego realizujących program Mały Mistrz / pod red. Ryszarda Jezierskiego, Marka Lewandowskiego, Andrzeja Rokity, Adama Szymczaka

Informacje o wydaniu: wyd. 2 popr. uzup.

Adres wydawniczy: Warszawa : Ministerstwo Sportu i Turystyki; Zarząd Główny Szkolnego Związku Sportowego, 2014

Opis fizyczny: s. 38-40 : bibliogr. 7 poz.

Uwagi: ISBN 978-83-86630-04-2

Charakt. formalna: polski fragment

2.

Autorzy: Popowczak Marek.

Tytuł oryginału: Piłkarz - koszykówka

Tytuł całości: W: Przewodnik dla nauczycieli edukacji wczesnoszkolnej i współpracujących nauczycieli wychowania fizycznego realizujących Program Mały Mistrz / pod red. Ryszarda Jezierskiego, Marka Lewandowskiego, Andrzeja Rokity, Adama Szymczaka

Adres wydawniczy: Warszawa : Ministerstwo Sportu i Turystyki, 2013

Opis fizyczny: s. 27-29 : bibliogr. 7 poz.

Charakt. formalna: polski fragment

3.

Autorzy: Rzepa Tadeusz, Rokita Andrzej, **Popowczak Marek**, Lesz Agnieszka.

Tytuł oryginału: Empatia oraz zainteresowania aktywnością ruchową uczniów szkół ponadpodstawowych

Tytuł całości: Człowiek i Ruch. - 2001, nr 1(3) supl. cz. 2

Opis fizyczny: s. 96-99

Charakt. formalna: polski artykuł

KIEROWNIK
Ośrodka Informacji Naukowej
Waleńska
mgr Magdalena Waleńska

25.1.2023 r.

Dr Marek Popowczak

Wykaz prac niepuktowanych - referaty i streszczenia w materiałach konferencyjnych

1.

Autorzy: Zwierko Michał, Słowińska Weronika, Jedziniak Wojciech, **Popowczak Marek**, Rokita Andrzej.

Tytuł oryginału: Motoryczne i percepcyjno-kognitywne uwarunkowania zwinności reakcyjnej w młodzieżowej piłce siatkowej

Tytuł całości: W: V Ogólnopolska Konferencja dla Młodych Naukowców Wieczór Naukowca 2022 : Wokół Człowieka : program i streszczenia

Adres wydawniczy: Wrocław : Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, 2022

Opis fizyczny: s. 23 : bibliogr. 2 poz.

Konferencja/zjazd - tytuł: Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu

Konferencja/zjazd - miejsce i data: Wrocław : 08.06.2022

Charakt. formalna: polskie streszczenie zjazdowe

2.

Autorzy: **Popowczak Marek**, Domaradzki Jarosław, Horicka P., Simonek J., Rokita Andrzej.

Tytuł oryginału: Association between body height and CODS and RA tests performance in elite team sports players

Tytuł całości: W: 26th Annual Congress of the European College of Sport Science : 8th-10th September 2021 : book of abstracts

Adres wydawniczy: Cologne : European College of Sport Science, 2021

Opis fizyczny: s. 297 : bibliogr. [3] poz.

Konferencja/zjazd - miejsce i data: : 8-10.09.2021

Charakt. formalna: zagraniczne streszczenie zjazdowe

3.

Autorzy: Koźlenia Dawid, **Popowczak Marek**, Domaradzki Jarosław.

Tytuł oryginału: Sprawność krążeniowo-oddechowa jako mediator relacji między treningiem interwałowym o wysokiej intensywności a otłuszczeniem u młodzieży z nadwagą i otyłością

Tytuł całości: W: Ogólnopolska Konferencja Naukowa "Aktywność fizyczna - interdyscyplinarny przegląd i badania" : abstrakty / red. Izabela Mołdoch-Mendoń, Monika Maciąg

Adres wydawniczy: Lublin : Fundacja na rzecz promocji nauki i rozwoju TYGIEL, 2021

Opis fizyczny: s. 44

Konferencja/zjazd - tytuł: Fundacja na rzecz promocji nauki i rozwoju TYGIEL

Konferencja/zjazd - miejsce i data: Lublin : 20 listopada 2021

Charakt. formalna: polskie streszczenie zjazdowe

4.

Autorzy: Zwierko Michał, Słowińska Weronika, Janiszewski Michał, Rokita Andrzej, Popowczak Marek.

Tytuł oryginału: Związki pomiędzy postrzeganiem peryferyjnym a szybkością zmian kierunku poruszania się i zwinnością reakcyjną u dzieci trenujących piłkę siatkową

Tytuł całości: W: Zagadnienia kultury fizycznej i zdrowia w badaniach młodych naukowców : Ogólnopolska Konferencja Studenckich Kół Naukowych : streszczenia / red. Joanna Kalecińska, Paweł Tomaszewski

Adres wydawniczy: Warszawa : Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie, 2021

Opis fizyczny: s. 32

Konferencja/zjazd - tytuł: Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie. Wydział Wychowania Fizycznego

Konferencja/zjazd - miejsce i data: Warszawa : 28.05.2021

Charakt. formalna: polskie streszczenie zjazdowe

5.

Autorzy: Popowczak Marek, Cichy Ireneusz, Zwierko T., Rokita Andrzej.

Tytuł oryginału: Level of reactive agility and peripheral perception in talented young athletes involved in team sports

Tytuł całości: W: 25th Annual Congress of the European College of Sport Science, 28th-30th October 2020 : book of abstract / Ed. by Dela, F., Muller, E., Tsolakidis, E.

Adres wydawniczy: [B. m. : b. w., 2020]

Opis fizyczny: s. 255 : bibliogr. 2 poz.

Charakt. formalna: zagraniczne streszczenie zjazdowe

Język publikacji: ENG

6.

Autorzy: Rubajczyk Krystian, Popowczak Marek, Rokita Andrzej.

Tytuł oryginału: The relative age effect in Poland's youth volleyball

Tytuł całości: W: 24th Annual Congress of the European College of Sport Science : book of abstracts / ed. by V. Bunc, E. Tsolakidis

Adres wydawniczy: , 2019

Opis fizyczny: s. 608-609

Konferencja/zjazd - tytuł: Faculty of Physical Education and Sport, Charles University

Konferencja/zjazd - miejsce i data: Praga, Czechy : 3-6 July 2019

Charakt. formalna: zagraniczne streszczenie zjazdowe

Język publikacji: ENG

Konferencja/zjazd - tytuł: 24th Annual Congress of the European College of Sport Science; Faculty of Physical Education and Sport, Charles University

7.

Autorzy: Zwierko Teresa, Jedziniak Wojciech, Florkiewicz Beata, Buryta Rafał, Kostrzewa-Nowak Dorota, Nowak Robert, Popowczak Marek, Woźniak Jarosław.

Tytuł oryginału: Effect of incremental exercise on eye ctivity in free-viewing visual search

task in soccer players [Dokument elektroniczny]

Tytuł całości: W: II Międzynarodowa Konferencja Naukowa "Motoryczność Sportowa - Założenia Teoretyczne i Implikacje Praktyczne" Kraków, 21-23 września 2017 : program konferencji - II International Scientific Conference "Motor Abilities in Sports - Theoretical Assumptions and Practical Implications" Krakow, 21 - 23 September 2017 : conference programme

Opis fizyczny: s. 68-69

Charakt. formalna: polskie streszczenie zjazdowe

8.

Autorzy: Zwierko T., **Popowczak Marek**, Woźniak M., Rokita Andrzej.

Tytuł oryginału: Gaze control in basketball jump shots and free throws

Czasopismo: Research Quarterly for Exercise and Sport

Szczegóły: 2016 : vol. 87, suppl. 1, s. S2- S3

Uwagi: 6th International Teaching Games for Understanding Conference (TGfU)

Charakt. formalna: zagraniczne streszczenie w czasopiśmie

9.

Autorzy: **Popowczak Marek**, Rokita Andrzej, Ściślak Marcin, Cichy Ireneusz, Kałużny Krzysztof.

Tytuł oryginału: The level of spatial orientation and peripheral perception in young talented athletes from team games

Tytuł całości: W: I International Scientific Conference "Motor ability in sports - theoretical assumptions and practical implications". Krakow, 23-25 September 2015 : conference programme

Opis fizyczny: s. 72

Konferencja/zjazd - tytuł: Institute of Sports, University of Physical Education in Krakow

Konferencja/zjazd - miejsce i data: 2015.09.23-25

Charakt. formalna: polskie streszczenie zjazdowe

10.

Autorzy: Dudkowski Andrzej, Rokita Andrzej, **Popowczak Marek**, Chmura Paweł.

Tytuł oryginału: Velocity of moving of handball players with and without ball depending on the running route

Tytuł całości: W: I International Scientific Conference "Motor ability in sports - theoretical assumptions and practical implications". Krakow, 23-25 September 2015 : conference programme

Opis fizyczny: s. 48

Konferencja/zjazd - tytuł: Institute of Sports, University of Physical Education in Krakow

Konferencja/zjazd - miejsce i data: Kraków2015.09.23-25

Charakt. formalna: polskie streszczenie zjazdowe

11.

Autorzy: Struzik Artur, **Popowczak Marek**, Rokita Andrzej.

Tytuł oryginału: Wpływ posiadania piłki na poziom zdolności szybkościowych koszykarzy

Tytuł całości: W: XX Konferencja Naukowa "Wychowanie fizyczne i sport w badaniach naukowych". Trening sportowy: diagnoza - projekt - kontrola : streszczenia / AWF w Poznaniu, 29 maja 2014 roku

Opis fizyczny: s. 34 : tab.

Charakt. formalna: polskie streszczenie zjazdowe

12.

Autorzy: Popowczak Marek, Cichy Ireneusz.

Tytuł oryginału: Using exercises, plays and games with the ball for arousing empathy with secondary school students (examination report)

Czasopismo: Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica

Szczegóły: 2007 : vol. 37, nr 2, s. 91

Uwagi: This issue was published as the book of abstracts of the 5th International Conference Movement and Health 2007

Charakt. formalna: zagraniczne streszczenie w czasopiśmie

13.

Autorzy: Popowczak Marek, Cichy Ireneusz.

Tytuł oryginału: Using exercises, plays and games with the ball for arousing empathy with secondary school students (examination report) [Dokument elektroniczny]

Tytuł całości: W: Movement and Health - 5th International Conference : Olomouc, November 14-17.2007 : full papers

Opis fizyczny: s. 1-7 : ryc. tab. bibliogr. 12 poz.

Konferencja/zjazd - miejsce i data: Olomouc : 2007.11.14-17

Charakt. formalna: polski referat zjazdowy

14.

Autorzy: Popowczak Marek.

Tytuł oryginału: Influence of mobile activity with the ball on the formation of abilities of empathy with secondary school girls

Tytuł całości: W: Movement and health : 5th International Conference : proceedings. Głuchołazy, 17-18 November 2006 / ed. Zbigniew Borysiuk

Adres wydawniczy: Opole : Opole University of Technology, 2006

Opis fizyczny: s. 24-33 : tab. bibliogr. 12 poz.

Konferencja/zjazd - tytuł: Opole University of Technology

Konferencja/zjazd - miejsce i data: Głuchołazy : 2006.11.17-18

Charakt. formalna: polski referat zjazdowy

KIEROWNIK
Ośrodka Informacji Naukowej
Magdalena
mgr Magdalena Waleńska

25 I 2023 r.

The level of selected coordinative motor abilities of basketball players aged 16-18

M. POPOWCZAK¹, A. STRUZIK², A. ROKITA¹, B. PIETRASZEWSKI²

Aim. Coordinative abilities play a very important role in sport. Unfortunately, researchers do not confine appropriate attention to this issue. Therefore, the aim of this study was an attempt at analysing results of the selected coordinative motor abilities: kinesthetic differentiation, quick reaction and spatial orientation. It was intended to find out whether the results of trials determining manifestations of the particular coordinative abilities exhibit any mutual relationships. Forasmuch as a static torque is a parameter determining the level of force components of the ability of kinaesthetic differentiation, it would like to find out whether its maximum level influences the final result.

Methods. Research was carried out on 20 young basketball players with the use of a torque meter and Fusion Smart Speed System.

Results. It was noticed a lack of statistically significant relationships between the results of trials assessing manifestations of the ability of kinaesthetic differentiation, quick reaction and spatial orientation. However, it was noted statistically significant correlation between the maximum static torque and the accuracy of releasing a particular value of a static torque.

Conclusion. The accuracy of releasing a particular value of a static torque ought to be classified as a comprehensive ability that comprises manifestations of strength abilities and kinaesthetic differentiation. Presented trials to evaluation manifestations of the selected coordinative abilities could be used by coaches during a training process. Coaches should also focus on the development of muscle strength of the upper body and upper limbs of basketball players.

KEY WORDS: Kinesthesia - Space perception - Torque.

A level of coordinative abilities constitutes information about the quality of movements performed by a human being. It is also an external

¹Department of Team Sport Games
University School of Physical Education
Wrocław, Poland

²Department of Biomechanics
University School of Physical Education
Wrocław, Poland

manifestation of efficacy of the central nervous system.¹ Raczek, Mynarski and Ljach² distinguish the following coordinative abilities: kinaesthetic differentiation, temporal-spatial orientation, maintaining balance, rhythmization, quick reaction, combining (coupling) movements, adaptation (reconstruction) of actions and high frequency. Symptoms of these abilities do not occur in the particular movements in an isolated way but as combinations. Each sport comprises specific technical elements whose level and a degree of controlling determine a final result. In spite of the great significance of coordinative abilities in sport, this issue is extremely rarely tackled by researchers. This may be caused by the measurement methodology used in this field of study which is still not standardized and difficult to apply in comparison with the commonly measured level of conditional abilities such as speed, strength and endurance.^{1, 3-5} A high level of coordinative and conditional abilities enables each basketball player to achieve a high efficiency of playing.⁶ Hence, in the basketball training process it is important to carry out an analysis of changes in the level of coordinative motor abilities. Research conducted by Raczek and by Lyakh allowed to distinguish some major coordinative motor abilities in basketball: adaptation, orientation, quick

Corresponding author: M. Popowczak, Department of Team Sport Games, University School of Physical Education, ul. Mickiewicza 58, 51-684 Wrocław, Poland. E-mail: marek.popowczak@awf.wroc.pl

reaction, kinaesthetic differentiation, changing over and combining.²

Due to interests of the authors, focus was on analyzing a level of the following three coordinative motor abilities: spatial orientation, quick reaction and kinaesthetic differentiation. A high level of spatial orientation makes it possible for a basketball player to quickly locate the place of his body (and body parts as well) and its changes during the game in relation to opponents, other participants of the competition, the ball, devices and lines belonging to the basketball court. A level of ability of quick reaction is presented as time which elapses from the moment the signal appears till the moment a particular movement is completed. That time includes the time of reaction and the time of movement of the involved body parts. Kinaesthetic differentiation influences the high accuracy and economy of producing a movement. It is based on precise perception of strength (muscle tension), time (velocity of movement) and space (position of body segments in relation to one another) during the performance of a particular motor action.² Measurements of a static torque are very rarely used for the purpose of assessing strength components of the ability of kinesthetic differentiation. Representatives from various sports are characterized by different topography of static torques and occurrence of leading muscle groups.⁷ Topography of static torques differentiates basketball players as regards their sport progress and position they play.^{8,9} Similarly to other human motor abilities, a level of the ability of kinaesthetic differentiation is subject to change due to physical effort¹⁰ and differentiates athletes with regard to their sport level.¹¹

In study it was attempted to analyse results of the selected coordinative motor abilities, which are considered of key importance for a basketball player: kinesthetic differentiation (due to precision and accuracy of performed movements), quick reaction (due to the explosive character of the majority of the performed activities) and spatial orientation (because of a constantly changing situation on the basketball court). Manifestations of abilities are evaluated by means of trials which are structured in a way that makes mainly one of these abilities influence a final result. Forasmuch as coordinative abilities are manifested jointly, it would like to find out whether the results of trials that evaluate indirectly a

level of mainly one of them are connected with one another. Therefore, shall a high level of one of the aforementioned key coordinative abilities of a basketball player condition a high level of the remaining two abilities? If a force component of the ability of kinaesthetic differentiation is assessed by using measurements of a static torque, the question arises whether its maximum level influences the final trial result. If so, this would prove the existence of a relationships between manifestations of conditional abilities (strength) and coordinative ones (kinaesthetic differentiation) and the fact that they exist in practical movement tasks mutually. A relationships between the maximum static torque and manifestations of the ability of kinaesthetic differentiation could also indicate a direction of development of basketball (improving muscle strength of the upper body and upper limbs), which can already be visibly observed among the NBA players.

Materials and methods

Research was conducted on 20 basketball players from the club WKK Wrocław who played in junior teams. A research group was characterized by the following mean values with standard deviations of quantities: body height – 189.7±8.4 cm, body mass – 83.6±11.1 kg, age – 16.5±0.9 years. An average length of training experience of the subjects was 7.1±1.7 years. Research was carried out in the certified Laboratory of Ball Games Research and Laboratory of Biomechanical Analysis (Quality Management Certificate ISO 9001:2009), University School of Physical Education in Wrocław. The research was approved by the Senate Committee for the Ethics of Scientific Research at University School of Physical Education in Wrocław.

Before the measurements there was a 15-minute warm-up which did not include static stretching exercises that might have a negative impact on the results of the trials.¹² In order to determine a level of spatial orientation and time of reaction, Fusion Smart Speed System was applied for the comprehensive assessment of motor abilities (Fusion Sport, Coopers Plains, QLD, Australia). It consisted of the following components: gates (each one included a photocell with the head emitting an infrared stream of light and a reflector reflecting the light), a mat (Smart Jump)

integrated with a photocell and a reader identifying each player by means of RFID system and software. Research equipment measured the time of the trial with an accuracy of 0,001 s. The data was recorded in a palmtop (HP iPAQ 112).

For the purpose of determining a level of spatial orientation, it was applied the trial of “fivefold run to the gates” which was a modification of system trial „reactive shuttle grill” suggested by the research equipment producer. This trial is similar to the test “run for the balls” as proposed by Raczek *et al.*² Instead of the balls, it was used gates with a 2 meter line between them which a subject was to cross with two feet. On the line of start there was a mat integrated with a photocell placed next to it and RFID reader (Figure 1). At the beginning of each trial a subject approached the reader for identification (the palmtop system read an identification number) by putting a RFID band against the reader (the system emitted a beep as a sign of confirmation). Next, all the lights in the gates switched on, then they switched off and only a green light went on (indicating the system readiness) in the photocell head connected with a reader. A trial started the moment a subject placed his both feet in the middle of the mat. Then a green light was turned out and the light in the gate towards which a subject headed switched on; a subject

crossed a designated line with his both feet, came back to the mat with his both feet and then another light went on in another gate randomly chosen by the computer system. This activity was repeated five times till no light signal appeared in the gates after a subject touched the mat. The trial was repeated four times and in between each trial a subject rested for three minutes in order to minimize fatigue. It was registered the total time of the trial.

In order to determine a level of quick reaction, it was employed the trial of “5 meter run”, which was a modification of system trial „reactive/mat start”. The trial was carried out by means of one gate, a mat and the integrated photocell and RFID reader. The mat was placed 30 cm from the starting line (to enable free positioning of a foot in this space), while the gate was located in a distance of 5 meters from the starting line and the line of finish was situated between the photocell and the mirror (Figure 1). At first a subject made identification in the reader. Then a blue light in the photocell head went on and afterwards a subject assumed a high starting posture. One foot was placed before the line of start, the other one on the mat, then a blue light in the photocell went out. The trial started when a green light in the gate went on again – the gate which a subject was supposed to reach and cross a designated line with his

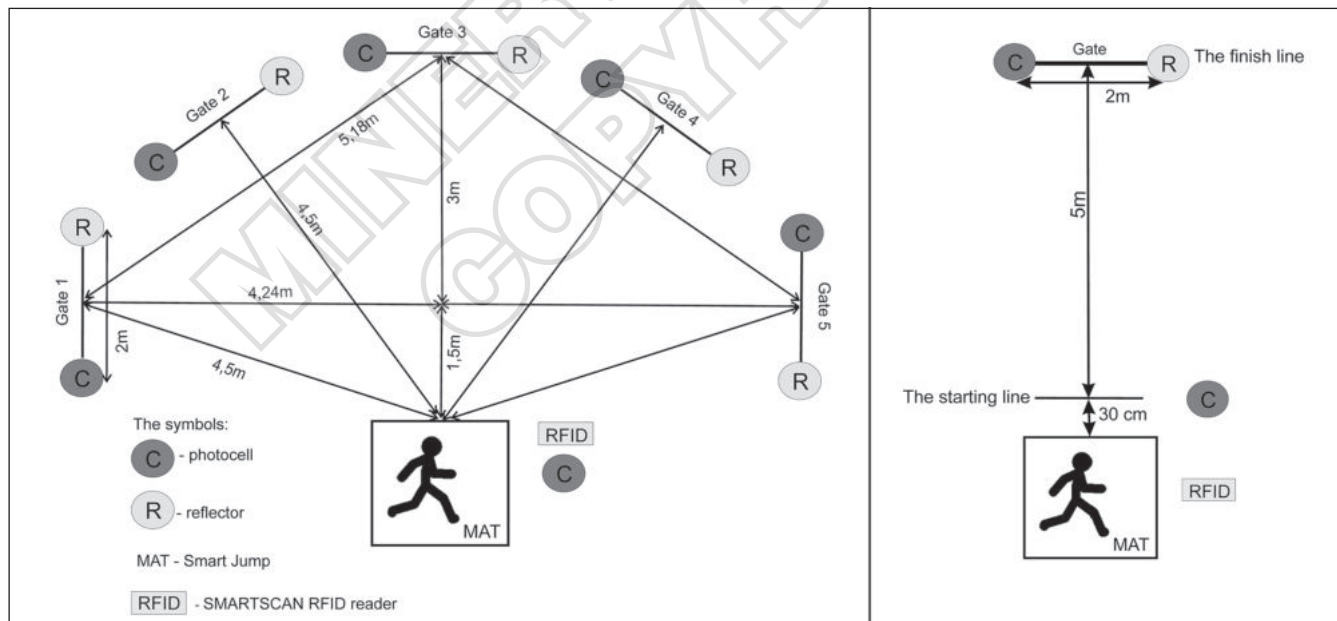


Figure 1.—Diagram illustrating trials “fivefold run to the gates” (left side) and “5 meter run” (right side).

both feet. The trial was repeated four times. It was registered the time of reaction to the light signal and the total time of the trial.

A level of the ability of kinaesthetic differentiation was assessed on the basis of releasing the particular values of a static torque. For the measurements of torques of elbow joint extensor muscles in the static conditions it was employed an exercise armchair UPR-01 B of the company OPIW Opole with two measurement heads (measuring a static torque), also equipped with stabilizing belts. A measurement head rotation axis was adjusted individually for each subject so that it corresponded to a rotation axis of the examined joint. This is a line moved one cm down from the line connecting the humeral bone epicondylus. The measurements were carried out for each limb separately (in a random order) at the angle of 75° in the elbow joint and 90° in the humeral joint (it was assumed 0° as a full extension of the elbow joint while in the case of the humeral joint it was the arm placed along the trunk). The values of angles were selected so as to enable each subject to achieve the highest possible value of a static torque. During the measurement the hand of a subject was in parallel to the forearm. The first part of the measurement consisted in measuring the maximum value of a static torque of elbow joint extensors (M_{max}). At a signal, a subject performed the maximum isometric contraction in the sagittal plane. On the basis of the greatest value, three percentage values were computed: 25%, 50% and 75% of the maximum static torque. The next task of a subject was to release a torque that respectively corresponded to these three values to the greatest possible extent. Before the target measurements, a subject has an opportunity to practice releasing each particular torque value with visual feedback (on the screen a subject could observe the graph of a static torque that changed in real time with a desired percentage value shown) respectively for 60, 30 and 15 seconds. Times of the exercises decreased along with the increase of the percentage value of a static torque that was to be achieved in order to standardize the total load during each period of the exercises. During the target measurements a subject was no longer informed about the result. Each trial was conducted three times. The measurements were repeated after a week, but that time no mock trials with feedback took place. It was recorded the best result of the maximum static torque and the mean

accuracy in three trials for the particular percentage value (D_x) of the released static torque (expressed in percentage values according to equation 1 and in newton meters as presented in equation 2).

$$D_x = \frac{\sum_{i=1}^3 |0, x M_{max} - M_{(x-i)}|}{3 \cdot 0, x M_{max}} \cdot 100, x \langle 25, 50, 75 \rangle \quad (1)$$

$$D_x = \frac{\sum_{i=1}^3 |0, x M_{max} - M_{(x-i)}|}{3} \cdot x \langle 25, 50, 75 \rangle \quad (2)$$

Symbols $M_{(x-i)}$ refer to respective measurements of a static torque for a particular percentage value of x . The structure of the two equations indicates that the most beneficial result of the accuracy of releasing a static torque is number 0. The greater the value obtained, the lower the level of actual accuracy.

For the purpose of evaluating differences between the particular measurements, it was used the Wilcoxon Matched-Pairs test due to the lack of normal distribution in all examined variables. For the same reason, in order to examine correlations between the particular parameters, it was applied Spearman's rank correlation coefficient. The assumed level of significance was the value of $\alpha=0.05$.

Results

No statistically significant differences were found between the particular results of subsequent repetitions in the case of trials "fivefold run to the gates" and "5 meter run". As a consequence, it was possible to reject the extreme values (the lowest and the highest) and the final result constituted an arithmetical mean of the two remaining results. The mean value with standard deviation of trial time "fivefold run to the gates" was 18 ± 0.06 s, whereas in the case of "5 meter run" 1.82 ± 0.06 (the sum of the time of reaction and the time of covering a distance of 5 meters). A mean value with standard deviation of the time of reaction reached 520 ± 116 ms.

Tables I, II present mean values with standard deviations of the accuracy of releasing a torque computed by means of equations 1 and 2. The only statistically significant differences could be observed between the first and the second examination in the case of accuracy of releasing 25% of the maximum static torque for the right limb ($43.5 \pm 5.5\%$ and 6.9 ± 9 Nm) and the left one ($46 \pm 51.2\%$ and 7.2 ± 7.2 Nm).

TABLE I.—Mean values (\pm sd) of the maximum static torques of elbow joint extensors (M_{max}) and the accuracy of the released static torque for three percentage values (D_{25} , D_{50} and D_{75}) expressed as a percentage on the basis of equation 1 with the division into right (R) and left (L) upper limb.

Upper limb	First measurement				Second measurement			
	M_{max} (Nm)	D_{25} (%)	D_{50} (%)	D_{75} (%)	M_{max} (Nm)	D_{25} (%)	D_{50} (%)	D_{75} (%)
R	67.6 \pm 15.2	40.4 \pm 19.2	32 \pm 9.8	11.2 \pm 6.6	66.5 \pm 13.2	83.9 \pm 55.7	34.3 \pm 19.4	11.2 \pm 7
L	61.2 \pm 17	42.9 \pm 33.2	36.5 \pm 20.3	13.8 \pm 9.3	67.2 \pm 16.3	88.9 \pm 60.1	28.8 \pm 24.3	14.1 \pm 8.6

TABLE II.—Mean values (\pm sd) of the maximum static torques of elbow joint extensors (M_{max}) and the accuracy of the released static torque for three percentage values (D_{25} , D_{50} and D_{75}) expressed as a sum of errors (deviations from a desired percentage value) on the basis of equation 2 with the division into right (R) and left (L) upper limb.

Upper limb	First measurement				Second measurement			
	M_{max} (Nm)	D_{25} (Nm)	D_{50} (Nm)	D_{75} (Nm)	M_{max} (Nm)	D_{25} (Nm)	D_{50} (Nm)	D_{75} (Nm)
R	67.6 \pm 15.2	6.5 \pm 3.3	10 \pm 5.9	5.7 \pm 2.8	66.5 \pm 13.2	13.4 \pm 8.4	10.7 \pm 5.4	5.3 \pm 3.4
L	61.2 \pm 17	6.7 \pm 5.1	10.4 \pm 5.6	6.3 \pm 3.7	67.2 \pm 16.3	13.9 \pm 8.2	8.6 \pm 5.3	6.9 \pm 4.1

TABLE III.—Values of correlations between the maximum static torque of elbow joint extensors (M_{max}) and the accuracy of the released static torque for three percentage values (D_{25} , D_{50} and D_{75}) expressed as a percentage on the basis of equation 1 with the division into right (R) and left (L) upper limb and examination (1 and 2). Statistical significance on the level of $P < 0.1$ was marked as (*) and for $P < 0.05$ as (**).

	M_{max}			
	P-1	P-2	L-1	L-2
D_{25}	-0.53*	-0.38	0.28	-0.43
D_{50}	-0.41*	-0.52**	-0.3	-0.59**
D_{75}	-0.33	-0.34	-0.17	0.06

Higher values (which meant lower accuracy) occurred during the second examination.

A lack of significant correlation coefficients were found between the results of trials assessing manifestations of the ability of kinaesthetic differentiation, quick reaction and spatial orientation. Table III presents relationships between the maximum static torque and the accuracy of releasing a particular value of a static torque computed with the use of equation 1. It wasn't obtain any similar correlations when the accuracy of releasing a particular value of a static torque was computed with the use of equation 2.

Discussion

The trial of "5 meter run" enables determination of a level of quick reaction. Moreover, it constitutes a manifestation of many other abilities: time of reaction, speed, strength and power.^{13, 14} While analyzing scientific literature dealing with measurements of time of covering the first 5 meters, it was noticed

substantial differentiation in the way this trial was carried out. There is no detailed information on how the measurement was made: how was the start organized, did participant decide himself when to start the trial or did he start at a particular signal (acoustic or visual)? Therefore, it is difficult to refer the obtained results to results achieved by other researchers. The examined basketball players achieved mean values of time of reaction (constituent of quick reaction) on a level similar to their peers from the Polish national volleyball team who reached mean values ranging from 520 to 600 ms.¹⁵

The trial called "fivefold run to the gates" determining a level of spatial orientation takes into consideration its two aspects: speed and precision of performing a movement.¹⁶ The speed of performing the trial is reflected in the time during which it is realized. On the other hand, its precision is relationships with the accuracy of performance: crossing the gate line with both feet or standing with both feet on the mat. The procedure of using modern research equipment Fusion Smart Speed System becomes in-

dispensable in training young athletes and in monitoring their motor development or identifying their dispositions to participate in the game.

There are very few studies whose authors would decide to carry out measurements of manifestations of the ability of kinesthetic differentiation similarly to the method presented in this study. A choice of three percentage values necessary to be released by a subject is an extension of the measurement method presented by Bajdziński and Starosta,¹ in which a subject released the force equaling 50% of his maximum potential possibilities. As it can be seen in Tables I, II, the results of trial assessing the ability of kinesthetic differentiation differ depending on the applied computing method. Values of the percentage method tend to increase in accuracy along with the increase of the desired percentage value (differences between parameters D_{25} and D_{50} as well as D_{50} and D_{75} are statistically significant for both limbs). On the other hand, in the case of the method of mean sum of errors, the lowest accuracy in the first examination was obtained for parameter D_{50} and in the second examination for D_{25} . This points to the necessity of using a greater number of desired values than one when assessing the accuracy of releasing a static torque. Only in this way it can be obtain its full view. Depending on a value of a static torque to be released, a level of accuracy in its releasing is subject to change. Consequently, the accuracy of releasing a static torque is not a uniform ability and it does depend on the applied load. It is thus necessary to apply both equations for computing a level of accuracy independently because they provide a different picture of force components of the ability of kinaesthetic differentiation. For example, an error of a subject amounting to 5 Nm shall be relatively a smaller error for a player with a greater maximum level of a static torque. However the method of mean sum of errors provides information about a specific value of a static torque by which a desired value was not respected.

A lack of statistically significant differences between the first and the second examination for parameters D_{50} and D_{75} may evidence a high repeatability of results. The subjects were able to obtain the same level of accuracy although they did not have a training trial with visual feedback in the second examination. This comparison is quite different for parameter D_{25} in which case the accuracy during the

second examination deteriorated more than twice. Therefore, the subjects' muscle memory turned out to be the weakest in the case of the lowest load. The fact that there was no training trial with visual feedback, which facilitates remembering a new movement task, might have been the reason for this state.¹⁷ It is also possible that basketball players have troubles to work on very low loads because they perform a great number of strength exercises and exercises with the ball (and its weight).

A lack of statistically significant correlations between the results of trials assessing the abilities of kinesthetic differentiation, quick reaction and spatial orientation ought to be interpreted as a lack of relationships between only the results of trials measuring indirectly these abilities and not the actual lack of relationships between the abilities themselves. Hence, that manifestations of the examined abilities in the applied trials are sufficiently isolated to provide an accurate evaluation of a particular ability without interferences from another ability. Thus it is impossible, with the use of these trials, to predict a level of one of the coordinative abilities on the basis of another one (a high level of one of them does not condition a high level of the other ones). That is why coaches in the training process are forced to focus on each coordinative ability separately and use separate exercises and trials in order to improve and assess these abilities. It was obtained statistically significant correlations between the maximum static torque of elbow joint extensors and the accuracy of releasing a particular value of a static torque. A higher level of a static torque was a condition of greater accuracy. However, these relationships were not uniform and they differed in value and a level of significance depending on the examined limb, a desired value and a trial. Therefore it can be suppose that manifestations of force components of the ability of kinaesthetic differentiation are connected with the maximum strength possibilities. So conditional and coordinative abilities are not isolated from each other. The accuracy of releasing a particular value of a static torque should be thus perceived as a comprehensive ability which is determined by both energy processes as well as information processes (the resultant of strength abilities and kinaesthetic differentiation). A positive relationships between the ability of kinaesthetic differentiation (that is of key importance in basketball) and the maximum strength level

ought to indicate current tendencies in directions of development of athletes which can already be visibly observed among the NBA players. Consequently, in the training process more attention should be drawn to the development of muscle strength of the upper body and upper limbs.

Conclusions

1. It was noticed a lack of statistically significant relationships between the results of trials assessing manifestations of the ability of kinesthetic differentiation, quick reaction and spatial orientation. Hence, that manifestations of the examined abilities in the applied trials are sufficiently isolated to provide an accurate evaluation of a particular ability without interferences from another ability.

2. It was noted statistically significant correlation between the maximum static torque and the accuracy of releasing a particular value of a static torque. So, the accuracy of releasing a particular value of a static torque should be thus perceived as a comprehensive ability which is determined by both energy processes as well as information processes (the resultant of strength abilities and kinaesthetic differentiation).

3. Coaches should focus on the development of muscle strength of the upper body and upper limbs of basketball players.

References

- Bajdziński M, Starosta, W. Movements kinesthetic differentiation ability and its conditions. Warszawa, Gorzów Wlkp.: International Association of Sport Kinetics, OSGRAF; 2002. [in Polish, English abstract]
- Raczek J, Mynarski W, Ljach W. Developing and diagnosing of coordination motor abilities. Katowice: AWF; 2003. [in Polish; English abstract]
- Kotzamanidis C, Chatzopoulos D, Michailidis C, Papaiaikovou G, Patikas D. The effect of a combined high-intensity strength and speed training program on the running and jumping ability of soccer players. *J Strength Cond Res* 2005;19:369-75.
- Arazi H, Asadi A. The effect of aquatic and land plyometric training on strength, sprint, and balance in young basketball players. *J Human Sport Exercise* 2011;6:101-11.
- Stojanovic MD, Ostojic SM, Calleja-González J, Milosevic Z, Mikić M. Correlation between explosive strength, aerobic power and repeated sprint ability in elite basketball players. *J Sports Med Phys Fitness* 2012;52:375-81.
- Rašidagić F, Mekić M. Influence of motoric abilities on the success of performance of elements in the game basketball in the high school student population. *Homo Sporticus* 2010;12:35-41.
- Jaszczuk J, Wit A, Trzaskoma Z, Iskra L, Gajewski J. Biomechanical criteria of muscle force evaluation in the aspect of top-level athletes selection. *Biol Sport* 1988;5:51-63.
- Buško K. Selected biomechanical characteristics of male and female basketball national team players. *Biol Sport* 1989;6:319-29.
- Buško K. Training-induced changes in the topography of muscle torques and maximal muscle torques in basketball players. *Biol Sport* 2012;29:77-83.
- Zatoń M, Błacha R, Jastrzębska A, Słonina K. Repeatability of pressure force during elbow flexion and extension before and after exercise. *Hum Mov* 2009;10:137-43.
- Bańkosz Z. The kinesthetic differentiation ability of table tennis players. *Hum Mov* 2012;13:16-21.
- Vasconcellos FVA, De Salles PGCM, Achour Junior A, De Mello DB, Dantas EHM. The vertical jump height of soccer players after static overstretching. *Hum Mov* 2012;13:4-7.
- Moir G, Button C, Glaister M, Stone MH. Influence of familiarization on the reliability of vertical jump and acceleration sprinting performance in physically active men. *J Strength Cond Res* 2004;18:276-80.
- Mroczek D, Kawczyński A, Chmura J. Changes of reaction time and blood lactate concentration of elite volleyball players during a game. *J Hum Kinet* 2011;28:73-8.
- Delextrat A, Trochym E, Calleja-González J. Effect of a typical in-season week on strength jump and sprint performances in national-level female basketball players. *J Sports Med Phys Fitness* 2012;52:128-36.
- Waśkiewicz Z, Juras G, Raczek J. The structure of space orientation and motor adjustment - computer supplemented diagnosis system. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis, Gymnica* 1999;29:19-25.
- Féry Y-A. Differentiating visual and kinesthetic imagery in mental practice. *Can J Exp Psychol* 2003;57:1-10.

Conflicts of interest.—The authors certify that there is no conflict of interest with any financial organization regarding the material discussed in the manuscript.

Received on September 17, 2013.

Accepted for publication on February 11, 2014.

Epub ahead of print on March 10, 2015.

Multi-Directional Sprinting and Acceleration Phase in Basketball and Handball Players Aged 14 and 15 Years

Perceptual and Motor Skills

2016, Vol. 123(2) 543–563

© The Author(s) 2016

Reprints and permissions:

sagepub.com/journalsPermissions.nav

DOI: 10.1177/0031512516664744

pms.sagepub.com



**Marek Popowczak, Andrzej Rokita, Artur Struzik,
Ireneusz Cichy, Andrzej Dudkowski, and
Paweł Chmura**

Department of Team Sport Games, University School of Physical Education, Wrocław, Poland

Abstract

An important role in handball and basketball is played by ability to accelerate and ability to repeat multiple sprints. The aim of the study was to assess level of ability in multi-directional sprinting and running time over the first 5 m of the 30 m sprint in 93 basketball and handball players (46 boys and 47 girls) aged 14 to 15 years. The attempts were also made to find the relationships between the time of a 5-m run to evaluate initial acceleration phase and multi-directional sprinting evaluated using *Five-Time Shuttle Run To Gates Test*. Statistical analysis revealed no important differences in times of 5-m runs and times of multi-directional sprinting between groups with different ages, genders, and sports specialties. Furthermore, no significant correlations were found based on Spearman's rank correlation coefficient between times of 5-m run and multi-directional sprinting in the most of subgroups studied.

Keywords

Adolescence performance, sprint, team sports

Corresponding Author:

Marek Popowczak, Department of Team Sport Games, University School of Physical Education, ul. Mickiewicza 58, 51-684 Wrocław, Poland.

Email: marek.popowczak@awf.wroc.pl

Introduction

An analysis of motor abilities in athletes from team sports should take into consideration the characteristic patterns of movements, acceleration, which is strictly determined by its rules. Recent changes in regulations in the basketball and handball are likely to have modified technical, tactical, and physical requirements of these games (that differ from each other). Therefore, many researchers attempt to determine motor profile of basketball players and handball players.

An essential ability in handball and basketball is the ability to perform accelerations and sprints as well as sudden stops. These movements are performed repeatedly, depending on the situation in attack and defence (Alemdaroglu, 2012; Attene et al., 2015; Belka, Hulka, Safar, Weisser, & Samcova, 2014; Berdejo-del-Fresno, Lara-Sánchez, & González-Ravé, 2012; Matthew & Delextrat, 2009; Matthys et al., 2011). Players also often perform directional changes during the game. For example, basketball players perform them at least every 3 s (Ben Abdelkrim, El Fazaa, & El Ati, 2007). Activities with high intensity in basketball (multi-directional sprints, changes in directions of moving) account for from 16% to 21% of live playing time (Ben Abdelkrim, Castagna, El Fazaa, & El Ati, 2010; Meckel, Casorla, & Eliakim, 2009; Scanlan, Wen, Tucker, Borges, & Dalbo, 2014). Handball players accelerate over the distance of around 3 m and perform around 30 directional changes (fewer than basketball players), fast running (2.2% of total time), sideways high-intensity movements, and sprints (1.5% of total time of the game) (Povoas et al., 2012; Wagner, Finkenzyler, Wurth, & von Duvillard, 2014). Total time of high-intensity activity with respect to live playing time is shorter compared to basketball players.

Frequent changes in physical activity during a game and changes in the methods to develop speed during training based on changes in directions of movement stimulate research studies to diagnose the acceleration and speed of moving both along a straight line and with changes in running direction (Buchheit, Bishop, Haydar, Nakamura, & Ahmaidi, 2010; Sheppard & Young, 2006). Each of these forms of movement should be assessed separately. The research studies have found a weak relationship between straight sprint performance and change-of-direction speed performance (Tsitskarsis, Theoharopoulos, & Garefis, 2003; Young, Hawken, & McDonald, 1996). Furthermore, multi-directional sprinting performed repeatedly over the short sections (i.e., linear and change-of-direction movements), changes in the methods of moving (running ahead, running backwards, turning, rotations, defensive steps) and agility maneuvers are multi-dimensional skills requiring athletes to control individual components (body position, muscle activation, force production, cognitive interpretation) and manipulate the degrees of freedom of the movement to enable constant adaptation within reactive, unpredictable environments (Sheppard & Young, 2006; Spiteri, Cochrane, & Nimphius, 2013; Young & Farrow, 2006). These skills are necessary for performing constant

aggressive changes in the directions of moving while fighting for position in the game (Spiteri et al., 2015). Specific training programs should be implemented to prepare a player for the game (for e.g., multiple accelerations, sprints, braking performed at high intensity). The examples of such programs have been presented in many scientific reports. Attene et al. (2014) discussed two training methodologies which in female athletes would increase speed abilities. The opportunities for improvement in sprinting performance in handball players were demonstrated by Iacono, Eliakim, and Meckel (2015) through application of high-intensity intermittent training and small-sided games training. Bogdanis, Ziagos, Anastasiadis, and Maridaki (2007) pointed to the opportunities for improving physical fitness in 15-year-old basketball players through a specialized training program (including mainly drills and exercises on fundamental skills) or mixed training program (including circuit training which improved upper and lower body strength and power of the players).

In team sports, performance at high intensity is correlated with the level and development of motor abilities. Training sessions based on high-intensity exercise can help improve endurance and aerobic capacity (Hoff, 2005). Furthermore, the athlete can perform motor tasks similar to situations that occur during the game. It is important that these tasks are based on accelerations and braking repeated for multiple times and in multiple directions depending on the situation in the court, which forces players to make many decisions (Castagna et al., 2007; Little & Williams, 2005). In order to evaluate how sports training and participation in the game affect development of anaerobic components and shortening of acceleration times over short distances, the attempts to systematically diagnose and monitor athletes should be regularly made.

Spencer, Bishop, Dawson, and Goodman (2005) and Tonnessen, Shalfawi, Haugen, and Enoksen (2011) found that the tasks in team games, which consisted of accelerating along a short distance with and without a ball, are performed more times than the tasks where a player reaches maximum running speed over a distance of at least 30 m. During the game, a basketball or handball player accelerates and runs most often over distances of up to 10 m with or without a ball, after which, the player stops and repeats the movement with/without changes of direction (Jakovljevic, Karalejic, Pajic, Macura, & Erculj, 2012). Information about the number of accelerations performed by players is important for coaches who prepare or monitor training programs. This suggests application of greater number of drills where a player would perform accelerations over the distance of up to 10 m with respect to 20-m or 30-m sprinting drills. Furthermore, each task to be performed by a player during training (with or without the ball) should be based on acceleration to 5 m and braking according to movements performed in the game.

For the above reasons, assessing players' ability to accelerate in different directions measures a characteristic that is foundational to the fitness, skills, and demands in basketball and handball. Running time over the first 5 m is

often used to evaluate performance in the initial acceleration phase during sprinting (Lockie, Murphy, Jeffriess, & Callaghan, 2013). The results obtained depend on the rate of acceleration, power, and the specific nature of the neuromuscular system (Cunningham et al., 2013; Habibi et al., 2010; Marques, Gil, Ramos, Costa, & Marinho, 2011). Despite numerous scientific reports that discussed the speed of athlete's moving over the distance of 30 m (Dudkowski, Rokita, Majorowski, Chmura, & Błach, 2012; Silva, Petroski, & Gaya, 2013; Zapartidis, Nikolaidou, Varelzsis, & Kororos, 2011), few scientific reports have analyzed the acceleration phase of this run over the first 5 m in young basketball or handball players with differentiation between the results with respect to age, gender, or sport.

Matthys et al. (2013) found differences in results of running over the distance of 5 m in a study of Belgian handball players aged 12 to 17 years. The shortest running time was obtained by 16- and 17-year-old players ($1.11 \text{ s} \pm 0.07$) and the longest time in those aged 12 and 13 ($1.20 \text{ s} \pm 0.09$). Furthermore, Zwierko and Lesiakowski (2007), who examined basketball players aged 12, 14, and 16 years, demonstrated that age does not affect the differences in the results of 5-m runs. Basketball players aged 12 years obtained the time of 1.40 s (± 0.18) during the 5-m run, players aged 14 years 1.50 s (± 0.07) and those 16 years old, 1.48 s (± 0.07). Ben Abdelkrim, Chaouachi, Chamari, Chtara, and Castagna (2010) examined older players (basketball players aged 18 and 20 years) and found differences in 5-m running time. Basketball players aged 20 years obtained a mean time of 1.00 s (± 0.10), which was shorter than for players aged 18 years ($1.22 \text{ s} \pm 0.16$).

Different results in sprinting performance with respect to gender were found by Cook, Kiss, Khan, Purdam, and Webster (2004). They examined Australian elite junior basketball players during a 10-m run. Running time was shorter by 0.18 s in the group of boys ($1.76 \text{ s} \pm 0.07$) compared to girls ($1.94 \text{ s} \pm 0.08$). Similar findings were published by Delextrat, Grosgeorge, and Bieuzen (2015) who examined French male and female basketball players during the 20-m run. Running time for boys was shorter by 0.24 s ($3.60 \text{ s} \pm 0.18$) compared to girls ($3.84 \text{ s} \pm 0.32$).

Differentiation in sprinting performance with respect to sport played by a participant was examined by Malinauskas, Dumciene, Mamkus, and Venckunas (2014). They found no differences between non-athletes, team sports athletes, strength-power athletes, and endurance athletes in the first 10 m of a 30-m run and in the 10 × 5 m Shuttle Test (this is a test of running speed, bipedal dexterity, and leg power/agility). No studies have documented differentiation in the time of a 5-m run between girls and boys who played handball or basketball (aged 14 to 15 years).

During a game, basketball and handball players perform many multi-directional sprints which are often connected with linear movement and changes in running direction. These motor tasks are the effects of changes in the situation in

the field and reaction to visual stimuli and require reactive agility (Young & Farrow, 2006). The analysis of the literature reveals few papers that have discussed the effect of gender, age, or sport on the results of multi-directional sprinting in adolescents. Differentiation in the results obtained for these forms of sprinting (measured by means of the Planned Agility Test) were found between 15-year-old boys and girls who played basketball (Delextrat et al., 2015). Boys obtained shorter times compared to girls. Furthermore, Cook et al. (2004) found differences in time of running with changing directions of movement in Australian elite junior basketball players (test of running to the free throw line and return to the start) in terms of gender. Girls obtained longer times 0.34 s ($5.48\text{ s} \pm 0.6$) than boys ($5.14\text{ s} \pm 0.52$). Similar examinations were carried out among Polish elite cadet fencers. It was found that girls obtained time of multi-directional sprints of 19.41 s (± 0.83) during the Five-Time Shuttle Run To Gates Test longer than boys by 0.97 s (Rokita, Bronikowski, Popowczak, Cichy, & Witkowski, 2014). The examinations were also carried out among college athletes. Variation in tests that determined a multi-directional sprint (measured with the ZIG-ZAG test, Agility Test with a 180-degree turn, Forward-Backward Running Agility Test, and 20-yard Distance Agility Test) with respect to gender were found by Sekulic, Spasic, Mirkov, Cavar, and Sattler (2013) who examined college athletes. Men obtained shorter times of test performance compared to women.

The examinations that determined differentiation in properties of a multi-directional sprinting with respect to age were also carried out previously. Kamandulis et al. (2013) found differences in the results obtained for the Illinois Agility Test with respect to age in a group of Lithuanian basketball training school (aged 8 to 17 years). The shortest time was obtained by 17-year-old participants ($16.80\text{ s} \pm 0.43$), whereas the longest time in the test was found for those 8 years old ($21.37\text{ s} \pm 0.82$).

The above studies show that little research work has been done on time of 5-m sprint or multi-directional sprint in athletes who trained basketball and handball. There are also few studies that have documented the relationships between the phase of acceleration and the level of multi-directional sprint in basketball players and handball players. Scanlan, Humphries, Tucker, and Dalbo (2014) found no relationships between the 5-m run and results of the Reactive Agility Test in Australian basketball players (age: $25.9\text{ years} \pm 6.7$). The main finding was that reactive agility performance was influenced greatest by cognitive elements (response time and decision-making time). The examinations were also carried out among 16-year-olds and 17-year-olds (age: $16.5\text{ years} \pm 0.9$) basketball players from the Polish sports club who participated in finals of Polish Championships. No correlation was found between the results of the 5-m run and the Five-Time Shuttle Run To Gates Test (Popowczak, Struzik, Rokita, & Pietraszewski, 2015). Chaouachi et al. (2009) found no relationships between the acceleration over the distance of 5 m and the results of the Agility T-test in male basketball players selected for the Tunisian National Basketball Team.

The aim of the study was therefore to determine players' performance at quick changes in directional sprinting to the light stimulus (due to the continuously changing situation in the court) and running times along the first 5 m of a 30-m sprint (due to the high number of starts and runs along short sections during the game) in young basketball and handball players.

Hypothesis 1. Due to sexual dimorphism, it should be expected that boys have shorter times of a 5-m run and a multidirectional sprint compared to girls.

Hypothesis 2. Due to the period of adolescence, the age of the participants should differentiate between the results that determine the acceleration phase and multidirectional sprinting.

Hypothesis 3. Due to the similar character of the physical activity during the game, basketball and handball players should obtain similar results in the 5-m run and multidirectional sprinting.

Hypothesis 4. Based on previous studies that have demonstrated the lack of correlations between the level of the acceleration phase and results of tests based on the multidirectional sprinting (Chaouachi et al., 2009; Popowczak et al., 2015; Scanlan, Humphries, et al., 2014), it is expected that the time of the acceleration phase will not be correlated with multidirectional sprint time for basketball and handball players aged 14 to 15 years.

Method

Participants

Participants were athletes who had been selected for Lower Silesia Voivodeship Teams in basketball and handball. There were 93 participants who represented seven groups (Table 1). Before the study, each study participant was measured (body height and mass) and had a valid medical certificate of ability to perform physical exercise. All the participants were informed about the activities they were supposed to perform and were motivated to properly perform the assignment. The examinations were carried out based on the agreement of cooperation with Lower Silesia Sport Federation (Poland).

The examination was carried out in the research laboratory in the University School of Physical Education in Wrocław, with ISO 9001:2009 certification. Before the tests, each participant was familiarized with the aim of the research and procedures. The parents had been informed about the purpose of the study and had given permission for the tests. The same procedure was carried out with the coaches. They were also notified that the study was approved by the Senate's

Table 1. Characteristics of the participants.

Sport	Gender	Age (years)			Body height (m)		Body mass (kg)	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Basketball	Female	14.3	0.3	12	1.70	0.05	57.8	6.8
Handball	Female	14.0	0.3	15	1.69	0.05	62.9	9.7
Basketball	Male	14.0	0.3	14	1.87	0.08	73.4	9.0
Basketball	Female	15.1	0.2	10	1.70	0.06	61.3	8.2
Handball	Female	15.0	0.2	10	1.69	0.05	60.5	5.6
Basketball	Male	15.0	0.3	14	1.83	0.13	73.8	12.5
Handball	Male	15.3	0.3	18	1.83	0.04	74.1	9.9
Total		14.7	0.6	93	1.78	0.10	67.6	10.8

n: group size; *SD*: standard deviation of sample.

Research Bioethics Commission at the University School of Physical Education in Wrocław, Poland and the procedure complied with the Declaration of Helsinki regarding human experimentation.

Measures and procedures

Before the start of the measures, the participants underwent a standardized 15-min warm-up procedure. The Fusion Smart Speed System (Fusion Sport, Coopers Plains, QLD, Australia) was used during the Five-Time Shuttle Run To Gates Test (for the determination multi-directional sprint) and the 30-m Run Test (for the determination of running time). The system comprises gates, each equipped with a photocell with an infrared transmitter and a light reflector, a Smart Jump mat integrated with a photocell and radio frequency identification (RFID) reader for identification of the athletes, and computer software (Figure 1). The testing apparatus measured running time to an accuracy of 0.001 s.

The Five-Time Shuttle Run To Gates Test allows for measurement of the time of moving during multi-directional sprints. The Fusion Smart Speed System application was used for random selection of a gate where the lamp went on, which helped avoid the effect of a researcher on the choice of a gate to which the participant was supposed to run. The test is a modification of a Reactive Shuttle Drill Test as recommended by the system manufacturer. The number of repetitions was decreased from 10 to 5 in order for the test to be more like the “running to the balls” test proposed by Raczek, Mynarski, and Ljach (2003). We replaced the balls used by those researchers with gates (photocells with reflectors), each with a 1-m line that had to be crossed with both feet. Mats integrated with a photocell were placed at the start and finish lines. The layout of

gates, mat, and RFID reader in the Five-Time Shuttle Run To Gates Test is illustrated in Figure 1. As soon as both feet were in contact with the central part of the mat, the participant received a light signal indicating the gate they should run to. Crossing the lines between the gates with two feet eliminated the effect of anthropometric measurements (upper limb length) on ball touching, as was the case in the “running to the balls” test, during which the participants touched the ball with the palm of one hand (Raczek et al., 2003).

The procedure for the Five-Time Shuttle Run To Gates Test was as follows. Each participant touched a wristband to the RFID reader after the green readiness light in the photocell column connected to the reader went on and they heard a sound signal. Next, all the lights in the gates went on and off again, and only the green readiness light (in the photocell column connected with RFID reader) went on. The test started with the participants pressing with both feet against the central part of the mat. After the start of the test, the green light went off and a light on a random gate went on, indicating the gate to which the participant had to run. The participants ran to the gate, crossed the line (1 m in length) with both feet and immediately ran back to the Smart Jump mat, contacting it with both feet. After the contact with the mat, another randomly selected light on a gate went on. The participants repeated this cycle five

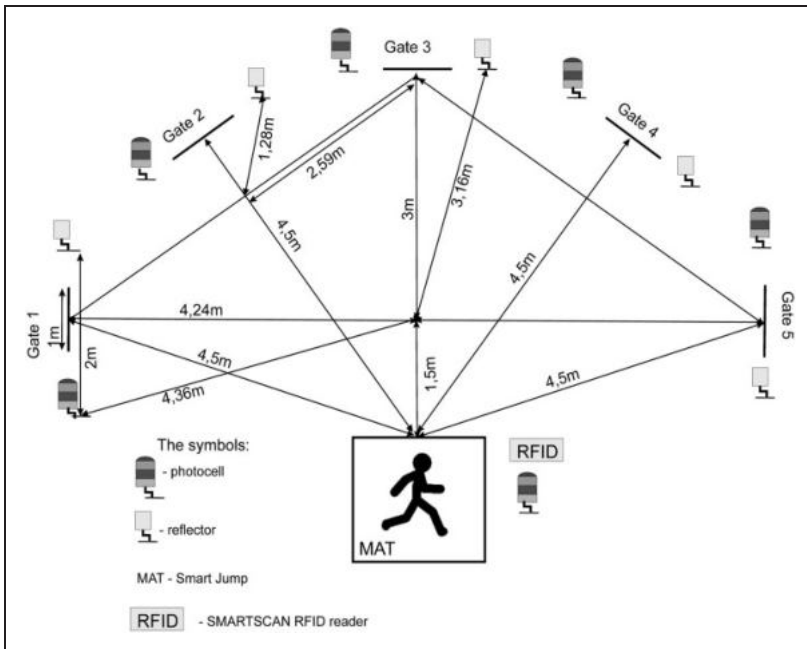


Figure 1. The Five-Time Shuttle Run To Gates Test. RFID: radio frequency identification.

times until no light signal in the gates was present after standing on the mat. The data from the tests were recorded in a computer personal digital assistant (HP iPAQ 112), where all the scores, i.e., the run from the mat to the gate (repeated five times), the run from the gate to the mat (performed five times), and the total running time (multi-directional sprint total (MST)) were recorded with the participant's name. The test was repeated twice. The participant rested for 5 min between repetitions, similar to studies by (Shalfawi, Haugen, Jakobsen, Enoksen, & Tonnessen, 2013). Before the test, the participants were once again familiarized with procedures through performance of a pre-test. Data analysis was carried out on results obtained in the fastest trial. This includes MST and the running times during this test at individual sections with the length of 4.5m from the mat to the computer-selected gate (Gate 1, Gate 2, Gate 3, Gate 4, Gate 5).

The 30-m Run Test. This test was used in order to determine performance in the initial acceleration phase of a sprint. The test was a modification of the Reactive/Mat Start Test recommended by the manufacturer of the Fusion Sport testing apparatus (Figure 2). The users of the system are allowed to modify the system to adjust it to their own needs. In the Reactive/Mat Start Test, the researchers can select any length of track to be covered by the participant. The 30-m Run Test was carried out using a Smart Jump mat with integrated photocell which allow reaction time measurement to a light signal and

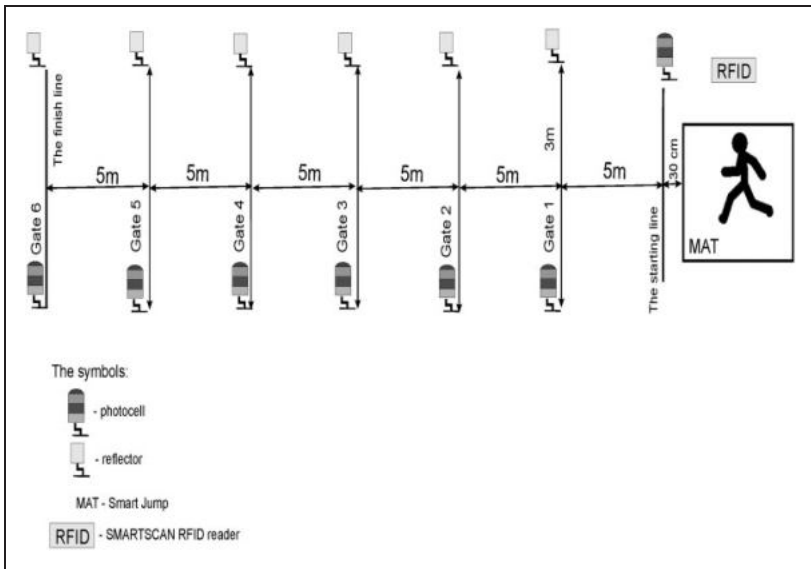


Figure 2. The 30-m Run Test.
RFID: radio frequency identification.

an RFID reader (that allowed for identification of the participant), and six gates (photocells with reflectors placed at 5-m intervals distances and 3-m width). A Smart Jump mat was adjusted to 30 cm from the starting line (to ensure a comfortable placing of the preferred foot between the starting line and the mat). Individual gates were located at a distance of 5 m from each other to record times for each section. The gate at the distance of 30 m determined the finish line. It was marked with a photocell and reflector at a distance of 3 m from each other (Figure 2).

The procedure of the 30-m Run Test was as follows. After the green readiness light in the photocell unit connected to the RFID reader went on, the participant touched the reader with a wristband and heard a sound signal. After the signal, the blue light in the photocell column went on and the participant stood in the starting position. One foot was placed in front of the starting line while the other remained on the mat. Next, the blue light went off. The test started when the green light on the gate at a distance of 5 m from the starting line went on. The participant then started running, first lifting the leg from the mat and then running as fast as possible over the distance of 30 m and crossing the finishing line. For each participant, the test was repeated twice with 3 min of rest between trials (Brocherie et al., 2014). The data were recorded in a computer personal digital assistant (HP iPAQ 112) with best results of the initial acceleration phase of sprinting (Lockie et al., 2013), i.e., the first 5 m section (S5), used for analysis.

Statistical analysis

Data were analyzed using Statsoft's Statistica (Version 10.0, Tulsa, OK, USA). Data were presented as mean \pm SD. Distribution of variables was tested using the Shapiro-Wilk and Lilliefors tests. The chi-squared and Kruskal-Wallis H tests for multiple comparisons were used in order to determine the differences in running time over the distance of 5 m and the results obtained during the Five-Time Shuttle Run To Gates Test between the groups studied with respect to gender, age, and sport played. Since certain variables showed distribution that differed from normal, the relationships between each other were evaluated using Spearman's rank correlation coefficient. The significance level was set at $\alpha = .05$.

Results

Analysis of running time over the S5 distance interval revealed significant differences between the groups studied ($\chi^2 = 24.93$, $p < .001$). Kruskal-Wallis H test indicated specific differences between groups of 15-year-old basketball players and handball players (boys in both groups) and 14-year-old players (girls). The basketball players aged 15 years obtained the time median of 1.80 s which was statistically shorter by 0.13 s ($p = .04$) compared to the result obtained in the group of 14-year-old female basketball players (Figure 3).

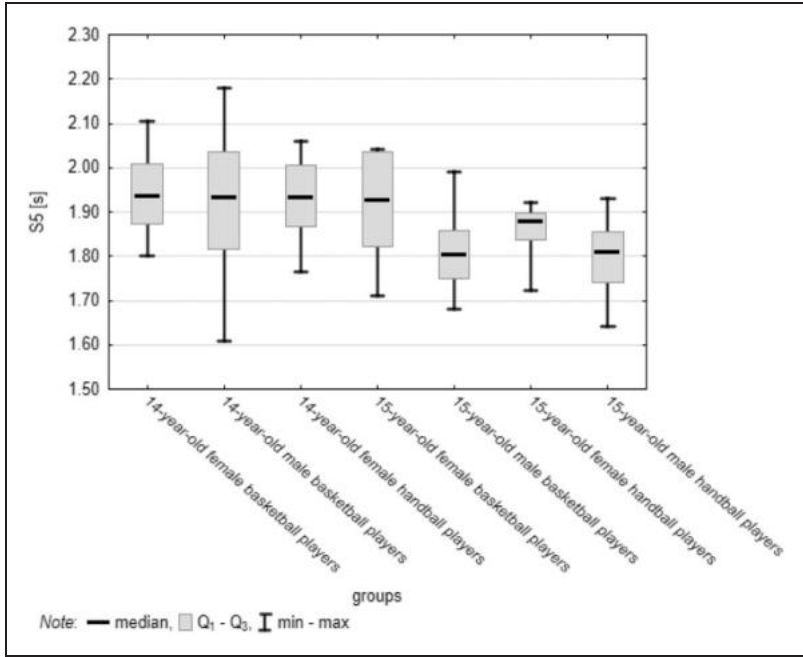


Figure 3. Differences in the results obtained in the groups studied for 5 m running (S5) in the 30-m Run Test.

Furthermore, 15-year-old male handball players obtained median time of 1.81 s. The result of male handball players was significantly shorter by 0.14 s ($p = .006$) compared to the result obtained in the group of 14-year-old female basketball players and by 0.13 s ($p = .006$) shorter than the results in the group of 14-year-old female handball players.

Therefore, no significant differences in the 5-m run were found between 14-year-old and 15-year-old female basketball players and between 14-year-old and 15-year-old female handball players. It was found that the age did not affect the results obtained in the groups studied. Furthermore, no significant differences between female and male basketball players aged 14 years and between male and female basketball players aged 15 years, and between female and male handball players aged 15 years were found. In conclusion, gender did not affect the results obtained in the 5-m run. Analysis of the effect of sport on the results obtained in the 5-m run showed no significant differences between female handball players and female basketball players aged 14 years and between female handball players and female basketball players aged 15 years and between male handball players and male basketball players aged 15 years. This allows for conclusion that the type of team game did not differentiate between the results

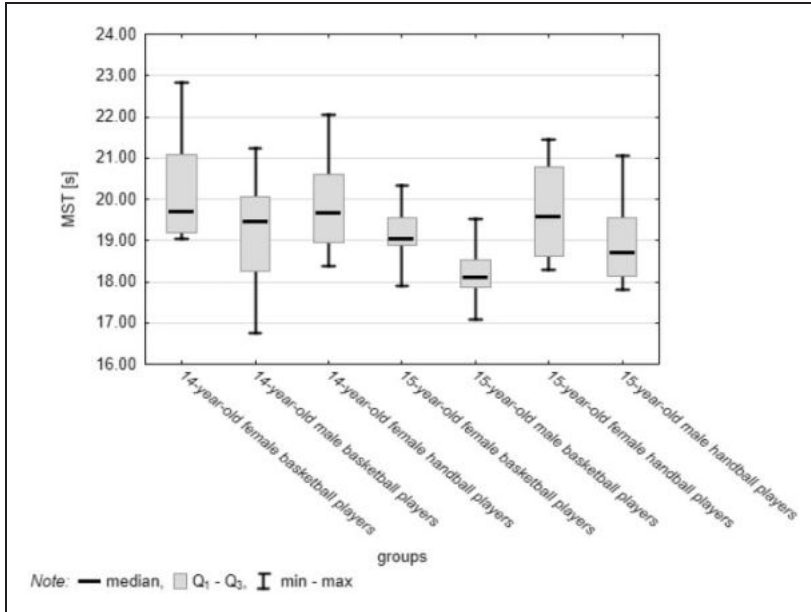


Figure 4. Differences in the results obtained in the groups studied for the Five-Time Shuttle Run to Gates Test (MST).

obtained in the 5-m run. No significant differences were found between the results obtained in other groups.

Analysis for overall times for the Five-Time Shuttle Run To Gates Test found statistically significant differences between the results obtained in the groups studied ($\chi^2 = 13.91$, $p < .001$). The differences were found only between 15-year-old male basketball players and following groups. Therefore, it cannot be unequivocally stated whether gender, age, and type of sport differentiates between the results in the Five-Time Shuttle Run To Gates Test performed by young players. Handball players aged 15 years obtained median time 18.18 s, which was substantially shorter (by 1.49 s, $p < .001$) than the results obtained in the group of 14-year-old female basketball players (Figure 4), by 1.45 s ($p = .002$) shorter than the results obtained in the group of 14-year-old female handball players and by 1.40 s ($p = .02$) shorter than the results recorded in the group of 15-year-old female handball players. No significant differences were found between the results obtained in other groups.

Spearman's rank correlation coefficient S5 and the different determinants of the Five-Time Shuttle Run To Gates Test (MST, Gate 1, Gate 2, Gate 3, Gate 4, Gate 5) are presented in Table 2. Results showed significant correlations between S5 and SOG2 mean running time ($r = .60$) in 14-year-old male basketball

Table 2. Spearman's rank correlation coefficient (*r*) between the initial 5 m acceleration phase (S5) in the 30-m Run Test and different multi-directional sprint (MST, Gate 1, Gate 2, Gate 3, Gate 4, Gate 5) recorded during the Five-Time Shuttle Run To Gates Test in 14- and 15-year-old female and male basketball and handball players (seven independent groups).

Sport	Gender	Categories	MST	Gate 1	Gate 2	Gate 3	Gate 4	Gate 5
		(years)						
Basketball	Male	14	.41	.03	.60*	-.02	.28	.40
Basketball	Male	15	.40	.07	.19	-.08	-.15	-.20
Basketball	Female	14	.31	.63*	-.18	.48	.05	.19
Basketball	Female	15	.72*	-.10	.49	.15	-.21	.81†
Handball	Male	15	.03	.30	.43	-.03	-.20	.18
Handball	Female	14	.34	-.14	.08	.06	-.13	-.03
Handball	Female	15	.61*	.56	-.13	.60*	.03	.05

Note. S5: 5-m run time; MST: time obtained for the Five-Time Shuttle Run To Gates Test (multi-directional sprint total); Gate 1: time of running to the first gate during the Five-Time Shuttle Run To Gates Test; Gate 2: time of running to the second gate during the Five-Time Shuttle Run To Gates Test; Gate 3: time of running to the third gate during the Five-Time Shuttle Run To Gates Test; Gate 4: time of running to the fourth gate during the Five-Time Shuttle Run To Gates Test; Gate 5: time of running to the fifth gate during the Five-Time Shuttle Run To Gates Test. Statistically significant Spearman's rank correlation coefficient at * $p < .05$, † $p < .01$.

players. Furthermore, relationship ($r = .63$) was found in the 14-year-old female basketball players between the mean 5-m run time (S5) and the mean time of running to the first gate in the Five-Time Shuttle Run To Gates Test. Significant relationships were also observed in 15-year-old female basketball players between the mean 5-m run time (S5) and the time of running to the fifth gate in the Five-Time Shuttle Run To Gates Test ($r = .81$), and between the mean 5-m run time (S5) and the MST in the Five-Time Shuttle Run To Gates Test ($r = .72$). Although female 15-year-old handball players showed large correlation between S5 and Gate 3 ($r = .60$), and MST ($r = .61$), no significance difference was found for these parameters for handball players, independent of gender.

Discussion

Regular diagnosis of progress in motor abilities, skills, and individual dispositions of players is important in youth sport (Mohamed et al., 2009). These results can be used for development of training programs to contribute to development of motor skills and individual aptitudes of players. It allows for optimization of motor activities in any athlete and improves the effectiveness of the game. Such diagnosis should take into consideration the differentiation of the participants in terms of gender, age, training experience, and type of sport. Therefore, the examinations were carried out among the best basketball players

and handball players aged 14 and 15 years recruited for the Lower Silesia Voivodeship Team.

No differences (with few exceptions) in times of running over a 5-m distance and multi-directional sprint performance found with respect to age, gender, and sport. The only differences were observed between the results obtained by 15-year-old male basketball and handball players and the results obtained by 14-year-old female basketball and handball players. The lack of differentiation between the results due to the age in the 5-m run was consistent with the findings presented by Zwierko and Lesiakowski (2007), who analyzed a 5-m run in the group of 12-, 14-, and 16-year-old basketball players. Furthermore, other results were obtained by Matthys et al. (2013), who examined Belgian handball players aged 12 to 17 years and found differentiation in the results of the 5-m run with respect to age. It is difficult to unequivocally state based on our study and the results obtained by other researchers that female and male basketball players, female and male handball players aged 14 and 15 years obtained different results in the 5-m run. Similarity of the results in Polish teams and differentiation of results found in Belgian players may be caused by various systems of players preparation implemented in these countries or the period of adolescence.

Determination of the relationships between gender and sprinting test results over longer distances (10 m, 15 m, or 20 m) has been examined by many researchers (Cook et al., 2004; Delextrat et al., 2015; Granados, Izquierdo, Ibanez, Bonnbau, & Gorostiaga, 2007) indicated differentiation between sprint results with respect to gender. Our study found that gender of 14-year-old and 15-year-old players (basketball and handball players) was not a factor to differentiate results of the 5-m run. One cause could be that the participants represented the elite of young players from the Lower Silesia region and are very physically fit. Furthermore, girls aged 14 years are in adolescence but at the age of 15 years, this period starts to come to an end and flexibility and muscle power reach a plateau (Malina, Bouchard, & Bar-Or, 2004). In contrast, boys aged 14 to 15 years are just starting adolescence, which can significantly affect the acceleration phase.

Multi-directional sprinting performance does not significantly differentiate between genders in this age group. It cannot be unequivocally stated (due to the insufficient number of studies) whether the age of the young people involved in team games determines results obtained for multi-directional sprint. No differences were found in the study of 14-year-old and 15-year-old basketball players or handball players with respect to age. Different findings were presented by Kamandulis et al. (2013), who demonstrated that the results obtained in the Agility Test differed with respect to age. Similar conclusions were drawn by Delextrat et al. (2015), Cook et al. (2004), Rokita et al. (2014), who found that age was differentiating factor between the results used in the tests with changes in the directions of moving and multi-directional sprint. In our study,

the lack differences in the results obtained for multi-directional sprint could have been caused by the fact that the study examined the most physically fit young people who were involved in basketball or handball in adolescence (similar to the 5-m run). Furthermore, it can be expected that the type of test used or the angle of changes in the directions of running is essential for the results obtained (Buchheit, Haydar, & Ahmaidi, 2012).

Furthermore, no significant differences were found in the running times over the first 5 m section in the 30-m run between the groups from different sports. This was demonstrated in the studies carried out by Malinauskas et al. (2014). However, the study concerned players who represented two team games where acceleration over the distance of 5 m is one of the movements that occur during the game.

Spearman's rank correlation coefficient revealed few significant and strong relationships between S5 and to different multi-directional sprinting variables. Therefore, it is expected that the 5-m run time does not affect the results of the multi-directional sprint. This suggests that further research should be done on the relationships between the results of the two tests to verify their usefulness for testing players from team sports.

It is also presumed that these variables include agility, which manifests itself during changes in directions of movement at the gates and on the mat (in the Five-Time Shuttle Run To Gates Test). Previous scientific reports that analyzed correlations between speed abilities and agility found poor (Salaj & Markovic, 2011) or moderate (Gabbett & Mulvey, 2008; Vescovi & McGuigan, 2008) relationships between these variables. Therefore, speed abilities and agility should be examined using different tests which would determine each of them. Furthermore, in the Five-Time Shuttle Run To Gates Test, the multi-directional sprint occurs with the direction of moving on a small playing field, similar to team games. The person who returns to the mat and touches it has to react as fast as possible to the light signal from the column and change the direction of moving and accelerate to the gate. This causes that the person has a short time to make a decision and react with the movement to the light signal. The participant has little time to see the signal that occurs in different places of the field (visual scanning) and determine the body position with respect to the place from which they accelerate. These are manifestations of agility according to the deterministic model proposed by Young, James, and Montgomery (2002).

The results obtained showed no differences in the motor abilities in 14-year-old and 15-year-old people with respect to the sport they play, age and gender, but they should be interpreted with great caution. The results obtained are substantially affected by developmental changes in the period of adolescence and the type of the test used. These examinations have pointed to a similar level of acceleration and manifestations of the speed and agility in young people involved in basketball or handball in Poland. This might suggest the similar system of athletic training used in children aged up to 15 years that

helps develop mainly basic motor skills. Furthermore, the results extend the database for the results concerning 5-m running time and multi-directional running in female basketball players, male basketball players, female handball players, and male handball players. Future studies should also examine the specific impact of players' profile (e.g., slow vs. fast, tall vs. short stature), playing position on the responses examined in the present study.

Acknowledgments

The authors appreciated the comments and suggestions received from reviewers and Stephanie A. Isbell during the refinement of this article.

Declaration of Conflicting Interests

The author(s) declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

Funding

The author(s) disclosed receipt of the following financial support for the research, authorship, and/or publication of this article: The study was carried out within the project 'Evaluation of aptitudes of young people for athletic training in team games' No. RSA2 019 52 financed in 2013–2016 by the programme 'Rozwój Sportu Akademickiego'.

References

- Alemdaroglu, U. (2012). The relationship between muscle strength, anaerobic performance, agility, sprint ability and vertical jump performance in professional basketball players. *Journal of Human Kinetics, 31*, 149–158. doi:10.2478/v10078-012-0016-6
- Attene, G., Laffaye, G., Chaouachi, A., Pizzolato, F., Migliaccio, G. M., & Padulo, J. (2015). Repeated sprint ability in young basketball players: One vs. two changes of direction (Part 2). *Journal of Sports Science, 1–11*. doi:10.1080/02640414.2014.996182
- Attene, G., Pizzolato, F., Calcagno, G., Ibba, G., Pinna, M., Salernitano, G., & Padulo, J. (2014). Sprint vs. intermittent training in young female basketball players. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness, 54*, 154–161.
- Belka, J., Hulka, K., Safar, M., Weisser, R., & Samcova, A. (2014). Analyses of time-motion and heart rate in elite female players (u19) during competitive handball matches. *Kinesiology, 46*, 33–43.
- Ben Abdelkrim, N., Castagna, C., El Fazaa, S., & El Ati, J. (2010). The effect of players' standard and tactical strategy on game demands in men's basketball. *Journal of Strength and Conditioning Research, 24*, 2652–2662. doi:10.1519/JSC.0b013e3181e2e0a3
- Ben Abdelkrim, N., Chaouachi, A., Chamari, K., Chtara, M., & Castagna, C. (2010). Positional role and competitive-level differences in elite-level men's basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 24*, 1346–1355. doi:10.1519/JSC.0b013e3181cf7510
- Ben Abdelkrim, N., El Fazaa, S., & El Ati, J. (2007). Time-motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. *British Journal of Sports Medicine, 41*, 69–75. doi:10.1136/bjism.2006.032318

- Berdejo-del-Fresno, D., Lara-Sánchez, A. J., & González-Ravé, J. M. (2012). Fitness level and body composition of elite female players in England basketball league division I. *International Journal of Sport and Exercise Science*, 4, 9.
- Bogdanis, G. C., Ziagos, V., Anastasiadis, M., & Maridaki, M. (2007). Effects of two different short-term training programs on the physical and technical abilities of adolescent basketball players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10, 79–88. doi:10.1016/j.jsams.2006.05.007
- Brocherie, F., Girard, O., Forchino, F., Al Haddad, H., Dos Santos, G. A., & Millet, G. P. (2014). Relationships between anthropometric measures and athletic performance, with special reference to repeated-sprint ability, in the Qatar national soccer team. *Journal of Sports Science*, 32, 1243–1254. doi:10.1080/02640414.2013.862840
- Buchheit, M., Bishop, D., Haydar, B., Nakamura, F. Y., & Ahmaidi, S. (2010). Physiological responses to shuttle repeated-sprint running. *International Journal of Sports Medicine*, 31, 402–409. doi:10.1055/s-0030-1249620
- Buchheit, M., Haydar, B., & Ahmaidi, S. (2012). Repeated sprints with directional changes: Do angles matter? *Journal of Sports Science*, 30, 555–562. doi:10.1080/02640414.2012.658079
- Castagna, C., Manzi, V., D'Ottavio, S., Annino, G., Padua, E., & Bishop, D. (2007). Relation between maximal aerobic power and the ability to repeat sprints in young basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21, 1172–1176. doi:10.1519/R-20376.1
- Chaouachi, A., Brughelli, M., Chamari, K., Levin, G. T., Ben Abdelkrim, N., Laurencelle, L., & Castagna, C. (2009). Lower limb maximal dynamic strength and agility determinants in elite basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 1570–1577. doi:10.1519/JSC.0b013e3181a4e7f0
- Cook, J. L., Kiss, Z. S., Khan, K. M., Purdam, C. R., & Webster, K. E. (2004). Anthropometry, physical performance, and ultrasound patellar tendon abnormality in elite junior basketball players: A cross-sectional study. *British Journal of Sports Medicine*, 38, 206–209.
- Cunningham, D. J., West, D. J., Owen, N. J., Shearer, D. A., Finn, C. V., Bracken, R. M., & Kilduff, L. P. (2013). Strength and power predictors of sprinting performance in professional rugby players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 53, 105–111.
- Delextrat, A., Grosgeorge, B., & Bieuzen, F. (2015). Determinants of performance in a new test of planned agility for young elite basketball players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10, 160–165.
- Dudkowski, A., Rokita, A., Majorowski, M., Chmura, P., & Błach, W. (2012). Speed of moving in judo practitioners and handball players depending on a route of running. *Journal of Combat Sports and Martial Arts*, 4, 159–165. doi:10.5604/20815735.1090666
- Gabbett, T. J., & Mulvey, M. J. (2008). Time-motion analysis of small-sided training games and competition in elite women soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research (Lippincott Williams & Wilkins)*, 22, 543–552.
- Granados, C., Izquierdo, M., Ibanez, J., Bonnabau, H., & Gorostiaga, E. M. (2007). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur female handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 28, 860–867. doi:10.1055/s-2007-964989

- Habibi, A., Shabani, M., Rahimi, E., Fatemi, R., Najafi, A., Analoei, H., & Hosseini, M. (2010). Relationship between jump test results and acceleration phase of sprint performance in national and regional 100 m sprinters. *Journal of Human Kinetics, 23*, 29–35. doi:10.2478/v10078-010-0004-7
- Hoff, J. (2005). Training and testing physical capacities for elite soccer players. *Journal of Sports Science, 23*, 573–582. doi:10.1080/02640410400021252
- Iacono, A. D., Eliakim, A., & Meckel, Y. (2015). Improving fitness of elite handball players: Small-sided games vs. high-intensity intermittent training. *Journal of Strength and Conditioning Research, 29*, 835–843. doi:10.1519/JSC.0000000000000686
- Jakovljevic, S. T., Karalejic, M. S., Pajic, Z. B., Macura, M. M., & Erculj, F. F. (2012). Speed and agility of 12- and 14-year-old elite male basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 26*, 2453–2459. doi:10.1519/JSC.0b013e31823f2b22
- Kamandulis, S., Venckunas, T., Masiulis, N., Matulaitis, K., Balciunas, M., Peters, D., & Skurvydas, A. (2013). Relationship between general and specific coordination in 8- to 17-year-old male basketball players. *Perceptual and Motor Skills, 117*, 821–836.
- Little, T., & Williams, A. G. (2005). Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 19*, 76–78. doi:10.1519/14253.1
- Lockie, R. G., Murphy, A. J., Jeffriess, M. D., & Callaghan, S. J. (2013). Step kinematic predictors of short sprint performance in field sport athletes. *Serbian Journal of Sports Sciences, 7*, 8. doi:UDC 796.422.1.015.52; 796.422.012.412
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Malinauskas, R., Dumciene, A., Mamkus, G., & Venckunas, T. (2014). Personality traits and exercise capacity in male athletes and non-athletes. *Perceptual and Motor Skills, 118*, 145–161. doi:10.2466/29.25.PMS.118k13w1
- Marques, M. C., Gil, H., Ramos, R. J., Costa, A. M., & Marinho, D. A. (2011). Relationships between vertical jump strength metrics and 5 meters sprint time. *Journal of Human Kinetics, 29*, 115–122. doi:10.2478/v10078-011-0045-6
- Matthew, D., & Delextrat, A. (2009). Heart rate, blood lactate concentration, and time-motion analysis of female basketball players during competition. *Journal of Sports Science, 27*, 813–821. doi:10.1080/02640410902926420
- Matthys, S. P. J., Vaeyens, R., Franssen, J., Deprez, D., Pion, J., Vandendriessche, J., & Philippaerts, R. (2013). A longitudinal study of multidimensional performance characteristics related to physical capacities in youth handball. *Journal of Sports Science, 31*, 325–334. doi:10.1080/02640414.2012.733819
- Matthys, S. P. J., Vaeyens, R., Vandendriessche, J., Vandorpe, B., Pion, J., Coutts, A. J., & Philippaerts, R. M. (2011). A multidisciplinary identification model for youth handball. *European Journal of Sport Science, 11*, 355–363.
- Meckel, Y., Casarla, T., & Eliakim, A. (2009). The influence of basketball dribbling on repeated sprints. *International Journal of Coaching Science, 3*, 43–56.
- Mohamed, H., Vaeyens, R., Matthys, S., Multael, M., Lefevre, J., Lenoir, M., & Philippaerts, R. (2009). Anthropometric and performance measures for the development of a talent detection and identification model in youth handball. *Journal of Sports Science, 27*, 257–266. doi:10.1080/02640410802482417

- Popowczak, M., Struzik, A., Rokita, A., & Pietraszewski, B. (2015). The level of selected coordinative motor abilities of basketball players aged 16-18. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55, 1138–1144.
- Povoas, S. C., Seabra, A. F., Ascensao, A. A., Magalhaes, J., Soares, J. M., & Rebelo, A. N. (2012). Physical and physiological demands of elite team handball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26, 3365–3375. doi:10.1519/JSC.0b013e318248aeec
- Raczek, J., Mynarski, W., & Ljach, W. (2002). *Developing and diagnosing of co-ordination motor abilities*. Katowice, Poland: Academy of Physical Education [in Polish; English abstract].
- Rokita, A., Bronikowski, M., Popowczak, M., Cichy, I., & Witkowski, M. (2014). Precision and coordination parameters of Polish elite cadet fencers. *Medicina Dello Sport*, 67, 369–381.
- Salaj, S., & Markovic, G. (2011). Specificity of jumping, sprinting, and quick change-of-direction motor abilities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 1249–1255. doi:10.1519/JSC.0b013e3181da77df
- Scanlan, A., Humphries, B., Tucker, P. S., & Dalbo, V. (2014). The influence of physical and cognitive factors on reactive agility performance in men basketball players. *Journal of Sports Sciences*, 32, 367–374.
- Scanlan, A. T., Wen, N., Tucker, P. S., Borges, N. R., & Dalbo, V. J. (2014). Training mode's influences on the relationships between training-load models during basketball conditioning. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 9, 851–856.
- Sekulic, D., Spasic, M., Mirkov, D., Cavar, M., & Sattler, T. (2013). Gender-specific influences of balance, speed, and power on agility performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27, 802–811. doi:10.1519/JSC.0b013e31825c2cb0
- Shalfawi, S. A., Haugen, T., Jakobsen, T. A., Enoksen, E., & Tonnessen, E. (2013). The effect of combined resisted agility and repeated sprint training vs. strength training on female elite soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27, 2966–2972. doi:10.1519/JSC.0b013e31828c2889
- Sheppard, J. M., & Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Science*, 24, 919–932. doi:10.1080/02640410500457109
- Silva, D. A., Petroski, E. L., & Gaya, A. C. (2013). Anthropometric and physical fitness differences among Brazilian adolescents who practise different team court sports. *Journal of Human Kinetics*, 36, 77–86. doi:10.2478/hukin-2013-0008
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: Specific to field-based team sports. *Sports Medicine*, 35, 1025–1044.
- Spiteri, T., Cochrane, J. L., & Nimphius, S. (2013). The evaluation of a new lower-body reaction time test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27, 174–180. doi:10.1519/JSC.0b013e318250381f
- Spiteri, T., Newton, R. U., Binetti, M., Hart, N. H., Sheppard, J. M., & Nimphius, S. (2015). Mechanical determinants of faster change of direction and agility performance in female basketball athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research* doi:10.1519/JSC.0000000000000876
- Tonnessen, E., Shalfawi, S. A., Haugen, T., & Enoksen, E. (2011). The effect of 40-m repeated sprint training on maximum sprinting speed, repeated sprint speed

- endurance, vertical jump, and aerobic capacity in young elite male soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 2364–2370. doi:10.1519/JSC.0b013e3182023a65
- Tsitskaris, G., Theoharopoulos, A. & Garefis, A. (2003). Speed, speed dribble and agility of male basketball players playing in different positions. *J Hum Mov Studies*, 45, 21–30.
- Vescovi, J. D., & McGuigan, M. R. (2008). Relationships between sprinting, agility, and jump ability in female athletes. *Journal of Sports Science*, 26, 97–107. doi:10.1080/02640410701348644
- Wagner, H., Finkenzeller, T., Wurth, S., & von Duvillard, S. P. (2014). Individual and team performance in team-handball: A review. *Journal of Sports Science and Medicine*, 13, 808–816.
- Young, W., & Farrow, D. (2006). A review of agility: Practical applications for strength and conditioning. *Strength & Conditioning Journal (Allen Press)*, 28, 24–29.
- Young, W., Hawken, M., & McDonald, L. (1996). Relationship between speed, agility and strength qualities in Australian rules football. *Strength & Conditioning Coach*, 4, 3–6.
- Young, W. B., James, R., & Montgomery, I. (2002). Is muscle power related to running speed with changes of direction? *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42, 282–288.
- Zapartidis, I., Nikolaidou, M. E., Varelzis, I., & Kororos, P. (2011). Sex differences in the motor abilities of young male and female handball players. *Biology of Sport*, 28, 171–176.
- Zwierko, T., & Lesiakowski, P. (2007). Selected parameters of speed performance of basketball players with different sport experience levels. *Studies in Physical Culture & Tourism*, 14, 307–312.

Author Biographies

Marek Popowczak, PhD, is a manager of the Ball Games Research Laboratory at the University School of Physical Education in Wrocław, Poland. He has been a basketball coach and physical education teacher for 24 years. In 2013–2016, Marek Popowczak was an executor of a grant funded by the Ministry of Science and Higher Education in Poland titled ‘Evaluation of aptitudes of young playing for sports training in terms of team games’. His research activities are focused on the area of visual perception, motor control and diagnosis of players’ abilities.

Andrzej Rokita, is a manager in the Department of Team Sport Games and a founder of the Ball Games Research Laboratory. In 2004–2007, he was the main executor of the grant funded by the Committee for Scientific Research titled “Integrated education using Edubal educational balls”. In 2013–2016, Andrzej Rokita was a manager for the grant funded by the Ministry of Science and Higher Education in Poland titled “Evaluation of aptitudes of young playing for sports training in terms of team games”. He was a co-creator of Edubal

educational ball in 2002 and a co-creator of EduBall in 2014. He is an author of over 100 publications. His scientific interests are focused mainly on diagnosis of childrens' and young people predispositions for sport training in the area of team sport games, as well as using the educational balls (Edubal and EduBall). Andrzej Rokita has been the member of the Polish Society for Physical Culture Science and the European College of Sport Science (since 1999) as well as Vice-President of the International Scientific Society for Team Sport Games. Since 2011, he has been the member of the Wrocław Sports Council. 11 February 2016, he's been elected as a Rector of the University School of Physical Education for 2016-2020.

Artur Struzik, PhD, is a researcher in the field of sport science and works for the Department of Team Sport Games at the University School of Physical Education in Wrocław, Poland. He received his PhD diploma during his work for the Department of Biomechanics. His research interests focus on sport biomechanics, mainly vertical jumps and plyometrics.

Ireneusz Cichy, is an assistant professor in the Department of Team Sports at the University School of Physical Education in Wrocław. He graduated from the University of Physical Education in Wrocław and the University of Wrocław in the Faculty of Early Childhood Education. He is a physical education teacher and a board member of the Polish School Sports Association. His research interests concern the psychomotor development of children and young people at the school age, with particular focus on the development of coordination abilities.

Andrzej Dudkowski, PhD, is currently an assistant professor in the Department of Team Sports at the University School of Physical Education in Wrocław. He is a handball coach and a physical education teacher. His research interests concern on the development of motor skills of players and monitoring sports training.

Paweł Chmura, is currently an assistant professor in the Department of Team Sports at University of Physical Education in Wrocław, Poland. He obtained a diploma of the second class football coach and tennis instructor. His research interests include exercise physiology, especially in the field of short-term repeated efforts in team games. He is also involved in the research on the development of the functional capacity, particularly speed. He is fascinated by the research issues related to the preparation of athletes for motor start up effort and optimization of athletic performance.

Research article

Are Linear Speed and Jumping Ability Determinants of Change of Direction Movements in Young Male Soccer Players?

Marek Popowczak ¹✉, Andrzej Rokita ¹, Kamil Świerzek ¹, Stefan Szczepan ², Ryszard Michalski ³ and Krzysztof Maćkała ³

¹ Department of Team Sport, ² Department of Swimming, and ³ Department of Athletics and Gymnastics, University School of Physical Education in Wrocław, Wrocław, Poland

Abstract

The study was undertaken to investigate the relationships between linear speed, change of direction, and explosive power in the lower limbs of young soccer players. We aimed to determine the variables associated with effective change-of-direction speeds (time) based on the 30-m ZigZag (cutting maneuver) under 60° (CODS¹), and 30 m sprint divided into forward-backward-forward movement (CODS²). Sixty young soccer players (age: 17.4 ± 0.7 years, height: 1.76 ± 0.06 m, weight: 68.1 ± 8.9 kg) from soccer sport clubs were included. The participants performed 30-m change-of-direction sprints and 30-m backward and forward sprints. For the maximum speed evaluation, a straight-line 30-m sprint test was performed. Counter-movement jumps and standing broad jumps were used to assess jumping ability. Pearson's linear correlation and a multiple stepwise linear regression model were used to adjust for variations related to the influence of functional speed and explosive power variables, which were analyzed based on the CODS¹ and CODS² data. Our results showed that 30-m CODS² and standing broad jumps were associated with CODS¹. The variation for the 30-m change-of-direction maneuvers under 60° could be explained by the results of 30-m forward-backward-forward change-of-direction. The standing broad jump explained 10% variation for the performances in change-of-direction sprint decrements and 9% variation for the 5-m change-of-direction with the best times, whereas straight-line sprinting was related to forward-backward-forward change-of-direction. The 10-m sprint explained 50% variation of the performances in the first 10-m forward running in the CODS² and 12% variation for 10-m backward-forward change-of-direction. The 30-m sprint explained 36% variation for 30-m forward-backward-forward change-of-direction. The 30-m sprint and overall body mass also explained 58% variation for 10-m forward-backward change-of-direction. For coaching purposes, we report that forward-backward-forward and cutting maneuver change-of-direction movements are independent and highly useful skills. This information can help to provide better training prescriptions.

Key words: Athletes, sports, speed, motor skills.

Introduction

In recent years, soccer has been characterized by dynamic changes in the physical activity of players during the game. There are continuous, but unpredictable, changes occurring at different intensities throughout the match. Players must perform different types of speed-related movements (in place or moving), rapid movements of different parts of the body (e.g. the lower limbs), and must respond to various, potentially unpredictable situations occurring during the

match. Speed-related movements include: the individual attack, returning to a defensive position, or, in one-on-one interactions, passing the defender, and unpredictable movements by the attacker to surprise the defender. In most cases these actions are preceded by starts from different positions and different directions.

Speed, as a motor function and ability in soccer, is based on running at a maximum sprint speed for less than a 30-m distance (96% of sprints during a soccer match), accelerating for less than 10-m (49% of sprints occurring during the match), and sprints with change of direction (COD) movements (every 2-4 seconds). CODs involve movements in different directions (left, right, forward, backward) and at different angles (Comfort et al., 2014; Little and Williams, 2005; Sporis et al., 2009; Stolen et al., 2005). Akenhead et al. (2013) found that the English Premier League soccer player, on average, sprints (>5.8 ms⁻²) for 2% of the overall distance traveled in the match, engages in high-speed running (>6.78 ms⁻²) for 5% of the total distance traveled in the match, covers 10% of the total distance in acceleration motions, and spends 8% of the match in stopping movements. In turn, professional players from the English FA Premier League can perform on average more than 8 CODs per minute during a match. Therefore, an effective soccer player (the attacker or defender) should have the ability to move at high speeds in a straight line, or most frequently, while performing COD movements or changes of running pace (Carling et al., 2008; Hachana et al., 2014). In contrast to short sprint episodes, multiple accelerations over short distances, frequent stop-movements, and repeated COD movements all require different repositioning techniques that are key with respect to soccer playing ability. Most often, these movements occur as a reaction to stimuli that the players are constantly experiencing throughout the game (Gonçalves et al., 2015; Šimonek et al., 2016).

The impact of COD on a soccer players' movements as their physical activity increases during the match remains a topic of current research and analysis, as researchers seek to identify the determinants of these movements. Numerous soccer studies have focused on the relationship between sprints, CODs, and jumping abilities; however, the results have been inconsistent. Some studies showed a strong correlation between these variables, while others showed poor relationships. In a study by Little and Williams (2005) on a group of 106 English soccer players, it was found that between COD speed (evaluated using the Zigzag test), starting speed (acceleration), and maximum

speed achieved, there were statistically significant correlations. However, the determination coefficients between the tests were low (from 0.119 to 0.388). Based on these findings, the authors conclude that COD speed and straight sprints are characteristic and independent motor skills among soccer players (Little and Williams, 2005). Similarly, strong and moderate correlations between acceleration, maximum speed, and results of the Zigzag agility test were reported by Köklü et al. (2015), based on their investigation of 16-year-old soccer players.

The relationship between COD movements and vertical and horizontal jumps has also been explored. In the studies of Struzik et al. (2017), they investigated 12-year-old soccer players. They found no significant links between counter-movement jumps (CMJ) and CODs during sprints. Rouissi et al. (2017) found no significant correlation between standing broad jump (SBJ) and COD performance. In contrast, Young and Farrow (2006) and Lockie et al. (2014) indicated that leg power was an essential component of COD speed. It is believed that team players who achieve higher jump results will probably achieve faster times in multidirectional speed tests. The relationship between speed and jumping ability has also been investigated. However, according to Marques and Izquierdo (2014), the relationship between speed and strength of the lower limbs should be interpreted with caution.

Since the majority of COD runs in soccer matches occur at angles between 1° and 90° , which are specific to soccer, it is important to determine COD speeds at these angles (Faude et al., 2012; Hader et al., 2015). In addition, the defending player often moves away from the attacker for a short distance using controlled backward running followed by forward sprinting (Hammami et al., 2016). A high-level of skill is required to combine COD movements, changes of movement type, and re-accelerations. The backward, run as an unorthodox movement, occurred over 5.3% ($\pm 2.4\%$) of the total match time, according to one study (Krustrup et al., 2009). Some researchers suggest that speed, COD and strength of the lower limbs should be measured and evaluated using separate tests (Buchheit et al., 2012; Cardoso de Araujo et al., 2018; Sheppard and Young, 2006; Silva-Junior et al., 2011). In turn Castagna et al. (2003) indicated that a strong differentiation between forward, backward, and sideways motion exists. Presumably, COD movements should be measured with various tests in which the subject would perform forward, backward, and sideways motions.

There are a small number of studies that have used multiple regression models to identify associations between sets of variables such as vertical and horizontal jumps (e.g., CMJ, SBJ), linear speed (e.g., 10-m sprint, 30-m sprint), COD sprints, and other patterns of movements in young soccer players. Determining the models of these variables will provide increased knowledge of the key determinants of motor behavior in young soccer players. It is helpful to evaluate motor ability levels using a battery of tests to optimize the training process (Northeast et al., 2017). Such models may contribute to a more effective selection and specification of the game performed by each player through enhanced physical preparation and skill acquisition (Köklü et al., 2015). Therefore, the purpose of

these studies was to investigate the relationship between linear speed (straight-line sprinting) and jumping ability (lower extremity explosive power measured through horizontal and vertical jumping) on COD performance measures (COD-speed) in young soccer players. We aimed to determine the variables that can explain the effectiveness of COD speed using the 30-m ZigZag (cutting maneuver) under 60° and the 30-m sprint divided into forward-backward-forward movement. This is the first study defining the performance of change-of-directions under 60° based on times measured at 5m, 10m, 15m, 20m, 25m and 30m in the test. Additionally, the first research on the determination of performance change-of-direction forward-backward and backward-forward during the 30-meter distance was conducted.

We used a multiple regression model to identify associations between the set of variables to be developed that could determine the efficiency of COD movement patterns. We hypothesized that there is a strong relationship between the results of straight-line sprinting and jumps and the two tests defining COD speed in young soccer players.

Methods

To determine COD-speed (Ruscello et al., 2013), the 30-m sprint test in two different patterns was applied. The first test, the 30CODS¹, comprised six 5-m sections, wherein the CODs were less than 60° . In practice, this test is often recognized as a ZigZag. A 60° cutting maneuver, as recognized by Faude et al. (2012), is specific to moving the soccer ball during the match. Another test, the 30CODS², involved 15-m forward sprinting, stopping, 5-m backward sprinting, stopping, and then 10-m forward sprinting. This is a modified form of the sprint with backward and forward running (SBF) test. This test was also chosen for its specificity with regard to soccer practices and matches. For the maximum speed measurements, 30-m sprint tests were performed. To determine the total time and the time required for each 5-m segment of a particular test, the 30-m COD¹ sprinting test, 30-m COD² sprinting test, and the 30-m sprint test were performed with the Fusion Smart Speed System (Fusion Sport, Coopers Plains, QLD, Australia). The jumping ability of each player, based on the CMJs and SBJs, was determined using the Optojump System (Microgate Engineering, Bolzano, Italy)

Soccer players at different competitive levels were recruited to better generalize the results of the study. The research was conducted during the soccer season to avoid additional confounding variables. It included a wide battery of tests comprising maximal speed (30-m sprint), COD movements, and horizontal and vertical jumping tests (CMJs and SBJs), which are commonly used in soccer training. The experiment was carried out in the Chair of Ball Games Research Laboratory in the University School of Physical Education in Wroclaw, with an ISO 9001:2009 certification, in collaboration with the Lower Silesia Sport Federation in Wroclaw, Poland. The study was conducted over one afternoon.

Participants

We included 60 male soccer players from the Lower

Silesian sports clubs, who participated in the Central League of Junior Championships in Poland. The mean age of the participants was 17.4 years (± 0.7 year), mean height was 176.3 cm (± 6.1 cm), and mean body weight was 68.1 kg, (± 8.9 kg). The average length of training experience of the players was 78.3 months (± 29.8). The general characteristics of the players are shown in Table 1. Before the tests, each participant was informed about the aims of the research and the benefits and risks of the investigation. In the case of minors, parents/guardians were informed about the purpose of the study and the benefits and risks of the investigation. The same procedure was carried out with the coaches. They were also aware that the study was approved by the Senate's Research Bioethics Commission at the University and that the procedures complied with the Declaration of Helsinki concerning human experimentation. The parents/guardians of the participants younger than 18 years provided written consent, and participants older than 18 years provided their own written consent for participation after being thoroughly informed about the study as described above.

Procedures

Assessment of functional speed ability

30-m Sprint Test (30S): In each case, the participant took a high starting position behind the starting line with his preferred forward leg in position. The toes of the forward leg were close to the starting line and the rear foot was placed on a SMART JUMP mat (a reactive mat that captures false starts; a part of the Fusion Smart Speed System [Fusion Sport]) 30 cm from the starting line. When a specified light beam started flashing (the trial start time), the athlete began running as fast as possible to a cone that was placed 2 m beyond the final gate, which was located 30 m from the starting line. The fastest time of 3 trials was used in the data analysis. The participants were given a 3-min rest break between each of the trials, which was sufficient for the athlete to fully recover. The sprint times measured were: total 30-m sprint time, 10-m starting time, and peak sprint speed at each 5 m (5-m vSprint). The intraclass correlation coefficient (ICC) for the times recorded by the participants was

0.80 (95% CI; 0.72 - 0.87) and the CV (coefficient of variation) was 6.11%.

30 m COD¹ Sprinting Test (30CODS¹): The participants performed a 30-m sprint with a COD every 5 m at an angle of 60° (Ruscello et al., 2013). The test procedure was similar to the actual 30-m sprinting test. Changes of sprinting direction were performed by the participants moving around a 1-m high cone at the following distances from the starting line: 2.5 m, 7.5 m, 12.5 m, 17.5 m, 22.5 m, and 27.5 m (Figure 1). The first COD was to the right. Three 5-m sprint tests were used for the analysis, in which the changes of running direction went from a COD to the right followed by three 5-m sections, each including left turns. The ICC for the times recorded by the participants was 0.92 (95% CI; 0.88 - 0.95) and the CV was 7.4%. The results analysis included the final times (30-m CODS¹), the best times at 5-m (5-m bCODS¹), and the percentage of sprint decrements during the CODs (CODS¹dec). CODS¹dec was converted using the formula proposed by Girard et al. (2011):

$$\text{CODS}^1\text{dec} (\%) = \{[(1\text{st } 5\text{-m CODS}^1 + 2\text{nd } 5\text{-m CODS}^1 + 3\text{th } 5\text{-m CODS}^1 + 4\text{th } 5\text{-m CODS}^1 + 5\text{th } 5\text{-m CODS}^1 + 6\text{th } 5\text{-m CODS}^1) / (5\text{-m bCODS}^1 \times 6)] - 1\} \times 100$$

Best time (5-m bCODS¹) was recorded as the best time at 5-m in the 30m CODS¹ test.

30 m COD² Sprinting Test (30CODS²): The 30CODS² test (30-m forward/backward/forward sprint) is a modified SBF test (9-3-6-3-9 sprint with backward and forward running). The SBF test was previously described in the literature by Hammami et al. (Hammami et al., 2017). The test was carried out using the same distances as in the 30S and 30CODS¹ and was divided into the following sections: a 15-m forward run, a 5-m backward run, and a 10-m forward run (Figure 2). The COD of the run was determined by crossing the lines of each section with both feet. The run was required to proceed in a straight line, or as straight as possible so as to limit the loss of time-trial (the execution time for the entire test). The following timing parameters were used to analyze the results: the 10-m

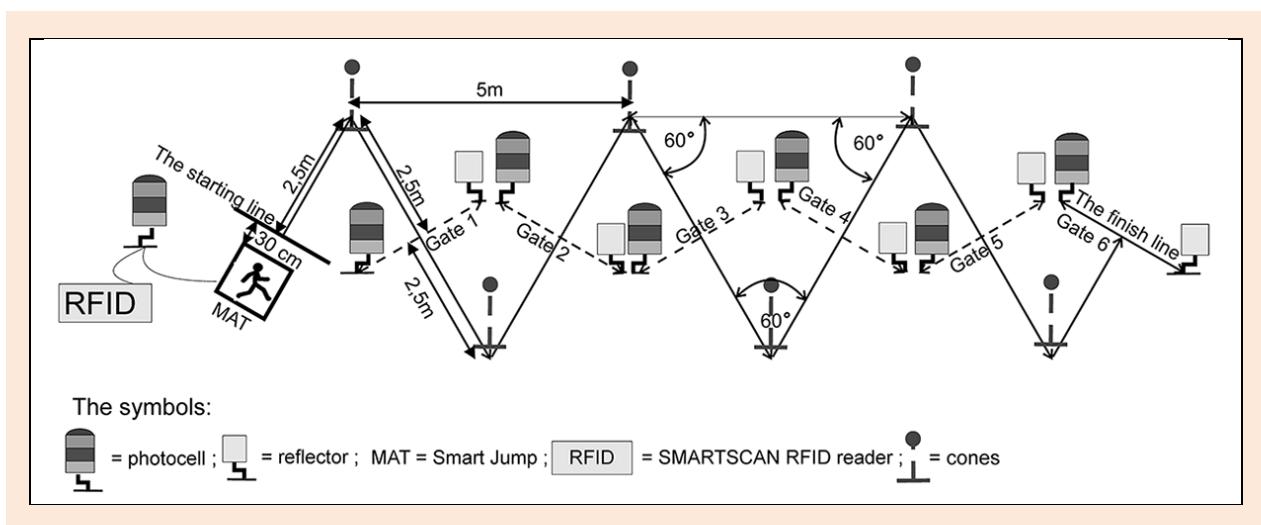


Figure 1. Thirty-meter COD¹ Sprinting test (30CODS¹) diagram.

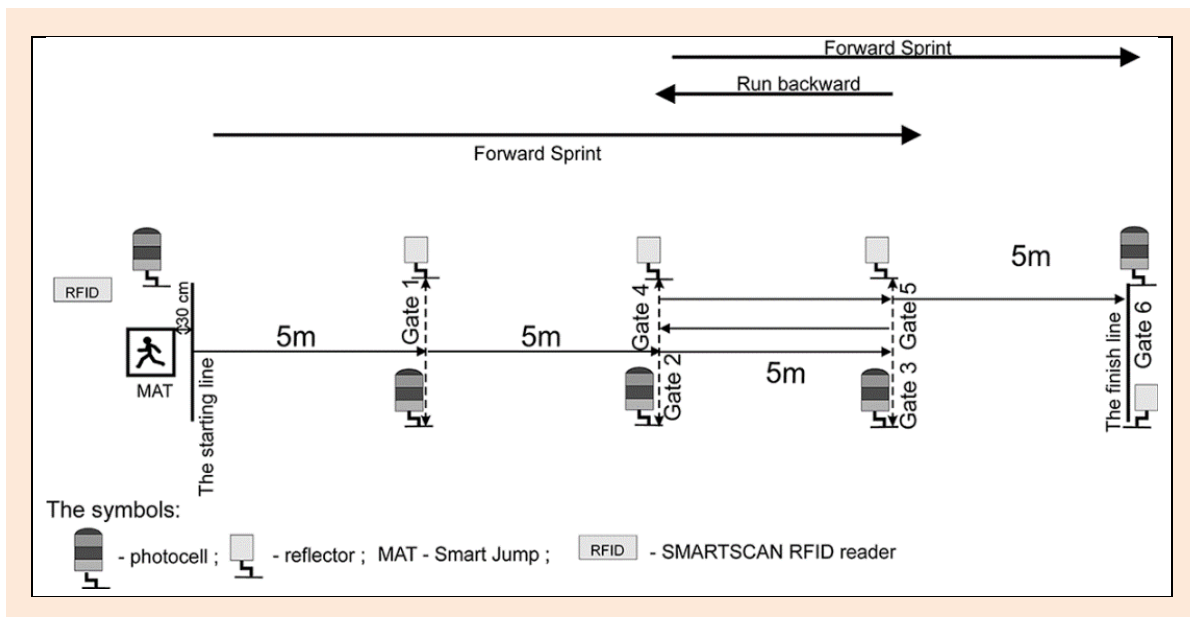


Figure 2. Thirty-meter COD² Sprinting test (30CODS²) diagram.

starting speed time (10-m CODS²), the 10-m COD time (F&B_{COD}) which was the time of COD from forward to backward (measured between 10-m and 20-m of the entire 30-m distance), the 10-m COD time (B&F_{COD}), which was the time of COD from backward to forward (measured between 15-m and 25-m of the entire 30-m distance), and the 30-m final time (30-m CODS²). The ICC for the times recorded by the participants was 0.94 (95% CI; 0.91 – 0.96) and the CV was 5.67%.

Assessment of lower extremity explosive power

Counter-Movement Jump (CMJ): Players performed a vertical height jump with arm swing on a hard flat surface. We used an optical measurement system (Optojump; Microgate Engineering, Bolzano, Italy) to measure the height (cm) of the jumps. The participants performed three jumps and the best (the highest) was recorded for the analysis.

CMJs were performed starting from a standing position. Participants were instructed to keep their hands on their hips during the jump. Each player was instructed to jump as high as possible. Each jump was performed as an initially rapid preparatory downward eccentric action (Dello Iacono et al., 2016).

The height of each jump (CMJ) was calculated using the flight time. A minimum of 2 minutes of recovery was provided between each repetition and 5–6 min between each jump modality. The ICC for the scores recorded by the participants was 0.93 (95% CI; 0.88 – 0.96) and the CV was 8,5%.

Standing Broad Jump (SBJ): From an erect position with the feet placed in parallel and with legs bent at the knee as close to a 90° angle as possible, the player performed the SBJ. He was instructed to jump as far as possible and land on both feet without falling backwards. The test result was measured from the start line to the rear heel edge, or whichever part of the body that was closest to the starting line after the jump (Rouissi et al., 2017). The jumping distance was measured to the nearest 1.0 cm. Three trials were executed by each participant and the longest

distance was recorded for analysis. A minimum of 2 minutes of recovery was provided between each trial. The ICC for the scores recorded by the participants was 0.92 (95% CI; 0.87 – 0.96) and the CV was 6,71%.

Overall, the test procedures did not specify the methods of starting and changing. The direction of the race was dependent on the individual's preferences and the unique skills and abilities of the players.

Statistical analysis

The data were processed using Statistica 13.0 for Microsoft Windows (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA). Data are first presented as means ± standard deviations (SD), and 95% confidence intervals (CI). The distribution of each variable was examined for the assumption of normality using the Kolmogorov-Smirnov test. Correlations were determined using Pearson's product moment-correlation coefficient (r). The magnitudes of the correlation coefficients were stratified into groups comprising: trivial ($r < 0.1$), small ($0.1 < r < 0.3$), moderate ($0.3 < r < 0.5$), large ($0.5 < r < 0.7$), very large ($0.7 < r < 0.9$), nearly perfect ($r > 0.9$) and perfect ($r = 1.0$) (26). A multiple stepwise regression analysis (forward and backward stepwise methods) was used to adjust the influence of the functional speed and the variations in the explosive power variables analyzed in the 30CODS¹ and 30CODS². In the multiple stepwise regression models, only independent variables were used and linear correlations with dependent variables were statistically significant ($p < 0.05$). In addition, between the independent variables, a relationship between nearly perfect and very large correlation coefficients was not observed (non-collinearity of variables). In addition, based on a residual regression analysis, the residuals were distributed normally.

Results

Table 1 shows descriptive the means±SDs and 95% CIs of the maximum and minimum scores. Several significant correlations of different strengths were found in the studies

(Table 2). A nearly perfect correlation was observed between the 30-m CODS¹ and 5-m bCODS¹ ($r = 0.91, p < 0.001$). The 30-m CODS² was significantly correlated ($p < 0.001$) with the 10-m CODS² ($r = 0.75$), F&B_{COD} ($r = 0.71$), B&F_{COD} ($r = 0.80$), 10-m sprint ($r = 0.56$) and the 30-m sprint ($r = 0.60$). The F&B_{COD} was significantly correlated with the B&F_{COD} ($r = 0.72, p < 0.001$). A significantly ($P < 0.001$) large and very large correlation existed between t_{10CODM} and the 10-m sprint ($r = 0.71$) and the 30-m sprint ($r = 0.65$). The 30m sprint was significantly correlated ($p < 0.001$) with the 10-m sprint ($r = 0.86$) and the 5-m vSprint ($r = -0.77$). A significantly large correlation existed between the 10-m sprint and the 5-m vSprint ($r = -0.53, p < 0.001$). In addition, significantly large correlations were found between CMJ and SBJ ($r = 0.57, p < 0.001$).

Other significant moderate or small correlations between variables were also observed (Table 2).

A multiple stepwise regression was developed and independent variables were used to determine the variance of the CODS² properties (Table 3).

The 10-m sprint variable explained 50% ($p < 0.001$) variation for the performances in the 10-m CODS², while the 30-m sprint variable explained 36% ($p < 0.001$) variation for the performances in the 30-m CODS². The 30-m sprint variable explained 51% ($p < 0.001$) variation of the performances in F&B_{COD}, whereas body mass was explained by an additional 7% ($p = 0.003$) variation. On the other hand, the variable for COD under 180° from backward sprint to forward spring was explained by a 10-m Sprint variable (12%, $p = 0.006$).

Table 1. Physical characteristics of the participants (n=60) and descriptive data (mean, ± SD; 95% CIs, %CV) for each variable of interest.

Measurement	Variables	Mean ± SD	-95%CI	+95%CI	%CV
	Age (y)	17.4. ±0.7	17.3	17.6	4.03
	Height [cm]	176.3. ±6.1	174.7	177.8	3.43
	Body mass [kg]	68.2. ±8.9	65.8	70.4	13.03
	Training experience (months)	78.3. ±29.8	64.0	92.7	38.00
Sprint (30S)	10-m Sprint [s]	2.495. ±0.104	2.468	2.522	4.16
	30-m Sprint [s]	5.019. ±0.179	4.973	5.065	3.57
	5-m vSprint [ms ⁻¹]	8.63. ±0.52	8.49	8.76	6.00
Change-of-direction sprint (30CODS ¹)	30-m CODS ¹ [s]	10.786. ±0.528	10.649	10.922	4.90
	5-m bCODS ¹ [s]	1.682. ±0.097	1.657	1.707	5.74
	CODS ¹ dec [%]	6.93. ±2.65	6.25	7.62	38.22
Change-of-direction sprint (30CODS ²)	10-m CODS ² (forward run) [s]	2.517. ±0.126	2.484	2.550	5.02
	30-m CODS ² [s]	8.037. ±0.327	7.953	8.122	4.07
	F&B _{COD} [s] (forward & backward run)	3.092. ±0.203	3.04	3.144	6.56
	B&F _{COD} [s] (backward & forward run)	3.633. ±0.28	3.561	3.706	7.71
Jumping ability	CMJ [cm]	42.47. ±4.49	41.31	43.63	10.58
	SBJ [cm]	230.45. ±13.70	226.91	233.99	5.94

30S = 30-m Sprint test; 5-m vSprint = peak sprint speed for each 5 m in the 30S; 30CODS¹ = 30-m COD¹ Sprinting test; 30-m CODS¹ = the final time in the 30CODS¹; 5-m bCODS¹ = the best time at 5-m in the 30CODS¹; CODS¹dec = the percent sprint decrement in the 30CODS¹; 30CODS² = 30-m Backward and Forward Sprint Test; 10-m CODS² = 10-m starting speed time in the 30CODS²; 30-m CODS² = the final time in the 30CODS²; F&B_{COD} = time of COD from forward movement to backward movement (10-m distance) in the 30CODS²; B&F_{COD} = time of COD from backward movement to forward movement (10-m distance) in the 30CODS²; CMJ = height of the countermovement jump; SBJ = distance of the standing broad jump. The values are expressed as mean and standard deviation (SD) with 95% confidence interval (95% CI) and terms of coefficient of variation (% CV)

Table 2. Results of Pearson’s correlation analysis (r) in young Polish soccer players.

Variables	10-m Sprint	30-m Sprint	5-m vSprint	30-m CODS ¹	5-m bCODS ¹	CODS ¹ dec	10-m CODS ²	30-m CODS ²	F&B _{COD}	B&F _{COD}	CMJ	SBJ	m	v
10-m Sprint	-	.86***	-.53***	.11	.18	-.19	.71***	.56***	.21	.35**	-.01	-.21	.05	.04
30-m Sprint	.86***	-	-.77***	.18	.22	-.16	.65***	.60***	.27*	.32**	-.16	-.24	-.02	-.11
5-m vSprint	-.53***	-.77***	-	-.08	-.16	.20	-.45***	-.49***	-.22	-.25	.35**	.33**	-.002	.17
30-m CODS ¹	.11	.18	-.08	-	.91***	-.14	.21	.29*	.08	.20	-.16	-.20	.09	.15
5-m bCODS ¹	.18	.22	-.16	.91***	-	-.54***	.25	.29*	.09	.17	-.18	-.30*	.03	.03
CODS ¹ dec	-.19	-.16	.20	-.14	-.54***	-	-.18	-.11	-.05	.002	.10	-.31*	.11	.22
10-m CODS ²	.71***	.65***	-.45***	.21	.25	-.18	-	.75***	.30*	.38**	-.01	-.24	-.05	.23
30-m CODS ²	.56***	.60***	-.49***	.29*	.29*	-.11	.75***	-	.71***	.80***	-.001	-.25	-.22	-.05
F&B _{COD}	.21	.27*	-.22	.08	.09	-.05	.30*	.71***	-	.72***	.016	.15	-.42***	-.05
B&F _{COD}	.35**	.32*	-.25	.20	.17	.002	.38*	.80***	.72***	-	.02	-.15	-.21	-.004
CMJ	-.01	-.16	.35**	-.16	-.18	.10	-.01	-.001	.16	.02	-	.57***	-.21	.24
SBJ	-.21	-.24	.33*	-.20	-.30*	-.31*	-.24	-.25	.15	-.15	.57***	-	.16	.23
m	.05	-.02	-.002	.09	.03	.11	-.05	-.22	-.42***	-.21	-.21	.16	-	.66***
v	.04	-.11	.17	.15	.03	.22	.23	-.05	-.05	-.004	.24	.23	.66***	-

10-m Sprint = 10-m starting speed time in the 30-m Sprint test (30S); 30-m Sprint = the final time in the 30S; 5-m vSprint = peak sprint speed for each 5 m in the 30S; 10-m CODS² = 10-m starting speed time in the 30-m Backward and Forward Sprint Test (30CODS²); 30-m CODS² = the final time in the 30CODS²; F&B_{COD} = time of COD from forward movement to backward movement (10-m distance) in the 30CODS²; B&F_{COD} = time of COD from backward movement to forward movement (10-m distance) in the 30CODS²; 30-m CODS¹ = the final time in the 30-m COD Sprinting test (30CODS¹); 5-m bCODS¹ = the best time at 5-m in the 30CODS¹; CODS¹dec = percent sprint decrement in the 30CODS¹; CMJ = height of the Counter-Movement Jump; SBJ = distance of the Standing Broad Jump; r = Pearson correlation coefficient; * p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001.

Table 3. Multiple regression calculations (forward and backward stepwise model) for the 30CODS² test.

Dependent variable	n _v	Independent variables	r	R ²	R ² variation	F value	p
10-m CODS ²	3	10-m Sprint	0.71	50%	50%	58.653	<0.001
<i>Prediction equation: 10-m CODS² = 0.361 + 0.864 x "10 m Sprint"</i>							
30-m CODS ²	5	30-m Sprint	0.60	36%	36%	32.561	<0.001
<i>Prediction equation: 30-m CODS² = 2.538 + 1.096 x "30 m Sprint"</i>							
F&B _{COD}	2	Body mass	0.42	17%	17%	12.239	<0.001
		Body mass + 30-m sprint	0.49	24%	7%	5.288	0.025
<i>Prediction equation: F&B_{COD} = 2.230 + 0.23 x "30-m sprint" - 0.009 x "Body mass"</i>							
B&F _{COD}	2	10 m Sprint	0.35	12%	12%	8.091	0.006
<i>Prediction equation: B&F_{COD} = 1.274 + 0.946 x "10-m Sprint"</i>							

n_v = number of significant variables used in the regression model or interaction between variables; 10-m Sprint = 10-m starting speed time in the 30-m Sprint test (30S); 30-m Sprint = final time in the 30S; 10-m CODS² = 10-m starting speed time in the 30-m Backward and Forward Sprint Test (30CODS²); 30-m CODS² = the final time in the 30CODS²; F&B_{COD} = time of COD from forward movement to backward movement (10-m distance) in the 30CODS²; B&F_{COD} = time of COD from backward movement to forward movement (10-m distance) in the 30CODS²; r = Pearson correlation coefficient; R² = coefficient of determination; p = significance level; 95% CI = confidence interval.

Table 4. Multiple regression calculations (forward and backward stepwise model) for the 30CODS¹ test.

Dependent variable	n _v	Independent variables	r	R ²	R ² variation	F value	p
30-m CODS ¹	2	30-m CODS ²	0.29	8%	8%	5.192	0.026
<i>Prediction equation: 30-m CODS¹ = 7.067 + 0.463 x "30-m CODS²"</i>							
5-m bCODS ¹	2	SBJ	0.30	9%	9%	5.897	0.018
<i>Prediction equation: 5-m bCODS¹ = 2.176 - 0.002 x "SBJ"</i>							
CODS ¹ dec	2	SBJ	0.31	10%	10%	6.264	0.015
<i>Prediction equation: CODS¹dec = 31.986 - 14.892 x "SBJ"</i>							

n_v = number of significant variables used in the regression model or interaction between variables; 30-m CODS¹ = the final time in the 30-m COD¹ Sprinting test; 5-m bCODS¹ = the best time at 5 m in the 30CODS¹; CODS¹dec = the percent sprint decrement in 30CODS¹; 30-m CODS² = the final time in the 30CODS²; SBJ = distance of the Standing Broad Jump; r = Pearson correlation coefficient; r² = coefficient of determination; p = significance level.

Reconstructed regression models were calculated to determine the most robust predictors of COD¹ (by 60°). The regression models created for the variables were explained (from 8% to 10%) by only one in the group of variables that were analyzed in this study. The variation for 5-m bCODS¹ was explained only by the SBJ (9%, p = 0.018). However, the variation for properties of the 30-m CODS¹ variable based on the general time required for COD at a 60° angle was explained only by the 30-m CODS² variable (8%, p = .026). The SBJ variable explained the 10% variation (p = .015) in the performances of CODS¹dec (Table 4).

Discussion

The fundamental goal of this study was to investigate the effects of linear speed and jumping ability (lower extremity explosive power) on COD agility performance measures, such as the 30-m CODS¹ and 30-m CODS². We noted that important relationships existed between the 30-m CODS² and the 30-m sprint. In both trials, the forward movement was the most common. However, the overall result of the 30CODS¹ test was strongly associated with the total time for the 30CODS² test and the best time at a distance of 5-m in the CODS¹ test. The results of the SBJ were negatively related to the results of the speed decrease or best time at a distance 5-m in the 30CODS¹ test and were positively related to jump height in the CMJ. Also noteworthy is the lack of a significant relationship between CMJ height and other variables (exception: relation to 5-m vSprint). The relationships between the jumps and the 30CODS¹ test and 30CODS² indicate the need to carefully interpret these relationships. Similar recommendations were suggested by Marques and Izquierdo (2014).

The above relationships confirmed the results of other research. Köklü et al. (2015) studied 16-17-year-old

soccer players (n=16) and found a moderate correlation between the Zigzag test without using a ball (COD under 100° angle) and the 10-m sprint. Similarly, the ZigZag agility test without the ball strongly correlated with 30-m sprint times (Little and Williams (2005), who analyzed England's professional soccer players found significant correlations between the 10-m Sprint and the ZigZag test (r = 0.346), and between the 20-m Sprint and the ZigZag test (r = 0.458). Sporiš et al. (2011) analyzed soccer players from the Serbian U-16 national team and also found correlations between the 30-m Sprint and the ZigZag test (r = .56, p < 0.01).

A secondary goal was to examine the potential for developing a multiple regression model that could identify associations between a set of variables to determine the efficiency of COD movement patterns. Based on the multiple regression models that have been created, it has been shown that the 30CODS¹ test time is most closely related to the test results for CODs from forward to reverse and vice versa. This proves the specifics of both tests in which the direction of the run changes. However, a prediction equation for the 30CODS¹dec test and the 5-m bCODS¹ are the most related to the results of the SBJ. Therefore, the type of test should be considered (e.g., CMJ or SBJ) when looking for relationships between COD movements and jump indicators. Based on the analysis of the relationship between COD² and the linear 30-m sprint, the pattern of backward movement performed between 15 and 20 m allows for the determination of the specific skills needed during a soccer match. During the 30CODS² test (from 10-m to 20-m), the participants changed their manner of running from forward (deceleration) to backward (re-acceleration). In addition, at 15 m, the players again slowed down the forward sprint and then accelerated in the second forward sprinting. This requires high-level motor abilities, which

are of primary importance among all the skills (technical proficiencies) needed for COD.

It should be stressed that in numerous research papers the relationships between variables such as jumping, sprinting, or COD motions were calculated using simple linear correlations, as noted by Braz et al. (2017). This analytical method allows only two variables to be compared. Only with the forward stepwise method has it been possible to determine the extent of the influence of a set of variables on the effect of a motor action (as a dependent variable). In this study, we found that the 30CODS¹ test result was only 8% explained by the 15-5-10-m sprint test with backward and forward movement (30CODS² test). This shows that this COD pattern (forward/backward) is different from the CODS¹ at 60° angles; however, the results of the 30CODS¹ test and the 30CODS² are dependent upon each other. It can be assumed that variables other than acceleration, straight line sprints, or jumps will determine the results of 30CODS¹ tests in young soccer players. Furthermore, based on the prediction equation for CODS, shortening of the 30CODS² test time by 0.1 s may be important to reduce the 30CODS¹ test time by 0.05 s. Gains in repeated COD performance probably reflect mainly neuronal adaptations and enhanced coordination, which comprise the selective activation of motor units, better synchronization, selective activation and relaxation of muscle groups, and an increased recruitment of motor units (Pyne et al., 2008).

In studies conducted on Brazilian professional soccer players, Braz et al. (2017) investigated the relationship between sprints with and without COD. Based on the multiple regression models, 10-m and 20-m sprint variables showed low explanatory power ($\leq 5\%$) for COD sprints. Little and Williams (2005) investigated male professional soccer players from the English League teams. They found that the ZigZag agility test was correlated with the 10-m speed test and the flying 20-m test for maximum speed ($P < 0.001$). However, determinants showed that even in the most correlated tests, acceleration and maximum velocity accounted for only 39% of the common variance and should be analyzed separately for soccer players. Thomas and Nelson (2001) argued that if the common variation between two variables was less than 50%, they were specific or somewhat independent.

In the current study, SBJ explained only 9% variance in the regression models for the 5-m bCODS¹ and 10% for the CODS¹dec. Prediction equations were prepared for the shortest time at 5-m and the drop-in speed during the 30-m CODS¹ test. A 1 cm increment in SBJ can mean shortening the time of the fastest 5-m CODS¹ and reducing the CODS¹dec by 15%. Hence, the jump associated with horizontal power is related to the rate of COD at which acceleration occurs (Lockie et al., 2014). On the other hand, the CMJ variable did not explain the variance in the regression models of the 30-m CODS¹ at 60°. In a study of 16-17-year-old soccer players by Köklü et al. (2015), a strong correlation was found between CMJ and ZigZag agility (angle 100°) without the ball ($r = -0.769$, $p = 0.01$). Similar to that, Braz et al. (2017) conducted experiments on Brazilian professional soccer players and noticed significant correlations between CMJ and the ZigZag test.

On this basis, multiple regression models were prepared and the results indicated that vertical jump variables including CMJ did not help explain the ZigZag test results ($r^2 = 11\%$).

The differences between the studies that determined correlations between jump or speed and COD speed can be explained in several ways. One is that the players have different levels of physical abilities and skills. Another may be related to the distance used in the sprint tests. In studies conducted with young athletes (Lloyd et al., 2013), it was shown that linear speed, strength and power in the lower limbs, anthropometric variables, asymmetry, and perception and decision-making processes may be important contributors to high agility outcomes. Furthermore, rounded and sharp patterns of COD techniques might influence athletic performances, according to Condello et al. (2013). In the literature, other factors including age, level of competitiveness, frequency, and volume of training in the sport, also affected COD speed in soccer players. Köklü et al. (2015) found that 16-year-old soccer players showed moderate to strong correlations between acceleration, maximum speed, and agility (10-m Sprint – 30-m Sprint, $r = 0.714$; 10-m Sprint - ZigZag, $r = 0.567$; 30-m Sprint - CMJ, $r = 0.599$; 30-m Sprint - ZigZag, $r = 0.744$; CMJ - ZigZag, $r = 0.769$, respectively).

Some limitations of this study should be acknowledged. First, the tests were conducted indoors to standardize the environmental conditions and the floor surface. Soccer matches are played on natural grass and the difference between the surfaces can affect the way the subjects move. A second limitation is that, although reliability was assessed in the modified tests (30CODS¹, 30CODS²), it is not known whether they have construct validity relative to the standards of play. Third, of the limited data available, comparisons between studies are further limited by the different methodologies used to assess COD ability (i.e. T-test, Illinois agility, 505, ZigZag test). Fourth, differences in the length of the lower limbs and body asymmetry have not been accounted for in this study, but these may be important to the speed and manner of COD. However, there are a small number of studies that have reported the determinants of COD movements at 60° angles and CODs of running forward to backward.

Conclusion

The results of the proposed predictive models for COD, the changes in the form of movement patterns (forward/backward), and the correlation between speed, agility and jump variables presented in this work indicate the constant need to determine these patterns and correlations. Studies have indicated that COD speed (at specified angles) should be analyzed separately from changes in the form of movement patterns because other variables can explain the results of tests determining their level. Variables determining COD were primarily explained by the variables that determined jumping ability. On the other hand, variables that determined speed changes in the form of movement patterns (forward/backward and vice versa) were explained by speed variables. Therefore, our hypothesis that there is a

strong dependency between the results of straight-line sprinting and two agility tests used in young soccer players was proved only partially.

The results of this study provide further evidence to suggest that COD speed (CODS¹ under 45° to 60°), CODS² (forward/backward/forward sprint) and straight-line sprinting (30S) represent three different physical qualities in soccer players and probably in other team sport athletes, such as basketball and handball players. Therefore, we should determine these abilities via separate assessments. It is also important that the above-mentioned skills must be developed through a different type of conduction training. Jumping ability demonstrated a strong correlation with 30-m CODS¹, whereas straight-line sprinting was more associated with the 30-m CODS² (forward/backward/forward). Moreover, this study provided data on speed, COD and jumping among youth soccer players in Poland. Practitioners can use this information for comparative purposes, although further research will be necessary to compare the competition standards.

Acknowledgements

The experiments comply with the current laws of the country in which they were performed. The authors have no conflicts of interests to declare.

References

- Akenhead, R., Hayes, P.R., Thompson, K.G. and French, D. (2013) Diminutions of acceleration and deceleration output during professional football match play. *Journal of Science and Medicine in Sport* **16**, 556-561.
- Braz, T.V., Nogueira, J.W., de Assis Cruz, W., Businari, B.G., de Ornelas, F., Brigatto, F.A., Germano, M.D., Sindorf, M.A.G., da Silva, J.F., Pellegrinotti, I.L. and Lopes, C.R. (2017) Relation between different variables of vertical jumps and sprints in Brazilian professional soccer players. *Journal of Exercise Physiology Online* **20**, 33-46.
- Buchheit, M., Haydar, B. and Ahmaidi, S. (2012) Repeated sprints with directional changes: do angles matter? *Journal of Sports Sciences* **30**, 555-562.
- Cardoso de Araujo, M., Baumgart, C., Freiwald, J. and Hoppe, M.W. (2018) Nonlinear sprint performance differentiates professional from young soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* **58(9)**, 1204-1210.
- Carling, C., Bloomfield, J., Nelsen, L. and Reilly, T. (2008) The role of motion analysis in elite soccer: contemporary performance measurement techniques and work rate data. *Sports Medicine* **38**, 839-862.
- Castagna, C., D'Ottavio, S. and Abt, G. (2003) Activity profile of young soccer players during actual match play. *Journal of Strength and Conditioning Research* **17**, 775-780.
- Comfort, P., Stewart, A., Bloom, L. and Clarkson, B. (2014) Relationships between strength, sprint, and jump performance in well-trained youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research* **28**, 173-177.
- Condello, G., Minganti, C., Lupo, C., Benvenuti, C., Pacini, D. and Tessitore, A. (2013) Evaluation of change-of-direction movements in young rugby players. *International Journal of Sports Physiology and Performance* **8**, 52-56.
- Dello Iacono, A., Ardigo, L.P., Meckel, Y. and Padulo, J. (2016) Effect of Small-Sided Games and Repeated Shuffle Sprint Training on Physical Performance in Elite Handball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research* **30**, 830-840.
- Faude, O., Koch, T. and Meyer, T. (2012) Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *Journal of Sports Sciences* **30**, 625-31.
- Girard, O., Mendez-Villanueva, A. and Bishop, D. (2011) Repeated-sprint ability - part I: factors contributing to fatigue. *Sports Medicine* **41**, 673-694.
- Gonçalves, E., Gonzaga, A.d.S., Cardoso, F.d.S.L. and Tealdo, I. (2015) Anticipation in Soccer: A Systematic Review. *Human Movement* **16**, 95-101.
- Hachana, Y., Chaabene, H., Ben Rajeb, G., Khelifa, R., Aouadi, R., Chamari, K. and Gabbett, T.J. (2014) Validity and reliability of new agility test among elite and subelite under 14-soccer players. *PLoS ONE* **9**, e95773.
- Hader, K., Palazzi, D. and Buchheit, M. (2015) Change of direction speed in soccer: how much braking is enough? *Kinesiology* **47**, 67-74.
- Hammami, M., Negra, Y., Aouadi, R., Shephard, R.J. and Chelly, M.S. (2016) Effects of an in-season plyometric training program on repeated change of direction and sprint performance in the junior soccer player. *Journal of Strength and Conditioning Research* **3**, 3312-3320.
- Hammami, M., Negra, Y., Shephard, R.J. and Chelly, M.S. (2017) The effect of standard strength vs. contrast strength training on the Development of sprint, agility, repeated change of direction, and jump in junior male soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research* **31**, 901-912.
- Köklü, Y., Alemardoğlu, U., Özkan, A., Koz, M. and Ersöz, G. (2015) The relationship between sprint ability, agility and vertical jump performance in young soccer players. *Science & Sports* **30**, e1-e5.
- Krustrup, P., Helsen, W., Randers, M.B., Christensen, J.F., MacDonald, C., Rebelo, A.N. and Bangsbo, J. (2009) Activity profile and physical demands of football referees and assistant referees in international games. *Journal of Sports Sciences* **27**, 1167-1176.
- Little, T. and Williams, A.G. (2005) Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research* **19**, 76-78.
- Lloyd, R.S., Read, P., Oliver, J.L., Meyers, R.W., Nimphius, S. and Jeffreys, I. (2013) Considerations for the development of agility during childhood and adolescence. *Strength and Conditioning Journal* **35**, 2-11.
- Lockie, R.G., Callaghan, S.J., Berry, S.P., Cooke, E.R., Jordan, C.A., Luczo, T.M. and Jeffriess, M.D. (2014) Relationship between unilateral jumping ability and asymmetry on multidirectional speed in team-sport athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research* **28**, 3557-3566.
- Marques, M.C. and Izquierdo, M. (2014) Kinetic and kinematic associations between vertical jump performance and 10-m Sprint time. *Journal of Strength and Conditioning Research* **28**, 2366-2371.
- Northeast, J., Russell, M., Shearer, D., Cook, C. and Kilduff, L. (2017) Predictors of linear and multidirectional acceleration in elite soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, DOI: 10.1519/JSC.0000000000001897.
- Pyne, D.B., Saunders, P.U., Montgomery, P.G., Hewitt, A.J. and Sheehan, K. (2008) Relationships between repeated sprint testing, speed, and endurance. *Journal of Strength and Conditioning Research* **22**, 1633-1637.
- Rouissi, M., Chtara, M., Owen, A., Burnett, A. and Chamari, K. (2017) Change of direction ability in young elite soccer players: determining factors vary with angle variation. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* **57**, 960-968.
- Ruscello, B., Tozzo, N., Briotti, G., Padua, E., Ponzetti, F. and D'Ottavio, S. (2013) Influence of the number of trials and the exercise to rest ratio in repeated sprint ability, with changes of direction and orientation. *Journal of Strength and Conditioning Research* **27**, 1904-1919.
- Sheppard, J.M. and Young, W.B. (2006) Agility literature review: classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences* **24**, 919-932.
- Silva-Junior, C.J.d., Palma, A., Costa, P., Pereira-Junior, P.P., Barroso, R.d.C.L., Abrantes-Junior, R.C. and Barbosa, M.A.M. (2011) Relationship between the sprint and vertical jumps' power in young soccer players. *Motricidade* **7**, 9.
- Šimonek, J., Horička, P. and Hianik, J. (2016) Differences in pre-planned agility and reactive agility performance in sport games. *Acta Gymnica* **46**, 68-73.
- Sporis, G., Jukic, I., Ostojic, S.M. and Milanovic, D. (2009) Fitness profiling in soccer: physical and physiologic characteristics of elite players. *Journal of Strength and Conditioning Research* **23**, 1947-1953.
- Sporiš, G., Milanović, Z., Trajković, N. and Joksimović, A. (2011) Correlation between speed, agility and quickness (SAQ) in elite young soccer players. *Acta Kinesiológica* **5**, 36-41.
- Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C. and Wisloff, U. (2005) Physiology of soccer: an update. *Sports Medicine* **35**, 501-536.

- Struzik, A., Winiarski, S., Popowczak, M. and Rokita, A. (2017) Relationships between variables describing vertical jump and sprint time. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation* **39**, 177-188.
- Thomas, J.R. and Nelson, J.K. (2001) *Research methods in physical activity*. 4th edition. Champaign, IL: Humanics Kinetics.
- Young, W. and Farrow, D. (2006) A review of agility: practical applications for strength and conditioning. *Strength and Conditioning Journal* **28**, 24-29.

Key points

- The aim of this study was to determine variables explaining the effectiveness of the COD speed in two different variation; 30 m zigzag (cutting maneuver) under 60°, and 30 m sprint divided into forward-backward-forward movement in youth soccer.
- The results showed that change of direction of movement (forward/backward/forward) and standing broad jump were associated with change of direction speed under 60°. Whereas straight-line sprinting was related to change of direction movement (forward/backward/forward).
- The results of this study provide further evidence to suggest that COD¹ (CODS over 45° to 60°), COD² (forward/backward/forward sprint) and straight-line sprinting represent three different physical qualities in soccer players. Therefore, we should determine these abilities via separate assessments.
- It is also important that the above-mentioned skills must be developed through a different type of conduction training.

AUTHOR BIOGRAPHY



Marek POPOWCZAK

Employment

Department of Team Sport Games, University School of Physical Education in Wrocław, Poland

Degree

Ph.D.

Research interests

Talent identification in team sports, motor ability development

E-mail: marek.popowczak@awf.wroc.pl



Andrzej ROKITA

Employment

Department of Team Sport Games, University School of Physical Education in Wrocław, Poland

Degree

PhD, Assoc. Prof.

Research interests

The use of the "EDUball" educational ball in primary schools. Talent identification in team sports.

E-mail: andrzej.rokita@awf.wroc.pl



Kamil ŚWIERZKO

Employment

Department of Team Sport Games, University School of Physical Education in Wrocław, Poland

Degree

MSc

Research interests

Talent identification in team sports, motor abilities

E-mail: kamil.swierzko@gmail.com



Stefan SZCZEPAN

Employment

Department of Swimming, University School of Physical Education in Wrocław, Poland

Degree

Ph.D.

Research interests

Motor learning, motor skill acquisition processes, augmented feedback, swimming science.

E-mail: stefan.szczepan@awf.wroc.pl



Ryszard MICHALSKI

Employment

Department of Track and Field and Gymnastic, University School of Physical Education in Wrocław, Poland

Degree

PhD

Research interests

Track and field, motor development

E-mail: ryszard.michalski@awf.wroc.pl



Krzysztof MAĆKAŁA

Employment

Department of Track and Field and Gymnastic, University School of Physical Education in Wrocław, Poland

Degree

PhD

Research interest

Theory and methodology of athletics, motor ability development, biomechanical analysis of sprinting

E-mail: krzysztof.mackala@awf.wroc.pl

✉ Marek Popowczak

Department of Team Sport, University School of Physical Education in Wrocław, ul. Mickiewicza 58, 51-684 Wrocław, Poland



Article

Predicting Visual-Motor Performance in a Reactive Agility Task from Selected Demographic, Training, Anthropometric, and Functional Variables in Adolescents

Marek Popowczak ^{1,*} , Jarosław Domaradzki ² , Andrzej Rokita ¹ , Michał Zwierko ³
and Teresa Zwierko ⁴

¹ Department of Team Sport Games, University School of Physical Education in Wrocław, I.J. Paderewskiego 35, 51-612 Wrocław, Poland; andrzej.rokita@awf.wroc.pl

² Department of Biostructure, University School of Physical Education in Wrocław, I.J. Paderewskiego 35, 51-612 Wrocław, Poland; jaroslaw.domaradzki@awf.wroc.pl

³ Department of Health Sciences, Wrocław Medical University, Wybrzeże L. Pasteura 1, 50-367 Wrocław, Poland; michal.zwierko@gmail.com

⁴ Institute of Physical Culture Sciences, Laboratory of Kinesiology in Functional and Structural Human Research Centre, University of Szczecin, al. Piastów 40b, 71-065 Szczecin, Poland; teresa.zwierko@usz.edu.pl

* Correspondence: marek.popowczak@awf.wroc.pl; Tel.: +48-71-347-35-61

Received: 4 July 2020; Accepted: 21 July 2020; Published: 24 July 2020



Abstract: Reactive agility (RA) directly refers to athletes' visuomotor processing of the specific conditions for team sports. The aim of the study was to identify the factors among age, gender, sport discipline, time participation in a sports activity, reaction time, and visual field which could have an impact on visual-motor performance in RA tasks in young, competitive team sports players. The study included boys ($n = 149$) and girls ($n = 157$) aged 13–15 participating in basketball, volleyball and handball. Anthropometric measurements were carried out, and the Peripheral Perception (PP) test was used to evaluate the visual-motor performance under laboratory conditions. The Five-Time Shuttle Run to Gates test was used to determine the RA. A multiple regression analysis was performed to identify the relationships between the visual-motor performance in an RA task (dependent variable) and the remaining independent variables (continuous and categorical). The findings of the current study indicate that the main predictive factors of visual-motor performance in RA among young athletes are gender ($\beta = -0.46$, $p < 0.000$) and age ($\beta = -0.30$, $p < 0.000$). Moreover, peripheral perception positively affected the achievements in the RA task in boys ($\beta = -0.25$, $p = 0.020$). The sport discipline does not differentiate the visual-motor performance in RA in team sports players in the puberty period.

Keywords: peripheral perception; team sports; reaction; change of direction

1. Introduction

Visual-motor performance, which is determined in part by central and peripheral vision capacity, has an essential role in open-skills sports such as team sports where players are required to react to stimuli in a dynamically changing and unpredictable environment. Central vision encompasses appropriately directing gazes to an object using the high acuity of foveal vision. In team sports, the ability to attend to other objects (e.g., partners) in the environment using peripheral vision (i.e., without looking directly at them) is equally important. The game situation triggers the processing of information from more than one location using various peripheral visual (e.g., foveal spot, visual

pivot, and anchor gaze) or foveal visual (e.g., fixation, quiet eye, saccades, pursuit eye movements) mechanisms that complement each other [1]. Ball sports require the ability to extract and rapidly process dynamic visual features through quickly locating an object, recognizing situations from a dynamic changing environment, and making decisions in a short time [2]. There is evidence that athletes in ball sports exhibit better performance in several visual and motor abilities, including eye-hand coordination, oculomotor function, fusional vergence rate, and reaction time in comparison with a group of individuals without sporting expertise, which suggests an improvement due to the systematic involvement of these skills during sport practice [3–5].

Experimental study results have documented that skilled team sports players demonstrate a better capacity to use both their central and peripheral vision when performing the decision-making required in sport-related context tasks [6–8]. Moreover, a number of studies have showed that the differences in central and peripheral vision between skilled and less-skilled athletes can also appear in general cognitive tasks without a sport-related context [4,9–11], as well as in tests using clinical methodology [12,13]. Studies have demonstrated that visual function can be modified with sport experience as a result of the cognitive and motor demands in a specific sport domain. For instance, Stone et al. [11] investigated basketball players who represent an athlete population that mainly responds to visual stimuli in the upper visual field. They found that the athletes were faster than the non-athletes in response time in both lower and upper visual field tasks, suggesting that the sport experience the athletes had through basketball training significantly shortened their response time, regardless of the visual field. In addition, it has been shown that the faster visuomotor reaction time in athletes in fast-paced sports is mainly determined by visual cortical processes, while motor processes do not contribute to the visuomotor reaction performance [14–16]. Moreover, the modulation in visual processing as a result of systematic sports training, which requires rapid detection of and reaction to visual stimuli, has been found in the early stages of sensory processing. Zwierko et al. [17] observed a significant reduction in the visual signal conductivity time recorded at the level of the primary visual cortex over a two-year period of systematic sports training in volleyball players. Considerable changes were also found in visual processing after the stimulation of the peripheral area of the retina. Given the critical importance of dynamic visual input in open-skill sports, one might predict that sport performance might be supported by neuroplastic changes in visual sensory processing modulated by extensive physical training.

A strong link between participation in fast-paced sports, requiring quick responses, and faster visuomotor processes is well documented [7,8,18]. However, there is less information about how these functions change with age and differ across sport discipline, gender, anthropometric variables, and sports experience (years of practice, training per week). The current study was conducted to address this issue by systematically investigating the visuomotor reaction time to visual stimuli, presented at the central and peripheral fields of vision, during a reactive agility task.

Reactive agility (RA), a whole-body movement that requires a change in velocity or direction in response to a non-planned external stimulus, reflects components related to visual sensorimotor processing, as well as representing an essential aspect of motor performance based on an energetic background [19–21]. It is generally accepted that agility in sports games is important to optimally prepare players across various stages of training [22,23]. In our opinion, reactive agility tasks directly reflect athletes' visuomotor processing of important conditions for team sports. Therefore, the current study aimed to investigate the variability of visuomotor performance in a reactive agility task in young talented team sports players. Herein, we attempt to identify the factors among age, gender, sport discipline, time participation in the sport activity, reaction time, and visual field which could have an impact on visuomotor performance. We hypothesized that visuomotor performance in a reactive agility task varies by gender [24] and improves with athletes' age [25–28], as physical development is required to master perceptual-cognitive skills and motor demands in the specific sport domain.

2. Materials and Methods

2.1. Participants

The research was conducted among competitive youth athletes, representing the regional team from Lower Silesia (south-western region of Poland). The participants included 149 boys and 157 girls aged 13 to 15 years. The aim of the regional sports teams is to select young players to the national team in each age category. The athletes represented three different team sports: basketball (boys, $n = 48$; girls, $n = 45$), volleyball (boys, $n = 47$; girls, $n = 59$), and handball (boys, $n = 54$; girls, $n = 53$). The research participants had normal BMIs (girls, $19.88 \pm 1.60 \text{ kg/m}^2$; boys, $19.93 \pm 1.52 \text{ kg/m}^2$). Each participant had a current medical examination to determine their ability to be physically active, as well as determine if they had any refractive errors. All the participants had normal visual acuity and no injuries. The characteristics of the participants are shown in Table 1. All the participants and parents were asked to sign a consent document before testing. All the athletes were thoroughly informed prior to the test about the activity they were to perform and were verbally motivated to complete the task correctly. No training was planned on the day before or the day of testing.

Both parents and coaches had been informed about the purpose of the study and gave permission for the tests. They were also notified that the study was approved by the Senate's Research Bioethics Commission at the University School of Physical Education in Wroclaw, Poland (17 June 2013), and the procedure complied with the Declaration of Helsinki regarding human experimentation. The study was carried out at the Research Laboratory of the University School of Physical Education in Wroclaw with the ISO 9001: 2009 certification, in cooperation with the Lower Silesian Athletics Federation in Wroclaw, Poland.

2.2. Measurements

All the anthropometric measurements were performed by the same experienced researchers. Height measurements for the athletes were conducted with a SECA portable stadiometer 213 (Seca, Hamburg, Germany) with a 1 mm precision. Body weight was measured with a scale, shoeless, and wearing minimal clothes, with the use of stadiometer to the nearest 10 g.

The Five-Time Shuttle Run to Gates test allowed the determination of the level of reactive agility. A Fusion Smart Speed System apparatus (Smart Speed, Fusion Sport, Coopers Plains, Brisbane, Australia) was used during the Five-Time Shuttle Run to Gates test. The system comprises gates (each gate is equipped in a photocell with an infrared transmitter and a light reflector), a mat (Smart Jump) integrated with the photocell and an RFID reader for athlete identification, and computer software. The testing apparatus measured running time with an accuracy of 0.001 s. Figure 1 presents the setting of the gates, the mat (Smart Jump), and the RFID reader in this test. The distance covered by the participants in this test was 45 m (Figure 1).

2.3. Procedure

The Five-Time Shuttle Run to Gates test [29]: Prior to the test, the subjects underwent a standardized warm-up that lasted 15 min. Afterwards, the researcher discussed the rules of the test and presented its correct execution. Then, each subject received an RFID identification band (containing an individual code), which they put on the wrist of either hand. Before the test, each subject put their identification band on the RFID reader while a green standby light in the head of a photocell connected to the RFID reader was on; this continued until the subject heard a sound signal. Then, all the lights in the gates flashed on and then off again, with only the green standby light remaining lit. The test began with the subject pressing both feet on the center of the mat (Smart Jump). Afterwards, the green light went out, and the light in a randomly selected gate turned on. The subject had to reach the gate, cross the designated line (2 m long) with both feet, and return to the mat (Smart Jump) with both legs, after which another randomly selected gate light lit up. The subject repeated the activity 5 times until after stepping on the mat (Smart Jump) no light signal appeared in the gates. The test data was saved

on a handheld device (HP iPAQ 112), where each result was recorded next to the surname of the subject. The test was repeated twice, with a 10 min rest break in between to minimize fatigue. Before proceeding to the test, the subject was familiarized with the procedures by performing a trial (pre-test). The best time of test completion (RA) was used in the analysis of the results.

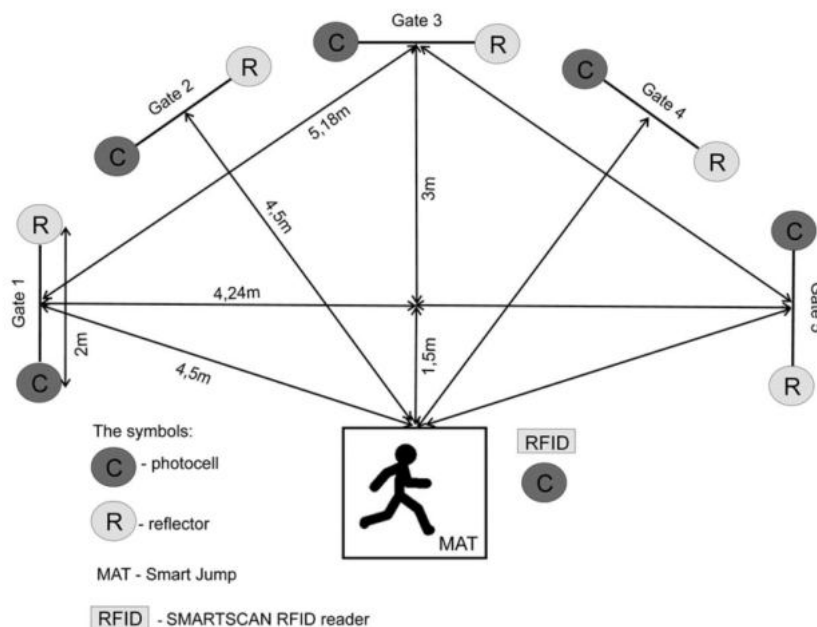


Figure 1. The Five-Time Shuttle Run to Gates test.

Peripheral vision and reaction time: The measurement of peripheral perception (vision) was performed using a computer method and a Peripheral Perception (PP) test from the battery of the Vienna Test System (Dr. Schuhfried Medizintechnik GmbH, Moedling, Austria), [30]. The computer-based test consists of two subtasks: a central tracking task and a peripheral perception task. The total field of vision of a healthy person is around 120° in the vertical plane and 200° in the horizontal plane (after the superimposition of the fields of both eyes). The PP test evaluates the ability to receive and process peripheral visual information and maintain central fixation on a target [30]. The test has a very high reliability ($r = 0.96$).

PP test procedure: The participant (sitting in front of the test apparatus) was tasked with responding in a timely manner to visual stimuli in the form of green glowing vertical diode lines appearing in the lateral field of view on special horizontal LED screens. In the event of the appearance of such a specific stimulus, the participant pressed a foot pedal below the apparatus. At the same time, moving objects—i.e., a ball and a shield—were displayed on the monitor screen, and the subjects were to overlap the objects using panel joysticks. Therefore, the subjects were forced to focus not only on visual stimuli, which were appearing on the right and left sides of their field of view, but also on the moving objects displayed on the monitor in front of them. The device generated a total of 80 pulses (40 on the left and 40 on the right) per time frame. Tracking was controlled by steering a “view-finder” with knobs, such that the view-finder was linked to a red point on the screen. The proper position of the view-finder was confirmed by the flicker of the point. In the test, the system automatically controlled the correct positioning of the head and eyes to the monitor [10,31]. Three parameters were included in the analysis of the results: visual field (FOV_{PP}), the median response time of the left and right as peripheral reaction (PR_{PP}), and the sum of the correct reactions to the signal (CR_{PP}). The FOV_{PP} , PR_{PP} , and CR_{PP} were determined based on the foot pedal (dominant foot) responses to the green signals (vertical lines).

Table 1. Participants' characteristics by gender and sport categories. Means, standard deviations, and 95% CI are presented.

Variables	Sport	Girls (<i>n</i> = 157)			Boys (<i>n</i> = 149)		
		Volleyball (<i>n</i> = 59)	Basketball (<i>n</i> = 45)	Handball (<i>n</i> = 53)	Volleyball (<i>n</i> = 47)	Basketball (<i>n</i> = 48)	Handball (<i>n</i> = 54)
Age (yr)	mean ± SD (95% CI)	14.0 ± 0.9 (13.8–14.3)	14.2 ± 0.8 (14.0–14.4)	14.3 ± 0.8 (14.1–14.6)	14.4 ± 0.7 (14.2–14.7)	14.4 ± 0.9 (14.1–14.6)	14.8 ± 0.8 (14.5–15.0)
Training per week (<i>n</i>)	mean ± SD (95% CI)	3.83 ± 1.18 (3.52–4.14)	5.09 ± 1.68 (4.59–5.59)	4.06 ± 1.32 (3.69–4.42)	5.19 ± 1.71 (4.69–5.69)	4.58 ± 0.96 (4.30–4.86)	4.41 ± 1.21 (4.08–4.74)
Training experience (months)	mean ± SD (95% CI)	49.53 ± 19.74 (44.38–54.67)	48.96 ± 23.59 (41.87–56.04)	47.57 ± 19.83 (42.10–53.03)	43.28 ± 18.53 (37.83–48.72)	49.27 ± 23.59 (42.43–56.11)	44.03 ± 18.79 (38.91–49.17)
Body mass [kg]	mean ± SD (95% CI)	58.5 ± 6.1 (56.9–60.1)	57.0 ± 6.3 (55.1–58.9)	55.2 ± 6.9 (53.3–57.1)	64.4 ± 9.1 (61.7–67.1)	67.0 ± 11.1 (63.8–70.2)	63.9 ± 10.2 (61.1–66.7)
Body height [cm]	mean ± SD (95% CI)	172.6 ± 5.9 (171.1–174.2)	169.4 ± 7.3 (167.3–171.6)	165.0 ± 6.9 (163.1–166.8)	180.2 ± 8.0 (177.8–182.5)	182.4 ± 12.2 (178.8–186.0)	177.9 ± 10.3 (175.1–180.7)
CR _{PP} (<i>n</i>)	mean ± SD (95% CI)	28.31 ± 4.91 (27.02–29.59)	29.27 ± 6.24 (27.39–31.14)	28.81 ± 5.56 (27.28–30.34)	30.04 ± 5.40 (28.46–31.53)	29.06 ± 5.68 (27.41–30.71)	28.81 ± 5.85 (27.22–30.41)
FOV _{PP} (°)	mean ± SD (95% CI)	171.46 ± 7.89 (169.40–173.52)	172.99 ± 9.46 (170.15–175.83)	173.53 ± 6.82 (171.65–175.42)	172.31 ± 8.64 (169.77–174.84)	171.84 ± 7.05 (169.79–173.88)	173.58 ± 8.39 (171.29–175.87)
PR _{PP} [s]	mean ± SD (95% CI)	0.70 ± 0.07 (0.68–0.72)	0.68 ± 0.08 (0.65–0.70)	0.70 ± 0.08 (0.67–0.72)	0.66 ± 0.08 (0.64–0.69)	0.64 ± 0.07 (0.61–0.66)	0.65 ± 0.07 (0.62–0.67)
RA [s]	mean ± SD (95% CI)	19.99 ± 1.15 (19.69–20.29)	19.66 ± 1.16 (19.31–20.01)	19.58 ± 1.26 (19.23–19.92)	18.83 ± 1.36 (18.43–19.22)	18.70 ± 1.36 (18.30–19.10)	18.55 ± 1.11 (18.25–18.86)

Note: CR_{PP}—correct reaction in the PP test; FOV_{PP}—visual field in the PP test; PR_{PP}—peripheral reaction in the PP test; RA—reactive agility.

2.4. Statistical Analysis

The Shapiro–Wilk test was used to evaluate the normality of the distribution of the continuous variables. All the variables showed a normal distribution. Descriptive statistics are presented as means, standard deviations, and 95% confidence intervals (CI). The categorical variables were recorded as percentages.

A multiple linear regression analysis was performed to identify the relationships between the visual-motor performance in the reactive agility task (dependent variable) and the remaining independent variables (continuous and categorical). The multiple regression method allows the study of the relationships (influence) of many independent variables with a dependent variable. The advantage is the possibility of using continuous variables, as well as those measured on an ordinal and nominal scale. The significance level was set at $\alpha = 0.05$. Statistical analyses were performed using the Statistica v.13.0 application (StatSoft Polska, Cracow, Poland).

3. Results

Table 1 presents the participants' characteristics. The young athletes had typical levels of morphological development and normal BMI values for their given age/gender [32].

Data from the regression model is presented in Table 2; the model was statistically significant and well suited to the explanatory variables (adjusted $R^2 = 0.24$, $F = 10.82$, $p < 0.000$). The independent variables included in the model explained 24% of the variability of the visual-motor performance in the RA task. Table 2 also details the results of the testing associations between the individual covariates and the visual-motor performance in the RA. Only three independent variables (gender, age, and training experience) were statistically significant and associated with the dependent variable. The standardized β coefficients suggested that most of the variability of the RA results was explained by gender ($\beta = -0.46$, $B = -1.24$), indicating that boys responded 1.24 s faster than the girls. A slightly weaker effect was observed for age ($\beta = -0.30$), wherein increasing the age by 1 year improved the RA performance by 0.5 s ($B = -0.48$). Although the impact of training experience on the RA results was statistically significant, its strength was negligible ($\beta = -0.11$, $B = -0.01$). Among the morphological features examined, body weight ($\beta = 0.31$, $B = 0.04$) had a strong impact (although not statistically significant) on the RA test result. Specifically, increasing the weight by 1 kg increased the RA test time by 0.04 s. The psychomotor tests performance associations with the RA test were minor.

Table 2. Individual associations of gender, age, and sport experience covariates; morphological variables; time of reaction; and visual field results with the visual-motor performance in a reactive agility task.

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		Sig.
	B		(β)	95% CI	<i>p</i>
Gender	-1.24		-0.46	-0.58 – -0.34	0.000
Age	-0.48		-0.30	-0.42 – -0.18	0.000
Training per week	-0.05		-0.05	-0.15 – 0.05	0.315
Training experience	-0.01		-0.11	-0.21 – -0.01	0.038
Body mass	0.04		0.31	-1.02 – 1.64	0.645
Body height	0.00		0.01	-1.03 – 1.04	0.990
CR _{PP}	-0.02		-0.07	-0.20 – 0.06	0.283
FOV _{PP}	0.00		0.02	-0.10 – 0.15	0.719
PR _{PP}	0.62		0.04	-0.09 – 0.16	0.582

Note: CR_{PP}—correct reaction in the PP test; FOV_{PP}—visual field in the PP test; PR_{PP}—peripheral reaction in the PP test; B—unstandardized coefficients; β —standardized coefficients.

Due to the substantial influence of gender on the RA performance in the regression model above, further regression analyses were carried out separately for girls and boys. Both the presented regression models (for girls and boys) were statistically significant and well suited to the explanatory variables

(adjusted $R^2 = 0.14$, $F = 3.43$, $p < 0.000$; adjusted $R^2 = 0.12$, $F = 2.94$, $p = 0.002$, respectively), although the model for the girls is slightly better suited. The regression model for girls explained 14% of the variability of the visual-motor performance in the RA task, while the model for the boys explained 12% of the dependent variable's variability. Table 3 displays the results of the multiple regression analyses testing associations between the individual covariates and the visual-motor performance in the reactive agility task. The type of team game sport was used as a categorical variable. All the categories were encoded as duplicate variables. The reference group was the volleyball group; thus, we were able to compare the influence of the basketball and handball training on the volleyball training. In the girls' group, four independent variables were significantly associated with the dependent variable (RA): age, training per week, training experience, and body mass. The standardized β coefficients suggested that most of the variability in the RA performance was explained by the body mass, with a greater body mass being associated with a worse performance (longer time) in the RA test ($\beta = 0.28$, $B = 0.05$). Girls who were more experienced players had substantially better results (shorter time) in the RA test ($\beta = -0.18$, $B = -0.01$). The rest of the statistically significant variables affected the RA results with a similar strength (all $\beta = 0.18$, but different B). In the boys' group, only two independent variables were significantly associated with the dependent variable (RA): age and correct reactions in the PP test. Specifically, the older boys exhibited a better RA performance ($\beta = -0.50$, $B = -0.79$), and the boys who had more correct reactions in the PP test also had better results in the RA test ($\beta = -0.25$, $B = -0.06$). Furthermore, the regression models indicate no effect of sport type on the RA test results among either gender.

Table 3. Individual associations of gender, age, and sport experience covariates; morphological variables; time of reaction; and visual field results with the visual-motor performance in a reactive agility test in girls and boys.

Models	Girls					Boys				
	B	β	95% CI	p	B	β	95% CI	p		
Age	-0.26	-0.18	-0.37	0.00	0.049	-0.79	-0.50	-0.73	-0.27	0.000
Training per week	-0.14	-0.18	-0.35	0.00	0.045	-0.03	-0.04	-0.20	0.13	0.674
Training experience	-0.01	-0.18	-0.34	-0.03	0.017	0.00	-0.05	-0.21	0.11	0.548
Body mass	0.05	0.28	0.04	0.51	0.021	0.01	0.11	-0.26	0.49	0.553
Body height	0.00	0.03	-0.22	0.27	0.837	0.04	0.29	-0.08	0.66	0.123
CR _{pp}	0.02	0.07	-0.12	0.27	0.463	-0.06	-0.25	-0.46	-0.04	0.020
FOV _{pp}	0.00	-0.01	-0.20	0.18	0.929	0.02	0.10	-0.10	0.30	0.308
PR _{pp}	2.73	0.17	-0.01	0.36	0.067	-1.47	-0.08	-0.29	0.12	0.423
Reference group: volleyball										
R: Basketball group	-0.01	-0.01	-0.19	0.17	0.911	0.19	0.14	-0.05	0.33	0.149
R: Handball group	0.06	0.05	-0.14	0.24	0.627	0.04	0.03	-0.17	0.22	0.779

Note: CR_{pp}—correct reaction in the PP test; FOV_{pp}—visual field in the PP test; PR_{pp}—peripheral reaction in the PP test; B—unstandardized coefficients; β —standardized coefficients; R—respondent group.

4. Discussion

The current study examined the impact of the morphological parameters of age, gender, training experience, number of training sessions per week and visual function as assessed by the PP test on the agility test performances in 13–15-year-old team game players. We found that the visual-motor performance in an RA task improves with an athlete's age. In the current study, a 1-year increase in age resulted in improved agility results of RA by 0.79 s ($p < 0.000$) in boys and 0.26 s ($p < 0.05$) in girls. Our findings confirm previous results in which age significantly influenced the agility test performance in children and adolescents [25–28]. It appears that the age-associated impacts on RA performance are manifested in individual development and may be attributed to biological maturation [33–36]. However, studies have shown curvilinear improvements in agility with advancing age—i.e., accelerated improvements for agility in boys are at an age of 9–10 years, whereas in girls this occurs at 9–11 years

of age [36]. Furthermore, with age comes technique improvement in reactive agility tests—i.e., mainly the ability to properly accelerate and decelerate, lower the center of gravity in the human body, shorten the step before turning, and respond to an external stimulus [37,38].

Our findings are also consistent with current research on the impact of gender on RA performance. Boys performed better on the Five-Time Shuttle Run to Gates test compared with girls. This is likely a result of differences in the time of peak development in directional change abilities and other motor skills, such as speed and endurance performance. These skills are improved in boys as a result of the onset of puberty [28]. The development of muscle mass, which will affect the strength and speed of movement and change of direction, occurs later. On the other hand, girls go through puberty earlier, reaching their peak development of speed and changes in direction movement. Therefore, female youth athletes may exhibit a stabilization in RA before the final stage of maturation [39].

The better agility performance in boys compared with girls can also be explained by their higher absolute and relative anaerobic power values [40]. Studies examining short-term power output in relation to growth and maturation indicate that the peak and mean power in the Wingate anaerobic test is higher for boys than for girls, and the gender differences increase with age—i.e., the anaerobic power values of boys increased by 121% (peak power) and 113% (mean power), respectively, from age 12 to 17 years, whereas those of girls increased by 66% and 60%, respectively [24].

Our findings revealed no significant impact of height or the type of sport training on the RA performance. However, we did see a significant impact of body mass on the RA performance in girls, with an increase of 1 kg in body mass increasing the task time by 0.05 s. This deterioration in performance is likely related to the lack of power increase with increasing body mass. The participating 13–15-year-old boys were still at the beginning of, or before, the development of muscle mass; therefore, their body mass did not affect the parameters determining visual-motor performance in the same manner [39]. This information may be useful for practitioners designing training for groups of boys and girls at this age. Training for girls should be focused on muscle strength and mass development, which will contribute to the implementation of fast direction changes based on acceleration and braking. Moreover, the management of body composition—e.g., fat-free mass and skeletal muscle mass—may be necessary.

Furthermore, our study results indicate the importance of training experience or the number of training sessions per week on the task performance in girls. Probably, each additional month of training in 13–15-year-old athletes contributes to shortening the test time by 0.01 s (but only in girls). However, the study of the training time volume per week (for example, the hours of training per week) is needed. Similarly, a greater number of exercise sessions per week results in improved visual-motor performance in a reactive agility test in girls. Therefore, additional systematically implemented physical activity for girls in team sports likely contributes to improvements in reactive agility. It should be mentioned that at the time of the study, the young athletes were in a period of motor development stabilization. However, the lack of measurement and analysis of daily physical activity (e.g., undertaken at school or in free time) in our participants may limit the interpretation of this research. Furthermore, information about the type of exercise in sports clubs was not collected. Therefore, we cannot say unequivocally that participation in team sports training impacted reactive agility. Likewise, the type of exercise used in training can affect the test results. However, research conducted by Ryu et al. [8] and Ryu et al. [7] revealed that qualified team sports players (with more training experience) demonstrated a better ability to use visual performance during tasks related to movement than less-skilled players.

In contrast, there was no impact of training experience or the number of exercise sessions per week on the reactive agility performance in boys. This is probably related to the curvilinear course of agility skills observed with age [36]. The boys in the current study were in the initial stages of puberty, wherein muscle hypertrophy (strength and power) is just beginning, and movement coordination and psychomotor processes are still not refined. Therefore, training experience or the number of weekly exercise sessions does not override the high interindividual variability in agility performance in 14–15-year-old boys. Additionally, our results may indicate the importance

of the quality and specificity of training classes. The development of RA, as a comprehensive ability consisting of cognitive-perceptual and motor components, requires undertaking physical tasks based on the sprinting ability, speed, and techniques of changing directions and reacting to stimuli from the environment. Without utilizing these types of tasks in training, athletes are unlikely to see any significant changes in RA development and subsequent game performance. A combination of visual skills and plyometric training; motor tasks with a ball similar to the situation in the game—e.g., small-sided games [41–43]; and/or agility training is recommended.

In the current study, we found that sport type does not affect the RA performance or associated measures. In studies performed by Šimonek, Horička, and Hianik [22], there was no difference in the horizontal reactive agility between basketballers, volleyballers, and soccer players aged 15–16 years. Therefore, the RA measured using the Five-Time Shuttle Run to Gates test is relevant to various team sports, including volleyball, handball, and basketball. However, these three games are characterized by situations in which the object of observation (ball) is at the height of the torso, head or above the player's head. In other team sports, such as floorball and soccer, in which the observed ball is usually below the torso, visuomotor performance may differ from that of the athletes in the current study. Additionally, it was noted that subjects who had comparable results in reactive agility also had similar techniques, acceleration, and deceleration. However, it was expected that there would be a visible difference in the reactive agility measures between athletes of various team sports, due to the specificity of movements in the game. Numerous studies have indicated that team sports differ in the number of changes in direction the player performs, acceleration and braking, technique, and the lengths of straight running. Therefore, future research should further examine differences in visuomotor performance between players of different team sports.

The current research looked at the effect of variables characterizing visuomotor performance in the PP test on performance in the Five-Time Shuttle Run to Gates test to assess the RA. The results of the present study showed that the visual field parameters did not affect the RA performance in young athletes. However, it is generally accepted that maturation of peripheral vision occurs until 13 years of age [44]—i.e., simultaneous with the development of agility [36]. Furthermore, Gonçalves et al. [45] found a strong positive correlation between the extent of the visual field and the predicted adult height of soccer players aged 11–15 years. On one hand, the visual field [2] may not be a sensitive discriminator of RA performance. This observation is supported by previous findings where there was no correlation between the extent of the visual field and skill level [10]. On the other hand, it is possible that during RA performance, players used more visual search patterns, based on oculomotor function, to locate the visual stimuli rather than maintaining stable fixation as a base to the peripheral vision. Moreover, the results of perceptual-cognitive studies show distinct differences between experts and novice players in visual search strategies [46,47], suggesting that experts, in contrast to novices, fixate centrally and use peripheral vision to monitor the surrounding areas of the environment. Using alternative tools for oculomotor assessment (e.g., eye-tracker system) may further elucidate the role of visual-motor performance in a reactive agility task.

We also found a positive correlation between the frequency of correct reactions in the PP test and RA performance; however, this relationship was only observed in boys. Boys who had more correct reactions in the PP test performed better in the RA task. Our findings are in line with previous experimental studies that reported gender differences in visual-spatial skills—i.e., it has been observed that boys/men exhibit better spatial perception, spatial visualization, mental turn, and spatial-temporal performance than girls/women, as well as fewer errors when searching for and interpreting stimuli from the environment [48–50]. Moreover, during a visual-spatial task, women prefer strategies based on memory function, while men analyze current spatial relationships [51]. Interestingly, it has been reported that sport activity may reduce gender differences in visual-spatial ability. For instance, Notarnicola et al. [48] found no statistically significant gender differences in visual-spatial skills during volleyball and tennis activity, whereas there were significant gender differences in the nonathletic

group. Thus, future investigations should monitor the potential benefit of systematic team sports training in reducing gender differences in visual-motor performance.

Our findings may have a contribution in existing theoretical models of agility [52]. According to the constraints-based approach of reactive agility proposed by Jeffreys [53], the positive relationship between correct reactions in the PP test and the RA can be interact to determine the optimal patterns of perceptual constraints. Perceptual and cognitive processes contribute significantly to effective team sports related movement, mainly through the fixation location, recognition of movement patterns, anticipation, and the ability to focus on critical elements contributing to performance. Moreover, it seems to be worthwhile to emphasize that demographic variables, such as age and gender, may constitute the potential constraints that could limit the agility performance.

A primary limitation of this study is that there was no analysis of the biological age of the participants and its subsequent impact on the reactive agility and PP test results. It may be important to establish where the maturation rate is most different between boys and girls and how this relates to visual-motor performance in an RA task.

5. Conclusions

The findings of the current study indicate that the main predicting factors of visual-motor performance in reactive agility in young athletes are age and gender. Moreover, peripheral perception positively affects the reactive agility performance in boys. It appears that during puberty, sport discipline does not differentiate the visual-motor performance in RA in team sports players. The practical implications of this study include the potential to modify the training processes for complex motor functions such as agility in relation to the development of future expert athletes. Specifically, the development of RA in team sports during adolescence should be supported by the differentiation of age- and gender-specific training methods. Moreover, the proposal of RA testing is reliable and useful to estimate agility in the puberty period independently of particular sports disciplines in team games. Visual training may be a useful tool for modifying gender differences in visuomotor performance in young athletes.

Author Contributions: Conceptualization, M.P., T.Z., and A.R.; methodology, J.D., M.P., and A.R.; software, J.D.; validation, J.D. and T.Z.; formal analysis, J.D., M.P., and M.Z.; investigation, M.P. and A.R.; data curation, J.D. and M.P.; writing—original draft preparation and editing, M.P., J.D., and M.Z.; writing—review, M.P., T.Z., and J.D. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Acknowledgments: We would like to thank the employees of the Lower Silesian Athletics Federation in Wrocław, Poland, for their participation in this research.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Klostermann, A.; Vater, C.; Kredel, R.; Hossner, E.-J. Perception and action in sports. on the functionality of foveal and peripheral vision. *Front. Sports Act. Living* **2020**, *1*, 1. [[CrossRef](#)]
2. Williams, A.M.; Davids, K.; Williams, J.G. *Visual Perception and Action in Sport*; E & FN Spon: London, UK, 1999.
3. Piras, A.; Lobietti, R.; Squatrito, S. Response time, visual search strategy, and anticipatory skills in volleyball players. *J. Ophthalmol.* **2014**, *2014*, 1–10. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
4. Zwierko, T.; Jedziniak, W.; Florkiewicz, B.; Stępiński, M.; Buryta, R.; Kostrzewa-Nowak, D.; Nowak, R.; Popowczak, M.; Woźniak, J. Oculomotor dynamics in skilled soccer players: The effects of sport expertise and strenuous physical effort. *Eur. J. Sport Sci.* **2019**, *19*, 612–620. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
5. Vera, J.; Rodríguez, R.J.; Cárdenas, D.; Redondo, B.; García, J.A. Visual perception, performance, and processing of basketball players versus sedentary individuals. *J. Sport Health Sci.* **2017**. [[CrossRef](#)]
6. Mann, D.T.; Williams, A.M.; Ward, P.; Janelle, C.M. Perceptual-cognitive expertise in sport: A meta-analysis. *J. Sport Exerc. Psychol.* **2007**, *29*, 457–478. [[CrossRef](#)]

7. Ryu, D.; Abernethy, B.; Mann, D.; Poolton, J.M. The contributions of central and peripheral vision to expertise in basketball: How blur helps to provide a clearer picture. *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.* **2015**, *41*, 167–185. [[CrossRef](#)]
8. Ryu, D.; Abernethy, B.; Mann, D.; Poolton, J.M.; Gorman, A. The role of central and peripheral vision in expert decision making. *Perception* **2013**, *42*, 591–607. [[CrossRef](#)]
9. Voss, M.W.; Kramer, A.F.; Basak, C.; Prakash, R.S.; Roberts, B. Are expert athletes ‘expert’ in the cognitive laboratory? A meta-analytic review of cognition and sport expertise. *Appl. Cogn. Psychol.* **2009**, *24*, 812–826. [[CrossRef](#)]
10. Zwierko, T.; Głowacki, T.; Osiński, W. The effect of specific anaerobic exercises on peripheral perception in handball players. *Kinesiol. Slov.* **2008**, *14*, 68–76.
11. Stone, S.; Baker, J.; Olsen, R.; Gibb, R.; Doan, J.; Hoetmer, J.; Gonzalez, C.L.R. Visual field advantage: Redefined by training? *Front. Psychol.* **2019**, *9*, 9. [[CrossRef](#)]
12. Lesiakowski, P.; Lubiński, W.; Zwierko, T. Analysis of the relationship between training experience and visual sensory functions in athletes from different sports. *Pol. J. Sport Tour.* **2017**, *24*, 110–114. [[CrossRef](#)]
13. Zwierko, T.; Osinski, W.; Lubiński, W.; Czepita, D.; Florkiewicz, B. Speed of visual sensorimotor processes and conductivity of visual pathway in volleyball players. *J. Hum. Kinet.* **2010**, *23*, 21–27. [[CrossRef](#)]
14. Hülzdünker, T.; Strüder, H.; Mierau, A. The athletes’ visuomotor system—Cortical processes contributing to faster visuomotor reactions. *Eur. J. Sport Sci.* **2018**, *18*, 955–964. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
15. Hülzdünker, T.; Strüder, H.; Mierau, A. Visual but not motor processes predict simple visuomotor reaction time of badminton players. *Eur. J. Sport Sci.* **2017**, *18*, 190–200. [[CrossRef](#)]
16. Hülzdünker, T.; Ostermann, M.; Mierau, A. The speed of neural visual motion perception and processing determines the visuomotor reaction time of young elite table tennis athletes. *Front. Behav. Neurosci.* **2019**, *13*, 165. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
17. Zwierko, T.; Lubiński, W.; Lesiakowski, P.; Steciuk, H.; Piasecki, L.; Krzepota, J. Does athletic training in volleyball modulate the components of visual evoked potentials? A preliminary investigation. *J. Sports Sci.* **2014**, *32*, 1519–1528. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
18. Schumacher, N.; Schmidt, M.; Reer, R.; Braumann, K.-M. Peripheral vision tests in sports: Training effects and reliability of peripheral perception test. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2019**, *16*, 5001. [[CrossRef](#)]
19. Jones, P.; Bampouras, T.M.; Marrin, K. An investigation into the physical determinants of change of direction speed. *J. Sport. Med. Phys. Fit.* **2009**, *49*, 97–104. [[CrossRef](#)]
20. Young, W.B.; Henry, G.; Dawson, B. Agility and change-of-direction speed are independent skills: Implications for training for agility in invasion sports. *Int. J. Sports Sci. Coach.* **2015**, *10*, 159–169. [[CrossRef](#)]
21. Mackala, K.; Vodigar, J.; Žvan, M.; Križaj, J.; Stodolka, J.; Rauter, S.; Čoh, M. Evaluation of the pre-planned and non-planned agility performance: Comparison between individual and team sports. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17*, 975. [[CrossRef](#)]
22. Šimonek, J.; Horička, P.; Hianik, J. Differences in pre-planned agility and reactive agility performance in sport games. *Acta Gymnica* **2016**, *46*, 68–73. [[CrossRef](#)]
23. Horička, P.; Hianik, J.; Šimonek, J. The relationship between speed factors and agility in sport games. *J. Hum. Sport Exerc.* **2014**, *9*, 49–58. [[CrossRef](#)]
24. Armstrong, N.; Welsman, J.R.; Chia, M.Y.H. Short term power output in relation to growth and maturation. *Br. J. Sports Med.* **2001**, *35*, 118–124. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
25. Pojskic, H.; Åslin, E.; Krolo, A.; Jukic, I.; Uljevic, O.; Spasić, M.; Sekulic, D. Importance of reactive agility and change of direction speed in differentiating performance levels in junior soccer players: Reliability and validity of newly developed soccer-specific tests. *Front. Physiol.* **2018**, *9*, 506. [[CrossRef](#)]
26. Fiorilli, G.; Mitrotasios, M.; Iuliano, E.; Pistone, E.M.; Aquino, G.; Calcagno, G.; Di Cagno, A. Agility and change of direction in soccer: Differences according to the player ages. *J. Sport. Med. Phys. Fit.* **2016**, *57*, 1597–1604.
27. Lloyd, R.S.; Oliver, J.L.; Radnor, J.M.; Rhodes, B.C.; Faigenbaum, A.D.; Myer, G.D. Relationships between functional movement screen scores, maturation and physical performance in young soccer players. *J. Sports Sci.* **2014**, *33*, 11–19. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
28. Krolo, A.; Gilic, B.; Foretic, N.; Pojskic, H.; Hammami, R.; Spasić, M.; Uljevic, O.; Versic, S.; Sekulic, D. Agility testing in youth football (soccer) players; evaluating reliability, validity, and correlates of newly developed testing protocols. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17*, 294. [[CrossRef](#)]

29. Popowczak, M.; Rokita, A.; Struzik, A.; Cichy, I.; Dudkowski, A.; Chmura, P. Multi-directional sprinting and acceleration phase in basketball and handball players aged 14 and 15 years. *Percept. Mot. Ski.* **2016**, *123*, 543–563. [[CrossRef](#)]
30. Schuhfried, G. *Vienna Test System: Psychological Assessment*; Schuhfried: Moedling, Austria, 2013.
31. Sabatowski, R.; Scharnagel, R.; Gyllensvärd, A.; Steigerwald, I. Driving ability in patients with severe chronic low back or osteoarthritis knee pain on stable treatment with tapentadol prolonged release: A multicenter, open-label, phase 3b trial. *Pain Ther.* **2014**, *3*, 17–29. [[CrossRef](#)]
32. Cole, T.J.; Flegal, K.M.; Nicholls, D.; Jackson, A.A. Body mass index cut offs to define thinness in children and adolescents: International survey. *BMJ* **2007**, *335*, 194. [[CrossRef](#)]
33. McKenzie, T.L.; Sallis, J.F.; Broyles, S.L.; Zive, M.M.; Nader, P.R.; Berry, C.C.; Brennan, J.J. Childhood movement skills: Predictors of physical activity in anglo american and mexican american adolescents? *Res. Q. Exerc. Sport* **2002**, *73*, 238–244. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
34. Yanci, J.; Arcos, A.L.; Grande, I.; Gil, E.; Cámara, J. Correlation between agility and sprinting according to student age. *Coll. Antropol.* **2014**, *38*, 533–538. [[PubMed](#)]
35. Roriz, M.S.; Seabra, A.; Freitas, D.; Eisenmann, J.C.; Maia, J. Physical fitness percentile charts for children aged 6–10 from Portugal. *J. Sport. Med. Phys. Fit.* **2014**, *54*, 780–792.
36. Golle, K.; Muehlbauer, T.; Wick, D.; Granacher, U. Physical fitness percentiles of german children aged 9–12 years: Findings from a longitudinal study. *PLoS ONE* **2015**, *10*, e0142393. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
37. Lloyd, R.S.; Read, P.; Oliver, J.L.; Meyers, R.W.; Nimphius, S.; Jeffreys, I. Considerations for the development of agility during childhood and adolescence. *Strength Cond. J.* **2013**, *35*, 2–11. [[CrossRef](#)]
38. Ljac, V.; Witkowski, Z.; Gutni, B.; Samovarov, A.; Nash, D. Toward effective forecast of professionally important sensorimotor cognitive abilities of young soccer players. *Percept. Mot. Ski.* **2012**, *114*, 485–506. [[CrossRef](#)]
39. Vanttinen, T.; Blomqvist, M.; Nyman, K.; Häkkinen, K. Changes in body composition, hormonal status, and physical fitness in 11-, 13-, and 15-year-old finnish regional youth soccer players during a two-year follow-up. *J. Strength Cond. Res.* **2011**, *25*, 3342–3351. [[CrossRef](#)]
40. Malina, R. Growth and Maturation of Young Athletes: Is Training for Sport a Factor. In *Sports and Children*; Kai-Ming, C., Micheli, L.J., Eds.; Williams and Wilkins Asia-Pacific: Hong Kong, China, 1998; pp. 133–161.
41. Iacono, A.D.; Eliakim, A.; Meckel, Y. Improving fitness of elite handball players: Small-sided games vs. high-intensity intermittent training. *J. Strength Cond. Res.* **2015**, *29*, 835–843. [[CrossRef](#)]
42. Falch, H.N.; Rædergård, H.G.; Tillaar, R.V.D. Effect of different physical training forms on change of direction ability: A systematic review and meta-analysis. *Sports Med. Open* **2019**, *5*, 1–37. [[CrossRef](#)]
43. Zwierko, T.; Puchalska-Niedbal, L.; Krzepota, J.; Markiewicz, M.; Woźniak, J.; Lubiński, W. The effects of sports vision training on binocular vision function in female university athletes. *J. Hum. Kinet.* **2015**, *49*, 287–296. [[CrossRef](#)]
44. Wabbels, B.K.; Wilscher, S. Feasibility and outcome of automated static perimetry in children using continuous light increment perimetry (CLIP) and fast threshold strategy. *Acta Ophthalmol. Scand.* **2005**, *83*, 664–669. [[CrossRef](#)]
45. Gonçalves, E.; Noce, F.; Barbosa, M.A.M.; Figueiredo, A.J.; Hackfort, D.; Teoldo, I. Correlation of the peripheral perception with the maturation and the effect of the peripheral perception on the tactical behaviour of soccer players. *Int. J. Sport Exerc. Psychol.* **2017**, 1–13. [[CrossRef](#)]
46. Vater, C.; Luginbühl, S.; Magnaguagno, L. Testing the functionality of peripheral vision in a mixed-methods football field study. *J. Sports Sci.* **2019**, *37*, 2789–2797. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
47. Piras, A.; Vickers, J.N. The effect of fixation transitions on quiet eye duration and performance in the soccer penalty kick: Instep versus inside kicks. *Cogn. Process.* **2011**, *12*, 245–255. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
48. Notarnicola, A.; Maccagnano, G.; Pesce, V.; Tafuri, S.; Novielli, G.; Moretti, B. Visual-spatial capacity: Gender and sport differences in young volleyball and tennis athletes and non-athletes. *BMC Res. Notes* **2014**, *7*, 57. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
49. Kiss, B.; Balogh, L. A study of key cognitive skills in handball using the Vienna test system. *J. Phys. Educ. Sport* **2019**, *19*, 733–741. [[CrossRef](#)]
50. Silverman, I.; Choi, J.; Peters, M. The hunter-gatherer theory of sex differences in spatial abilities: Data from 40 countries. *Arch. Sex. Behav.* **2007**, *36*, 261–268. [[CrossRef](#)]

51. Mueller, S.C.; Jackson, C.P.; Skelton, R.W. Sex differences in a virtual water maze: An eye tracking and pupillometry study. *Behav. Brain Res.* **2008**, *193*, 209–215. [[CrossRef](#)]
52. Hojka, V.; Stastny, P.; Rehak, T.; Gołaś, A.; Mostowik, A.; Zawart, M.; Musalek, M. A systematic review of the main factors that determine agility in sport using structural equation modeling. *J. Hum. Kinet.* **2016**, *52*, 115–123. [[CrossRef](#)]
53. Jeffreys, I. Utilising motor learning methods in the development of physical skills. *UKSCA* **2011**, *23*, 33–35.



© 2020 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



The Relationship Between Reactive Agility and Change of Direction Speed in Professional Female Basketball and Handball Players

Marek Popowczak, Ireneusz Cichy*, Andrzej Rokita and Jarosław Domaradzki

Faculty of Physical Education and Sport, Wrocław University of Health and Sport Sciences, Wrocław, Poland

OPEN ACCESS

Edited by:

Aaron T. Scanlan,
Central Queensland
University, Australia

Reviewed by:

Kirsten Spencer,
Auckland University of Technology,
New Zealand
Emilija Stojanovic,
University of Nis, Serbia

*Correspondence:

Ireneusz Cichy
ireneusz.cichy@awf.wroc.pl

Specialty section:

This article was submitted to
Movement Science and Sport
Psychology,
a section of the journal
Frontiers in Psychology

Received: 12 May 2021

Accepted: 25 August 2021

Published: 30 September 2021

Citation:

Popowczak M, Cichy I, Rokita A and Domaradzki J (2021) The Relationship Between Reactive Agility and Change of Direction Speed in Professional Female Basketball and Handball Players. *Front. Psychol.* 12:708771. doi: 10.3389/fpsyg.2021.708771

Assessing the physical ability of players to perform change of direction and the cognitive and motor abilities revealed in reactive agility (RA) is necessary to understand the physical requirements and capabilities of professional players in handball and basketball. The main aim of this study was to determine the differences between professional female basketball and handball players in terms of anthropometric features, change of direction speed (CODS), and the RA task. Moreover, the relationships among anthropometric features, agility, and parameters of perception were determined. Two scenarios of the Five-Time Shuttle Run to Gates test (planned and unplanned) were used to evaluate the CODS and RA. The response time (RT) was also measured in the unplanned scenario. Additionally, the index of reactivity (REAC-INDEX) was specified as the difference between the RA test result and the measurement of CODS. There was a significant difference found in terms of body height, with basketball players being taller than handball players ($p = 0.032$). Professional female handball players achieved better results than professional female basketball players with regard to RA tasks ($p = 0.01$) and CODS ($p = 0.041$). Significant simple correlations between each anthropometric feature (body height, body mass) and values for CODS and RA were observed ($r = 0.49$ – 0.53). Applying partial correlation allowed for the assessment of actual relationships among CODS, RA, RT, and REAC-INDEX, without a confounding variable. Detaching the anthropometric parameters from the rest of the relationships resulted in maintenance or changes in r -values and an increased significance in the relationships between each pair: RA vs. RT, RA vs. REAC-INDEX, and RT vs. REAC-INDEX. The strongest associations were related to RT vs. REAC-INDEX ($r = 0.97$ at detaching body height or body mass, $p < 0.001$) and CODS vs. RA ($r = 0.66$ at detaching body height and $r = -0.67$ at detaching body mass, $p < 0.001$). It is recommended to use partial correlations in subsequent studies, as simple correlations are not reliable and may not reveal the apparent relationships between the variables. In addition, when determining the CODS and RA, it is suggested to take anthropometric and perception variables into account, such as reaction time or REAC-INDEX.

Keywords: competitive sport, cognitive motor skills, team sport, performance analysis, motor performance

INTRODUCTION

The ability to accelerate, stop quickly, turn or change of direction (COD), and accelerate again is an essential part of the motor skills of a handball and basketball player (Scanlan et al., 2015; Bayraktar, 2017; Šimonek et al., 2017; Conte et al., 2020). This ability is referred to as COD if the movement does not require a response to a stimulus, and it is usually classified as a preplanned and closed skill (Brughelli et al., 2008; Sheppard et al., 2014; Young et al., 2015a). During COD manoeuvre, the running phase is followed by a slowdown or stopping phase due to eccentric muscle contraction and the COD. This phase includes adjusting the support (foot contact with the ground in the lateral part of the foot/forefoot) in relation to the center of mass (COM) in order to effectively use the external force to accelerate in the new planned direction of movement (Spiteri et al., 2013; Jones et al., 2017; Dos'Santos et al., 2018). This can be carried out at different speeds depending on the situation on the court. The term “change of direction speed” (CODS) is often used, and it is defined as the ability to COD in the shortest possible time into a predetermined location and space on the field, pitch, or the court (Young et al., 2015a).

In many situations during a game, the players cannot usually plan their movement pattern in advance. This is because their movement constitutes a reaction to an unpredictable single or complex external stimulus (e.g., an opponent, a teammate, ball, etc.). Taking this into consideration, fast and accurate reactions in the form of changes of direction movement performed in response to specific external stimuli are defined as reactive agility (RA) and require a significant involvement of the cognitive-perceptual components of decision-making, such as visual processing, recognition of the space, reaction time, perception, and anticipation (Jones et al., 2009; Spasic et al., 2015; Šimonek et al., 2017). However, CODS remains the physiological and mechanical basis underpinning agility in handball and basketball. Biomechanical studies indicate that preplanned COD movements place less load on the knee compared to a reaction to a stimulus requiring sidestepping, which reduces the risk of lower limb injury (Nimphius et al., 2016; Thomas et al., 2018).

The CODS and RA are the important components of motor performance of a team sports player, and therefore the relationships between them, as well as with other components, should be explored (Pehar et al., 2018). The CODS and RA may be impacted by other factors, such as: anthropometric parameters, training experience, playing level or player position, which should be considered when evaluating these attributes (Sekulic et al., 2014b; Scanlan et al., 2015; Coh et al., 2018, 2019; Pehar et al., 2018; Barrera-Domínguez et al., 2020; Popowczak et al., 2020). Elite players should demonstrate a high level of CODS and RA performance, which allows them to act effectively during a game in planned situations and in response to a sudden external stimulus (e.g., passing the ball, approaching an opponent). At the same time, the question arises whether CODS and RA performance are related? If so, are these dependencies direct or spurious, that is, caused by other variables? There are no answers to these questions in available literature on the subject.

Many studies have shown anthropometric parameters to be related to both CODS and RA (Chaouachi et al., 2009; Young

et al., 2015b), due to the importance of body dimensions in the results of motor tests, that is, body height or legs length (Koltai et al., 2021). The explanation is, for example, the lower position of the COM, which determines the efficiency of the COD test, and which is lower in the case of shorter players (Young et al., 2002).

There have been numerous attempts to assess CODS and RA under training conditions; however, few of these are based on the same movement pattern. A uniform pattern in planned and unplanned activities allows one to define not only the physical component but also the perceptual-cognitive component. Based on the study conducted by Spasic et al. (2015) and Morral-Yepes et al. (2020), two movement scenarios for RA and CODS were distinguished, which are specific to basketball and handball players, that is, “stop-and-go” and “SpeedCourt®.” In turn, based on these scenarios, various tests were carried out, differing in the number of changes of direction, the angle of direction change, execution time, and sprint distance between changes of direction (Scanlan et al., 2015; Born et al., 2016; Šimonek et al., 2016; Coh et al., 2018; Popowczak et al., 2020; Peric et al., 2021). The patterns of such actions are most often presented by players during a game, as evidenced by the number of changes of direction per minute performed by players (Luteberget and Spencer, 2017; Svilar et al., 2019; Salazar et al., 2020). Moreover, additional and very helpful indicators for determining RA have been introduced. The first is the index of perceptual and reactive capacity (P&RC index), as a ratio of the participant's performance in the CODS and RA (Spasic et al., 2015). Another is the reactivity index (REAC-INDEX), as the difference between the RA and CODS scores (Fiorilli et al., 2017).

Assessment of the physical abilities in COD and the cognitive motor skills in RA tests is important to understand the ability of players to “read and react” to sport-specific stimuli. Moreover, it is necessary for understanding the physical requirements and capabilities of professional handball and basketball players (Pereira et al., 2018). Nonetheless, at present, there is limited information on COD ability and RA in professional level handball and basketball players, especially regarding differences in the level of these abilities depending on one's sports discipline. Very slight differences in the level of agility (using the Fitro Agility Check test) among young basketball and handball players were observed in the study by Šimonek et al. (2017). In addition, in the aforementioned study, as well as in the study by Silva et al. (2013), there were very small or no differences ($p > 0.05$) in the level of CODS (using the 4 m Shuttle Run test) among the players of these sports. Different results were obtained by Bilge et al. (2020), who concluded that young basketball players achieved shorter times of CODS ($p < 0.001$) than their peers, which was also seen in handball training (as shown by the *T*-test). However, in a study performed by Freitas et al. (2020), it was found that female handball players were faster in the Zig-Zag CODS test ($p < 0.05$) than players of other team sports (for rugby: effect size (ES) = 1.19, for soccer: ES = 1.14). On the other hand, there are no studies that measure CODS and RA in professional basketball and handball players based on tests of specific stop-and-go movement patterns.

Taking into consideration the importance of COD ability and RA in the aforementioned sports, coaches and practitioners have become interested in valid and reliable assessments of

these abilities to determine the strengths and weaknesses of their athletes, so that informed decisions can be made regarding the future training proposed for a given player (Thomas et al., 2018). Thus, the main goal of this study was to determine the differences between professional female basketball and handball players in anthropometric features, CODS, and RA task. Moreover, we attempted to determine the relationship among anthropometric variables, CODS, RA, and perceptual parameters. We hypothesized that basketball and handball require athletes to have different performance in terms of CODS, RA, and REAC-INDEX in a task based on a “stop-and-go” movement patterns. As a result, the level of the aforementioned features between professional groups of basketball and handball players will be differentiated.

MATERIALS AND METHODS

Participants

The study group consisted of 31 professional female athletes, including 12 basketball players (mean age: 24.98 ± 3.38 ; 95%: 22.83 – 27.14) and 19 handball players (mean age: 27.34 ± 4.68 ; 95%: 25.09–29.6). All the basketball players belonged to the same team, competing in two basketball leagues, that is, the Polish Basketball League (EnergaBasket Liga, 1st League in Poland) and EuroCup Women, in the 2018–19 season. On the other hand, all the handball players belonged to the same team, competing in two handball leagues, that is, the Polish Women's Super League (1st League in Poland) and the Women's EHF Cup, in the 2018–19 season. The study was carried out 1 week after the end of the preseason and was approved by the Research Bioethics Committee of the Faculty Senate of the University School of Physical Education in Wrocław, Poland (reference number: USPE-2013-06-07). The study was conducted in accordance with the ethical principles for medical research involving human subjects contained in the Declaration of Helsinki, developed by the World Medical Association. The study also met the “ethical standards in sport and exercise science research” (Harriss and Atkinson, 2015). All participants were asked to provide written informed consent prior to participation in the study.

Measures and Procedures

All tests were performed in sports hall facilities, where the athletes participate in league matches and train. Prior to the commencement of physical tests, anthropometric parameters were measured in the morning. All the anthropometric measurements were performed by the same experienced researchers. The height of the participants was measured with a GPM 101 anthropometer (DKSH, Zurich, Switzerland) with a precision of 1 mm. Body mass was measured when the participants were shoeless and wearing minimal clothes using the InBody 230 system (Tanita Corp., Tokyo, Japan).

The physical tests were all performed between 10:00 and 12:00 p.m. Before the measurements, the participants underwent a standardized 15-min warm-up procedure consisting of 5 min of low-intensity running, 5 min of dynamic stretching, and 5 min submaximal running plus COD exercises, multi-jump exercises,

and sprints. The participants were then familiarized with the Five-Time Shuttle Run to Gates test.

A Fusion Smart Speed System (Fusion Sport, Coopers Plains, QLD, Australia) was used during the Five-Time Shuttle Run to Gates test (to measure the CODS and RA times). The system is comprised of five gates, each equipped with a photocell with an infrared transmitter and a light reflector, a Smart Jump mat integrated with a photocell and a radio frequency identification reader (RFID) for identification of the participants, as well as computer software (Fusion Smart Speed System application). The layout of the gates, the mat, and the RFID in the Five-Time Shuttle Run to Gates test was adopted on the basis of the previous article (Popowczak et al., 2016). The Fusion Smart Speed System application was used for fixed (preplanned) or random (unplanned) selection of a gate, where the lamp was turned on according to the procedures proposed by Popowczak et al. (2016). The “stop-and-go” scenario of tests as a reaction to a light signal is characterized by reliability levels at an intra-class correlation coefficient (ICC) > 70% (Paul et al., 2016; Morral-Yepes et al., 2020).

The participant had to run the distance from the starting point on the mat to the gate line (placed between the photocells with reflectors, 1 m long) five times and return to the mat. As soon as both feet were in contact with the central part of the mat, the participant received a light signal indicating the gate they should run to. The start to the gates was not delayed. The participant then ran to the line in the gate with a light signal. After crossing it with both feet, the participant returned to the mat. Again, when both feet touched the mat, the participant received another light signal indicating the gate to which they should run. They then repeated the run with a COD four more times. After crossing the last (fifth) gate line, the participant returned to the mat and finished the test. The testing apparatus measured the running time with an accuracy of 0.001 s. The data from the tests was recorded in a personal digital assistant (PDA, HP iPAQ 112).

In the first scenario of the Five-Time Shuttle Run to Gates Test (preplanned), which determines CODS, the participant ran to the gates in an order that was the same for all participants (1-2-3-4-5). The angle of COD was $\cong 180^\circ$, while the action on the Mat Jump was performed at an angle of $\cong 135^\circ$. The CODS test was repeated twice, and the best result (overall duration) of the run was used in the analysis of the results.

On the other hand, in the second scenario of the Five-Time Shuttle Run to Gates Test (unplanned), determining RA, the run to randomly selected goals was investigated. Their order was different for every participant, but they all covered the same distance. During the RA, participants were instructed not to try to predict which exit gate they would be required to sprint through. The RA test was repeated twice, and the best result (overall duration) of the run (RA) was used in the analysis of the results.

In addition, the REAC-INDEX, which represents the time differences between the RA test result and the measurement of CODS of a similar pattern and for similar distances (Fiorilli et al., 2017), was determined.

$$\text{REAC} - \text{INDEX}[s] = \text{RA}[s] - \text{CODS}[s]$$

The average response time (RT) to the first light signal in each RA test was also calculated.

Statistical Analysis

The Shapiro–Wilk test was used to evaluate the normality of the distribution of the continuous variables. All the variables showed a normal distribution. Descriptive statistics are presented as means, SDs, and 95% CIs.

Unpaired *t*-tests of students were used to evaluate the differences between the two groups of athletes. Cohen's *d* effect size (ES) and respective 95% confidence intervals were also calculated to assess the observed effects (Cohen, 1998). The thresholds of ES were: ≤ 0.2 , trivial; 0.2–0.59, small; 0.6–1.19, moderate; 1.2–1.99, large; and ≥ 2.0 , very large (Hopkins et al., 2009).

Pearson's product-moment correlations were used to examine which variables were correlated. The magnitude of the correlation (*r*) between test measurements was interpreted as: ≤ 0.1 —trivial; > 0.1 –0.3—small; > 0.3 –0.5—moderate; > 0.5 –0.7—large; > 0.7 –0.9—very large; and > 0.9 –1.0—almost perfect (Hopkins et al., 2009).

Additionally, partial correlations were computed for more insight into the relationships between variables statistically significantly correlating with each other. In this publication, partial correlation was computed for a statistically significant relationship between anthropometric variables and CODS, RA, RT, and REAC-INDEX. Thus, for example, the relationships between both tests (CODS or RA) and body height were determined using partial correlation controlling the effect of body mass; on the other hand, the relationships between both tests (CODS or RA) and body mass were determined using partial correlation controlling the effect of body height. In addition, the relationships between CODS vs. RA, RA vs. RT, RA vs. REAC-INDEX, and RT vs. REAC-INDEX were determined using partial correlation controlling the effect of body height and body mass.

The significance level was set at $\alpha = 0.05$. Statistical analysis was performed using the application Statistica v.13.0 (StatSoft Polska, Kraków, Poland).

RESULTS

Descriptive statistics of the parameters for basketball and handball players, as well as *t*-values and *p*-values from the unpaired *t*-test of students, are presented in **Table 1**. The analysis revealed statistically significant differences between sports in terms of body height, CODS time, and RA time.

Handball players displayed a significantly lower total time in both CODS ($p = 0.041$, ES = 0.789) and RA ($p = 0.014$, ES = 0.972) tests compared to basketball players. However, the height difference was statistically significant. Therefore, it is interesting to analyze the relationship between height and the results of CODS and RA tests. The presence of such a relationship would have a decisive influence on the direction of the result interpretation. In the next step of the study,

the correlation coefficients between individual variables were presented (**Table 2**).

Pearson's product-moment correlation coefficient showed large associations between the anthropometric parameters (body height and body mass: $r = 0.81$, $p < 0.001$; body mass and BMI: $r = 0.71$, $p < 0.001$), as well as between CODS and RA ($r = 0.76$, $p < 0.001$), RT and REAC-INDEX ($r = 0.97$, $p < 0.001$; **Table 2**). Moderate correlations between both anthropometric parameters and CODS time and RA time were also observed (CODS vs. body height: $r = 0.49$, $p = 0.005$; CODS vs. body mass: $r = 0.55$, $p = 0.001$; RA vs. body height: $r = 0.53$, $p = 0.002$; RA vs. body mass: $r = 0.52$, $p = 0.003$). Moreover, there was a small correlation between RA and RT on a light signal ($r = 0.48$, $p = 0.006$), as well as between RA and REAC-INDEX ($r = 0.48$, $p = 0.007$).

Based on the results of the simple correlation, strong relationships of anthropometric parameters with the maneuverability variables of CODS and RA tests were found (**Table 2**). In order to perform a deeper analysis aimed at determining the importance of each of the two anthropometric parameters in shaping the strength of dependencies between anthropometric, as well as agility and perceptual parameters, a series of partial correlation analyses was performed (**Table 3**). It was found that close first-order correlations, between one morphological feature and CODS time or RA time, excluding the second morphological feature, are not significant. When controlling the effect of body height, significant moderate-almost perfect correlations were found between CODS and RA ($r = 0.67$; $p < 0.001$), RA and RT ($r = 0.47$; $p = 0.009$), RA and REAC-INDEX ($r = 0.49$; $p = 0.006$), and RT and REAC-INDEX ($r = 0.97$; $p < 0.001$). Controlling the effect of body mass, significant moderate-almost perfect correlations were found between CODS and RA ($r = 0.66$; $p < 0.001$), RA and RT ($r = 0.47$; $p = 0.004$), RA and REAC-INDEX ($r = 0.49$; $p = 0.002$), and RT and REAC-INDEX ($r = 0.97$; $p < 0.001$).

As moderate total correlations were found between RA and RT or REAC-INDEX, the partial correlation was investigated in order to rule out a false relationship. It was found that the analysis of the relationships of each pair of variables does not produce a complete picture of the actual relationships. The analysis of the partial correlations confirms that the study of the relationships of two variables, e.g., RA vs. RT, without considering the related variable REAC-INDEX ($r = 0.08$; $p = 0.67$), produces spurious correlations. This is similar for the relationship RA vs. REAC-INDEX, without considering RT ($r = 0.06$; $p = 0.77$).

DISCUSSIONS

The aim of this study was to determine the differences between professional basketball players and handball players in terms of CODS and RA using the “stop-and-go” test scenario. It should be mentioned that this is the first study of professional female basketball and handball teams concerning planned and unplanned changes in running directions using the “stop-and-go” scenario. Moreover, the obtained results cannot be compared to previous studies in which CODS and RA times in team sports were measured.

TABLE 1 | Characteristics of participants by sport disciplines with means, SDs, and 95% CIs.

Variables		Sport		t value	p	Effect size
		Basketball	Handball			
Body height [cm]	Mean ± SD (95% CI)	181.67 ± 7.41 (176.96–186.38)	175.77 ± 6.93 (172.44–179.11)	2.25	0.032	0.829 0.078–1.581
Body mass [kg]	Mean ± SD (95% CI)	74.38 ± 8.54 (68.95–79.8)	71.13 ± 8.35 (67.1–75.15)	1.05	0.304	0.386 –0.343–1.115
CODS [s]	Mean ± SD (95% CI)	15.92 ± 0.55 (15.57–16.26)	15.31 ± 0.87 (14.89–15.73)	2.14	0.041	0.798 0.048–1.547
RA [s]	Mean ± SD (95% CI)	18.37 ± 0.74 (17.9–18.84)	17.57 ± 0.87 (17.15–17.99)	2.63	0.014	0.972 0.21–1.734
RT [s]	Mean ± SD (95% CI)	0.48 ± 0.15 (0.38–0.57)	0.45 ± 0.11 (0.4–0.5)	0.54	0.590	0.237 –0.488–0.962
REAC-INDEX [s]	Mean ± SD (95% CI)	2.45 ± 0.69 (2.01–2.89)	2.26 ± 0.54 (1.99–2.52)	0.87	0.391	0.316 –0.411–1.043

CODS, change of direction speed; RA, reactive agility; RT, reaction time; REAC-INDEX, difference CODS vs. RA; bolded p-value represents significant difference ($p < 0.05$).

TABLE 2 | Matrix of correlation between measured variables.

		Body mass	CODS	RA	RT	REAC-INDEX
Body height	r	0.81	0.49	0.53	0.17	0.12
	p	<0.001	0.005	0.002	0.37	0.52
Body mass	r		0.55	0.52	0.09	0.04
	p		0.001	0.003	0.65	0.84
CODS	r			0.76	–0.19	–0.21
	p			<0.001	0.31	0.25
	RA			r	0.48	0.48
				p	0.006	0.007
				RT	r	0.97
					p	<0.001

CODS, change of direction speed; RA, reactive agility; RT, reaction time; REAC-INDEX, difference CODS vs. RA; r, Pearson r coefficient, bolded p-value represents significant correlation ($p < 0.05$).

Based on the obtained results, differences in height ($p = 0.032$, $ES = 0.829$) were found between professional female basketball players and handball players. Statistically significant differences were observed in terms of CODS ($p = 0.041$, $ES = 0.798$), as well as RA ($p = 0.014$, $ES = 0.972$). Handball players obtained better results in tests examining both parameters. Moreover, simple correlation indicated that the taller the player, the longer the execution time of the tests performed to determine CODS and RA. Anthropometric parameters, such as height or leg length, can affect the characteristics of CODS, as shorter individuals take less time to lower their COM (Barrera-Domínguez et al., 2020). Therefore, the involvement of anthropometric parameters in CODS time and RA time were observed. Height specifically affected the results of tests engaging perceptual skills. This observation is of great importance from the point of view of both selection and training itself, and the morphological component seems to be very important for both motor skills.

The results of the analysis clearly demonstrate the correlation between the two morphological variables and CODS. Similarly,

morphological variables were correlated with RA. This suggests the need to study the differences in the results of motor ability tests between groups of athletes of various sports disciplines, considering the control of anthropometric parameters (body height and body mass, in our case). The first-order correlations between one morphological feature and CODS or RA, excluding the second morphological feature, are significantly lower than the total correlations. However, a greater role in the formation of a correlation with CODS is played by body mass, or its control consisting of shortening the step and lowering the COM in planned movements (Sattler et al., 2015). In the case of the correlation with RA, the contribution of both anthropometric parameters is similar.

In contrast, Garcia-Gil et al. (2018) observed a non-significant relationship between anthropometric parameters (body height and body mass) and CODS using the *t*-test in professional Spanish female basketball players. The variations in the study findings may concern the movement patterns performed in the respective analyzed tests. In our CODS test, there is a nine-fold

TABLE 3 | Partial correlations for the measured variables.

Relations	Correlation between variables	Controlling variable	<i>r</i>	<i>p</i>
CODS vs. body height or body mass, controlling body height or body mass.	CODS vs. body height	Body mass	0.10	0.59
	CODS vs. body mass	Body height	0.29	0.12
RA vs. body height or body mass, controlling body height or body mass.	RA vs. body height	Body mass	0.21	0.27
	RA vs. body mass	Body height	0.20	0.31
CODS vs. RA, controlling body height or body mass.	CODS vs. RA	Body height	0.67	<0.001
	CODS vs. RA	Body mass	0.66	<0.001
RA vs. RT, controlling body height or body mass.	RA vs. RT	Body height	0.47	0.009
	RA vs. RT	Body mass	0.51	0.004
RA vs. REAC-INDEX, controlling body height or body mass.	RA vs. REAC-INDEX	Body height	0.49	0.006
	RA vs. REAC-INDEX	Body mass	0.54	0.002
RT vs. REAC-INDEX, controlling body height or body mass.	RT vs. REAC-INDEX	Body height	0.97	<0.001
	RT vs. REAC-INDEX	Body mass	0.97	<0.001
RA vs. RT or REAC-INDEX, controlling RT or REAC-INDEX	RA vs. RT	REAC-INDEX	0.08	0.67
	RA vs. REAC-INDEX	RT	0.06	0.77

CODS, change of direction speed; RA, reactive agility; RT, reaction time; REAC-INDEX, difference CODS vs. RA; *r*, Pearson *r* coefficient, bolded *p*-value represents significant correlation ($p < 0.05$).

COD that lowers the COM, and body height and body mass may have had a significant role in the maneuvering speed and overall test duration. That is why it is so important to select a test for the determination of CODS according to the specific nature of sports disciplines and their dominating movements (maneuvers). Considering the situational and general nature of the Five-Time Shuttle Run to Gates Test for team sports games, future research should continue to investigate the relationship of the test result and various anthropometric parameters in order to determine whether the anthropometric parameters determine the result of CODS during the run more than the type and the specificity of the discipline, as well as the position on the court.

Despite numerous similarities in the performance of actions to COD in a game as previously planned movements, and as a result of a reaction to unpredictable single or complex external stimuli (e.g., an opponent, ball, etc.), athletes of both disciplines showed differences in the time of performing the COD test.

The applied RA test can be classified as a general test measuring the situational ability of athletes of various sports disciplines to COD quickly. This is not a test specific for a given team sport, as it measures the reaction to a light signal and not to the ball or an opponent or a teammate. The differences in the results obtained in RA tests with different reaction stimuli were presented by Scanlan et al. (2016) and Kovacikova and Zemková (2020). Nevertheless, an increase in the level of the ability to COD in response to a light signal may lead to an increase in the level of these abilities in another COD and RA task (Nygaard Falch et al., 2019).

A high correlation coefficient ($r = 0.76$, $p < 0.001$) between RA and CODS was obtained in the present study. Similar results (r from 0.62 and 0.68, $p \leq 0.05$) were found in the study by Sekulic et al. (2014a) representing various sports, including college-age basketball and handball players. Moderate correlations between CODS and RA ($r = 0.51$ and 0.65 , $p <$

0.05) were also observed by Sattler et al. (2015) in college-age athletes (females and males; 21.9 ± 1.9 years of age) representing team sports (football, basketball, volleyball, and handball). On the other hand, weak to moderate correlations (r from 40 to 56, $p < 0.01$) between basketball-specific COD tests and basketball-specific non-planned agility tests were found by Sekulic et al. (2017) in high-level male basketball athletes from Bosnia and Herzegovina (professional/semiprofessional players). Lockie et al. (2014) found weak correlations ($r = 0.28$ and 0.48 , $p < 0.05$) or no significant correlations between CODS and RA by examining semiprofessional and amateur male basketball players (22.30 ± 3.97 years of age). However, the large diversity of the information obtained based on research concerning the relationship between CODS and RA and the increasing number of proposed tests require a search for the best correlations between the results obtained in the tests and the results determining COD, accelerations, and deaccelerations during games. Although physical activities (with regard to redirecting total body momentum in a new direction as quickly as possible) constitute a large proportion of the time needed to complete RA and CODS tasks, perceptual decision-making processes may alter the level of correlation between tests (Pehar et al., 2018; Krolo et al., 2020). This should affect the level of correlations between CODS and RA. Information concerning the variables in CODS and RA tests may be of high importance in training and conditioning, since this will allow for specific and targeted development of important qualities that will, consequently, improve specific RA or CODS results.

In the present study, a significant relationship ($r = 0.97$, $p < 0.001$) between RT and REAC-INDEX was found, which may indicate that REAC-INDEX is an important factor determining the reaction time to a stimulus during CODS. The increasing time difference between a CODS test and RA test will be strongly related to the reaction time to the light stimulus,

that is, to the perceptual factor. Similar conclusions were reported by Zemková and Hamar (2018), who investigated athletes of different sports (ball hockey and soccer), finding an almost perfect influence ($r = 0.933$, $p = 0.001$) of perception, reaction, and decision-making (measured by the reaction time of the double choice) on agility performance. This almost perfect correlation suggests that improving perceptual skills and, at the same time, decision-making speed may be beneficial for increasing RA in athletes. Moreover, the strong relationship between RT and REAC-INDEX may suggest the need to introduce a new variable determining visual perception skills (as a substitute for response time), which is important for the effectiveness of COD actions. However, this requires further research on the information processing speed of an individual, which is an important component of RA (Lockie et al., 2014). In the present study, the presence of false relationships between RA and RT or REAC-INDEX was also noticed based on partial correlations. This may indicate the need to include reaction time in RA tasks and to analyze REAC-INDEX as the difference between RA and CODS results, as well as the need to study partial correlations instead of total correlations.

The study is limited by the absence of an analysis concerning the COD angle in a run during RA tasks and the strength of the lower limbs as predictors of the characteristics of CODS. Different COD angles could result in a different level of involvement of basic motor components, namely force or speed, when changing the direction of movement. Therefore, it seems important to distinguish those tests in which there were numerous changes of direction based on speed (angle $\cong 0^\circ$ to $\cong 90^\circ$) or force (angle $\cong 135^\circ$ to $\cong 180^\circ$; Bourgeois et al., 2017; Nygaard Falch et al., 2019).

Second, our sample was limited to European clubs; therefore, large cohort studies are required to confirm these results across other regions. A diversity in the results of motor ability parameters in female and male basketball players from different regions of the world was indicated by Milanović et al. (2020) and Stojanović et al. (2018).

In addition, our data were limited to anthropometric parameters and results of CODS and RA tests. Exploring other factors (e.g., playing position of athletes, training experience, playing level), which may influence main findings, should also be included (Scanlan et al., 2015; Young et al., 2015a; Sekulic et al., 2017).

The approach adopted in the present study, although very practical, shows only the time measurements of COD in a run based on the “stop-and-go” scenario. In contrast, further research requires the biomechanical study of this complex ability related to the functioning of the neuromuscular system (Sarvestan et al., 2020). Moreover, these outcomes can be used by basketball players to refine their training and assessment methods in order to optimize RA and COD performance.

Conclusions

Based on the present study, it was observed that professional female handball players achieve better results than professional female basketball players in COD and RA. It is necessary

to perform further research concerning the variables that determine these differences. It is assumed that they would include height and body mass. Moreover, it can be concluded that ordinary (total) correlations constitute false relationships and are not reliable. The relationship among CODS, RA, and basic physical traits treated as an entirety should be explored, while eliminating one of these parameters. This lays out new directions for multidimensional research and analysis. In this paper, it was suggested to use two strongly interdependent predictors (RT vs. REAC-INDEX) in the analysis of RA. Their effect on RA is best assessed using partial correlations. We believe that while the present study is not the final word on the issue, it will extend the knowledge in this field and initiate further research. As a result, coaches and sports scientists should consider these relevant and specific differences when designing specific COD and reactive training programs for professional female handball or basketball players.

DATA AVAILABILITY STATEMENT

The data analyzed in this study are subject to the following licenses/restrictions: The data are owned by Laboratory for Ball Game Studies, Wrocław University of Health and Sport Sciences, Poland (certificate PCC-CERT No. PW-06305-19X). Requests to access these datasets should be directed to Marek Popowczak, marek.popowczak@awf.wroc.pl.

ETHICS STATEMENT

The studies involving human participants were reviewed and approved by Research Bioethics Committee of the Faculty Senate of the University School of Physical Education in Wrocław, Poland. The patients/participants provided their written informed consent to participate in this study.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

MP and JD drafted and revised the manuscript. IC and AR revised the manuscript. All authors contributed to the article and approved the submitted version.

FUNDING

All funding pertaining to the realization of this study was received internally by the organization (Wrocław University of Health and Sport Sciences, Poland) of authors.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank all the participants of the study (Wrocław University of Health and Sport Sciences, Poland) for their contribution to the manuscript.

REFERENCES

- Barrera-Domínguez, F. J., and Almagro, B. J., Tornero-Quiñones, I., Sáez-Padilla, J., Sierra-Robles, Á., and Molina-López, J. (2020). Decisive factors for a greater performance in the change of direction and its angulation in male basketball players. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 17:186598. doi: 10.3390/ijerph17186598
- Bayraktar, I. (2017). The influences of speed, cod speed and balance on reactive agility performance in team handball. *Int. J. Environ. Sci.* 12, 451–461. doi: 10.12973/ijese.2017.21404
- Bilge, M., Caglar, E., and Saavedra, J. M. (2020). The roles of some agility performance parameters on the linear, single sprint skills of young male basketball and handball players. *Prog. Nutr.* 22, 72–79. doi: 10.23751/pn.v22i1-s.9788
- Born, D. P., Zinner, C., Duking, P., and Sperlich, B. (2016). Multi-directional sprint training improves change-of-direction speed and reactive agility in young highly trained soccer players. *J. Sports Sci. Med.* 15, 314–319.
- Bourgeois, F. A., McGuigan, M. R., Gill, N. D., and Gamble, P. (2017). Physical characteristics and performance in change of direction tasks: a brief review and training considerations. *JASC* 25, 104–117.
- Brughelli, M., Cronin, J., Levin, G., and Chaouachi, A. (2008). Understanding change of direction ability in sport: a review of resistance training studies. *Sports Med.* 38, 1045–1063. doi: 10.2165/00007256-200838120-00007
- Chaouachi, A., Brughelli, M., Levin, G., Boudhina, N. B., Cronin, J., and Chamari, K. (2009). Anthropometric, physiological and performance characteristics of elite team-handball players. *J. Sports Sci.* 27, 151–157. doi: 10.1080/02640410802448731
- Coh, M., Maćkała, K., Vodicař, J., Zvan, M., Šimenko, J., Kreft, R., et al. (2019). “The relationships between the selected pre-planned and non-planned agility testing scenarios,” in *Biodynamic Analysis of Sprint, Jumps, and Agility* (Ljubljana: Institute of Kinesiology, Faculty of Sport), 152–68.
- Coh, M., Vodičar, J., Zvan, M., Šimenko, J., and Stodolka, J., Rauter, S., et al. (2018). Are change-of-direction speed and reactive agility independent skills even when using the same movement pattern? *J. Strength Cond. Res.* 32, 1929–1936. doi: 10.1519/JSC.0000000000002553
- Cohen, J. (1998). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2nd Edn. Hillsdale, NJ: Erlbaum Associates Publishers.
- Conte, D., Scanlan, A. T., Dalbo, V., Gang, S., Smith, M., Bietkis, T., et al. (2020). Dribble deficit quantifies dribbling speed independently of sprinting speed and differentiates between age categories in pre-adolescent basketball players. *Biol. Sport* 37, 261–267. doi: 10.5114/biolSport.2020.95637
- Dos’Santos, T., Thomas, C., Comfort, P., and Jones, P. A. (2018). The effect of angle and velocity on change of direction biomechanics: an angle-velocity trade-off. *Sports Med.* 48, 2235–2253. doi: 10.1007/s40279-018-0968-3
- Fiorilli, G., Iuliano, E., Mitrotasios, M., Pistone, E. M., Aquino, G., Calcagno, G., et al. (2017). are change of direction speed and reactive agility useful for determining the optimal field position for young soccer players? *J. Sports Sci. Med.* 16, 247–253.
- Freitas, T. T., Pereira, L. A., Alcaraz, P. E., Comyns, T. M., Azevedo, P. H. S. M., and Loturco, I. (2020). Change-of-direction ability, linear sprint speed, and sprint momentum in elite female athletes: differences between three different team sports. *J. Strength Cond. Res.* doi: 10.1519/JSC.0000000000003857. [Epub ahead of print].
- García-Gil, M., Torres-Unda, J., Esain, I., Duñabeitia, I., Gil, S. M., Gil, J., et al. (2018). Anthropometric parameters, age, and agility as performance predictors in elite female basketball players. *J. Strength Cond. Res.* 32, 1723–1730. doi: 10.1519/JSC.0000000000002043
- Harriss, D., and Atkinson, G. (2015). Ethical standards in sport and exercise science research: 2016 update. *Int. J. Sports Med.* 36, 1121–1124. doi: 10.1055/s-0035-1565186
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., and Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med. Sci. Sports Exerc.* 41, 3–13. doi: 10.1249/MSS.0b013e31818cb278
- Jones, P., Bampouras, T. M., and Marrin, K. (2009). An investigation into the physical determinants of change of direction speed. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 49, 97–104.
- Jones, P. A., Thomas, C., Dos’Santos, T., McMahon, J. J., and Graham-Smith, P. (2017). The role of eccentric strength in 180° turns in female soccer players. *Sports (Basel)* 5:42. doi: 10.3390/sports5020042
- Koltai, M., Gusztafik, Á., Nagyvárad, K., Szeiler, B., Halasi, S., and Lepeš, J. (2021). The connection between the agility of adolescent soccer players and their body composition. *Facta Univ. Ser. Phys. Educ. Sport* 18, 577–588. doi: 10.22190/FUPES201111056K
- Kovacikova, Z., and Zemková, E. (2020). The effect of agility training performed in the form of competitive exercising on agility performance. *Res. Q. Exerc. Sport* 92, 271–278. doi: 10.1080/02701367.2020.1724862
- Krolo, A., Gilic, B., Foretic, N., Pojskic, H., Hammami, R., Spasic, M., et al. (2020). Agility testing in youth football (soccer) players; evaluating reliability, validity, and correlates of newly developed testing protocols. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 17:294. doi: 10.3390/ijerph17010294
- Lockie, R. G., Jeffriess, M. D., McGann, T. S., Callaghan, S. J., and Schultz, A. B. (2014). Planned and reactive agility performance in semiprofessional and amateur basketball players. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 9, 766–771. doi: 10.1123/ijsp.2013-0324
- Luteberget, L. S., and Spencer, M. (2017). High-intensity events in international women’s team handball matches. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 12, 56–61. doi: 10.1123/ijsp.2015-0641
- Milanović, Z., Stojanović, E., and Scanlan, A. T. (2020). “Activity and physiological demands during basketball game play,” in *Basketball Sports Medicine and Science*, eds L. Laver, B. Kocaoglu, B. Cole, A. J. H. Arundale, J. Bytomski, and A. Amendola (Berlin, Heidelberg: Springer), 13–23.
- Morral-Yepes, M., Moras, G., Bishop, C., and Gonzalo-Skok, O. (2020). Assessing the reliability and validity of agility testing in team sports: a systematic review. *J. Strength Cond. Res. Publish* doi: 10.1519/JSC.0000000000003753. [Epub ahead of print].
- Nimphius, S., Callaghan, S. J., Spiteri, T., and Lockie, R. G. (2016). Change of direction deficit: a more isolated measure of change of direction performance than total 505 time. *J. Strength Cond. Res.* 30, 3024–3032. doi: 10.1519/JSC.0000000000001421
- Nygaard Falch, H., Guldtæg Raedergard, H., and van den Tillaar, R. (2019). Effect of different physical training forms on change of direction ability: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med. Open* 5:53. doi: 10.1186/s40798-019-0223-y
- Paul, D. J., Gabbett, T. J., and Nassis, G. P. (2016). Agility in team sports: testing, training and factors affecting performance. *Sports Med.* 46, 421–442. doi: 10.1007/s40279-015-0428-2
- Pehar, M., Sisic, N., Sekulic, D., Coh, M., Uljevic, O., Spasic, M., et al. (2018). Analyzing the relationship between anthropometric and motor indices with basketball specific pre-planned and non-planned agility performances. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 58, 1037–1044. doi: 10.23736/S0022-4707.17.07346-7
- Pereira, L. A., Nimphius, S., Kobal, R., Kitamura, K., Turisco, L. A. L., Orsi, R. C., et al. (2018). Relationship between change of direction, speed, and power in male and female national olympic team handball athletes. *J. Strength Cond. Res.* 32, 2987–2994. doi: 10.1519/JSC.0000000000002494
- Peric, I., Spasic, M., Novak, D., Ostojic, S., and Sekulic, D. (2021). Pre-planned and non-planned agility in patients ongoing rehabilitation after knee surgery: design, reliability and validity of the newly developed testing protocols. *Diagnostics (Basel)* 11:146. doi: 10.3390/diagnostics110146
- Popowczak, M., Domaradzki, J., Rokita, A., Zwierko, M., and Zwierko, T. (2020). Predicting visual-motor performance in a reactive agility task from selected demographic, training, anthropometric, and functional variables in adolescents. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 17:5322. doi: 10.3390/ijerph17155322
- Popowczak, M., Rokita, A., Struzik, A., Cichy, I., Dudkowski, A., and Chmura, P. (2016). Multi-directional sprinting and acceleration phase in basketball and handball players aged 14 and 15 years. *Percept. Mot. Skills* 123, 543–563. doi: 10.1177/0031512516664744
- Salazar, H., Castellano, J., and Svilar, L. (2020). Differences in external load variables between playing positions in elite basketball match-play. *J. Hum. Kinet.* 75, 257–266. doi: 10.2478/hukin-2020-0054

- Sarvestan, J., Shirzad, E., and Reza Arshi, A. (2020). Biomechanical evaluation of time as a golden measure in the assessment of change of direction speed performance. *JAST* 3, 166–175.
- Sattler, T., Sekulic, D., Spasic, M., Peric, M., Krolo, A., Uljevic, O., et al. (2015). Analysis of the association between motor and anthropometric variables with change of direction speed and reactive agility performance. *J. Hum. Kinet.* 47, 137–145. doi: 10.1515/hukin-2015-0069
- Scanlan, A. T., Tucker, P. S., and Dalbo, V. J. (2015). The importance of open- and closed-skill agility for team selection of adult male basketball players. *J. Sports Med. Phys.* 55, 390–396.
- Scanlan, A. T., Wen, N., Kidcaff, A. P., Berkelmans, D. M., Tucker, P. S., and Dalbo, V. J. (2016). Generic and sport-specific reactive agility tests assess different qualities in court-based team sport athletes. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 56, 206–213.
- Sekulic, D., Krolo, A., Spasic, M., Uljevic, O., and Peric, M. (2014a). The development of a new stop'n'go reactive-agility test. *J. Strength Cond. Res.* 28, 3306–3312. doi: 10.1519/JSC.0000000000000515
- Sekulic, D., Pehar, M., Krolo, A., Spasic, M., Uljevic, O., Calleja-Gonzalez, J., et al. (2017). Evaluation of basketball-specific agility: applicability of preplanned and nonplanned agility performances for differentiating playing positions and playing levels. *J. Strength Cond. Res.* 31, 2278–2288. doi: 10.1519/JSC.0000000000001646
- Sekulic, D., Spasic, M., and Esco, M. R. (2014b). Predicting agility performance with other performance variables in pubescent boys: a multiple-regression approach. *Percept. Mot. Skills* 118, 447–461. doi: 10.2466/25.10.PMS.118k16w4
- Sheppard, J. M., Jay Dawes, J., Jeffreys, I., Spiteri, T., and Nimphius, S. (2014). Broadening the view of agility: a scientific review of the literature. *australian strength and conditioning association. JASC* 22, 6–25.
- Silva, D. A., Petroski, E. L., and Gaya, A. C. (2013). Anthropometric and physical fitness differences among brazilian adolescents who practise different team court sports. *J. Hum. Kinet.* 36, 77–86. doi: 10.2478/hukin-2013-0008
- Šimonek, J., Horička, P., and Hianik, J. (2016). Differences in pre-planned agility and reactive agility performance in sport games. *Acta Gymn.* 46, 68–73. doi: 10.5507/ag.2016.006
- Šimonek, J., Horička, P., and Hianik, J. (2017). The differences in acceleration, maximal speed and agility between soccer, basketball, volleyball and handball players. *J. Hum. Sport Exerc.* 12, 73–82. doi: 10.14198/jhse.2017.121.06
- Spasic, M., Krolo, A., Zenic, N., Delextrat, A., and Sekulic, D. (2015). Reactive agility performance in handball; development and evaluation of a sport-specific measurement protocol. *J. Sports Sci. Med.* 14, 501–506.
- Spiteri, T., Cochrane, J. L., Hart, N. H., Haff, G. G., and Nimphius, S. (2013). Effect of strength on plant foot kinetics and kinematics during a change of direction task. *Eur. J. Sport Sci.* 13, 646–652. doi: 10.1080/17461391.2013.774053
- Stojanović, E., Stojiljković, N., Scanlan, A. T., Dalbo, V. J., Berkelmans, D. M., and Milanović, Z. (2018). The activity demands and physiological responses encountered during basketball match-play: a systematic review. *Sports Med.* 48, 111–135. doi: 10.1007/s40279-017-0794-z
- Svilar, L., Castellano, J., and Jukic, I. (2019). Comparison of 5vs5 training games and match-play using microsensor technology in elite basketball. *J. Strength Cond. Res.* 33, 1897–1903. doi: 10.1519/JSC.0000000000002826
- Thomas, T. D. C., Comfort, P., and Jones, P. A. (2018). Comparison of change of direction speed performance and asymmetries between team-sport athletes: application of change of direction deficit. *Sports (Basel)* 6:174. doi: 10.3390/sports6040174
- Young, W. B., Dawson, B., and Henry, G. J. (2015a). Agility and change-of-direction speed are independent skills: implications for training for agility in invasion sports. *Int. J. Sports Sci. Coach* 10, 159–169. doi: 10.1260/1747-9541.10.1.159
- Young, W. B., James, R., and Montgomery, I. (2002). Is muscle power related to running speed with changes of direction? *J. Sports Med. Phys. Fitness* 42, 282–288.
- Young, W. B., Miller, I. R., and Talpey, S. W. (2015b). Physical qualities predict change-of-direction speed but not defensive agility in Australian rules football. *J. Strength Cond. Res.* 29, 206–212. doi: 10.1519/JSC.0000000000000614
- Zemková, E., and Hamar, D. (2018). Association of speed of decision making and change of direction speed with the agility performance. *Funct. Neurol. Rehabil. Ergon.* 7, 10–15.

Conflict of Interest: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Publisher's Note: All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.

Copyright © 2021 Popowczak, Cichy, Rokita and Domaradzki. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.



Article

The Functional Form of the Relationship between Body Height, Body Mass Index and Change of Direction Speed, Agility in Elite Female Basketball and Handball Players

Marek Popowczak ^{1,*} , Pavol Horička ² , Jaromir Šimonek ² and Jarosław Domaradzki ¹

¹ Faculty of Physical Education and Sport, Wrocław University of Health and Sport Sciences, I.J. Paderewskiego 35, 51-612 Wrocław, Poland

² Department of Physical Education and Sport, Constantine the Philosopher University in Nitra, Tr. A. Hlinku 1, 94901 Nitra, Slovakia

* Correspondence: marek.popowczak@awf.wroc.pl; Tel.: +48-71-347-3561

Abstract: The aim of this study was to assess the functional form of the relationship between two anthropometric measurements—body height (BH) and body mass index (BMI)—and two motor abilities—change of direction speed (CODS) and agility (AG)—in female elite basketball and handball players. It was hypothesized that BH and BMI might be significantly associated with AG and CODS. Two scenarios of the Five-Time Shuttle Run to Gates test (planned and unplanned) were used to evaluate the CODS and AG. Two forms of models were built to assess functional forms of the relationships between CODS and AG vs. BH and BMI: simple linear regression and binomial curvilinear regression for each type of team sport. The results confirmed the relationships between both anthropometric measurements and motor abilities only in HB, whereas in BB only a significant relationship was noted between BH and AG. Moreover, two curvilinear functional forms of the relationship were identified: inverted L-shape and inverted U-shape. Therefore, it was concluded that the first form of function indicated an initially proportional relationship between anthropometric measurement and motor test results and plateau after reaching a certain value of the BH or BMI. Similarly, the second form of function indicated the peak value of the BH or BMI which is threshold for the value of the anthropometric measurement when a progressive effect in the functional feature occurs.

Keywords: competitive sport; cognitive motor skills; team sport; performance analysis



Citation: Popowczak, M.; Horička, P.; Šimonek, J.; Domaradzki, J. The Functional Form of the Relationship between Body Height, Body Mass Index and Change of Direction Speed, Agility in Elite Female Basketball and Handball Players. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2022**, *19*, 15038. <https://doi.org/10.3390/ijerph192215038>

Academic Editor: Paul B. Tchounwou

Received: 23 October 2022

Accepted: 11 November 2022

Published: 15 November 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Agility (AG) is predefined as a rapid, whole-body movement with a change of velocity or direction in response to a stimulus [1,2]. This ability is a parameter closely associated with effective movement, and this is considered to be a key component of the performance of athletes of team sports [3]. It comprises two key components: change of direction speed (CODS) and perceptual and decision-making factors. Therefore, a high level of agility is not strongly dependent on acceleration and sprinting speed alone, but also on the ability to coordinate movement, technical skill, anticipate other player's actions, visually scan the environment, and react to the visual cues of one's opponents in order to provide a quick and appropriate response [1,3–5]. The anthropometric parameters also play a significant role in the agility results, for example, due to the importance of body dimensions in the results of motor tests, i.e., body height, leg length, or body mass index [6–8]

CODS on the other hand, is speed in the ability to accelerate, stop quickly, turn, or change direction and accelerate again. CODS involves some form of quick, directional displacement of the center of mass (COM) relative to the base of support (BOS) [3]. The CODS and AG should be investigated separately [1,4] because CODS does not require a response to a stimulus and is usually classified as a pre-planned and closed skill [9,10]. The motor and anthropometric parameters will be primarily responsible for the result of the

COD tests [11]. Both abilities, AG and CODS, are important factors of athletes' play in basketball and handball.

The importance of body dimensions such as body height or leg length in the results of motor tests determining the components of agility has been demonstrated in numerous studies [7,12,13]. Lower body height in shorter players, and at the same time lower COM position, is important for getting better results in CODS and agility tests [8,14]. To the authors' knowledge, it is not known whether the relationship between these anthropometric parameters and CODS and agility takes the form of linear dependencies. Another anthropometric index that proves good body composition is BMI. It indirectly indicates the amount of adipose tissue [15,16].

Based on previous studies, it cannot be unequivocally said that there is a significant relationship between BMI and CODS or an agility task in a professional female basketball and handball player. In the previous studies of team sports athletes, first of all, no significant relationship was found between the BMI and results of AG and CODS tests [17–20]; however, significant relationships were noted in male soccer players [7] aged 14–18 (BMI vs. AG, r from -0.283 to -0.245) or in male professional football players (BMI vs. AG, $r = 0.76$) [21]. On the other hand, it is important in handball to have a high fat-free mass, which can result in higher BMI values for being successful in sports [22]. Therefore, various forms of functional relationships between BMI vs. CODS and AG, which may be curvilinear, should be sought.

There is much evidence in biological studies and studies concerning motor development that has shown curvilinear (second or higher term) rather than rectilinear relationships between physical features or motor ability [23–26]. The analysis of simple relationships (correlation and regression) often showed weak relations between coordination abilities and anthropometric measurements in athletes. The players' observations and the collected empirical material indicate that the relationship between morphological and motor features is not rectilinear. It does not increase monotonic but increases exponentially. Within a certain interval of the independent variable, the dependent variable is directly proportionally dependent, but outside this interval, the changes increase or decrease. In this case, the entire relationship is better described by a polynomial (second or third degree) function. Some studies even indicate curvilinear relationships (especially in relation to sport).

Numerous studies have attempted to assess CODS and AG under training conditions; however, few of these are based on the same movement pattern [27,28], whereas Popowczak, Cichy, Rokita and Domaradzki [8] noted that it is important to standardize patterns in planned and unplanned tasks. This allowed for the determination of the motor component (CODS) and the perceptual-cognitive component measured in an agility task based on a similar movement pattern. In addition, it is important that the tests used for basketball players or handball players are based on a specific 'stop-and-go' scenario [8,29] and reflect a distinctive change of direction movement required in basketball and handball.

Current studies on associations between body and agility measurements are limited mainly to the assessment of the simple relationships or moderation role of the anthropometric measurements in coordination abilities analyzes. There is a lack of studies searching for the mathematical functions (functional forms) which are fitted the best to the relationship between the body height, weight, or body mass index and COD and AG. To the best of the authors' knowledge, there are no studies on the shape (functional forms of such relationships) of the relationship between basic physical characteristics (BH and BMI) and CODS and AG. Moreover, most research has focused on males, and less information is available to describe the appropriate predictors in elite female basketball and handball players [17,30]. Therefore, the aim of the study was to assess the functional form of the relationship between two anthropometric measurements—body height (BH) and body mass index (BMI)—and two motor abilities—change of direction speed (CODS) and agility (AG)—in female elite basketball (BB) and handball (HB) players. The authors hypothesized that BH and BMI might be significantly associated with the results of CODS and AG.

Moreover, the relationships between anthropometric parameters and the results of motor ability might be curvilinear.

2. Materials and Methods

2.1. Participants

The study group consisted of 31 elite female athletes, including 12 BB (age: 24.98 ± 3.38 years; body mass: 74.38 ± 8.54 kg) and 19 HB (age: 27.34 ± 4.68 years; body mass: 71.13 ± 8.35 kg). All BB belonged to the same team, competing in two basketball leagues—Energia Basket League Women (1st League in Poland) and EuroCup Women—in the 2018–19 season. All the HB were on the same team, competing in the handball league PGNiG Women's SuperLeague (1st League in Poland) and the EHF Women's Cup in the 2018–19 session. Access to the players in this study represented a sample of convenience (which is a limitation of this study). The criterion for inclusion was participation in the previous season in the 1st National League as a starter player and preparation for participation in EuroCup for the next season. The study was conducted one week following a preparatory period.

This study was approved by the Research Bioethics Committee of the Faculty Senate of the Wrocław University of Health and Sport Sciences (reference number: USPE-2013-06-07) and conducted in accordance with the ethical principles for medical research involving human subjects contained in the Declaration of Helsinki by the World Medical Association. The study also met the 'Ethical standards in sport and exercise science research' [31]. All participants were asked to provide written informed consent prior to the study, and the purpose and characteristics of the research were explained.

2.2. Measurements

All the tests were carried out in the sports hall where the participants usually played and trained. Therefore, each participant was able to perform the test at the maximum level. The tests were carried out in a single day. The height of the athletes was measured with a GPM 101 anthropometer (DKSH, Zurich, Switzerland), which has an accuracy of 1 mm. The participant's body mass index was measured when they were modestly dressed and without shoes using an InBody 230 system (Tanita Corp., Tokyo, Japan). Before starting to measure motor ability, the participants underwent a standardized 15 min warm-up procedure. The participants were then familiarized with the 'Five-Time Shuttle Run to Gates' test. Then, in the testing session, they performed the test to determine CODS and AG. A Fusion Smart Speed system (Fusion Sport, Coopers Plains, QLD, Australia) was used during the test. The system consisted of photocells (with an infrared transmitter) and light reflectors, a Smart Jump mat integrated with a photocell, an RFID for identifying athletes, and computer software (Figure 1). The total time of the test was reported to the nearest 0.001 s. The test data (with the participant's name) were saved in a PDA (HP iPAQ 112) compatible with the Fusion Smart Speed system. All data have been exported to a Microsoft 365 Excel spreadsheet (version 2017) and statistical software.

'The Five-Time Shuttle Run to Gates' test measures the time of repeated 'stop-and-go' directional changes to a light signal. The Fusion Smart Speed System application was used for the fixed (pre-planned) or random selection of a gate (non-planned), in accordance with the procedures proposed by Popowczak, Rokita, Struzik, Cichy, Dudkowski, and Chmura [32]. In both the planned and non-planned tests, the participant had to run the distance from the mat to the gate's line (4.5 m) and return to the mat five times (placed between photocells with reflectors 2 m apart) as quickly as possible. The mat had integrated photocells. The layout of the gates, mat, and RFID reader in the 'Five-Time Shuttle Run to Gates' test is illustrated in Figure 1. The participant, once they touched the mat with both feet, received a light signal indicating the gate they should run to. The start was not delayed gates. In the non-planned 'Five-Time Shuttle Run to Gates' Test, which measures AG, the participants ran to the gates in a random order for all participants. In the pre-planned 'Five-Time Shuttle Run to Gates' test, which measures CODS, the participants ran to the

gates in a set order (1-2-3-4-5), which was uniform for all participants. The AG and CODS tests were repeated twice. Each participant rested for 5 min between repetitions in each test. The best results (total time) of the run (AG and CODS) were used in the analysis. In both tests, all participants covered the same distance.

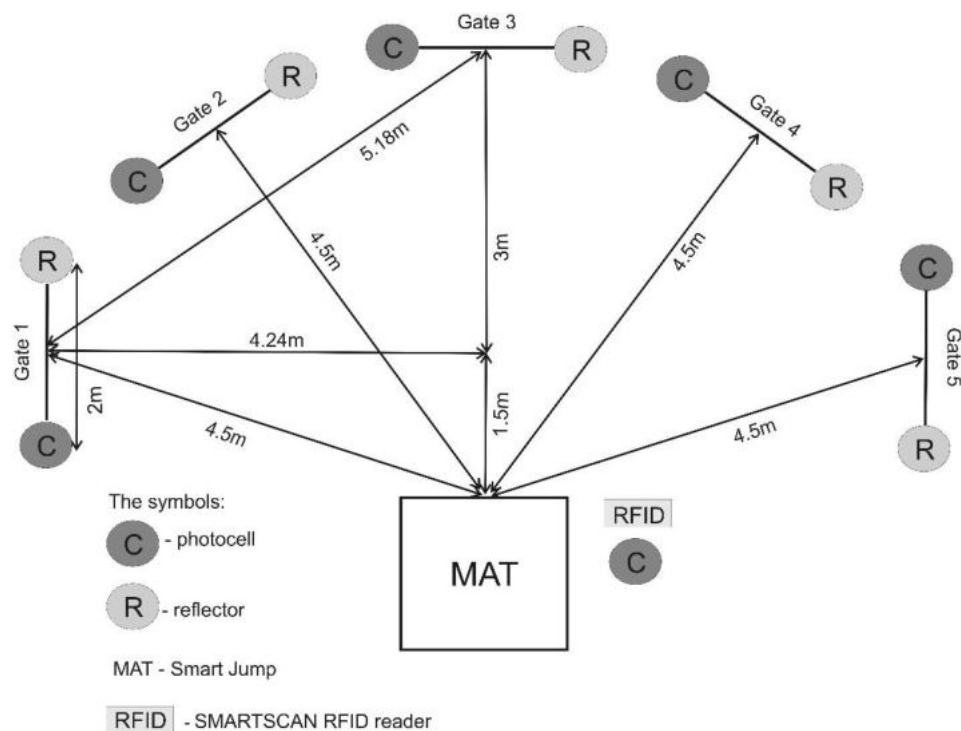


Figure 1. ‘The Five-Time Shuttle Run to Gates’ Test [4], reprinted with the author’s permission.

The reliability analysis of the results ‘The Five-Time Shuttle Run’ test indicated statistically significant reliability for both CODS (Cronbach’s alpha: 0.898) and AG (Cronbach’s alpha: 0.865).

2.3. Statistical Procedures

The Shapiro–Wilk test was used to evaluate the normality of the distribution of the continuous variables. The variables showed a normal distribution with $p > 0.05$. Descriptive statistics as well as comparisons between two disciplines were presented elsewhere [8,33] as means, standard deviations, 95% confidence intervals (CI), ANOVA, and partial correlations.

The associations between outcome variables: CODS and AG which were dependent variables (DV) in models, and independent variables (IV)—anthropometric measurements: BH and BMI. Two forms of regression models were built to assess the functional forms of the relationships: simple linear regression and binomial curvilinear regression. In all models, coefficient and squared coefficients in regression function, Constant, R-squared (R^2)—coefficient of determination and p -value were calculated to evaluate the goodness-of-fit received model. Separate models were built for each type of team sport.

The first step was to calculate simple regression equations with slopes and intercepts (b0. b1). The second step was to study the curvilinear relationship between DV and IV using a quadratic function. The value of the maximum or minimum of the quadratic function was computed too. Based on the equation $y = ax^2 + bx + c$ the following formula was used to calculate the peak value: $\max = -b/2a$. The results were plotted and presented as scatterplots.

Statistical significance was set at $\alpha = 0.05$. We used Statistica version 13.0 (StatSoft Polska, Cracow, Poland 2022) for data analysis.

3. Results

Descriptive statistics, Pearson’s product moment correlation coefficients, and comparisons, as mentioned above, were presented elsewhere [8]. Based on our research, it was noticed that the BB differed ($p = 0.033$) in height from the HB (Table 1). BB had a BH = 181.67 cm and were 5.9 cm higher than HB. However, the elite athletes of both team sports presented similar BMI values. HB achieved better results in motor tests. They were faster ($p = 0.041$) in the CODS test by 0.62 s. In the agility test, HB were faster by 0.83 s than BB ($p = 0.014$). Based on these results, the next stages of the analysis were carried out, taking into account the type of sport. Here, we presented in depth analyses of the functional forms in relationships between anthropometric measurements and AG and CODS, regarding the type of the team sport.

Table 1. Descriptive statistics and independent samples *t*-Student test results between types of sport (*t*-value, *p*-value).

Variables	Elite Female Basketball Players				Elite Female Handball Players				<i>t</i>	<i>p</i>
	Mean	−95CI	+95CI	SD	Mean	−95CI	+95CI	SD		
BH	181.67	176.96	186.38	7.41	175.77	172.44	179.11	6.93	2.25	0.033 *
BMI	22.58	21.42	23.74	1.83	22.96	22.22	23.69	1.53	−0.61	0.544
CODS	15.92	15.57	16.26	0.55	15.31	14.89	15.73	0.87	2.14	0.041 *
AG	18.37	17.90	18.84	0.74	17.57	17.15	17.99	0.87	2.63	0.014 *

* $p < 0.05$, BH—body height, BMI—body mass index, CODS—change of direction speed, AG—agility.

Firstly, two models of the relationships between CODS vs. BH, BMI and AG vs. BH, BMI for each type of team sport were calculated. This step gave a general overview and insight into the significance and model’s fit studying pattern of the relationship between anthropometric measurements and functional features. It allowed for the evaluation of the importance of BH and BMI in the explanation of COD and AG in elite BB and HB (Table 2).

Table 2. Regression results for the entire sample (*p*-value for R^2).

IV	Athletes	Statistic Parameters	DV						
			BH			BMI			
			F1	Function	F2	F1	Function	F2	
CODS	BB	x	0.02		0.29		0.03		2.67
		x^2			−0.001				−0.06
		Constant	10.67		13.71		15.20		−14.84
		R^2	0.15		0.15		0.01		0.24
		<i>p</i>	0.209		0.456		0.742		0.286
	HB	x	0.05		1.92		0.31		5.06
		x^2			−0.01				−0.01
		Constant	5.67		−160.66		8.04		−48.26
		R^2	0.19		0.32		0.31		0.42
		<i>p</i>	0.061		0.045 *		0.010 *		0.012 *
AG	BB	x	0.05		1.13		−0.05		1.72
		x^2			−0.003				−0.04
		Constant	7.77		−89.78		19.56		−0.61
		R^2	0.34		0.40		0.02		0.07
		<i>p</i>	0.046 *		0.097		0.685		0.707
	HB	x	0.04		2.55		0.37		4.04
		x^2			−0.007				−0.08
		Constant	9.91		−213.21		8.96		−34.51
		R^2	0.12		0.35		0.43		0.51
		<i>p</i>	0.140		0.029 *		0.002*		0.003 *

* $p < 0.05$, x—coefficient of the anthropometric measurement in regression function, x^2 —squared coefficients of the anthropometric measurement in regression function, DV—dependent variables, IV—dependent variables, CODS—change of direction speed, AG—agility, BH—body height, BMI—body mass index, BB—elite female basketball players, HB—elite female handball players, F1—linear form (simple linear regression), F2—second degree function (binomial curvilinear regression).

Thus, two comparative analyses were used. In the first model (simple linear regression), only BH or BMI were analyzed. In the second model (binomial curvilinear regression was used), BH^2 and BMI^2 were included, respectively. This procedure allowed us to check if adding higher order terms for anthropometric measurements did improve the model fit. The results are displayed in Table 2.

The results clearly indicated that there were differences in functional forms between disciplines, as well as in patterns in the relationship between each anthropometric measurement and coordination ability (Table 2).

Taking into account the relationship between BH and CODS, in the case of BB, both models were similar (both $R^2 = 0.15$, non-significant). In the case of HB, the quadratic function was better fitted and statistically significant ($R^2 = 0.32$, $p = 0.045$). Figure 2 presented scatterplots. The curve for HB lies below the line for BB, which confirms generally better results in the CODS trial of the handball players. However, the parabolic type of the line suggested a tendency to constantly worsen the results, up to a certain level of body height (peak value of the parabola) and a definite improvement above that value of the body height. The calculated peak of the body height at 183 cm was the threshold for improvement of the CODS results.

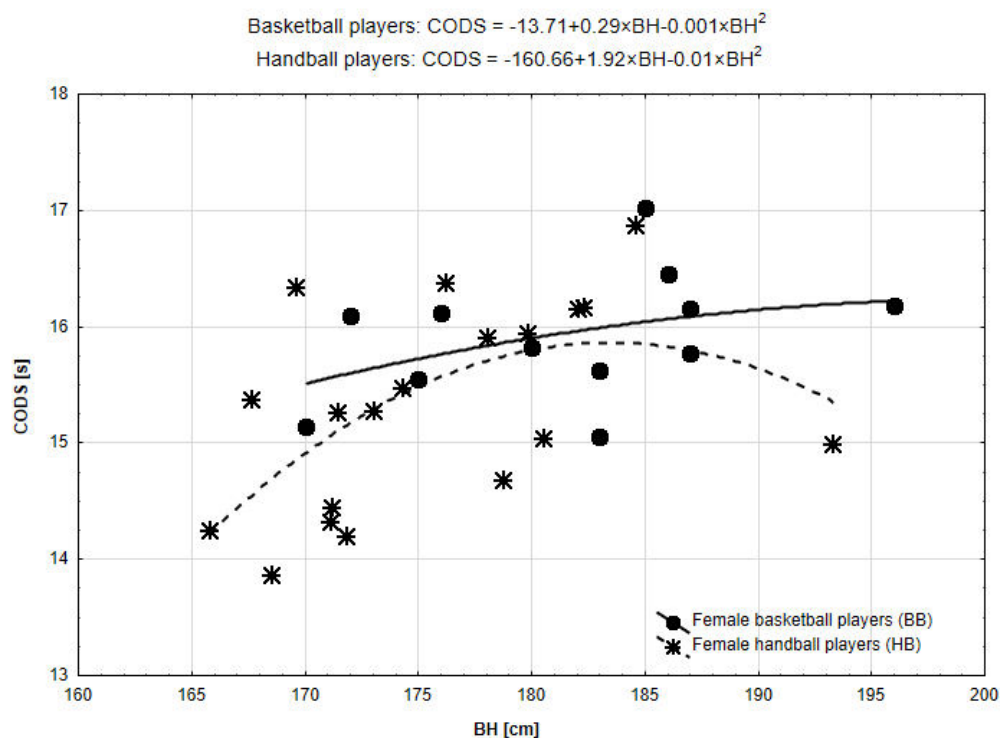


Figure 2. Functional forms of the relationships between body height (BH) and change of direction speed (CODS) in BB and HB.

Taking into account the relationship between BMI and CODS, in both cases (BB and HB, Figure 3), a quadratic function was better fitted than the linear one in both team sports but statistically significant only in HB (HB: $R^2 = 0.31$, $p = 0.010$; BB: $R^2 = 0.24$, $p = 0.286$).

BB presented a parabolic curve that suggested a threshold in BMI separating players into groups: with lower BMI receiving constantly worse results in COD, and higher BMI receiving better results (Figure 3). The curve for HB was a rather inverted L-shape which has worse results of CODS together with increasing the BMI up to the maximum value and constant plateau beyond the maximum. The calculated thresholds of the BMI were 23.15 for BB and 25.45 for HB.

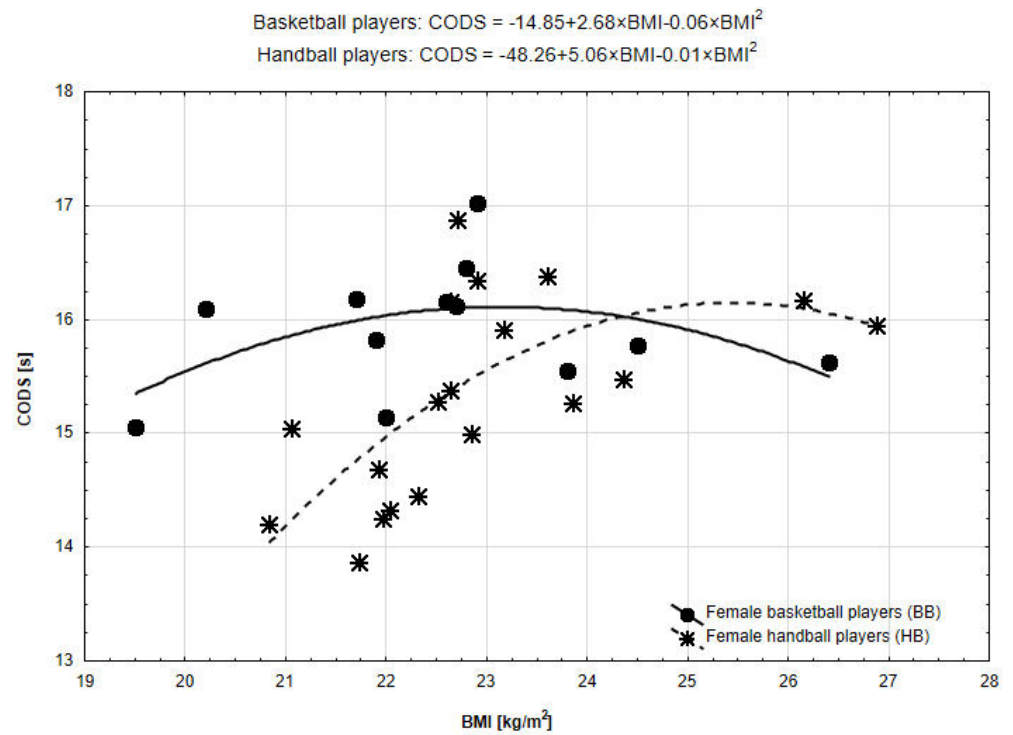


Figure 3. Functional forms of the relationships between BMI and CODS in BB and HB.

Taking into account the relationship between body height and AG, the forms of the relationships mirrored the functional forms for CODS (Figure 4). The slight difference was that the line for BB was a rather inverted L-shape more similar to the straight line and better drawn by first-degree function ($R^2 = 0.34, p = 0.046$), while for HB it was a typical parabolic curve ($R^2 = 0.35, p = 0.029$). Peak values were: BB—191.95 cm; HB—182.23 cm.

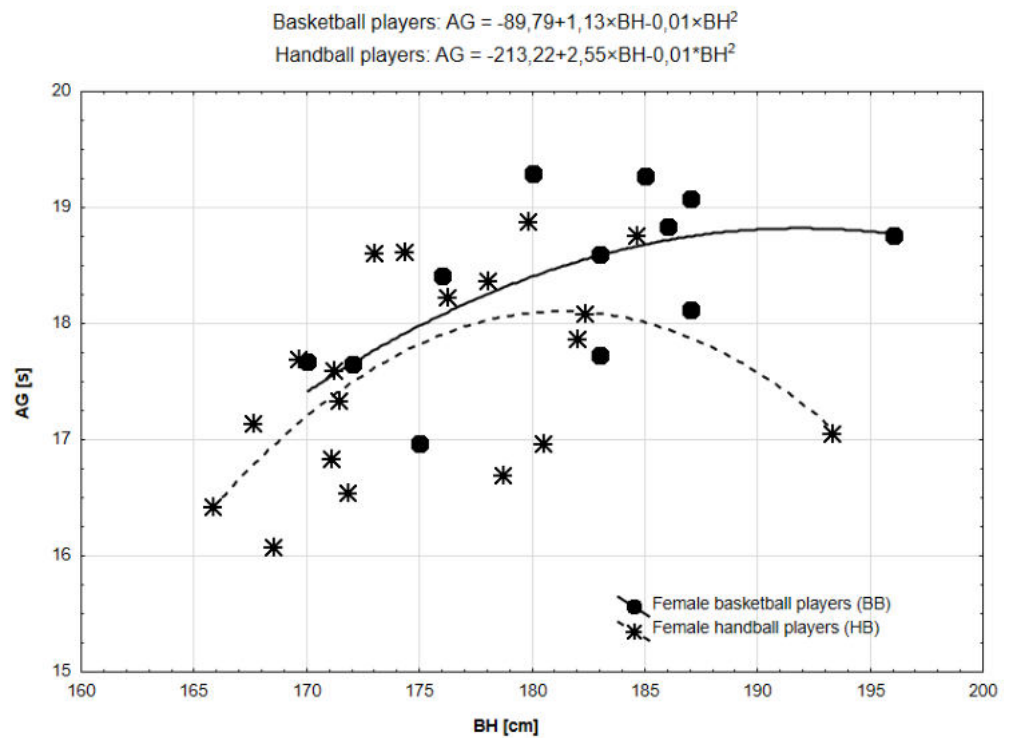


Figure 4. Functional forms of the relationships between BH and AG in BB and HB.

Taking into account the relationship between BMI and AG, in the case of BB, both models were poor and insignificant (Figure 5). In the case of the HB, the parabolic model was better fitted ($R^2 = 0.51$, $p = 0.003$). The scatterplot drawn for the best function mirrored Figure 3 (relationship between CODS and BMI). Peak values were: BB—22.20; HB—26.27.

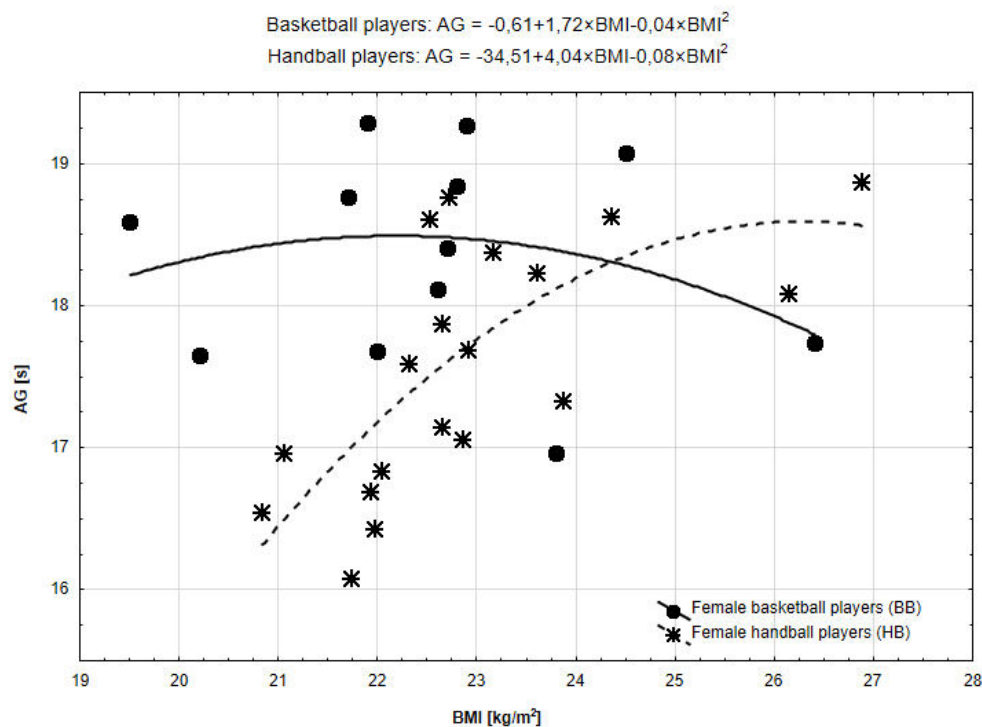


Figure 5. Functional forms of the relationships between BMI and AG in BB and HB.

4. Discussion

The main aim of the study was to assess the functional form of the relationship between BH and BMI and motor ability (CODS and AG) in female BB and HB. The hypothesis put forward in some of the relationships between IV and DV was supported. Statistically significant regression models were found in female handball players between BH vs. CODS, BH vs. AG, BMI vs. CODS and BMI vs. AG. On the other hand, in basketball players, only a significant relationship was noticed between BH and AG. The present contribution demonstrated that the functional forms between BH or BMI and COD or AG differ between players from two quite different team sports games. There were the following forms of the relationships observed: (1) constant linear increase, (2) inverted L-shape linear increase with plateau, (3) inverted U-shape increase at the beginning, peak value and decline from peak value together with increase in the anthropometric measurement.

The constant linear increase (similar to a straight line) occurred only in CODS vs. BH relationships among BB (not statistically significant). The taller the BB, the longer the overall test time was for the CODS. A similar principle was observed in the relationship between AG and BH among BB, but it was not a constant line increase. This relationship was L-shaped. It was found in BB that the higher the BH (up to 183 cm), the worse the AG result. On the other hand, athletes over 183 cm obtained similar results in the AG evaluation test. However, these principles noticed in BB were not disclosed in the CODS vs. BH and AG vs. BH relationships in HB. HB were shorter and faster in COD and AG tests than BB. For the CODS and AG results, relationships with the shape of an inverted U were noticed. It was found that the taller the BH (up to 183 cm), the worse the CODS result was. On the other hand, the taller the players are over 183 cm, the better the CODS scores. Similarly, a worsening of the AG scores was observed along with an increase in BH to 182.23 cm. On the other hand, the female athletes with a higher BH than 182.23 cm obtained a shorter total time for the agility test. This proves that tall HB can obtain similar

CODS and AG results to female players with a BH of 175 to 183 cm in our study. However, athletes over 183 cm could not achieve a CODS and AG result similar to that of athletes of the lowest height. Study results show that the CODS results are BH dependent and therefore COM dependent. This also has a bearing on the results of AG (through its motor component) [28]. Moreover, the similar results of CODS and AG of tall handball players to short players may confirm the complexity of these motor abilities. Motor deficiencies and differences in the height of COM can be compensated for by improving the technique of change of directions or making decisions [34,35]. It is also important to carry out agility, plyometric, or strength training that cause neuronal adaptation, increased intermuscular coordination, and/or increased proprioception [36,37]. Our results can confirm this kind of coach's actions. However, the noticed occurrence of peak values in the relations of anthropometric and motor measurements is interesting, which today is difficult to interpret in these relations due to the limited (small) number of samples. This should be the goal of further research interests.

An inverted U-shaped relationship was also noticed between CODS vs. BMI and AG v BMI in BB. These relations were not statistically significant. However, in the CODS and BMI relation in HB, we noticed a significant L-shaped relationship. The higher the BMI of the players (up to 25.45), the worse the CODS test result. Additionally, the higher the BMI than the value of 25.45, the more similar the results of the COD test. The importance of BMI on the results of HB is probably related to their H somatotype, i.e., they are all shorter than the tested BH. BH and somatotype are some of the key anthropometric parameters that influence the sports success of team sports athletes [38]. It is suggested in subsequent studies to determine the somatotype of the player, which is currently a limitation of this research. The peak value of BMI = 25.45 is an overweight value [39]. People with a BMI > 25 are likely to have increased body fat. Increasing it in the athlete's body negatively affects the results of CODS and possibly AG [40–42]. However, the interpretation of BMI should be approached with caution. Its value can be influenced by other body components [39]. On the other hand, calculating BMI does not require specialized research equipment and can be easily calculated by any trainer.

The form of the L-shape linear increase was found also between BMI vs. AG in HB. Agility results worsened in parallel with increasing BMI (up to 26.27). On the other hand, above this BMI value, the AG results improved. The results partially confirm the importance of the perceptual-cognitive component of agility and the results of other studies that found that people with a higher BMI react significantly slower than those with a lower BMI [43,44]. Improving agility results in people with high BMI may be caused by other factors influencing the improvement of agility tasks, such as sports experience, COD technique, or speed of making decisions.

Generally, squared functions better explained the relationship between anthropometric measurement and functional features (R^2 was higher for those functions than for linear ones). However, there were differences between BB and HB. Models for BB were on a lower level of goodness of fit compared to HB. The best fit was received for the relationship between BMI and AG in HB (squared function, $R^2 = 0.51$, $p = 0.003$).

This proves that when analyzing elite athletes, it is not possible to unequivocally determine the linearity of the relationship between anthropometric and agility parameters. Differences in motor development caused by various biological, training, and social factors are eliminated through a properly prepared training process [45]. Often even referring to the individual work of coaches with the player [46]. Therefore, elite players who are taller or have a higher BMI may achieve similar results in motor tests or during the game compared to other athletes.

To the best of the authors' knowledge, this is the first study that presents the functional forms of the relationship of BH, BMI, CODS, and AG in team sports games. In addition, the study analyzed the relationship between professional players of two different types of sports. These results could be included in a database against which other adult female athletes can be compared. Further, the present study determined the relationship between

the anthropometric and motor skills parameters in an agility task based on a uniform ‘stop-and-go’ scenario.

Some limitations are present in this study. Firstly, the small number of the participants limited the statistical approach. There were not enough people to conduct higher-term regressions. Secondly, all analyses were based on cross-sectional data. Third, the researchers analyzed the results without taking into account the players’ playing positions. Numerous studies indicate that the results of motor tests and anthropometric measurements differ depending on the position of the game [47,48]. This should be taken into account in future research.

5. Conclusions

The hypotheses put forward in the study (BH and BMI might be significantly associated with results of CODS and AG; the relationships between anthropometric parameters and the results of motor ability might be curvilinear) were partially confirmed. Our results confirmed the relationship between both anthropometric measurements (BH and BMI) and the results of both motor tests (COS and AG) only in female handball players. In BB, a significant relationship was noted only between BH and AG. This contribution, which attempts to identify the shape of the relationships between BH or BMI and CODS or AG, finds that the functional form of the relationship is curvilinear rather than linear (model with the second term of the anthropometric measurement better explained the relationship with CODS or AG). However, detailed analysis showed that the functional form of the relationship is related to team sport discipline. Models for HB were generally better fitted than for BB. Two curvilinear functional forms of the relationship were identified: inverted L-shape (which means that there is a plateau in body height or BMI for CODS or AG) and inverted U-shape (which means the peak value of the BH or BMI which is the threshold for the value of the anthropometric measurement when the progressive effect in functional feature starts). Future studies should focus on searching for causal relationships between morphological and functional features using other explanatory variables, e.g., pole position.

Author Contributions: Conceptualization, M.P. and J.D.; methodology, M.P. and J.D.; formal analysis, M.P.; data curation, J.D.; writing—original draft preparation, M.P. and J.D., writing—review and editing, M.P., J.D., P.H. and J.Š.; visualization, M.P. and P.H.; supervision, M.P., J.D. and J.Š. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: The study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki and approved by the Bioethical Scientific Research Committee of the Senate of the Wrocław University of Health and Sport Sciences, Poland (reference number: USPE-2013-06-07).

Informed Consent Statement: Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Data Availability Statement: Data of body height, CODS, and RA for groups of basketball and handball players presented in this work were registered in the AZON repository: <https://deponuj.azon.e-science.pl/entry/57923/detailredirect> (accessed on 18 June 2021).

Acknowledgments: The authors would like to thank all the participants of the study (Wrocław University of Health and Sport Sciences, Poland) for their contribution to the manuscript.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Sheppard, J.M.; Young, W.B. Agility literature review: Classifications, training and testing. *J. Sport. Sci.* **2006**, *24*, 919–932. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
2. McNeil, D.G.; Spittle, M.; Mesagno, C. Imagery training for reactive agility: Performance improvements for decision time but not overall reactive agility. *Int. J. Sport Exerc. Psychol.* **2021**, *19*, 429–445. [[CrossRef](#)]
3. Young, W.; Dos’Santos, T.; Harper, D.; Jefferys, I.; Talpey, S. Agility in Invasion Sports: Position Stand of the IUSCA. *Int. J. Strength Cond.* **2022**, *2*, 1–25. [[CrossRef](#)]

4. Popowczak, M.; Domaradzki, J.; Rokita, A.; Zwierko, M.; Zwierko, T. Predicting Visual-motor performance in a reactive agility task from selected demographic, training, anthropometric, and functional variables in adolescents. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17*, 5322. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
5. Zwierko, T.; Popowczak, M.; Wozniak, J.; Rokita, A. Visual control in basketball shooting under exertion conditions. *J. Sport. Med. Phys. Fit.* **2018**, *58*, 1544–1553. [[CrossRef](#)]
6. Duncan, M.J.; Woodfield, L.; Al-Nakeeb, Y. Anthropometric and physiological characteristics of junior elite volleyball players. *Br. J. Sport. Med.* **2006**, *40*, 649–651. [[CrossRef](#)]
7. Koltai, M.; Gusztafik, Á.; Nagyvárad, K.; Szeiler, B.; Halasi, S.; Lepső, J. The connection between the agility of adolescent soccer players and their body composition. *Facta Univ. Ser. Phys. Educ. Sport* **2021**, *18*, 577–588. [[CrossRef](#)]
8. Popowczak, M.; Cichy, I.; Rokita, A.; Domaradzki, J. The Relationship Between Reactive Agility and Change of Direction Speed in Professional Female Basketball and Handball Players. *Front. Psychol.* **2021**, *12*, 708771. [[CrossRef](#)]
9. Horicka, P.; Simonek, J. Age-related changes of reactive agility in football. *Phys. Act. Rev.* **2021**, *9*, 16–23. [[CrossRef](#)]
10. Young, W.B.; Dawson, B.; Henry, G.J. Agility and change-of-direction speed are independent skills: Implications for training for agility in invasion sports. *Int. J. Sport. Sci. Coach.* **2015**, *10*, 159–169. [[CrossRef](#)]
11. Alesi, M.; Bianco, A.; Luppina, G.; Palma, A.; Pepi, A. Improving children's coordinative skills and executive functions: The effects of a football exercise program. *Percept. Mot. Ski.* **2016**, *122*, 27–46. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
12. Chaouachi, A.; Brughelli, M.; Levin, G.; Boudhina, N.B.; Cronin, J.; Chamari, K. Anthropometric, physiological and performance characteristics of elite team-handball players. *J. Sport. Sci.* **2009**, *27*, 151–157. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
13. Young, W.B.; Miller, I.R.; Talpey, S.W. Physical qualities predict change-of-direction speed but not defensive agility in Australian rules football. *J. Strength Cond. Res.* **2015**, *29*, 206–212. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
14. Young, W.B.; James, R.; Montgomery, I. Is muscle power related to running speed with changes of direction? *J. Sport. Med. Phys. Fit.* **2002**, *42*, 282–288.
15. Malina, R.M.; Bouchard, C.; Bar-Or, O. *Growth, Maturation, and Physical Activity*, 2nd ed.; Human Kinetics: Champaign, IL, USA, 2004.
16. Jakovljević, S.; Karalejić, M.; Pajić, Z.; Mandić, R. Acceleration and speed of change of direction and the way of movement of quality basketball players. *Phys. Cult.* **2011**, *65*, 16–23. [[CrossRef](#)]
17. Garcia-Gil, M.; Torres-Unda, J.; Esain, I.; Duñabeitia, I.; Gil, S.M.; Gil, J.; Irazusta, J. Anthropometric parameters, age, and agility as performance predictors in elite female basketball players. *J. Strength Cond. Res.* **2018**, *32*, 1723–1730. [[CrossRef](#)]
18. Mathisen, G.; Pettersen, S.A. Anthropometric factors related to sprint and agility performance in young male soccer players. *Open Access J. Sport. Med.* **2015**, *6*, 337–342. [[CrossRef](#)]
19. Sekulic, D.; Spasic, M.; Mirkov, D.; Cavar, M.; Sattler, T. Gender-specific influences of balance, speed, and power on agility performance. *J. Strength Cond. Res.* **2013**, *27*, 802–811. [[CrossRef](#)]
20. Jakovljevic, S.T.; Karalejic, M.S.; Pajic, Z.B.; Macura, M.M.; Erculj, F.F. Speed and agility of 12- and 14-year-old elite male basketball players. *J. Strength Cond. Res.* **2012**, *26*, 2453–2459. [[CrossRef](#)]
21. Mann, J.B.; Ivey, P.A.; Mayhew, J.L.; Schumacher, R.M.; Brechue, W.F. Relationship between agility tests and short sprints. *J. Strength Cond. Res.* **2016**, *30*, 893–900. [[CrossRef](#)]
22. Ziv, G.A.L.; Lidor, R. Physical characteristics, physiological attributes, and on-court performances of handball players: A review. *Eur. J. Sport Sci.* **2009**, *9*, 375–386. [[CrossRef](#)]
23. McDonald, J.H. *Handbook of Biological Statistics*; Sparky House: Baltimore, MD, USA, 2014.
24. Livshits, G.; Cohen, Z.; Otremski, I. Relationship between physical growth and motor development in infancy and early childhood: Multivariate analysis. *Am. J. Hum. Biol.* **1993**, *5*, 481–489. [[CrossRef](#)]
25. Lampl, M.; Thompson, A.L. Growth chart curves do not describe individual growth biology. *Am. J. Hum. Biol.* **2007**, *19*, 643–653. [[CrossRef](#)]
26. Adolph, K.E.; Hoch, J.E. Motor Development: Embodied, Embedded, Enculturated, and Enabling. *Annu. Rev. Psychol.* **2019**, *70*, 141–164. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
27. Inglis, P.; Bird, S. Reactive agility tests: Review and practical applications. *J. Aust. Strength Cond.* **2016**, *24*, 62–69.
28. Sugiyama, T.; Maeo, S.; Kurihara, T.; Kanehisa, H.; Isaka, T. Change of direction speed tests in basketball players: A brief review of test varieties and recent trends. *Front. Sport. Act. Living* **2021**, *3*, 645350. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
29. Morral-Yepes, M.; Moras, G.; Bishop, C.; Gonzalo-Skok, O. Assessing the reliability and validity of agility testing in team sports: A systematic review. *J. Strength Cond. Res.* **2020**, *36*, 2035–2049. [[CrossRef](#)]
30. Kucsa, R.; Mačura, P. Physical characteristics of female basketball players according to playing position. *Acta Fac. Educ. Phys. Univ. Comen.* **2015**, *55*, 46–53. [[CrossRef](#)]
31. Harriss, D.J.; Atkinson, G. Ethical standards in sport and exercise science research: 2016 update. *Int. J. Sport. Med.* **2015**, *36*, 1121–1124. [[CrossRef](#)]
32. Popowczak, M.; Rokita, A.; Struzik, A.; Cichy, I.; Dudkowski, A.; Chmura, P. Multi-directional sprinting and acceleration phase in basketball and handball players aged 14 and 15 years. *Percept. Mot. Ski.* **2016**, *123*, 543–563. [[CrossRef](#)]
33. Domaradzki, J.; Popowczak, M.; Zwierko, T. The mediating effect of change of direction speed in the relationship between the type of sport and reactive agility in elite female team-sport athletes. *J. Sport. Sci. Med.* **2021**, *20*, 699–705. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
34. Zouhal, H.; Abderrahman, A.B.; Dupont, G.; Truptin, P.; le Bris, R.; le Postec, E.; Sghaier, Z.; Brughelli, M.; Granacher, U.; Bideau, B. Effects of neuromuscular training on agility performance in elite soccer players. *Front. Physiol.* **2019**, *10*, 947. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

35. Šimonek, J.; Horička, P.; Hianik, J. The differences in acceleration, maximal speed and agility between soccer, basketball, volleyball and handball players. *J. Hum. Sport Exerc.* **2017**, *12*, 73–82. [[CrossRef](#)]
36. Hammami, M.; Negra, Y.; Billaut, F.; Hermassi, S.; Shephard, R.J.; Chelly, M.S. Effects of lower-limb strength training on agility, repeated sprinting with changes of direction, leg peak power, and neuromuscular adaptations of soccer players. *J. Strength Cond. Res.* **2018**, *32*, 37–47. [[CrossRef](#)]
37. Bouteraa, I.; Negra, Y.; Shephard, R.J.; Chelly, M.S. Effects of combined balance and plyometric training on athletic performance in female basketball players. *J. Strength Cond. Res.* **2020**, *34*, 1967–1973. [[CrossRef](#)]
38. Bayios, I.A.; Bergeles, N.K.; Apostolidis, N.G.; Noutsos, K.S.; Koskolou, M.D. Anthropometric, body composition and somatotype differences of Greek elite female basketball, volleyball and handball players. *J. Sport. Med. Phys. Fit.* **2006**, *46*, 271–280.
39. Nuttall, F.Q. Body mass index: Obesity, BMI, and health: A critical review. *Nutr. Today* **2015**, *50*, 117–128. [[CrossRef](#)]
40. Sattler, T.; Sekulic, D.; Spasic, M.; Peric, M.; Krolo, A.; Uljevic, O.; Kondric, M. Analysis of the association between motor and anthropometric variables with change of direction speed and reactive agility performance. *J. Hum. Kinet.* **2015**, *47*, 137–145. [[CrossRef](#)]
41. Chaouachi, A.; Brughelli, M.; Chamari, K.; Levin, G.T.; Abdelkrim, N.B.; Laurencelle, L.; Castagna, C. Lower limb maximal dynamic strength and agility determinants in elite basketball players. *J. Strength Cond. Res.* **2009**, *23*, 1570–1577. [[CrossRef](#)]
42. Chaouachi, A.; Manzi, V.; Chaalali, A.; Wong, D.P.; Chamari, K.; Castagna, C. Determinants analysis of change-of-direction ability in elite soccer players. *J. Strength Cond. Res.* **2012**, *26*, 2667–2676. [[CrossRef](#)]
43. Skurvydas, A.; Gutnik, B.; Zuoza, A.K.; Nash, D.; Zuoziene, I.J.; Mickeviciene, D. Relationship between simple reaction time and body mass index. *HOMO* **2009**, *60*, 77–85. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
44. Deore, D.N.; Surwase, S.P.; Masroor, S.; Khan, S.T.; Kathore, V. A cross sectional study on the relationship between the body mass index (BMI) and the audiovisual reaction time (ART). *J. Clin. Diagn. Res.* **2012**, *6*, 1466–1468. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
45. Turner, A.; Comfort, P. *Advanced Strength and Conditioning: An Evidence-Based Approach*; Routledge: Oxfordshire, UK, 2022.
46. Gryko, K.; Kopiczko, A.; Mikołajec, K.; Stasny, P.; Musalek, M. Anthropometric variables and somatotype of young and professional male basketball players. *Sports* **2018**, *6*, 9. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
47. Bogild, P.; Jensen, K.; Kvorning, T. Physiological performance characteristics of Danish national team handball players 1990–2016: Implications on position-specific strength and conditioning training. *J. Strength Cond. Res.* **2020**, *34*, 1555–1563. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
48. Milanese, C.; Piscitelli, F.; Lampis, C.; Zancanaro, C. Anthropometry and body composition of female handball players according to competitive level or the playing position. *J. Sport. Sci.* **2011**, *29*, 1301–1309. [[CrossRef](#)]