

**AKADEMIA WYCHOWANIA FIZYCZNEGO
im. JERZEGO KUKUCZKI W KATOWICACH**

PATRÍCIA FISCHEROVÁ

**WPŁYW ASYMETRII SIŁY I MOCY MIĘŚNIOWEJ
KOŃCZYN DOLNYCH NA SZYBKOŚĆ
WIELOKIERUNKOWĄ PIŁKAREK NOŻNYCH**

Rozprawa na stopień doktora nauk o kulturze fizycznej

Promotor naukowy:
prof. dr hab. Adam Maszczyk

KATOWICE 2023

Oznaczenia i skróty używane w pracy

1RM – 1 powtórzenie maksymalne

ASY – asymetria siły i mocy mięśniowej

ATP – adenozyntrifosforan

cm – centymetr

df – ang. *degree of freedom*, stopnie swobody

DJ – ang. *drop jump*, skok po zeskoku

F – ang. *force*, siła

FFM – ang. *fat free mass* – beztłuszczowa masa ciała

FIFA – fr. *Fédération Internationale de Football Associatio* – Międzynarodowa Federacja Piłki Nożnej

G1 – grupa niezróżnicowana w sile i mocy pomiędzy prawą i lewą kończyną dolną

G2 – grupa zróżnicowana względem siły i mocy pomiędzy prawą i lewą kończyną dolną

in. – inni

kg – kilogram

KD – kończyny dolne

km/h – kilometr na godzinę

LKD – lewa kończyna dolna

m – metr

M – ang *mean*, średnia

ms – milisekunda

m/s – metr na sekundę

N – niuton

np. – na przykład

p – poziom istotności

Pmax – ang. *power*, moc maksymalna

PCr – fosfokreatyna

PJ – przysiad jednonóż

PKD – prawa kończyna dolna

PZPN – Polski Związek Piłki Nożnej

r – współczynnik korelacji Pearsona

s – sekundy

SD – ang. *standard deviation*, odchylenie standardowe

SEM – ang. *standard error of mean*, błąd standardowy

SJWB – skok jednonóż w bok

V – współczynnik zmienności

W – watt

WJ – wypychanie ciężaru jednonóż

WJWG – wyskok jednonóż w górę

\bar{x} – średnia wartość zmiennej

Spis treści

| | |
|--|----|
| Wstęp..... | 5 |
| 1. Rola siły i mocy mięśniowej w kształtowaniu szybkości wielokierunkowej piłkarek nożnych..... | 8 |
| 1.1. Szybkość wielokierunkowa..... | 8 |
| 1.2. Siła i moc mięśniowa kończyn dolnych..... | 11 |
| 2. Asymetria siły i mocy mięśniowej kończyn dolnych i jej wpływ na szybkość wielokierunkową – problem badawczy | 15 |
| 3. Cel pracy i pytania badawcze | 19 |
| 4. Materiał i metody badawcze | 20 |
| 4.1. Materiał badawczy | 20 |
| 4.2. Metody badawcze..... | 22 |
| 4.3. Narzędzia analizy statystycznej | 31 |
| 5. Wyniki | 33 |
| 5.1. Analizy wstępne – statystyka opisowa oraz korelacje zmiennych pomiędzy procentowymi asymetriami siły i mocy mięśniowej KD, a wynikami testów szybkościowych wszystkich badanych | 33 |
| 5.2. Różnice między grupami G1 i G2 w asymetrii siły i mocy mięśniowej KD | 35 |
| 5.3. Analiza różnic w prędkości biegowej pomiędzy grupami o różnym poziomie asymetrii siły i mocy mięśniowej KD G1 i G2..... | 37 |
| 5.3.1. Różnice w szybkości wielokierunkowej pomiędzy grupami G1 i G2 wyznaczonymi w teście WJWG..... | 37 |
| 5.3.2. Różnice w szybkości wielokierunkowej pomiędzy grupami G1 i G2 wyznaczonymi w teście SJWB..... | 39 |
| 5.3.3. Różnice w szybkości wielokierunkowej pomiędzy grupami G1 i G2 wyznaczonych w teście WJ..... | 42 |
| 5.3.4. Prędkość uzyskana przez zawodniczki w grupach G1 i G2 wyznaczonych w teście PJ | 45 |
| 5.4. Analiza korelacji pomiędzy procentem asymetrii siły i mocy mięśniowej KD a wynikami testów szybkościowych w grupach G1 i G2 | 48 |

| | |
|---------------------|----|
| 6. Dyskusja..... | 50 |
| 7. Wnioski | 56 |
| Streszczenie | 57 |
| Bibliografia | 61 |
| Spis tabel..... | 80 |
| Spis wykresów | 82 |

Wstęp

Piłka nożna to najpopularniejsza dyscyplina sportowa na świecie. Początki gry sięgają VIII wieku, jednak dopiero w połowie XIX wieku w Anglii powstały pierwsze męskie kluby i rozgrywki z ujednoczonymi zasadami (*FIFA. Classic Football History of the Game*). Co ciekawe, w tamtych czasach kobiety również grały w piłkę i miały możliwość rywalizować ze sobą aż do roku 1921, kiedy to Związek Piłki Nożnej w Anglii zakazał kobietom uprawiania tej dyscypliny. Zakaz ten zniesiony został dopiero w 1971 roku i od tego momentu popularność piłki kobiecej wzrosła na tyle, że w 1991 roku zorganizowano pierwsze oficjalne Mistrzostwa Świata Kobiet (*Mistrzostwa Świata FIFA Kobiet 1991*).

Według danych opublikowanych przez Międzynarodową Federację Piłki Nożnej (FIFA), w roku 2019 na świecie zarejestrowanych było ponad 4 miliony zawodniczek (*FIFA Women's Football Survey 2019*). Popularność tej dyscypliny rośnie również w Polsce, gdzie Polski Związek Piłki Nożnej (PZPN) zachęca kluby piłkarskie do tworzenia sekcji kobiecych, przez co dodatkowo rośnie liczba rejestrowanych zawodniczek (*Strategia PZPN 2020*). Oglądalność kobiecej piłki nożnej w ostatnich latach pozytywnie zaskakuje. Frekwencja na trybunach stadionu Wembley w finale Mistrzostw Europy Kobiet w 2022 w meczu Anglia vs. Niemcy wyniosła rekordowe 87 192 widzów, najwięcej spośród wszystkich dotychczasowych meczy mistrzostw Europy w piłce nożnej, zarówno w kobiecym, jak i męskim futbolu (*Women's Euro 2022*).

Wzrostowi popularności dyscypliny towarzyszy zwiększenie ilości badań naukowych prowadzonych na piłkarkach. Prowadzono badania z zakresu sprawności fizycznej – wymagań fizjologicznych (Sporiš i in. 2009; Milanović i in. 2017; Ramos i in. 2017, 2019; Strauss 2018), poprawy zdolności motorycznych (Sporiš i in. 2011; Lockie i in. 2018; Emmonds i in. 2019; Pajerska i in. 2020; Freitas i in. 2021; Fischerova i in. 2021 a, Fischerova i in. 2021 b), cech morfologicznych (Can i in. 2004, 2019; Strauss i in. 2021), akceptacji społecznej i sytuacji socjologicznej (Pfister i in. 2015), treningu techniczno-taktycznego (Pascual i Carbonell i in. 2018; De Jong i in. 2020), treningu mentalnego (Bozzini i in. 2020; Ruiz-Esteban i in. 2020), prewencji urazów (Grandstrand i in. 2006; Blasco i in. 2018), porównania z innymi dyscyplinami sportowym – dotyczące różnic w zdolnościach koordynacyjnych pomiędzy piłkarkami nożnymi, ręcznymi i siatkarkami (Di Cesare i in. 2019), czy cech antropometrycznych (Gusic i in. 2017; Taylor i in. 2017; Risberg i in. 2018), porównania z mężczyznami w tej samej dziedzinie pod kątem zmiennych

antropometrycznych i fizjologicznych (Delavier 2011; Pedersen i in. 2019; Cardoso i in. 2018; Casal i in. 2021).

Liczba badań naukowych dotyczących kobiet rośnie, ale nadal w porównaniu z badaniami prowadzonymi na mężczyznach, jest ich znacznie mniej (Randell i in. 2021). Nawet w środowisku naukowym wielu badaczy nie przykłada równorzędnego znaczenia dla sportu kobiecego (Costello i in. 2014), pomimo wysokiego poziomu zainteresowania i znaczących osiągnięć sportowych (*FIFA Report: Women's Football*).

Naukowcy rzadziej decydują się na prowadzenie badań na kobietach ze względu na wahania hormonalne w poszczególnych fazach cyklu miesięczkowego, które mogą wpływać na osiągnięte wyniki sportowe. Istnieją doniesienia, zarówno wspierające ten pogląd, iż poszczególne fazy cyklu miesięczkowego wpływają negatywnie (Górski 2019), jak i takie, które mu zaprzeczają (Constantini i in. 2005). U części zawodniczek obserwuje się osłabienie występujące podczas menstruacji (wczesna faza folikularna), które może być spowodowane zaburzeniami miesięczkowymi lub innymi objawami towarzyszącymi, takimi jak obfite krwawienie, silne skurcze macicy lub ból piersi (Górski 2019; Brooke i in. 2020; Findlay i in. 2020). Zaobserwowano 2,4-krotny wzrost ryzyka zerwania więzadła krzyżowego przedniego (ACL) u kobiet w fazie przedowulacyjnej (folikularnej i owulacyjnej), niż w fazie poowulacyjnej (lutealnej) (Lefevre i in. 2013; Herzberg i in. 2017). Mogłoby się wydawać, że faza późna folikularna jest najmniej korzystna dla rywalizacji ze względu na ryzyko wystąpienia urazu aparatu ruchu. Jednak w tej fazie poziom estrogeny osiąga najwyższe wartości spośród wszystkich faz cyklu miesięczkowego, co korzystnie wpływa na funkcjonowanie organizmu ze względu na gospodarkę glikogenem. W drugiej fazie poowulacyjnej (lutealnej) poziom progesteronu wrasta, co spowalnia procesy metaboliczne (Constantini i in. 2005). Z badań przeprowadzonych w ostatnich 5 latach wynika, że u kobiet wyczynowo uprawiających sport, przy prawidłowym cyklu miesięczkowym, faza cyklu nie wpływa w żadnym lub znaczącym stopniu na sprawność fizyczną (Ozbar i in. 2016; Julian i in. 2020), siłę i moc mięśni (Arazi i in. 2019; Romero-Moraleda i in. 2019; Blagrove i in. 2020; Dasa i in. 2021) oraz szybkość (Tsampanoukos i in. 2010; García-Pinillos i in. 2021).

Zdecydowanie większy wpływ na osiągnięcia sportowe piłkarek niż faza cyklu ma siła i moc mięśniowa kończyn dolnych (KD). Większość czynności w piłce nożnej realizowana jest asymetryczną pracą KD (bieg, sprint, hamowanie, uderzenie piłki, skok i lądowanie). Jest to sport nierównomiernie obciążający kończyny dolne, ponieważ zawodnik używa jednej kończyny dolnej do uderzania czy prowadzenia piłki, a drugiej do stabilizacji pozycji.

Należy zauważyć, iż w trakcie gry zawodniczki wykonują więcej akcji z piłką swoją preferowaną nogą. Już na etapie trenowania młodzieży wprowadzane są ćwiczenia mające na celu równomierne rozwijanie obu kończyn. Symetryczna praca nóg w piłce nożnej ułatwia grę i stanowi wsparcie techniczne, pozwalające osiągnąć lepsze wyniki sportowe – czołowe drużyny piłkarskie preferują zatrudniać zawodniczki obunożne (Starosta i in. 2011).

Pomimo tego, około 80% zawodniczek uczestniczących w oficjalnych krajowych rozgrywkach deklaruje prawonożność i to tej kończyny częściej używa w meczu (Żuk i in. 2019; Bishop i in. 2020; Nakahira i in. 2022). Na ME kobiet w 2009 aż 66,1% strzałów na bramkę wykonano prawą kończyną dolną, a 33,9% lewą kończyną dolną (Bergier i Niewolna 2012). Jednak asymetria pracy, czyli częstsze obciążanie nogi dominującej, może wiązać się z problemami technicznymi w postaci słabego wkładu siły i uderzenia piłki nogą nie preferowaną (Hart i in. 2014), zdrowotnymi, gdyż przy ponad 15% różnicy między kończynami w sile mięśniowej można doznać ryzyko urazu nogi słabszej lub przeciążyć nogę preferowaną (Chalmers i in. 2018; Raya-González i in. 2021) i motorycznymi, np. w postaci słabszego wyskoku w górę przy asymetrii wysokości skoku 10–15% w porównaniu z asymetrią 0–5% (Bell i in. 2014). Nadal brak konsensusu w kwestii czy asymetria siłowa wpływa na szybkość w postaci obniżenia prędkości w trakcie sprintu po linii prostej lub ze zmianą kierunku biegu.

Teoretycznie większe asymetrie siły lub mocy mięśniowej KD mogłyby skutkować obniżeniem prędkości zarówno po linii prostej (Bishop i in. 2021a), jak i ze zmianą kierunku (Maloney i in. 2017). Dlatego, aby je zniwelować, trwają poszukiwania lepszych i skuteczniejszych metod optymalizacji treningu, które miałyby prowadzić do poprawy zdolności szybkościowo-siłowych (przyspieszenia, zwolnienia, ponownego przyspieszenia) (Loturco i in. 2019). W tym celu konieczne jest zastosowanie odpowiednich narzędzi pomiarowych, które poprawiłyby metody treningowe w treningu sportowym piłkarek nożnych. Efektem tych zabiegów miałyby być obniżenie lub wyeliminowanie asymetrii powstałych przez wykonywaną dyscyplinę sportową, co mogłoby wpływać na poprawę wyników szybkościowo-siłowych.

1. Rola siły i mocy mięśniowej w kształtowaniu szybkości wielokierunkowej piłkarek nożnych

Piłka nożna to dyscyplina, w której powtarzają się czynności ruchowe, wykonywane na różnych poziomach intensywności. Wysoka intensywność (np. długie sprinty, zmiany kierunku biegu, skoki, wślizgi, krótkie przyspieszenia), która charakteryzuje się krótkim czasem trwania w maksymalnym obciążeniu i pojawia się naprzemiennie z wysiłkami o umiarkowanej i niskiej intensywności (np. trucht, swobodny bieg, marsz), których w trakcie meczu jest zdecydowanie więcej. Wraz z przerwami w grze, podczas których zawodniczki stoją, wysiłki o niskiej intensywności mają kluczowy wpływ na regenerację organizmu zawodnika (Stølen i in. 2005; Chmura 2016 a). W meczach międzynarodowych na profesjonalnym poziomie, zawodniczki pokonują dystans 600 m–1200 m przy wysokiej intensywności (prędkość biegu większa niż 5,28 m/s; 19 km/h) w zależności od zajmowanej pozycji na boisku i wykonują około 400 przyspieszeń i hamowań (Mara i in. 2017; Vescovi i in. 2021). Sprint w trakcie meczu piłkarskiego definiowany jest w różnych źródłach jako bieg z prędkością przekraczająca 6,25 m/s; (22,5 km/h) (Scott i in. 2020) 6,39 m/s; (23 km/h) (Savolainen i in. 2023) lub 6,94 m/s; (25 km/h) (Mohr i in. 2008). Maksymalna prędkość, jaką osiągają piłkarki w trakcie gry, to średnio 8,19 m/s (29,5 km/h) (Scott i in. 2020). Eksplozywne czynności ruchowe o wysokiej intensywności (przyspieszenie, sprint, zmiana kierunku, skok, wślizg, walka o piłkę z przeciwnikiem itp.) często decydują o wyniku spotkania (Chmura i in. 2008).

1.1. Szybkość wielokierunkowa

Szybkość i zwinność to hybrydowe zdolności motoryczne, które zdeterminowane są procesami energetycznymi (kondycyjnymi) i informacyjnymi (koordynacyjne możliwości) (Raczek 2010). Chmura definiuje szybkość jako „zdolność do wykonywania czynności ruchowych w określonych warunkach otoczenia w jak najkrótszym czasie” (Chmura 2016 b, str. 165). Szybkość składa się z trzech komponentów: czasu reakcji, czasu ruchu prostego i częstotliwości ruchów (Sozański 1999; Chmura 2016 b). Szybkość może być diagnozowana i oceniana za pomocą prędkości (dynamika ruchu), czyli stosunku drogi (m) do czasu (s) potrzebnego na jej przebycie (m/s). Prędkość to wielkość fizyczna, która opisuje zmianę położenia ciała w czasie, jednak może ona być rozpatrywana jako jeden z przejawów

szybkości, gdy mamy na myśli sytuację dotyczącą np. prędkości biegu zawodniczki na określonym dystansie (Sozański 1999).

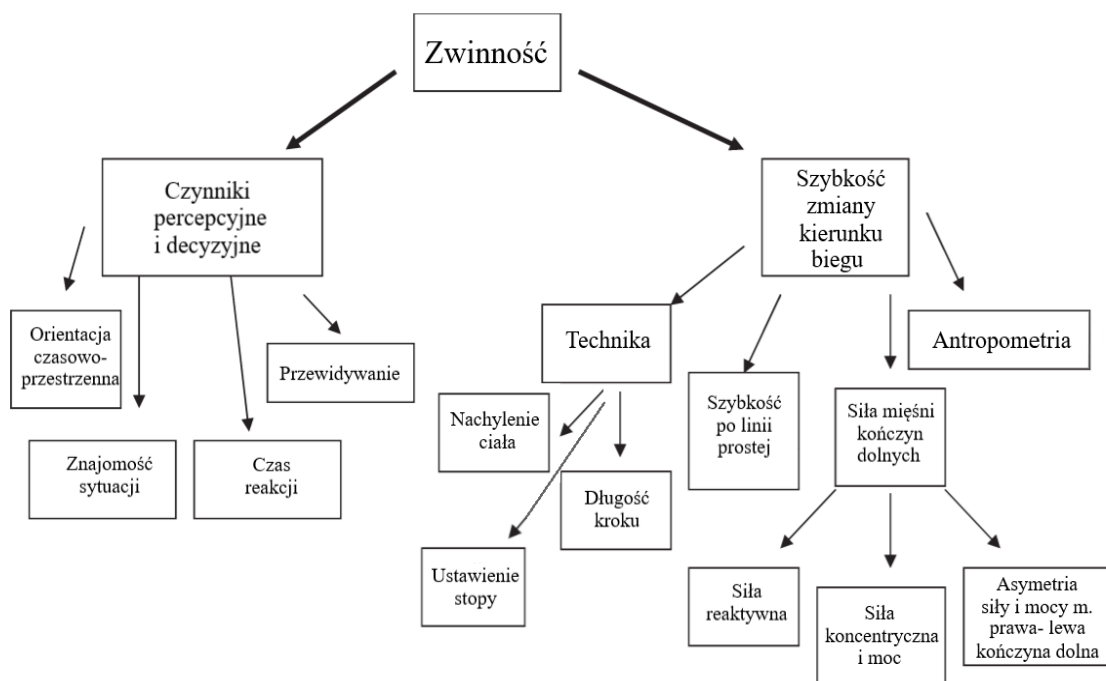
Zdolność do poruszania się z maksymalną szybkością po linii prostej, inaczej sprint, obejmuje 3 fazy: przyspieszenie (<20 m); osiągnięcie prędkości maksymalnej (>20 m) i utrzymanie prędkości maksymalnej (tzw. wytrzymałość szybkościowa) (Bompa i Buzzichelli 2018). Przyspieszenie determinowane jest głównie czynnikami takimi jak szybkość reakcji, siła i moc mięśniowa, częstotliwość i długość kroku (Sozański 1999). Szybkość w grach zespołowych jest zdolnością bardziej złożoną i zależy od wielu czynników wewnętrznych i zewnętrznych (Wykres 1).



Wykres 1. Czynniki determinujące szybkość w grach zespołowych
(Sozański 1999; Chmura 2016 b)

Określenie czym jest zwinność jest bardziej skomplikowana, ponieważ w literaturze naukowej znajduje się kilku różnych definicji. Np. szybkie, dokładne, zmienne i ekonomiczne wykonywanie złożonych czynności ruchowych w różnych warunkach i sytuacjach (Raczek 2010); zdolność do szybkiej zmiany kierunku ruchu w reakcji na bodziec zewnętrzny (Bloomfield i in. 2007); zdolność do zmiany kierunku ciała w gwałtowny, skoordynowany

sposób (Wade 2015). W tych definicjach powtarzają się dwa główne czynniki wpływające na tę zdolność, czynnik motoryczny w postaci zdolności do zmiany kierunku biegu (ang. *change of direction*) i czynnik informacyjno-poznawczy w postaci reakcji na bodziec zewnętrzny. W niniejszej pracy zwinność jest definiowana jak w definicji Younga, czyli: „Dynamiczny ruch całego ciała ze zmianą prędkości lub kierunku pod wpływem bodźca zewnętrznego” (Young i Farrow 2006). Definicja ta jasno opisuje ruch jaki zawodniczka wykonuje w czasie meczu. Sheppard i Young (2006) opisali więcej zależności pomiędzy czynnikami determinującymi zwinność (Wykres 2).

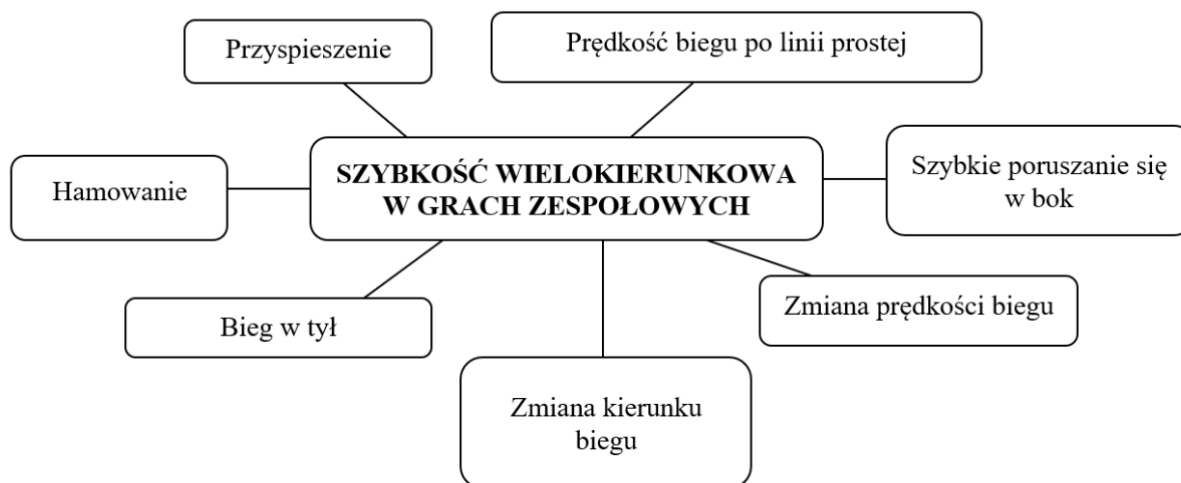


Wykres 2. Komponenty zwinności

(Sheppard i Young 2006, zmodyfikowana wersja Young i in. 2002)

Zarówno szybkość jak i zwinność wymagają poruszania się w jak najkrótszym czasie, przy czym szybkość opisuje ruch ciała w jednym kierunku, a zwinność w różnych kierunkach. W sportach zespołowych, takich jak piłka nożna, szybkość związana jest z umiejętnością poruszania się w specyficznych warunkach meczowych. Oprócz biegu w przód, zawodniczki biegną w tył, w bok, wykonując wielokrotne zmiany kierunku, nagłe hamowania, ponowne przyspieszenia, zmiany prędkości i to wszystko pod wpływem zaistniałej sytuacji meczowej (Chmura 2016 a). Dodatkowo szybkość i trafność postrzegania, przewidywania, reagowania, wyboru działania i podejmowania decyzji również wpływają na szybkość przemieszczania się po boisku z piłką i bez (Chmura 2016 b). Taki rodzaj szybkości można nazwać szybkością wielokierunkową. Lockie z współautorami (2012) twierdzą, iż

szybkość i zwinność są różnymi i niezależnymi cechami, ale w piłce nożnej współwystępują w postaci szybkości wielokierunkowej. Szybkość wielokierunkowa obejmuje prędkość biegu po linii prostej, prędkość ze zmianą kierunku biegu, w tym przyspieszenie, ruchy boczne, zwalnianie i bieg w tył (Wykres 3) (Bloomfield i in. 2007; Lockie i in. 2012).



Wykres 3. Komponenty szybkości wielokierunkowej w grach zespołowych (ilustracja na podstawie danych z Lockie i in. 2012; Chmura 2016 a)

W czasie meczu piłkarskiego wielokrotnie powtarzają się krótkie sprinty do 30 m (Bompa i in. 2013). Rozpoczęcie sprintu następuje w momencie, gdy zawodniczka znajduje się albo w stanie spoczynku (konieczne jest pokonanie bezwładności poprzez wybuchowe przyłożenie siły do podłoża obciążenia KD), albo rozpoczyna sprint, gdy znajduje się już w ruchu i nagle przechodzi do fazy przyspieszenia (Bompa i Buzzichelli 2018). Następnie sytuacja meczowa może wymusić nagle hamowanie, zmianę kierunku, ponowne przyspieszenie, bieg z maksymalną prędkością, zatrzymanie się itp., dlatego ważne jest rozwijanie tych zdolności w treningu piłkarskim.

1.2. Siła i moc mięśniowa kończyn dolnych

Szybkość wielokierunkowa jest w dużym stopniu determinowana siłą mięśniową i mocą KD (Bompa i in. 2013; Chmura 2016 b). Siła wg. Zaciorskiego (1970) to „zdolność do pokonania oporu zewnętrznego lub przeciwdziałania mu kosztem wysiłku fizycznego”. Według drugiej zasady dynamiki Newtona siła jest skutkiem działania masy i przyspieszenia (Kraemer i Ratamess 2000). Oznacza to, że aby zwiększyć wartość przyspieszenia, trzeba użyć większej siły. Jednostką siły jest niuton [N].

Podczas biegu, w momencie kontaktu stopy z podłożem, następuje wydłużenie mięśni poprzez oddalenie się od siebie przyczepów, tzw. skurcz ekscentryczny. Następnie w fazie amortyzacji mięśnie zachowują swoją długość, tzw. skurcz izometryczny, i ulegają skróceniu w fazie odbicia (skurcz koncentryczny) (Bompa i Buzzichelli 2018). Bardzo ważne zatem jest wzmacnianie poszczególnych grup mięśniowych biorących czynny udział podczas biegania po linii prostej i ze zmianą kierunku (zginacze i prostowniki stawu biodrowego, kolanowego, skokowego, przywodziciele, mięśnie grzbietu, obręczy barkowej i ramion i mięśnie stabilizujące tułów).

Zmiany występujące w mięśniach pod wpływem treningu szybkości biegowej mają podobny charakter do zmian wywołanych treningiem oporowym (Sozański 1999). Trening ten ma na celu usprawnienie interakcji pomiędzy układem nerwowym a mięśniowym (Górski 2006). Trening oporowy prowadzi do zwiększenia średnicy włókien mięśniowych (zwłaszcza szybko kurczliwych), czego efektem jest zarówno wzrost masy mięśniowej, jak i siły skurczu mięśni. Trening oporowy może wywołać zwiększenie potencjału beztlenowego przez zwiększenie zapasów energetycznych adenozynotryfosforanu (ATP) i fosfokreatyny (PCr), wzrost aktywności enzymów metabolizmu beztlenowego, spadek poziomu mioglobiny oraz w niewielkim stopniu poprawić odporność mięśni na zmęczenie oraz rozbudowę unaczynienia kapilarnego (Górski 2006). Z tego względu generowanie większej siły i mocy mięśniowej KD w czasie ruchu, oprócz wpływu na zdolności siłowe, poprawia również zdolności szybkościowe (Styles i in. 2016; Freitas i in. 2019; Fischerova i in. 2021 a) i zwinnościowe (Dawes i Roozen 2012; Emmonds i in. 2019; Fischetti i in. 2019).

Siłę można podzielić również w zależności od czasu w jakim została wygenerowana (Haff i in. 2005), wyróżniamy:

- Siłę startową
- Siłę eksplozywną albo tempo rozwoju siły (RFD)
- Siłę absolutną

Siła startowa to wartość wygenerowana w pierwszych 50 ms ruchu. Wzrost siły startowej korzystnie wpływa na wartość przyspieszenia (Sleivert i Taingahue 2004). Siła eksplozywna z kolei to zdolność do rozwijania maksymalnej siły w możliwie najkrótszym czasie, przy pokonywaniu niewielkiego oporu zewnętrznego (Gołaś i Zając 2016b), lub inaczej poziom siły podczas wykonywania pracy dynamicznej prowadzącej do uzyskania maksymalnego przyspieszenia (Sozański 1991). Siła eksplozywna rozwijana jest głównie

przez pobudzenie włókien szybko kurczliwych oraz wykorzystanie energii elastycznej ścięgien i mięśni (Winchester i in. 2008, Dawes i Roozen 2012) i decydujące znaczenie ma w ruchach trwających do 250 ms (np. wyskok do uderzenia piłki głową) (Chmura 2001). Poprawa siły eksplozywnej korzystnie wpływa na szybkość wielokierunkową u piłkarzy nożnych (Fischetti i in. 2019). Siła absolutna to maksymalna wielkość siły, jaką można wyprodukować bez względu na masę ciała (Bompa i Buzzichelli 2018). Miarą obciążenia w treningu siłowym jest 1RM (ang. *one repetition maximum*). Jest to wielkość obciążenia, jaką dany zawodnik jest w stanie wykonać w trakcie jednego powtórzenia (Górski 2019).

Zdolność do wykonywania pracy w jak najkrótszym czasie definiujemy jako moc (Grimshaw i in. 2010; Wade 2015). Miarą mocy (P) jest stosunek pracy (W) do czasu jej wykonania (t) lub iloczyn siły (F) i prędkości (V).

$$P = \frac{W}{t}$$
$$P = F \times V$$

gdzie:

P – moc (ang. *power*)

W – praca (ang. *work*)

t – czas (ang. *time*)

F – siła (ang. *force*)

V – prędkość (ang. *velocity*)

Jednostką mocy jest Watt [W]. W trakcie pokonywania oporu podczas wysiłku dynamicznego fazy koncentrycznej zakres 50–70% RM oznacza strefę oporu zewnętrznego, gdy rozwijanie mocy jest największe (Siegel i in. 2002).

W interpretacji danych dotyczących siły i mocy mięśniowej KD stosuje się terminologię siła i moc szczytowa (ang. *peak force, peak power*) (van der Kruk i in. 2018). Jest to najwyższą wartość siły lub mocy mechanicznej uzyskana w danej analizowanej czynności ruchowej podczas jednego powtórzenia (Baker i Newton 2009; Kenney i in. 2011). Generowanie wysokich wartości mocy lub siły szczytowej charakteryzuje wyczynowych sportowców (Kenney i in. 2011) i koreluje z poziomem szybkości biegowej (González-Fernández i in. 2022).

Siła i moc względna wyliczane są ze wzorów [N/kg FFM lub W/kg FFM], czyli siła i moc szczytowa podzielone na masę ciała [BW] lub beztłuszczową masę ciała [FFM]

badanego (Sozański 1999). Wielkość siły względnej koreluje z szybkością biegu po linii prostej (Markström i Olsson 2013), ze zmianą kierunku biegu (Chaouachi i in. 2012; Esco i in. 2018), poziomem sportowym (Mala i in. 2023) oraz wielkością generowanej siły i mocy szczytowej KD (Ishida i in. 2021) u piłkarzy nożnych.

Podsumowując, wielkość siły i mocy mięśniowej ma kluczowe znaczenie w kontekście szybkości wielokierunkowej, przyspieszenia, nagłych zwrotów, skoków pojawiających się w piłce nożnej (Seitz i in. 2014; Matić i Ranisavljev 2018). Dlatego tak ważne jest uwzględnianie w planie treningowym ćwiczeń wykonywanych z maksymalną szybkością, aby zwiększyć wartość siły eksplozywnej, mocy oraz skoczności (Wisløff i in. 2004).

2. Asymetria siły i mocy mięśniowej kończyn dolnych i jej wpływ na szybkość wielokierunkową – problem badawczy

Na szybkość wielokierunkową wpływ może mieć nie tylko siła i moc mięśniowa generowana przez pojedynczą kończynę, ale również nierównowaga siły między KD, tzw. asymetria. Może ona obniżać sprawność fizyczną (Hoffman i in. 2007; Bell i in. 2014) lub zwiększać ryzyko kontuzji (Chalmers i in. 2018; Raya-González i in. 2021). Asymetria siły i mocy pomiędzy kończynami może być wynikiem uprawiania sportu, w którym ruch polega na zaangażowaniu jednej strony ciała lub jednej kończyny bardziej niż drugiej (Schiltz i in. 2009; Hart i in. 2016; Raya-Gonzalez i in. 2021).

Asymetria dynamiczna wg definicji Wolańskiego odnosi się do ilościowych różnic w sile mięśniowej pomiędzy kończynami. Czasami zagadnienie asymetrii dynamicznej włączone jest do asymetrii funkcjonalnej (Wolański cyt. za: Osiński 2003). Asymetria funkcjonalna (tzw. lateralizacja) związana jest z dominacją jednej z półkul mózgowych i w efekcie czynnościową przewagą jednej z kończyn górnych lub dolnych (Osiński 2003). W sporcie na poziomie zawodowym wykonywanie złożonych czynności ruchowych wymaga zdolności koordynacyjnych oraz spójnej pracy półkul mózgowych.

W dyscyplinie sportowej, takiej jak piłka nożna, widoczna jest preferowana dominacja kończyny dolnej (asymetria funkcjonalna), można zatem spodziewać się wystąpienia asymetrii dynamicznej (Hart i in. 2016). Podczas uderzenia w piłkę jedna kończyna dolna pełni funkcję podporową (stabilizującą), a druga funkcję uderzającą (aspekt techniczno-siłowy). Gdy jedna kończyna dolna powtarza cały czas tę samą czynność, może dochodzić do przeciążenia tej drugiej w momencie zamiany kończyny ją wykonującej. Może to prowadzić do rozwoju asymetrii siły i mocy mięśniowej pomiędzy KD. Skutkować to może przeciążeniem kończyny nieprzyzwyczajonej do wykonywania danego wysiłku (np. w trakcie meczu zawodniczka uderza wielokrotnie na bramkę prawą nogą, a w wyjątkowej sytuacji meczowej musi uderzyć lewą, która może ulec przeciążeniu).

Początkowo badania dotyczące asymetrii siły były prowadzone w większości na mężczyznach i dotyczyły dysbalansu mięśniowego (to sytuacja, w której jedna z grup mięśniowych staje się znacząco słabsza niż jej antagonistą), konkretnie izokinetycznej ocenie siły mięśniowej grupy kulszowo-goleniowej do mięśnia czworogłowego uda i jej wpływu na ryzyko wystąpienia urazu (Newton i in. 2006; Mały i in. 2019; Ruas i in. 2019) wpływu na sprawność fizyczną (Lockie i in. 2012; Harper i in. 2021; Zhang i in. 2021).

Zacząto dostrzegać związek pomiędzy poziomem asymetrii siły KD, a występowaniem urazów u zawodników (Magalhães i in. 2004; Chalmers i in. 2018; van Melick i in. 2022) lub zawodniczek (Risberg i in. 2018; Raya-González i in. 2021). Obecnie pojawiają się badania mające na celu wyjaśnić czy i jak występowanie asymetrii wpływa na sprawność fizyczną sportowca (Lockie i in. 2014, 2016; Bishop i in. 2018, 2019, 2021 e, 2022 a, 2022 b; Maloney i in. 2018; Loturco i in. 2019). Z dotychczas przeprowadzonych badań nie można wyciągnąć konkluzywnych wniosków (Bell i in. 2014; Raya-Gonzalez i in. 2021). Sam fakt wystąpienia asymetrii dostarcza ograniczone informacje na temat tego, czy różnica w sile i mocy mięśniowej między kończynami ma szkodliwy wpływ na sprawność fizyczną czy nie, czy te różnice należy korygować podczas treningu, oraz czy mogą osłabiać sprawność fizyczną i czy stanowią problem w uprawianiu danej dyscypliny sportowej.

Przegląd literatury opisany w pracy Bishop i in. (2018) miał za zadanie ocenić, czy asymetria siły i mocy mięśniowej KD wpływa na sprawność fizyczną i wyniki sportowe. Badacze nie znaleźli jednoznacznej odpowiedzi na postawione pytanie, dlatego prowadzenie dalszych badań w tym obszarze jest uzasadnione.

Do analizy asymetrii siły i mocy mięśniowej wykorzystywane są testy wykonywane jednonóż, które oceniają poziom generowanej siły i mocy mięśniowej poszczególnej kończyny dolnej, takie jak: przysiady (Newton i in. 2006; Lockie i in. 2017), wyciskanie ciężaru siedząc (Carabello i in. 2010, Nagai i in. 2019; Redden i in. 2019; Papla i in. 2022), zadania oparte na skokach obunóż (Fort-Vanmeerhaeghe i in. 2016; Loturco i in. 2019; Bishop i in. 2020; Raya-González i in. 2021), skokach jednonóż w górę (Hoffman i in. 2007; Bishop i in. 2019 a, 2021 a; Pardos-Mainer i in. 2020, 2021; Arboix-Alió in. 2021; Işin i in. 2022), skokach w bok (Lockie i in. 2014; Madruga-Parera i in. 2021), innych rodzajach skoków (Lockie i in. 2014; Maloney i in. 2017; Arboix-Alió in. 2020; Bishop i in. 2021 b, 2021 e, 2022 a), zadaniach opartych na dynamicznym wyproście i zgięciu stawu kolanowego (Newton i in. 2006; Maly i in. 2019) albo teście IMTP (ang. *isometric mid-thigh pull*; tłumaczenie na polski: izometryczny test ciągnięcia z pozycji połowy uda) (Dos' Santos i in. 2018).

Według doniesień literaturowych asymetria siły i mocy mięśniowej KD większa niż 15% zwiększa ryzyko wystąpienia urazów u sportowców (Impellizzeri i in. 2007; Hewit i in. 2012; Heil i in. 2020; Raya-Gonzalez i in. 2021), a większa niż 8% może potencjalnie wpływać na wynik sportowy (Bishop i in. 2018) w postaci niższego wyskoku (Bell i in. 2014), obniżenia prędkości biegu podczas sprintu po linii prostej (Bishop i in. 2019 a, 2021 a), obniżenia prędkości biegu ze zmianą kierunku (Maloney i in. 2017; Bishop i in. 2021 d), osłabionych

umiejętności technicznych w zadaniach specyficznych dla piłki nożnej (Hart i in. 2014). Natomiast istnieją badania, w których nie zaobserwowano związku pomiędzy asymetrią siły i mocy mięśniowej KD, a szybkością wielokierunkową, taką jak sprint po linii prostej (Lockie i in. 2014; Işın i in. 2022; Bishop i in. 2022 b) lub bieg ze zmianą kierunku (Hoffman i in. 2007; Dos' Santos i in. 2017, 2018; Loturco i in. 2019; Pardos-Mainer i in. 2021).

Badanie Lockiego i in. (2014) wykazało różne poziomy różnicy siły i mocy mięśniowej między KD, w zależności od zastosowanego testu skocznościowego (wyskok jednonóż w górę – WJWG, skok jednonóż w bok – SJWB i skok w przód jednonóż), lecz nie stwierdzono istotnych korelacji pomiędzy wynikami asymetrii siły i mocy mięśniowej KD a szybkością wielokierunkową w każdym z zadań skocznościowych. Dane te wskazują, że asymetrie siły mięśniowej KD $\leq 10\%$ nie wpływają negatywnie na szybkość wielokierunkową (Lockie i in. 2014). Bishop i in. (2021d) zaobserwowali, iż istnieje pozytywny związek pomiędzy czasami w testach szybkości wielokierunkowej i asymetrią WJWG u piłkarzy nożnych U16. W kolejnym badaniu tej samej grupy zaobserwowano związek między asymetriami siły mięśniowej podczas skoku po zeskoku jednonóż (DJ) a wynikami czasów testów szybkości ze zmianą kierunku u zawodników uprawiających krykieta, ale u piłkarzy takiego związku nie wykryto. Ponadto piłkarze nożni okazali się znacznie szybsi na odcinku 10 m i skakali wyżej niż krykieści podczas testu DJ (2021e).

Tylko w czterech pracach opisano związek między asymetrią siły i mocy mięśniowej KD a szybkością wielokierunkową u kobiet trenujących wyczynowo piłkę nożną (Loturco i in. 2019; Bishop i in. 2019a, 2021a; Pardos-Mainer i in. 2021). Loturco i in. (2019) i Pardos-Mainer i in. (2021) nie wykryli istotnych zależności pomiędzy asymetrią skoku i zdolnościami szybkości wielokierunkowej. Natomiast w pracach Bishopa i in. z roku 2019 asymetria wysokości skoku DJ wykazała istotne powiązania z szybkością wielokierunkową u piłkarek nożnych (Bishop i in. 2019 a) i w kolejnej pracy tego zespołu wykryto, iż większe poziomy asymetrii skoku wiążą się ze zmniejszoną szybkością po linii prostej u młodych piłkarek nożnych (Bishop i in. 2021 a).

Patrzac na inne dyscypliny sportowe uprawiane wyczynowo przez kobiety, w badaniu Arboix-Alió i in. (2021) stwierdzono nieistotne korelacje między wielkością asymetrii skoków i szybkością na odcinku 10 m, ale negatywną korelację pomiędzy wielkością asymetrii skoków i szybkością ze zmianą kierunku biegu dla WJWG, SJWB i dla skoku w dal.

Biorąc pod uwagę sprzeczne wyniki sprawdzone tylko za pomocą współczynnika korelacji liniowej Pearsona naukowcy, aby dokładniej przyjrzeć się kształtowaniu się

powiązań pomiędzy procentowymi asymetriami siły i mocy mięśniowej KD, a wynikami testów szybkości wielokierunkowej, podzielili grupę badaną na podgrupy o różnych wielkościach asymetrii i sprawdzili, czy istnieje różnica szybkości wielokierunkowej pomiędzy tymi grupami (Lockie i n. 2014; Işın i in. 2022; Bishop i in. 2022 a).

Lockie i in. (2014) oprócz analizy związków pomiędzy asymetrią siły mięśniowej KD a zdolnościami szybkościowymi (jak wspomniano wcześniej), dokonali podziału na grupę o większej i mniejszej asymetrii na podstawie wyników procentowej różnicy w testach siły mięśniowej pomiędzy KD, takich jak WJWG, SJWB i skok w przód jedno nogą i nie zaobserwowali istotnych różnic w czasach pomiędzy grupami w testach szybkości wielokierunkowej. Işın i in. (2022) po dokonaniu podziału na grupy o asymetrii < 5%, 5–10% i > 10%, na podstawie wyników z testów WJWG i skok w przód jedno nogą, nie zaobserwowali istotnych różnic szybkości pomiędzy grupami w testach szybkości wielokierunkowej. W badaniu Bishop i in. (2022 b) grupa o niskiej asymetrii (po podziale przy użyciu procentowej różnicy asymetrii siły skoku DJ) była znacznie szybsza w testach szybkości wielokierunkowej od grupy o większej asymetrii siły skoku, jednak po podziale według WJWG nie zaobserwowano żadnych różnic w prędkości biegowej pomiędzy grupami.

W związku z brakiem jednoznacznych danych dotyczących wpływu asymetrii siły i mocy mięśniowej KD, zwłaszcza dotyczących piłkarek nożnych, nie jest oczywiste, czy różnice w sile i mocy pomiędzy kończynami są powiązane z wiekiem badanych (tj. młodzież vs. zawodowców) lub wykonywanymi czynnościami motorycznymi (tj. ruchy poziome lub pionowe oraz związane z szybkością po linii prostej lub ze zmianą kierunku biegu). Większość badań analizuje wyniki tylko za pomocą korelacji, czyli poziomu zależności liniowej, gdzie nie jesteśmy w stanie stwierdzić, które ze zjawisk jest przyczyną, a które skutkiem danej zależności. Dlatego konieczne są dalsze badania, aby dokładnie sprawdzić, czy różnica w sile i mocy mięśniowej między KD wpływa na szybkość wielokierunkową trenujących piłkarek i czy występują różnice w prędkości biegu po linii prostej i ze zmianą kierunku pomiędzy grupami o różnych wielkościach asymetrii siły i mocy mięśniowej.

3. Cel pracy i pytania badawcze

Celem pracy było zbadanie i określenie wpływu asymetrii siły i mocy mięśniowej pomiędzy prawą i lewą kończyną dolną na prędkość biegu po linii prostej i ze zmianą kierunku biegu (szybkość wielokierunkową) piłkarek nożnych.

Realizację tak sformułowanego celu badań sprowadzono do poszukiwania odpowiedzi na poniższe pytania:

1. Czy występują zależności pomiędzy asymetrią siły i mocy mięśniowej KD a szybkością wielokierunkową w badanej grupie zawodniczek?
2. Czy istnieją różnice w osiągniętych wartościach prędkości biegu po linii prostej pomiędzy grupami o większej a o mniejszej asymetrii siły i mocy mięśniowej KD?
3. Czy istnieją różnice w osiągniętych wartościach prędkości biegu ze zmianą kierunku między grupami o większej a o mniejszej asymetrii siły i mocy mięśniowej KD?
4. Czy zaobserwowane istotne różnice pomiędzy testami szybkości wielokierunkowej w aspekcie analizowanych grup są równocześnie istotnie skorelowane z procentowymi wynikami asymetrii siły i mocy mięśniowej KD w tych grupach?

Hipotezy badawcze:

1. Asymetria siły i mocy mięśniowej KD wpływa na szybkość wielokierunkową w badanej grupie zawodniczek.
2. Występują różnice w prędkości biegu po linii prostej pomiędzy grupami o większej a o mniejszej asymetrii siły i mocy mięśniowej KD.
3. Występują różnice w prędkości biegu ze zmianą kierunku pomiędzy grupami o większej a o mniejszej asymetrii siły i mocy mięśniowej KD.
4. Otrzymane różnice w testach szybkości wielokierunkowej w grupach badanych korelują z procentowymi wartościami asymetrii siły i mocy mięśniowej KD w tych grupach.

4. Materiał i metody badawcze

4.1. Materiał badawczy

Testy wykonano w Pracowni Siły i Mocy Mięśniowej oraz na hali sportowej Akademii Wychowania Fizycznego im. J. Kukuczki w Katowicach. W badaniu wzięło udział 50 prawonoznych piłkarek nożnych, występujących w ekstralidze. Z powodu wprowadzonych kryteriów wyłączenia w toku badań wykluczono 20 zawodniczek. Ostatecznie do analizy zakwalifikowano wyniki uzyskane przez 30 badanych. Charakterystykę badanych przedstawiono w Tabeli 1. Zawodniczki zostały poinformowane, że na każdym etapie eksperymentu mogą odmówić dalszego udziału bez podania przyczyny. Wykonywane testy nie zagrażały zdrowiu uczestników, a badania były nieinwazyjne.

Kryteria włączenia do grupy badanej:

- udział w rozgrywkach organizowanych na poziomie najwyższej klasy rozgrywkowej w Polsce
- kwalifikacja lekarska potwierdzająca brak zaburzeń nerwowo-mięśniowych i mięśniowo-szkieletowych,
- minimalnie 60% rozegranych meczów w ekstralidze przez ostatnie 2 lata
- płeć żeńska
- regularny cykl menstruacyjny
- dominująca prawa kończyna dolna

Kryteria wyłączenia z grupy badanej:

- dominująca lewa kończyna dolna
- piłkarski staż treningowy w Ekstralidze poniżej 3 lat
- wiek poniżej 20
- urazy aparatu ruchu w ostatnich dwunastu miesiącach
- dolegliwości bólowe spowodowane miesiączką (deklaracja ustna)

Zawodniczki poproszono o zachowanie dotychczasowych nawyków żywieniowych oraz prawidłowej higieny snu przez cały czas trwania badania. Poproszono je również o niestosowanie żadnych suplementów ani stymulantów przez 24 godziny przed sesjami. Uczestniczki testowane zostały poinformowane o protokole i przebiegu badań, a następnie

wyraziły pisemną zgodę na uczestnictwo. Udział w eksperymencie był dobrowolny i na każdym z jego etapów zawodniczki mogły zrezygnować. Protokół badań został zaakceptowany przez Uczelnianą Komisję Bioetyczną ds. Badań Naukowych Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach (Uchwała Komisji Bioetycznej nr 3/2021).

Procentową różnicę siły i mocy względnej między KD uzyskanej z testów siłowych ustalono za pomocą przedstawionej procedury (Impellizzeri i in. 2007; Fort-Vanmeerhaeghe i in. 2015, 2016; Lockie i in. 2016; Madruga-Parera i in. 2019):

$$\text{MODUŁ. LICZBY } [(PKD - LKD) \div PKD] \times 100$$

gdzie:

PKD – prawa kończyna dolna

LKD – lewa kończyna dolna

Formułę Moduł Liczby zastosowano w celu uniknięcia ujemnego wyniku i sprawdzenia wyłącznie różnicy siły i mocy względnej pomiędzy KD, a nie dominancie jednej z nich. W celu dalszej analizy określono próg podziału randomizacyjnego do dwóch grup:

G1 – grupa o mniejszej asymetrii siły i mocy mięśniowej

G2 – grupa o większej asymetrii siły i mocy mięśniowej

Wartość progową, która kwalifikowała do grupy wyznaczono ze wzoru (Lockie i in. 2014; Dos'Santos i in. 2017, 2018):

$$\text{MEAN} + (0,2 \times \text{SD})$$

Wynik mniejszy lub równy wartości progowej określał grupę G1 „o mniejszej asymetrii”, a wynik powyżej progu określał grupę G2 „o większej asymetrii”.

Podkreślić należy, że wielkość asymetrii w żaden sposób nie pozwala określić, jakie wyniki siły i mocy mięśniowej osiągały zawodniczki. Badano jedynie wpływ różnic siły i mocy mięśniowej pomiędzy KD. W zależności od zastosowanego testu badającego siłę i moc pojedynczej kończyny, otrzymywano odmienne wartości. Dlatego część zawodniczek była w zależności od testu kwalifikowana raz do grupy G1 a raz do G2. Charakterystykę badanych zebrano w Tabeli 1, a licznosci grup G1 i G2 w Tabeli 2.

Tabela 1. Charakterystyka grupy badanej (n = 30)

| | \bar{x} | SD | V |
|-------------------------------|-----------|------|-------|
| Wiek [lata] | 23 | 3 | 9,76 |
| Wysokość ciała [cm] | 165,9 | 5,07 | 3,05 |
| Masa ciała [kg] | 57,58 | 5,09 | 8,84 |
| Staż treningowy [lata] | 4 | 0,98 | 24,56 |
| Poziom tkanki tłuszczowej [%] | 15,68 | 3,7 | 23,72 |
| Masa mięśniowa [kg] | 27,03 | 2,22 | 8,22 |
| Beztłuszczowa masa ciała [kg] | 48,45 | 3,73 | 7,71 |

\bar{x} – średnia wartość zmiennej; SD – odchylenie standardowe; V – współczynnik zmienności

Tabela 2. Porównanie liczebności grup G1 i G2 wyłonionych na podstawie testów siły i mocy mięśniowej KD

| Grupa | Liczba | Skumul. Liczba | Procent |
|-------|--------|----------------|---------|
| WJWG | | | |
| G1 | 14 | 14 | 46,67 |
| G2 | 16 | 30 | 53,33 |
| SJWB | | | |
| G1 | 14 | 14 | 46,67 |
| G2 | 16 | 30 | 53,33 |
| WJ | | | |
| G1 | 16 | 16 | 53,33 |
| G2 | 14 | 30 | 46,67 |
| PJ | | | |
| G1 | 16 | 16 | 53,33 |
| G2 | 14 | 30 | 46,67 |

G1 – grupa o mniejszej asymetrii siły i mocy mięśniowej; G2 – grupa o większej asymetrii siły i mocy mięśniowej; WJWG – wyskok jednonóż w górę; SJWB – skok jednonóż w bok; WJ – wypychanie ciężaru jednonóż; PJ – przysiad jednonóż

4.2. Metody badawcze

Materiał zebrano w dwóch okresach pomiarowych. Były to okres przygotowawczy zimowy (30 osób podzielono na dwie grupy 15 osobowe, pierwsza grupa 1 i 4 dzień w tygodniu, druga grupa 2 i 5 dzień w tygodniu) i letni (20 osób podzielono na dwie 10 osobowe grupy, pierwsza grupa 1 i 4 dzień w tygodniu, druga grupa 2 i 5 dzień w tygodniu). Każda uczestniczka wykonała ten sam protokół testowy.

W pierwszy dzień sesji zapoznano uczestniczki z przebiegiem poszczególnych testów sprawności fizycznej, dokonano pomiaru parametrów antropometrycznych, ocenę

prędkości biegu po linii prostej i ze zmianą kierunku oraz maksymalnej mocy mięśniowej KD. Analiza poziomu siły i mocy KD została przeprowadzona na drugiej sesji eksperymentalnej. Każda z sesji była wykonywana z 72 godz. przerwą wypoczynkową od treningu oporowego o tej samej porze dnia (między 10:00–11:30). Standaryzowany protokół rozgrzewki poprzedzał każdą sesję badania: 10 min. jazda na cykloergometrze z kadencją między 70–80 obrotów na minutę oraz obciążeniem zewnętrznym pozwalającym generować moc na poziomie 100 W oraz 2 obwody składające się z: krążenia ramion – w przód, w tył; skłonów – w przód, w bok; wypadów – w przód, w bok, w tył; wymachów – w przód, w bok, w tył; przysiadów; po 10 powtórzeń w każdym ćwiczeniu. Następnie w celu zwiększenia pobudzenia nerwowo-mięśniowego każda z uczestniczek wykonała po 2 powtórzenia: 5 m przyspieszenia, hamowania, podskoki, skoki i sprint (Chmura 2014). W dniu rozpoczęcia badania po pomiarach antropometrycznych zawodniczki przystąpiły do rozgrzewki i następnie wykonały testy szybkościowe. Potem po 15 min przerwie wykonały 10 × wypadu w bok, w przód, w tył, przysiady, by utrzymać temperaturę ciała, po czym przeprowadzono testy mocy maksymalnej (1RM) podczas wypychania ciężaru jednonóż (WJ) i przysiadu jednonóż (PJ) na urządzeniu Keiser Leg Press (WJ) i później Keiser Squat (PJ) zgodnie z procedurą przedstawioną przez Earle (Earle 2006; Baechle i in. 2008). W trakcie drugiego dnia sesji po rozgrzewce zadaniem badanych było przeprowadzić testy siły szczytowej WJWG, SJWB i testy mocy szczytowej WJ i PJ przy obciążeniu zewnętrznym 50% 1RM. Przed rozpoczęciem ćwiczenia zawodniczki otrzymywały sygnał startowy (komenda ustna „GO”) i rozpoczynały ćwiczenie w ciągu 10 sekund.

POMIARY ANTROPOMETRYCZNE

Pomiar masy oraz analizę składu ciała przeprowadzono za pomocą wagi InBody 370 (Biospace, Korea Południowa) wykorzystującej metodę bioimpedancji elektrycznej. Pomiar wysokości ciała dokonano za pomocą stadiometru (ADE MZ10042).

TESTY SIŁY MIĘŚNIOWEJ KOŃCZYN DOLNYCH

Test na platformie dynamometrycznej ForceDecks FD4000 Dual Force Platforms (Vald, Wielka Brytania)

Badanie przeprowadzono na podwójnej platformie dynamometrycznej, gdzie badane wykonały maksymalne wyskoki pionowe jednonóż z zamachem w górę (WJWG) i skoki jednonóż z zamachem w bok (SJWB). Przed testem zostały dokładnie poinstruowane jak wykonać badanie, a następnie wykonały skok próbny w górę i w bok jednonóż na każdą stronę, by zapoznać się z testem.

Protokół skoku WJWG wyglądał następująco: zawodniczki stojąc na platformie, po ustabilizowaniu pozycji wyjściowej na jednej nodze, wykonywały zamach w dół obniżając środek ciężkości ciała i maksymalne odbicie w górę, lądując na platformie tą samą nogą (ruch ramion był dozwolony). Zadaniem badanej było odbić się jak najmocniej i skoczyć jak najwyżej.

SJWB wyglądał następująco: Zawodniczki stojąc na platformie w tej samej pozycji, jak podczas wyskoku w górę, wykonały zamach w dół przez obniżenie środka ciężkości ciała i maksymalne odbicie w bok, lądując obok platformy na drugiej nodze. Zadaniem było odbić się jak najmocniej i skoczyć jak najdalej. Do pomiaru użyto najwyższą wartość z trzech prób w danym skoku. Pomiędzy powtórzeniami zastosowano przerwę 10 sekund, a pomiędzy skokiem PKD, a LKD zastosowano przerwę 3 min. Pomiędzy testami skocznościowymi zastosowano 3–5 minutową przerwę wypoczynkową w celu odbudowy ATP i PCr (Bompa i in. 2013; Ammar i in. 2020).

Oprogramowanie ForceDecks (VALD Performance, Software) pozwoliło na wygenerowanie najwyższej wartości uzyskanej podczas fazy koncentrycznej skoku [F] (siła szczytowa fazy koncentrycznej, ang. *Peak Concentric Force*). Moc szczytowa [P] nie była zarejestrowana, ze względu na brak informacji o prędkości podczas skoku w bok jednonóż, gdyż badana lądowała poza platformą. Siła szczytowa generowana w koncentrycznej fazie ruchu [F] została wyrażona w wartościach uzyskanych z uwzględnieniem FFM [N/kg].

Tabela 3. Parametry opisowe uzyskanych wartości podczas pomiarów diagnostycznych siły względnej wszystkich badanych oraz w grupach G1 i G2

| | wszystkie badane razem | | | G1 | | | G2 | | |
|-------------------|------------------------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|
| | \bar{x} | SD | V | \bar{x} | SD | V | \bar{x} | SD | V |
| WJWG | | | | | | | | | |
| PKD [N/kg] | 25,59 | 2,81 | 10,97 | 25,13 | 2,78 | 11,06 | 25,99 | 2,86 | 11,01 |
| LKD [N/kg] | 24,84 | 2,54 | 10,22 | 24,9 | 2,85 | 11,43 | 24,8 | 2,33 | 9,41 |
| Moduł PKD i LKD | 1,48 | 1,32 | 89,12 | 0,42 | 0,23 | 54,56 | 2,42 | 1,16 | 48,03 |
| Procent asymetrii | 5,98% | 5,17 | 86,44 | 1,73% | 1,01 | 57,93 | 9,71% | 4,37 | 45,03 |
| SJWB | | | | | | | | | |
| PKD [N/kg] | 21,87 | 2,79 | 12,74 | 21,25 | 2,63 | 12,36 | 22,41 | 2,89 | 12,9 |
| LKD [N/kg] | 21,74 | 2,69 | 12,38 | 21,32 | 2,76 | 12,93 | 22,11 | 2,67 | 12,06 |
| Moduł PKD i LKD | 1,4 | 1,24 | 88,57 | 0,3 | 0,2 | 68,03 | 2,37 | 0,9 | 38,06 |
| Procent asymetrii | 6,45% | 5,7 | 88,47 | 1,43% | 1,01 | 70,45 | 10,85% | 4,24 | 39,06 |

\bar{x} – średnia wartość zmiennej; SD – odchylenie standardowe; V – współczynnik zmienności,

Moduł PKD i LKD = wartość bezwzględna różnicy PKD – LKD

Analiza porównawcza statystyk opisowych wykazała, iż podczas pomiaru diagnostycznego siły mięśniowej największe bezwzględne różnicowanie wartości badanych parametrów wykazała w całej badanej grupie siła WJWG PKD (SD = 2,81), w grupie G1 siła WJWG LKD (SD = 2,85) i w grupie G2 siła SJWB PKD (SD = 2,89).

PROTOKÓŁ TESTU 1RM

Test siły maksymalnej 1RM na urządzeniach pneumatycznych Keiser Leg Press i Keiser Squat

Badane rozpoczynały pierwszych 5–10 powtórzeń z obciążeniem wynoszącym 50% masy ciała. Dla kolejnych 3–5 powtórzeń obciążenie zwiększono do poziomu 120% masy ciała (Maior 2020). Badanie obejmujące 3–5 prób miało określić maksymalny poziom siły mięśniowej każdej z zawodniczek (Falcone i in. 2015; Gołaś i in. 2016 a). Jeśli zawodniczka była w stanie wykonać 5 powtórzeń, kontynuowała zgodnie z procedurą Earle, jeśli nie była w stanie wykonać więcej niż 5 powtórzeń, wówczas jej 1RM oszacowano według wzoru (Baechle i in. 2008):

$$1RM = \text{obciążenie} \times (1 + 0,333 \times \text{liczba wykonanych powtórzeń})$$

TESTY MOCY MIĘŚNIOWEJ KOŃCZYN DOLNYCH

Test na urządzeniu pneumatycznym Keiser Leg Press (Keiser, USA)

Test polegał na wypychaniu ciężaru jednonóż siedząc (WJ). Regulowana pozycja siedząca chroniła dolną część pleców, utrzymując ją ustabilizowaną, co umożliwiło lepsze rozciąganie mięśni pośladkowych i dzięki czemu były bardziej aktywne w czasie ćwiczenia. Zgięcie w stawie kolanowym między udem a podudziem wynosiło 90°. Kończyna dolna, która nie brała udziału w teście, znajdowała się zgięta w stawie kolanowym obok siedzenia. Ruch był wykonywany w pełnym zakresie anatomicznym (Fielding i in. 2002; Callahan i in. 2007). Badane po części rozgrzewkowej wykonały dla oswojenia 2 × PKD, 2 × LKD na 30% 1RM i po 1 min. przerwie przystąpiły do testu: 3 × PKD i 3 × LKD ciężar o obciążeniu 50% 1RM. Pomiedzy powtórzeniami zastosowano 10 sekundową przerwę, a pomiędzy próbami prawej i lewej kończyny dolnej przewidziano 3-minutowy okres odpoczynku (Bompa i in. 2013; Ammar i in. 2020).

Maszyny pomiarowe Keiser umożliwiają wykonanie precyzyjnego, kontrolowanego ruchu, co skutkuje większą dokładnością i powtarzalnością otrzymanych wyników. Badana jest moc szczytowa mięśni KD zaangażowanych w konkretny ruch, a nie mięśni

wspomagających. Maksymalna jednostronna moc szczytowa nóg podczas WJ jest ważnym predyktorem wartości osiągniętych w sprincie po linii prostej na 10 i 20 m oraz ze zmianą kierunku biegu (Arin i in. 2012). Urządzenie Keiser Leg Press zastosowano do oceny mocy mięśniowej piłkarzy nożnych (Redden i in. 2018, 2019; Papła i in. 2022) lub piłkarek nożnych w innych badaniach (Fischerova 2021 a, b).

Test na urządzeniu pneumatycznym Kaiser A300 Squat (Keiser Corporation, USA)

Test rozpoczynał się z pozycji przysiadu, 90° pomiędzy udem i podudziem, barki znajdowały się pod ramionami obciążników, ręce trzymały uchwyty. Przyjęta pozycja wyjściowa była bez oporu zewnętrznego. Oznacza to, iż tyczka regulująca położenie obciążników była włożona tak, by ciężar był odczuwalny dopiero przy ruchu w górę. Ruch polegał na jak najszybszym eksplozywnym wyproście kolana z przysiadu jednonóż z nogą zakroczną w powietrzu przy obciążeniu 50% 1RM. W teście zastosowano taką samą komendę rozpoczynającą test, takie same przerwy wypoczynkowe i taką samą liczbę powtórzeń w rozgrzewce i teście, jak we wcześniejszym protokole (WJ). Do analizy wykorzystano najlepszy wynik z 3 prób.

Urządzenie Keiser Squat służyło do oceny poziomu generowanej mocy mięśniowej podczas przysiadu w badaniach u zawodników sportów zespołowych (Gołaś i in. 2016 a) lub piłkarzy nożnych (Maior 2020; Papła i in. 2020). Urządzenie Keiser podczas obu testów wygenerowało najwyższą wartość uzyskaną podczas fazy koncentrycznej ruchu (moc szczytowa [Pmax]) przy obciążeniu 50% 1RM. Moc szczytowa została wyrażona w wartościach uzyskanych z uwzględnieniem FFM [W/kg]. Obciążenie zewnętrzne 50% 1RM zostało wybrane na podstawie zakresu wskazanego jako optymalny do uzyskania mocy szczytowej (Siegel i in. 2002).

Przysiad pojedynczy to złożone ćwiczenie, które wymaga maksymalnej siły, stabilności i równowagi KD (Arin i in. 2012). Ocenia moc KD w osi pionowej, która jest potrzebna w trakcie fazy przyspieszenia (Bompa i Buzzichelli 2018).

Tabela 4. Parametry opisowe uzyskanych wartości podczas pomiarów diagnostycznych mocy względnej wszystkich badanych oraz w grupach G1 i G2

| | wszystkie badane razem | | | G1 | | | G2 | | |
|-------------------|------------------------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|
| | \bar{X} | SD | V | \bar{X} | SD | V | \bar{X} | SD | V |
| WJ [50% 1RM] | | | | | | | | | |
| PKD [W/kg] | 16,41 | 2,11 | 12,84 | 15,88 | 1,26 | 7,93 | 17,01 | 2,71 | 15,92 |
| LKD [W/kg] | 16,08 | 2,05 | 12,76 | 15,97 | 1,5 | 9,37 | 16,2 | 2,6 | 16,05 |
| Moduł PKD i LKD | 1,07 | 0,89 | 83,66 | 0,3 | 0,22 | 74,28 | 1,94 | 0,41 | 21,29 |
| Procent asymetrii | 6,49% | 5,71 | 88,54 | 1,88% | 1,39 | 73,7 | 11,76% | 3,93 | 33,47 |
| PJ [50% 1RM] | | | | | | | | | |
| PKD [W/kg] | 8,97 | 1,43 | 15,98 | 9,56 | 1,29 | 13,45 | 8,29 | 1,32 | 15,94 |
| LKD [W/kg] | 8,99 | 1,35 | 14,98 | 9,51 | 1,32 | 13,88 | 8,39 | 1,14 | 13,64 |
| Moduł PKD i LKD | 0,68 | 0,46 | 68,21 | 0,31 | 0,23 | 73,93 | 1,09 | 0,25 | 23,14 |
| Procent asymetrii | 8,06% | 5,96 | 74 | 3,33% | 2,39 | 71,9 | 13,46% | 3,7 | 27,46 |

\bar{X} – średnia wartość zmiennej; SD – odchylenie standardowe; V – współczynnik zmienności

Moduł PKD i LKD = wartość bezwzględna różnicy PKD – LKD

Analiza porównawcza statystyk opisowych wykazała, iż podczas pomiaru diagnostycznego mocy mięśniowej największe bezwzględne zróżnicowanie wartości badanych parametrów wykazała w całej badanej grupie moc WJ PKD (SD=2,11), w grupie G1 moc PJ LKD (SD = 1,32) i w grupie G2 moc WJ PKD (SD = 2,71).

TESTY SZYBKOŚCIOWE

Szybkość po linii prostej 5, 10, 20, 30 m

Zdolność szybkości po linii prostej oceniana była na podstawie osiągnięcia średniej prędkości na dystansie 5, 10, 20 i 30 m (*czas ukończenia testu ÷ dystans*) (Loturco i in. 2019). Pomiar wykonywany był z wykorzystaniem fotokomórek (Witty Gate, Microgate, Włochy) z precyzją do 0,1 s. Test przeprowadzano na hali sportowej. Po przyjęciu pozycji startowej, stojącej z preferowaną nogą z przodu, badane rozpoczynały sprint bez sygnału zewnętrznego (Bishop i in. 2019). Przed rozpoczęciem uczestniczki wykonały dwa próbne biegi, aby zapoznać się z procedurą testu. Uczestniczki wykonały sprinty (starły się przebiec dystans) na odcinku 10 m i 30 m (Bishop i in. 2019). 3 pary fotokomórek były ustawione na starcie, na 5-tym i 10-tym metrze (dla pomiarów na dystansie 10 m). Następnie fotokomórki przestawiono na 20-ty i na 30-ty metr (dla pomiarów na dystansie 30 m). Pod uwagę wzięto lepszy czas z dwóch prób, a między próbami zastosowano 3 minutową przerwę wypoczynkową w celu resyntezy ATP i PCr (Bompa 2013; Ammar i in. 2020). Sprint na

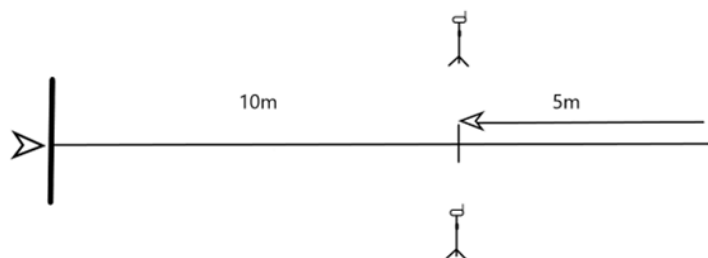
dystansie 10 m, który w meczu piłkarskim zawodnicy pokonują najczęściej (Di Salvo i in. 2009; Vigne i in. 2010), ocenia zdolność przyspieszania. Dystans 30 m jest często stosowany do oceny prędkości maksymalnej w piłce nożnej (Kutlu i in. 2012; Lago-Peñas i in. 2014), ponieważ rzadko zawodnicy pokonują dłuższy (Bompa i in. 2013). W piłce nożnej szybkość zawodnika oceniana jest za pośrednictwem prędkości biegu [km/h lub m/s], od której rozpoczyna się sprint (Chmura 2016).

Pomiar szybkości ze zmianą kierunku biegu

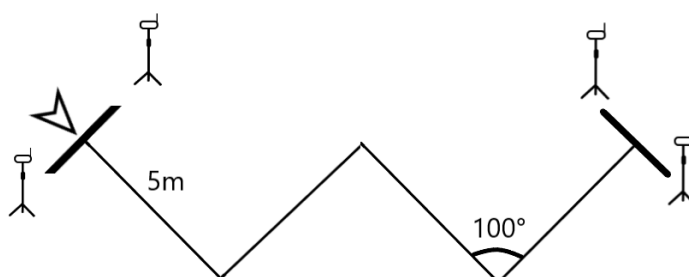
Pomiaru szybkości ze zmianą kierunku dokonano za pomocą dwóch testów: 505 (Draper i Lancaster 1985) i Zigzag (Little i Williams 2005). Zawodniczki test wykonały dwukrotnie, w analizie uwzględniono lepszy z otrzymanych wyników. Pomiedzy każdą próbą i testami zawodniczka miała 3 min przerwę wypoczynkową w celu resyntezy ATP i PCr (Bompa 2013; Ammar i in. 2020). Badane zaczynały z pozycji stojącej z nogą preferowaną z przodu, 0,3 m za linią startową.

W teście 505 mierzona była średnia prędkość biegu na dystansie 10 m, podczas której zawodniczka musiała wyhamować na 5 m, wykonać pojedynczą zmianę kierunku o 180°, ustawiając 1 stopę na linii wyznaczonej lub za linią, i następnie przyspieszyć dalsze 5 m z powrotem do bramki, a więc łącznie na dystansie 10 m (Wykres 4). Zawodniczka startowała 10 m przed fotokomórką, by przebiec przez nią już w pełni rozpędzona. Każda badana dokładnie zapoznała się z wzorami ruchu i była zobowiązana do przeprowadzenia 2 udanych prób z wykonaniem obrotu zarówno przez nogę prawą (dominującą), jak i lewą. Test 505 był stosowany wielokrotnie w ocenie szybkości zmiany kierunku biegu w piłce nożnej (Lockie i in. 2018; Bishop i in. 2019, 2021 e, 2022 a, 2022 b).

Test Zigzag składał się z czterech 5-metrowych odcinków oznaczonych pachołkami ustawionymi pod kątem 100° (Little i Williams 2005). Zawodniczka musiała przebiec odcinek 20 m, zmieniając co 5 m kierunek o 100° (Wykres 5). Test wykonały dwukrotnie, oceniany był najlepszy wynik. Test Zigzag wymaga naprzemiennego przyspieszenia, zwalniania i zmian kierunku biegu, podobnie jak może to wymuszać sytuacja meczowa (Mujika i in. 2009) i był stosowany w ocenie szybkości zmian kierunku u kobiet wyczynowo uprawiających sport (Nimphius i in. 2010; Loturco i in. 2019; Fischerova i in. 2021 b; Freitas i in. 2021).



Wykres 4. Wykres przedstawiający test 505. Kreskami pionowymi zaznaczono start i metę oraz zaznaczono lokalizację fotokomórek (ilustracja zaadaptowana z Draper i Lancaster 1985)



Wykres 5. Wykres przedstawiający test Zigzag. Zaznaczone miejsce startu, mety i rozmieszczenie fotokomórek (ilustracja zaadaptowana, źródło: Loturco i in. 2019)

Analiza porównawcza statystyk opisowych uzyskanych wartości podczas pomiarów testowych w całej badanej grupie wykazała największe bezwzględne i względne zróżnicowanie prędkości na odcinku 5 m ($SD = 0,24$ i $V = 5,64$) (Tabela 5).

Tabela 5. Parametry opisowe uzyskanych wartości prędkości podczas pomiarów testowych wszystkich badanych

| Prędkość na odcinku | Wszystkie badane razem | | |
|---------------------|------------------------|------|------|
| | \bar{x} | SD | V |
| 5 m [m/s] | 4,34 | 0,24 | 5,64 |
| 10 m [m/s] | 5,13 | 0,23 | 4,46 |
| 20 m [m/s] | 6,05 | 0,23 | 3,78 |
| 30 m [m/s] | 6,5 | 0,23 | 3,5 |
| Zigzag [m/s] | 3,82 | 0,19 | 5,07 |
| 505 PKD [m/s] | 4,01 | 0,14 | 3,44 |
| 505 LKD [m/s] | 3,98 | 0,22 | 5,41 |

\bar{x} – średnia wartość zmiennej; SD – odchylenie standardowe; V – współczynnik zmienności

Tabela 6. Parametry opisowe uzyskanych wartości podczas pomiarów testowych pomiędzy grupami G1 i G2 wyznaczonymi w testach WJWG i SJWB

| | WJWG [ASY %] | | | | | | SJWB [ASY %] | | | | | |
|---------------|--------------|------|------|-----------|------|------|--------------|------|------|-----------|------|------|
| | G1 | | | G2 | | | G1 | | | G2 | | |
| | \bar{x} | SD | V | \bar{x} | SD | V | \bar{x} | SD | V | \bar{x} | SD | V |
| 5 m [m/s] | 4,29 | 0,21 | 4,98 | 4,38 | 0,27 | 6,13 | 4,41 | 0,14 | 3,18 | 4,28 | 0,3 | 7,04 |
| 10 m [m/s] | 5,09 | 0,19 | 3,71 | 5,17 | 0,26 | 5,02 | 5,31 | 0,16 | 3 | 5,06 | 0,26 | 5,21 |
| 20 m [m/s] | 6,02 | 0,21 | 3,43 | 6,08 | 0,25 | 4,09 | 6,33 | 0,18 | 3,01 | 5,98 | 0,25 | 4,11 |
| 30 m [m/s] | 6,47 | 0,19 | 2,95 | 6,52 | 0,26 | 3,98 | 6,57 | 0,21 | 3,19 | 6,23 | 0,23 | 3,59 |
| Zigzag [m/s] | 3,96 | 0,16 | 3,98 | 4,35 | 0,11 | 2,67 | 3,99 | 0,14 | 3,59 | 4,03 | 0,14 | 3,36 |
| 505 PKD [m/s] | 3,59 | 0,26 | 6,79 | 4,25 | 0,13 | 3,25 | 3,96 | 0,15 | 3,8 | 4 | 0,26 | 6,56 |
| 505 LKD [m/s] | 3,81 | 0,19 | 4,9 | 3,85 | 0,2 | 5,29 | 3,81 | 0,19 | 5,02 | 3,84 | 0,2 | 5,24 |

\bar{x} – średnia wartość zmiennej; SD – odchylenie standardowe; V – współczynnik zmienności

Uwaga. Każda uczestniczka kwalifikowana była do grupy G1 bądź G2 ze względu na wartości asymetrii siły mięśniowej uzyskane podczas każdego testu różnicującego siłę kończyn, dlatego średnia wartość szybkości biegowej dla danej grupy nie jest stała.

Analiza porównawcza statystyk opisowych uzyskanych wartości pomiarów testowych podczas WJWG (Tabela 6) wykazała największe względne zróżnicowanie prędkości biegu na 5 m w grupie G2 (SD = 0,27) i największe bezwzględne zróżnicowanie prędkości biegu w teście 505 LKD (V = 6,79). Podczas SJWB największe względne zróżnicowanie wartości badanych parametrów wykazała prędkość biegu na 10 m i 505 PKD w grupie G2, odpowiednio (SD = 0,27) i największe bezwzględne zróżnicowanie prędkości biegu na 5 m (V = 7,04).

Tabela 7. Parametry opisowe uzyskanych wartości podczas pomiarów testowych pomiędzy grupami G1 i G2 wyznaczonymi w testach WJ i PJ

| | WJ [ASY %] | | | | | | PJ [ASY %] | | | | | |
|---------------|------------|------|------|-----------|------|------|------------|------|------|-----------|------|------|
| | G1 | | | G2 | | | G1 | | | G2 | | |
| | \bar{x} | SD | V | \bar{x} | SD | V | \bar{x} | SD | V | \bar{x} | SD | V |
| 5 m [m/s] | 4,34 | 0,24 | 5,61 | 4,34 | 0,26 | 5,89 | 4,35 | 0,21 | 4,76 | 4,33 | 0,29 | 6,7 |
| 10 m [m/s] | 5,13 | 0,22 | 4,28 | 5,13 | 0,25 | 4,82 | 5,23 | 0,21 | 4,14 | 5,09 | 0,24 | 4,8 |
| 20 m [m/s] | 6,17 | 0,22 | 3,71 | 6,03 | 0,24 | 3,96 | 6,06 | 0,25 | 4,12 | 6,04 | 0,21 | 3,5 |
| 30 m [m/s] | 6,61 | 0,24 | 3,69 | 6,49 | 0,22 | 3,42 | 6,49 | 0,27 | 4,23 | 6,5 | 0,17 | 2,59 |
| Zigzag [m/s] | 4,02 | 0,12 | 3,06 | 4,21 | 0,16 | 3,93 | 3,97 | 0,13 | 3,37 | 4,25 | 0,14 | 3,36 |
| 505 PKD [m/s] | 4,01 | 0,16 | 4,08 | 3,95 | 0,27 | 6,74 | 3,99 | 0,24 | 6,02 | 3,97 | 0,19 | 4,81 |
| 505 LKD [m/s] | 3,81 | 0,21 | 5,55 | 3,91 | 0,18 | 4,65 | 3,81 | 0,22 | 5,69 | 4,01 | 0,17 | 4,44 |

\bar{x} – średnia wartość zmiennej; SD – odchylenie standardowe; V – współczynnik zmienności

Uwaga. Każda uczestniczka kwalifikowana była do grupy G1 bądź G2 ze względu na wartości asymetrii mocy mięśniowej uzyskane podczas każdego testu różnicującego moc kończyn, dlatego średnia wartość szybkości biegowej dla danej grupy nie jest stała.

Analiza porównawcza statystyk opisowych uzyskanych wartości podczas pomiarów testowych podczas PJ wykazała największe względne i bezwzględne zróżnicowanie prędkości biegu na odcinku 5 m w grupie G2 ($SD = 0,29$ i $V = 6,7$). W teście WJ największe względne i bezwzględne zróżnicowanie wykazała zmienna prędkości biegu ze zmianą kierunku w teście 505 PKD ($SD = 0,27$ i $V = 6,74$) (Tabela 7).

4.3. Narzędzia analizy statystycznej

W celu rozwiązania problemu badawczego zostały zastosowane analizy empiryczne oraz eksploracyjne o charakterze porównawczym i modelowym (Maestas i Preuhs 2000, McCullough i Wilson 2005; Maszczyk i in. 2011, 2012, 2013).

Ponieważ siła i moc szczytowa zostały wyrażone w wartościach uzyskanych z uwzględnieniem beztłuszczowej masy ciała (FFM), wartość FFM obliczona została ze wzoru:

$$FFM = TBM - FM$$

gdzie:

FFM – beztłuszczowa masa ciała (ang. *fat-free mass*)

TBM – całkowita masa ciała (ang. *total body mass*)

FM – masa tłuszczowa (ang. *fat mass*)

W pierwszej kolejności, w celu zdefiniowania powstałych macierzy danych, zastosowano statystyki opisowe (wartości średnie, odchylenia standardowe i współczynnik zmienności oraz tabele liczości).

Normalność rozkładu zmiennych została sprawdzona testem Shapiro-Wilka a jednorodność wariancji testem Levene'a. Weryfikacja występowania różnic pomiędzy analizowanymi wynikami testów szybkościowych w aspekcie badanych grup G1 i G2 została wykonana z wykorzystaniem jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA. Gdy występowały istotne statystycznie różnice zastosowano testy post-hoc (Tukey HSD). Przyjęto poziom istotności dla wykonywanych analiz $p < 0,05$. Dla ujednoznaczniania i potwierdzenia

otrzymanych wyników przeprowadzony został dodatkowo test wielkości efektu (ES) test d Cohena, który jest zdefiniowany jako różnica między średnimi podzielona przez miarę zmienności danych, konkretnie wielkość odchylenia standardowego:

$$d = \frac{x_1 - x_2}{Sp}; \quad Sp = \sqrt{\frac{SD1^2 + SD2^2}{2}}$$

gdzie:

x_1 i x_2 – średnie arytmetyczne poszczególnych grup

Sp – odpowiada odchyleniu standardowemu całej grupy

$SD1$ i $SD2$ – odchylenie standardowe poszczególnych grup

Wynik wielkości efektu zinterpretowano jako małą ($>0,2$ i $<0,5$), umiarkowaną ($\geq 0,5$ i $<0,8$) lub dużą ($\geq 0,8$) (Cohen 1988). Kształtowanie się powiązań pomiędzy procentowymi asymetrami siły i mocy KD, a wynikami testów szybkościowych w grupach G1 i G2, zostało sprawdzone za pomocą współczynnika korelacji liniowej Pearsona. W zależności od wielkości współczynnika korelacje uznawano za małą (0–0,29), umiarkowaną (0,30–0,49), dużą (0,50–0,69), bardzo dużą (0,70–0,89) (Mikołajec i in. 2022). Podsumowując, przeprowadzona została komplementarna analiza danych statystycznych z zastosowaniem programu komputerowego Statistica, wersja 15 (StatSoft Polska Sp. z o.o.) oraz arkusza kalkulacyjnego Excel programu Microsoft Office, wersja 2013 (Microsoft, Poland).

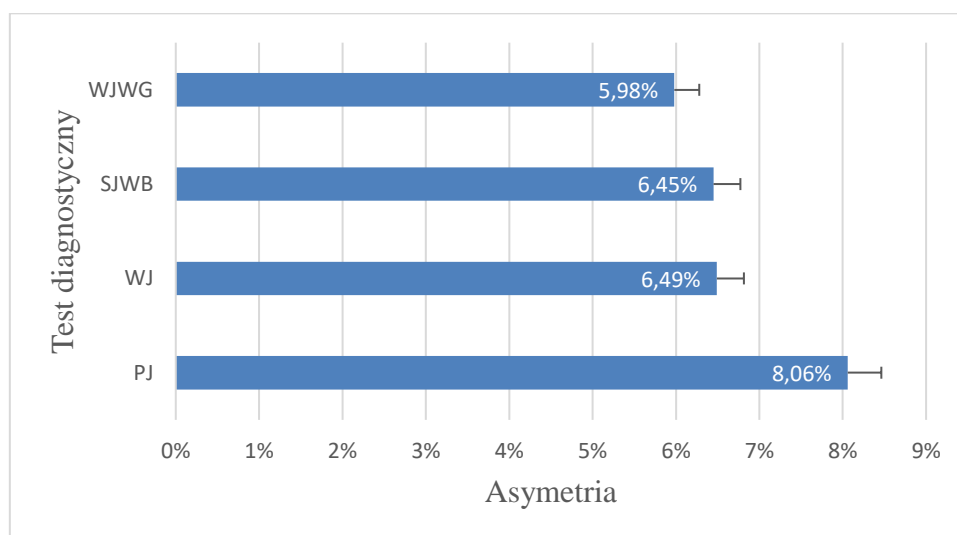
5. Wyniki

5.1. Analizy wstępne – statystyka opisowa oraz korelacje zmiennych pomiędzy procentowymi asymetriami siły i mocy mięśniowej KD, a wynikami testów szybkościowych wszystkich badanych

Sprawdzono rozkłady wszystkich analizowanych zmiennych, uzyskanych podczas przeprowadzonych pomiarów. Parametry oraz statystyki opisowe zmiennych podczas pomiarów testowych i diagnostycznych siły i mocy mięśniowej KD, w całej badanej grupie oraz w poszczególnych grupach zaprezentowano w tabelach 3–7 w rozdziale 4.

W przeprowadzonych pomiarach wszystkie wariancje zmiennych miały rozkład normalny z niewielkimi odchyleniami lewo lub prawostronnymi, mieszczącymi się jednak w zakresach normalności. Na wykresach zaznaczono wartość średniej arytmetycznej (słupkiem) i błąd średni średniej (SEM) (wąsami).

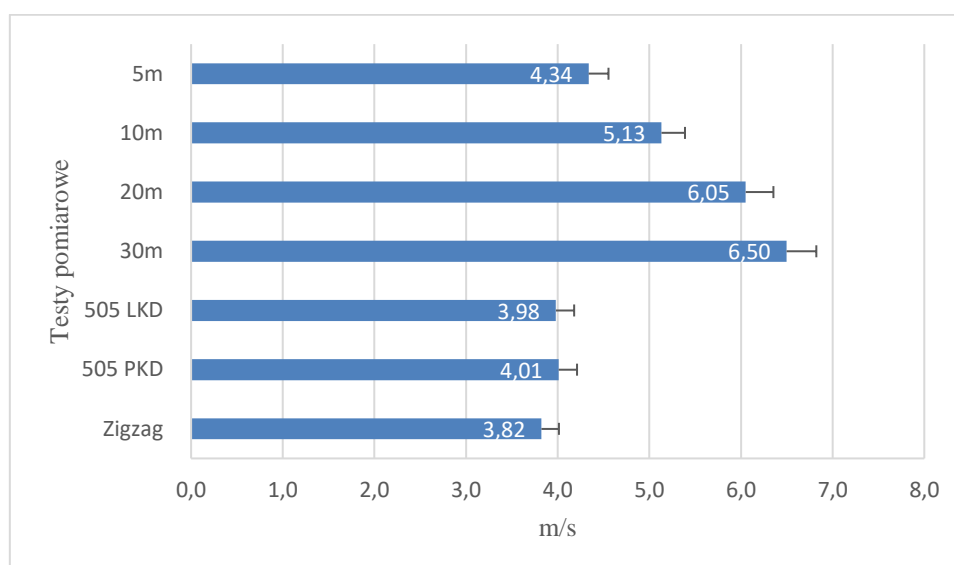
Analiza porównawcza statystyk opisowych uzyskanych wartości pomiarów diagnostycznych asymetrii siły i mocy mięśniowej KD w całej badanej grupie wykazała, iż największe zróżnicowanie wartości asymetrii uzyskano w teście PJ (ASY = 8,06%) a najmniejsze w WJWG (ASY = 5,98%) (Wykres 6).



Wykres 6. Procent asymetrii siły i mocy mięśniowej pomiędzy prawą i lewą KD u wszystkich badanych z uwzględnieniem pomiarów WJWG, SJWB, WJ i PJ (średnia + SEM)

Analiza wyników pomiarów testowych szybkości wielokierunkowej u wszystkich badanych wykazała, iż największą prędkość biegu osiągnięto na dystansie 30 m (6,5 m/s), najmniejszą na 5 m (4,34 m/s) po linii prostej. Z kolei w biegach ze zmianą kierunku

największą prędkość biegu (4,01 m/s) odnotowano podczas 505 PKD a najmniejszą (3,98 m/s) w teście Zigzag (Wykres 7).



Wykres 7. Prędkość biegu po linii prostej i ze zmianą kierunku u wszystkich badanych (średnia + SEM)

Tabela 8 przedstawia wyniki analizy korelacji pomiędzy procentowymi wartościami asymetrii siły i mocy mięśniowej KD a wynikami testów szybkościowych. W grupie badanej nie zaobserwowano istotnie statystycznych korelacji pomiędzy analizowanymi zmiennymi w testach SJWB, WJ, PJ. Zaobserwowano jedynie słabą korelację ujemną pomiędzy wielkością asymetrii uzyskanej w teście WJWG a prędkością biegu uzyskaną w teście 505 ($r = -0,37$; $p < 0,05$).

Tabela 8. Współczynniki korelacji pomiędzy procentami asymetrii siły i mocy mięśniowej KD, a wynikami testów szybkościowych

| | 5 m [m/s] | 10 m [m/s] | 20 m [m/s] | 30 m [m/s] | 505 PKD [m/s] | 505 LKD [m/s] | Zigzag [m/s] |
|--------------|-----------|------------|------------|------------|---------------|---------------|--------------|
| WJWG [ASY %] | 0,04 | 0,04 | 0,14 | 0,11 | 0,25 | -0,37 | 0,23 |
| SJWB [ASY %] | -0,16 | -0,24 | -0,25 | -0,25 | 0,24 | 0,21 | -0,02 |
| WJ [ASY %] | 0,05 | 0,04 | -0,01 | 0,04 | -0,06 | -0,11 | -0,01 |
| PJ [ASY %] | -0,13 | -0,19 | -0,03 | 0,01 | -0,29 | -0,17 | -0,04 |

5.2. Różnice między grupami G1 i G2 w asymetrii siły i mocy mięśniowej KD

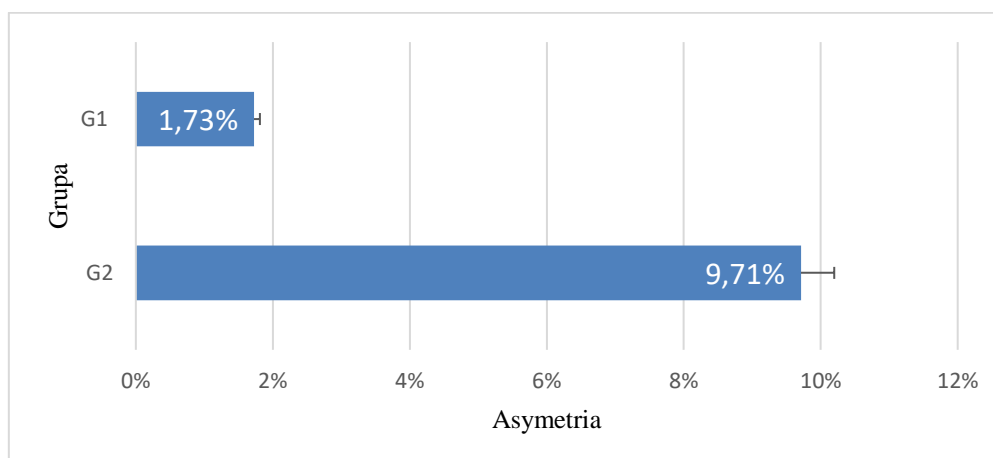
Jednoczynnikowa analiza wariancji wykazała, że wystąpiły istotne różnice pomiędzy grupami G1 i G2 w aspekcie asymetrii siły i mocy mięśniowej KD we wszystkich testach diagnostycznych (Tabela 9 i Wykresy 8–11). Największe zróżnicowanie wystąpiło pomiędzy wielkościami asymetrii mocy KD pomiędzy grupami G1 i G2 w teście WJ (F: 88,53; $p < 0,01$; ES: 3,25), natomiast najmniejsze w teście siły mięśniowej WJWG (F: 44,47; $p < 0,01$; ES: 2,58).

Tabela 9. Wynik testu ANOVA, porównanie wartości asymetrii siły i mocy mięśniowej KD pomiędzy grupami G1 i G2

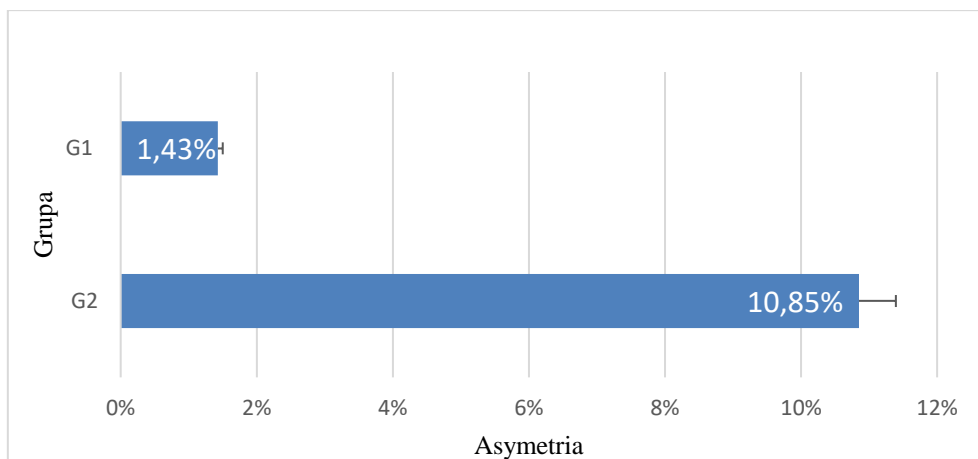
| Procent asymetrii w grupach | F | p | ES |
|----------------------------------|-------|------|------|
| G1 [ASY %] vs. G2 [ASY %] – WJWG | 44,47 | 0,01 | 2,58 |
| G1 [ASY %] vs. G2 [ASY %] – SJWB | 65,68 | 0,01 | 3,06 |
| G1 [ASY %] vs. G2 [ASY %] – WJ | 88,53 | 0,01 | 3,35 |
| G1 [ASY %] vs. G2 [ASY %] – PJ | 81,53 | 0,01 | 3,25 |

df (stopnie swobody) = 28

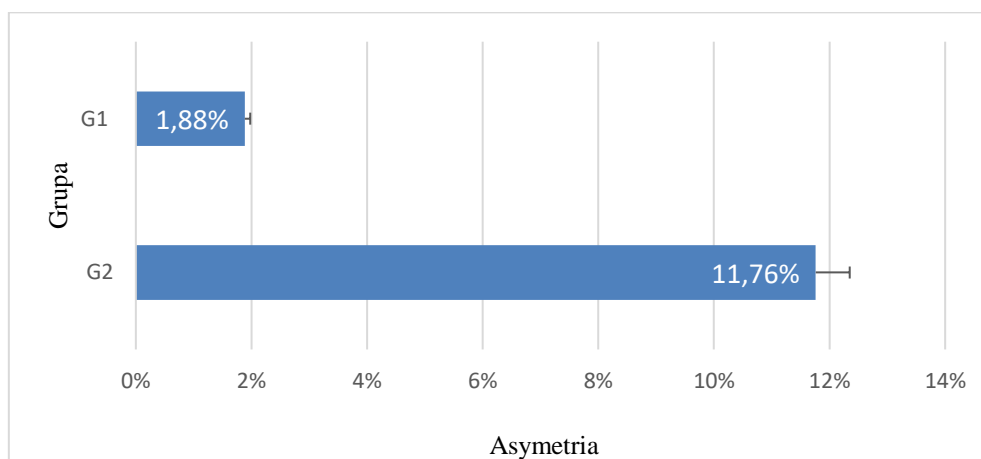
W testach skocznościowych dla WJWG asymetria siły w grupie G1 wyniosła 1,73%, a w grupie G2 9,71% (Wykres 8). W teście SJWB grupa G1 miała średnia asymetrie siły 1,43%, a grupa G2 10,85% (Wykres 9). Dla testu WJ wielkość średniej asymetrii mocy dla grupy G1 wynosiła 1,88%, dla grupy G2 11,76% (Wykres 10). Dla testu PJ średnia asymetria mocy wyniosła w grupie G1 3,33%, a grupie G2 13,47% (Wykres 11).



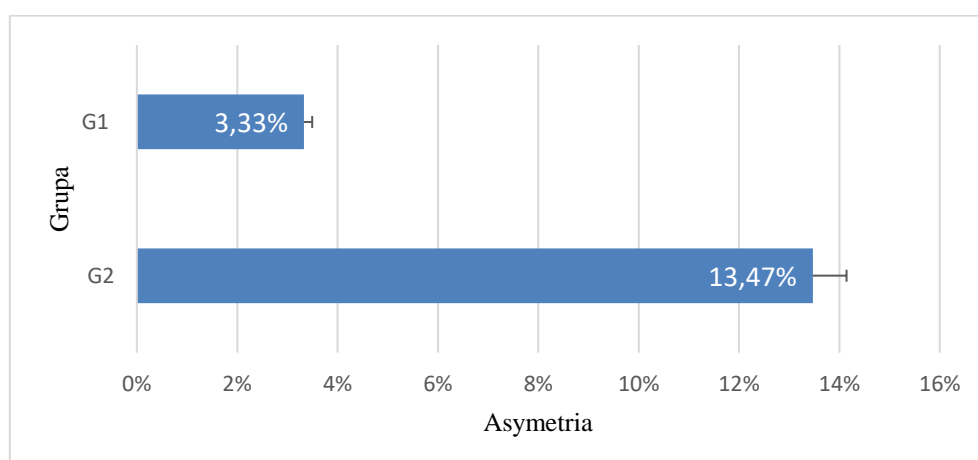
Wykres 8. Procent asymetrii siły mięśniowej pomiędzy prawą i lewą KD w teście WJWG, w grupach G1 i G2 (średnia + SEM)



Wykres 9. Procent asymetrii siły mięśniowej pomiędzy prawą i lewą KD w teście SJWB, w grupach G1 i G2 (średnia + SEM)



Wykres 10. Procent asymetrii mocy mięśniowej pomiędzy prawą i lewą KD w teście WJ, w grupach G1 i G2 (średnia + SEM)

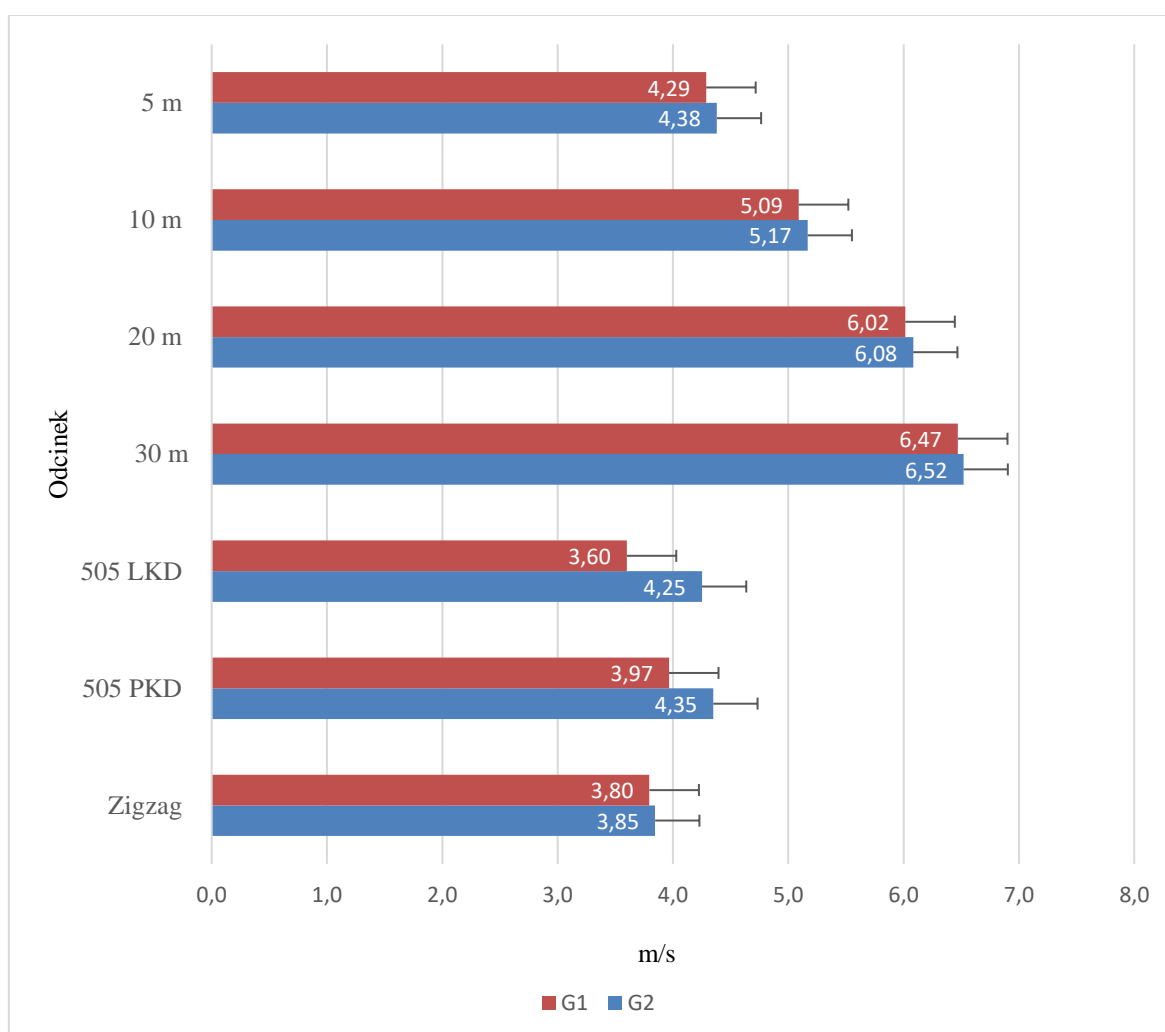


Wykres 11. Procent asymetrii mocy mięśniowej pomiędzy prawą i lewą KD w teście PJ w grupach G1 i G2 (średnia + SEM)

5.3. Analiza różnic w prędkości biegowej pomiędzy grupami o różnym poziomie asymetrii siły i mocy mięśniowej KD G1 i G2

5.3.1. Różnice w szybkości wielokierunkowej pomiędzy grupami G1 i G2 wyznaczonymi w teście WJWG

Na wykresie 12 przedstawiono średnie prędkości biegu (m/s) uzyskane na poszczególnych odcinkach w trakcie testów pomiędzy grupami G1 i G2, zróżnicowanych w teście WJWG.



Wykres 12. Prędkość w grupach G1 i G2 (kryterium WJWG) w testach biegowych na odcinkach 5 m G1 (średnia + SEM)

W celu zbadania różnic pomiędzy grupami, przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji, porównującą wartości prędkości biegu uzyskane na poszczególnych odcinkach w grupach G1 i G2. Ponieważ wartość $p < 0,05$ (Tabela 10) odrzucono hipotezę

zerową o braku różnic pomiędzy grupami w teście 505 PKD i LKD. Dla zmiennych różnicujących wykonano testy post-hoc (Tabela 11).

Tabela 10. Wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA, porównanie średnich wartości prędkości biegu pomiędzy grupami G1 i G2 wyznaczonymi w teście WJWG

| Prędkość na odcinku | F | p | ES |
|---------------------|------|------|------|
| 5 m [m/s] | 1,08 | 0,31 | 0,37 |
| 10 m [m/s] | 0,83 | 0,37 | 0,35 |
| 20 m [m/s] | 0,66 | 0,43 | 0,26 |
| 30 m [m/s] | 0,33 | 0,57 | 0,22 |
| 505 PKD [m/s] | 4,98 | 0,04 | 2,77 |
| 505 LKD [m/s] | 6,15 | 0,03 | 3,21 |
| Zigzag [m/s] | 0,49 | 0,49 | 0,21 |

df (stopnie swobody) = 28

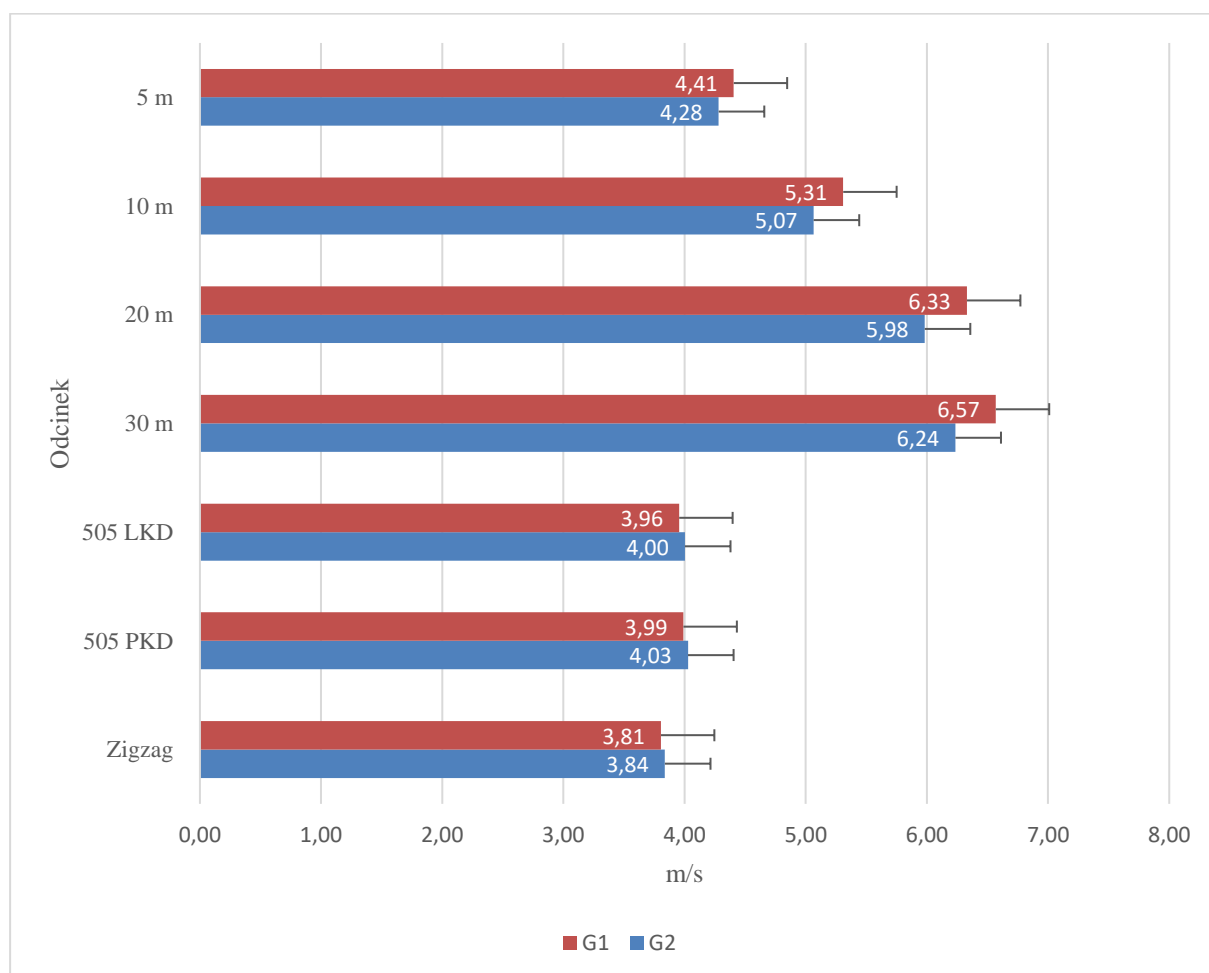
Tabela 11. Prędkość w grupach G1 i G2 (kryterium WJWG) w testach biegowych na odcinkach (średnia)

| 505 PKD [m/s] | | |
|---------------|----------------------------|----------|
| Grupa | G1 | G2 |
| | Wartości różnicujące [m/s] | |
| | M = 3,96 | M = 4,35 |
| G1 | | 0,04 |
| G2 | 0,04 | |
| 505 LKD [m/s] | | |
| Grupa | G1 | G2 |
| | Wartości różnicujące [m/s] | |
| | M = 3,59 | M = 4,25 |
| G1 | | 0,03 |
| G2 | 0,03 | |

Analiza statystyczna wskazuje, iż wystąpiły istotne statystycznie różnice pomiędzy grupami G1 i G2 w prędkości biegu ze zmianą kierunku w testach 505 PKD i LKD. W grupie o wyższej asymetrii siły mięśniowej KD odnotowano wyższe prędkości biegu ze zmianą kierunku, niż w grupie o mniejszej asymetrii siły mięśniowej KD.

5.3.2. Różnice w szybkości wielokierunkowej pomiędzy grupami G1 i G2 wyznaczonymi w teście SJWB

Na wykresie 13 przedstawiono średnie prędkości biegu (m/s) uzyskane na poszczególnych odcinkach w trakcie testów pomiędzy grupami G1 i G2, zróżnicowanych w teście SJWB.



Wykres 13. Prędkość w grupach G1 i G2 (kryterium SJWB) w testach biegowych na odcinkach (średnia + SEM)

W celu zbadania różnic pomiędzy grupami, przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji, porównującą wartości prędkości biegu uzyskane na poszczególnych odcinkach w grupach G1 i G2. Ponieważ wartość $p < 0,05$ (Tabela 12) odrzucono hipotezę zerową o braku różnic pomiędzy grupami dla odcinków 5, 10, 20 i 30 m. Dla zmiennych różnicujących wykonano testy post-hoc (Tabela 13).

Tabela 12. Wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA, porównanie średnich wartości prędkości biegu pomiędzy grupami G1 i G2 wyznaczonymi w teście SJWB

| Prędkość na odcinku | F | p | ES |
|---------------------|------|------|------|
| 5 m [m/s] | 4,13 | 0,04 | 0,56 |
| 10 m [m/s] | 5,19 | 0,04 | 1,16 |
| 20 m [m/s] | 5,43 | 0,04 | 1,61 |
| 30 m [m/s] | 4,72 | 0,04 | 1,54 |
| 505 PKD [m/s] | 0,54 | 0,47 | 0,29 |
| 505 LKD [m/s] | 0,34 | 0,56 | 0,19 |
| Zigzag [m/s] | 0,20 | 0,65 | 0,15 |

df (stopnie swobody) = 28

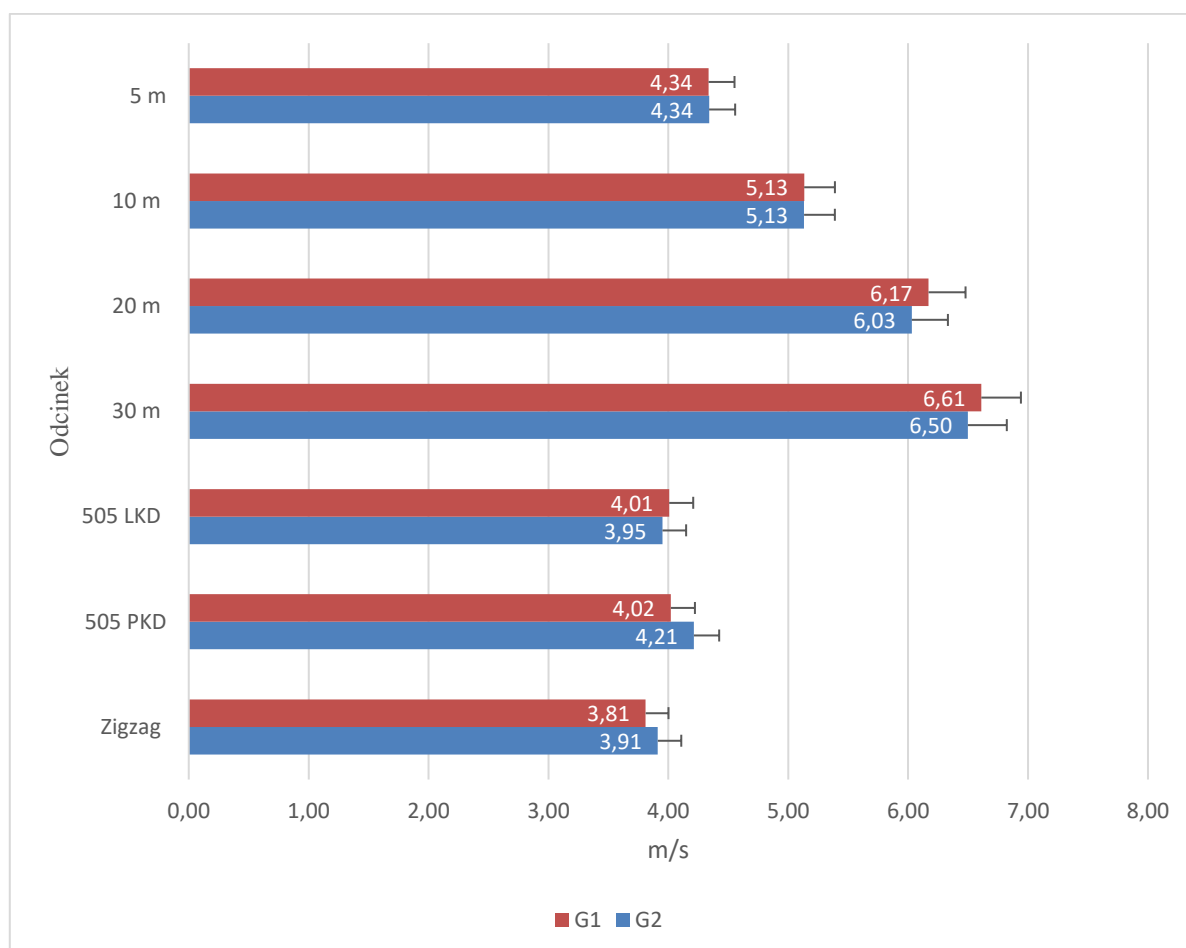
Tabela 13. Wynik testu post-hoc dla prędkości uzyskanych w testach biegowych na badanych odcinkach pomiędzy grupami G1 i G2 (podział według testu SJWB)

| 5 m [m/s] | | |
|-------------------|----------------------------|----------|
| Grupa | G1 | G2 |
| | Wartości różnicujące [m/s] | |
| | M = 4,41 | M = 4,28 |
| G1 | | 0,04 |
| G2 | 0,04 | |
| 10 m [m/s] | | |
| Grupa | G1 | G2 |
| | Wartości różnicujące [m/s] | |
| | M = 5,31 | M = 5,06 |
| G1 | | 0,04 |
| G2 | 0,04 | |
| 20 m [m/s] | | |
| Grupa | G1 | G2 |
| | Wartości różnicujące [m/s] | |
| | M = 6,33 | M = 5,98 |
| G1 | | 0,4 |
| G2 | 0,04 | |
| 30 m [m/s] | | |
| Grupa | G1 | G2 |
| | Wartości różnicujące [m/s] | |
| | M = 6,57 | M = 6,23 |
| G1 | | 0,4 |
| G2 | 0,04 | |

Wyniki analizy statystycznej wskazują na występowanie różnic w prędkości biegu na odcinkach 5, 10, 20 i 30 m. Zaobserwowano wyższą wartość prędkości w grupie G1, tzn. zawodniczki o niskim poziomie asymetrii siły mięśniowej KD uzyskanymi podczas testu SJWB były szybsze w biegu po linii prostej, niż zawodniczki o wyższym poziomie asymetrii siły mięśniowej KD.

5.3.3. Różnice w szybkości wielokierunkowej pomiędzy grupami G1 i G2 wyznaczonych w teście WJ

Na wykresie 14 zaprezentowano uzyskane prędkości biegu na poszczególnych odcinkach (m/s) podczas sprawdzianów szybkościowych w grupach G1 i G2, wyznaczonych na podstawie wyników asymetrii mocy KD w teście WJ.



Wykres 14. Prędkość w grupach G1 i G2 (kryterium WJ) w testach biegowych na odcinkach (średnia + SEM)

Przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji prędkości biegu pomiędzy grupami G1 i G2 (kryterium WJ) na poszczególnych odcinkach (Tabela 14). Pozwoliła ona na odrzucenie hipotezy o braku różnic pomiędzy grupami dla prędkości uzyskanych na odcinkach 20 m, 30 m, oraz testów Zigzag i 505 PKD ($p < 0,05$). Dla zmiennych różnicujących wykonano testy post-hoc (Tabela 15).

Tabela 14. Wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA, porównanie średnich wartości prędkości biegu pomiędzy grupami G1 i G2 wyznaczonymi w teście WJ

| Prędkość na odcinku | F | p | ES |
|---------------------|------|------|------|
| 5 m [m/s] | 0,00 | 0,96 | 0 |
| 10 m [m/s] | 0,00 | 0,99 | 0 |
| 20 m [m/s] | 4,22 | 0,03 | 0,61 |
| 30 m [m/s] | 3,00 | 0,04 | 0,52 |
| 505 PKD [m/s] | 3,17 | 0,04 | 1,34 |
| 505 LKD [m/s] | 0,50 | 0,49 | 0,27 |
| Zigzag [m/s] | 3,19 | 0,04 | 0,51 |

df (stopnie swobody) = 28

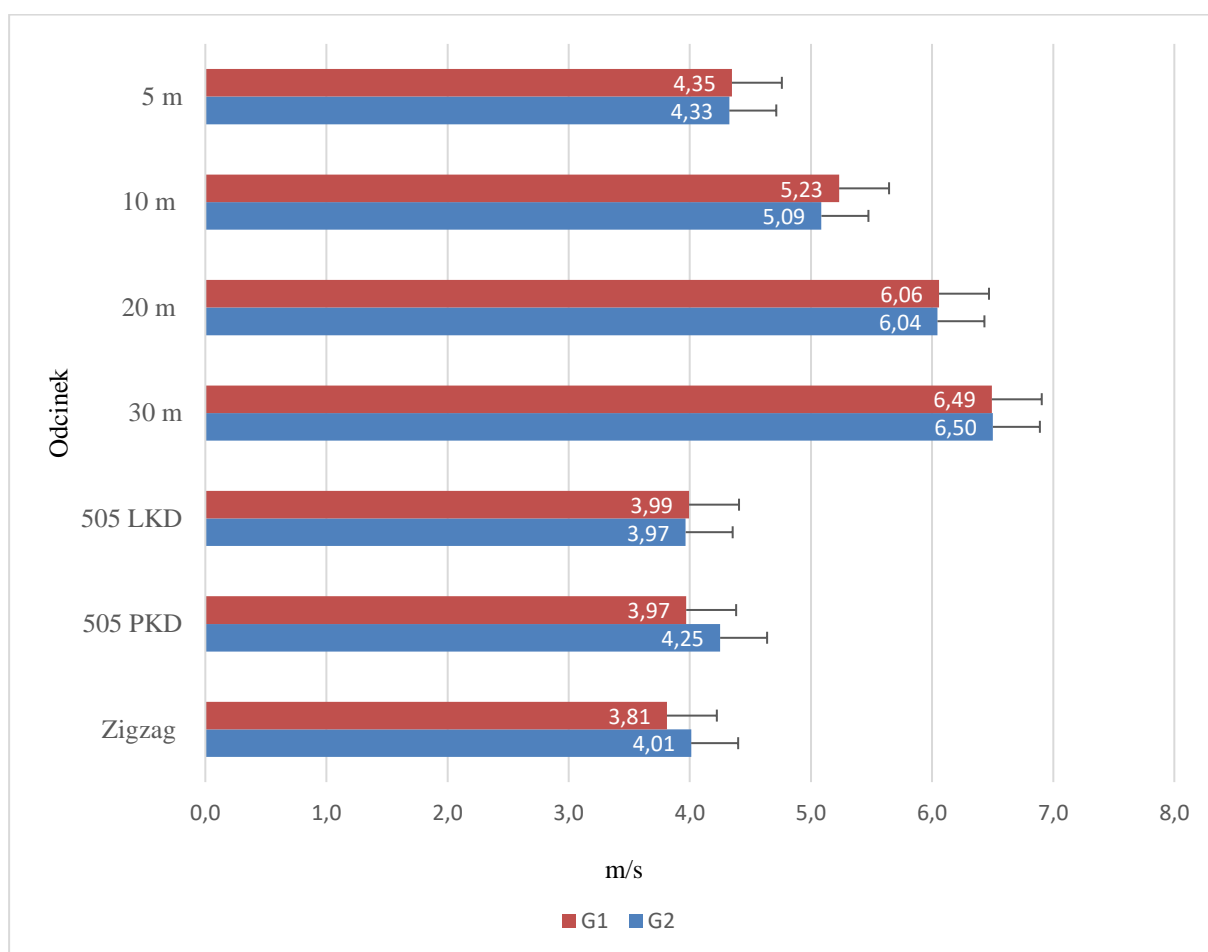
Tabela 15. Wynik testu post-hoc dla prędkości uzyskanych w testach biegowych na badanych odcinkach pomiędzy grupami G1 i G2 (podział według testu WJ)

| 20 m [m/s] | | |
|----------------------|----------------------------|----------|
| Grupa | G1 | G2 |
| | Wartości różnicujące [m/s] | |
| | M = 6,17 | M = 6,03 |
| G1 | | 0,03 |
| G2 | 0,03 | |
| 30 m [m/s] | | |
| Grupa | G1 | G2 |
| | Wartości różnicujące [m/s] | |
| | M = 6,61 | M = 6,49 |
| G1 | | 0,04 |
| G2 | 0,04 | |
| 505 PKD [m/s] | | |
| Grupa | G1 | G2 |
| | Wartości różnicujące [m/s] | |
| | M = 4,02 | M = 4,21 |
| G1 | | 0,04 |
| G2 | 0,04 | |
| Zigzag [m/s] | | |
| Grupa | G1 | G2 |
| | Wartości różnicujące [m/s] | |
| | M = 3,81 | M = 3,91 |
| G1 | | 0,04 |
| G2 | 0,04 | |

Wyniki analiz wskazują na występowanie statystycznie istotnych różnic w prędkości biegu pomiędzy grupami w testach szybkościowych 20 m, 30 m, Zigzag i 505 PKD. Piłkarki zakwalifikowane do grupy o mniejszej asymetrii uzyskiwały wyższe prędkości biegowe na odcinkach prostych 20 m (G1 = 6,17 m/s; G2 = 6,03 m/s) i 30 m (G1 = 6,61 m/s; G2 = 6,49 m/s), natomiast te o większej asymetrii przebiegały szybciej odcinki ze zmianą kierunku biegu 505 PKD (G1 = 4,02 m/s; G2 = 4,21 m/s) i Zigzag (G1 = 3,81 m/s; G2 = 3,91 m/s).

5.3.4. Prędkość uzyskana przez zawodniczki w grupach G1 i G2 wyznaczonych w teście PJ

Na wykresie 15 zaprezentowano uzyskane prędkości biegu na poszczególnych odcinkach (m/s) podczas sprawdzianów szybkościowych w grupach G1 i G2, wyznaczonych na podstawie wyników asymetrii mocy KD w teście PJ.



Wykres 15. Prędkość w grupach G1 i G2 (kryterium PJ) w testach biegowych na odcinkach (średnia + SEM)

Przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji prędkości biegu pomiędzy grupami G1 i G2 (kryterium PJ) na poszczególnych odcinkach (Tabela 16). Pozwoliła ona na odrzucenie hipotezy o braku różnic pomiędzy grupami dla prędkości uzyskanych dla odcinku

10 m, oraz w testach Zigzag i 505 PKD ($p < 0,05$). Dla zmiennych różnicujących wykonano testy post-hoc (Tabela 17).

Tabela 16. Wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA, porównanie średnich wartości prędkości biegu pomiędzy grupami G1 i G2 wyznaczonymi w teście PJ

| Prędkość na odcinku | F | p | ES |
|---------------------|------|------|------|
| 5 m [m/s] | 0,06 | 0,81 | 0,08 |
| 10 m [m/s] | 5,06 | 0,03 | 0,62 |
| 20 m [m/s] | 0,02 | 0,88 | 0,09 |
| 30 m m/s] | 0,01 | 0,92 | 0,04 |
| 505 PKD [m/s] | 4,30 | 0,03 | 2,07 |
| 505 LKD [m/s] | 0,12 | 0,73 | 0,09 |
| Zigzag [m/s] | 5,06 | 0,03 | 1,02 |

df (stopnie swobody) = 28

Tabela 17. Wynik testu post-hoc dla prędkości uzyskanych w testach biegowych na badanych odcinkach pomiędzy grupami G1 i G2 (podział według testu WJ)

| 10 m [m/s] | | |
|----------------------|----------------------------|----------|
| Grupa | G1 | G2 |
| | Wartości różnicujące [m/s] | |
| | M = 5,23 | M = 5,09 |
| G1 | | 0,03 |
| G2 | 0,03 | |
| 505 PKD [m/s] | | |
| Grupa | G1 | G2 |
| | Wartości różnicujące [m/s] | |
| | M = 3,97 | M = 4,25 |
| G1 | | 0,03 |
| G2 | 0,03 | |
| Zigzag [m/s] | | |
| Grupa | G1 | G2 |
| | Wartości różnicujące [m/s] | |
| | M = 3,81 | M = 4,01 |
| G1 | | 0,03 |
| G2 | 0,03 | |

Wyniki analiz wskazują na występowanie statystycznie istotnych różnic w prędkości biegu pomiędzy grupami w biegu na 10 m i w testach Zigzag i 505 PKD. Piłkarki zakwalifikowane do grupy o mniejszej asymetrii uzyskiwały wyższe prędkości biegowe na odcinku 10 m ($G1 = 5,23$ m/s; $G2 = 5,09$ m/s), natomiast te o większej asymetrii przebiegały szybciej odcinki ze zmianą kierunku biegu 505 PKD ($G1 = 3,97$ m/s; $G2 = 4,25$ m/s) i Zigzag ($G1 = 3,81$ m/s; $G2 = 4,01$ m/s).

5.4. Analiza korelacji pomiędzy procentem asymetrii siły i mocy mięśniowej KD a wynikami testów szybkościowych w grupach G1 i G2

W tabeli 18 zaprezentowano współczynniki korelacji pomiędzy poziomem asymetrii siły i mocy mięśniowej KD a prędkościami uzyskanymi w testach szybkościowych wewnątrz grup G1 i G2. Sprawdzone, czy w grupach o niskiej i wysokiej wartości asymetrii istnieje korelacja pomiędzy uzyskiwanymi prędkościami a poziomem asymetrii. Dla uzyskanych danych wyznaczono współczynniki korelacji Pearsona.

Tabela 18. Współczynniki korelacji r-Pearsona pomiędzy procentem asymetrii siły i mocy mięśniowej KD, a prędkością biegu w testach szybkościowych dla grup G1 i G2

| | 5 m [m/s] | 10 m [m/s] | 20 m [m/s] | 30 m [m/s] | 505 PKD [m/s] | 505 LKD [m/s] | Zigzag [m/s] |
|-------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|------------------|------------------|-----------------|
| WJWG ASY [%] – G1 | 0,25 | 0,2 | 0,03 | 0,07 | 0,01 | 0,16 | 0,31 |
| WJWG ASY [%] – G2 | 0,24 | 0,16 | 0,08 | 0,02 | -0,39 | -0,41 | -0,09 |
| SJWB ASY [%] – G1 | 0,64 | 0,55 | 0,64 | 0,64 | 0,29 | 0,28 | -0,18 |
| SJWB ASY [%] – G2 | 0,02 | 0,02 | 0,16 | 0,19 | -0,18 | -0,24 | -0,22 |
| WJ ASY [%] – G1 | 0,31 | 0,33 | 0,66 | 0,68 | 0,21 | 0,11 | 0,26 |
| WJ ASY [%] – G2 | 0,01 | 0,1 | 0,01 | 0,05 | -0,67 | -0,01 | -0,67 |
| PJ ASY [%] – G1 | 0,28 | 0,65 | 0,28 | 0,21 | 0,07 | 0,01 | 0,22 |
| PJ ASY [%] – G2 | -0,13 | 0,01 | 0,19 | 0,19 | -0,66 | -0,35 | -0,71 |

Kiedy dokonano podziału ze względu na wyniki testu WJWG, zaobserwowano spadek prędkości biegowej towarzyszący wzrostowi asymetrii siły KD w teście 505 PKD ($r = -0,39$) i 505 LKD ($r = -0,41$) w grupie G2. W pozostałych porównaniach nie zaobserwowano istotnych statystycznie różnic. W grupach podzielonych według testu SJWB zaobserwowano korelacje pomiędzy prędkością biegu po linii prostej na odcinkach 5, 10, 20 i 30 m ($r = 0,64$; $r = 0,55$; $r = 0,64$; $r = 0,64$) a poziomem asymetrii w grupie G1. Czyli w grupie o nieznaczej asymetrii podniesieniu jej towarzyszył wzrost prędkości biegu po linii prostej.

Po podziale według wyników testu WJ zaobserwowano wzrost prędkości w biegu po linii prostej na odcinku 20 i 30 m wraz ze wzrostem asymetrii mocy KD w grupie o jej niskim poziomie ($r=0,66$; $r=0,68$). Natomiast w grupie G2 wzrost poziomu asymetrii korelował z uzyskiwaniem niższych prędkości w testach 505 PKD i Zigzag ($r=-0,67$; $r=-0,67$). W grupach podzielonych według kryterium PJ zaobserwowano wzrost uzyskiwanych prędkości towarzyszący wzrostowi asymetrii mocy KD w grupie G1 w biegu na 10 m ($r=0,65$). Natomiast w grupie G2 wraz ze wzrostem asymetrii spadała prędkość uzyskiwana w testach 505 KD oraz Zigzag ($r=-0,66$; $r=-0,71$).

6. Dyskusja

Istnieje wiele doniesień naukowych postulujących istnienie związku pomiędzy siłą i mocą mięśniową KD a szybkością wielokierunkową. Nie ma naukowego konsensusu stwierdzającego, czy asymetria w sile i mocy mięśniowej pomiędzy KD wpływa na szybkość wielokierunkową. Celem pracy było sprawdzenie wpływu asymetrii siły i mocy mięśniowej KD mierzonymi w testach WJWG, SJWB, WJ, PJ na wyniki prędkości biegu po linii prostej na odcinku 5, 10, 20, 30 m oraz w biegach ze zmianą kierunku w testach Zigzag i 505 u profesjonalnych piłkarzy nożnych.

Wyniki średnich wartości procentowej asymetrii siły i mocy mięśniowej KD w całej grupie zaprezentowano w Tabeli 3, 4 i na Wykresie 7. Otrzymane wyniki asymetrii są zbliżone do tych opisywanych w literaturze, gdzie średnia asymetria siły mięśniowej pomiędzy kończynami w WJWG wynosiła około 9% u piłkarzy nożnych (Bishop 2019 a; Arboix-Alió i in. 2021). Średnia wartość asymetrii wysokości skoku podczas SJWB wyniosła 5,97% w pracy Madruga-Parera i in. (2019) oraz 5,1% w badaniu Lockie i in. (2014) i była porównywalna ze średnią wartością asymetrii SJWB w tym badaniu (6,45%). Średnie wartości asymetrii siły i mocy mięśniowej pomiędzy KD we wszystkich 4 testach okazały się niższe, niż próg wywoływania urazów, czyli $< 15\%$. Przekroczenie tego progu bezpieczeństwa mogłoby skutkować wystąpieniem urazów (Impellizzeri i in. 2007; Hewit i in. 2012) i uniemożliwić osiągnięcie poziomu sportowego, pozwalającego grać na poziomie piłkarskiej Ekstraligi. Z tego względu można stwierdzić, iż grupa uczestnicząca w tych badaniach prezentowała wyrównany poziom asymetrii siły i mocy mięśniowej pomiędzy KD, porównywalny z poziomem asymetrii uzyskanym w innych badaniach.

W grupie badanej nie zaobserwowano korelacji pomiędzy wielkością asymetrii siły i mocy mięśniowej a wynikami prędkości biegu po linii prostej i ze zmianą kierunku w testach SJWB, WJ, PJ. Zaobserwowano jedynie słaby związek wielkości asymetrii uzyskanej w teście WJWG na prędkość biegu uzyskaną w teście 505 LKD (Tabela 8). Związek ten sugerował, iż większa asymetria pomiędzy kończynami mierzona w teście WJWG mogła wiązać się z mniejszymi prędkościami biegu ze zmianą kierunku. Podobny związek zaobserwowano w badaniach Michailidis i in. (2020) i Bishop i in. (2021d), gdzie wzrost poziomu asymetrii siły skoku dodatnio korelował z mniejszymi zdolnościami szybkościowymi w teście 505 w grupie młodych piłkarzy nożnych. Brak korelacji asymetrii

siły i mocy mięśniowej KD z szybkością biegu po linii prostej zauważono również w badaniach innych autorów. W badaniu Loturco i in. (2019) przebadano 16 profesjonalnych piłkarzy nożnych, których asymetria wysokości skoku i maksymalna siła odbicia w teście WJWG nie korelowały z szybkością biegu po linii prostej na 20 m. Podobne wyniki otrzymali Bishop i in. (2019 a), którzy zaobserwowali brak korelacji asymetrii wysokości skoku w WJWG z szybkością po linii prostej na odcinku 10 i 20 m u piłkarzy nożnych. W 2021 roku Pardos-Mainer i in. dokonali analizy korelacji pomiędzy asymetrią wysokości skoku w WJWG, jak i odległości uzyskanej w skoku w przód jednonóż, a testami szybkościowymi (bieg na 10, 20, 30, 40 m) i nie zaobserwowali różnic u młodych piłkarzy nożnych. W 2022 roku w badaniu Papli i in. zbadano asymetrię mocy KD podczas wyciskania ciężaru jednonóż na urządzeniu Leg Press i jej wpływ na szybkość biegową u profesjonalnych piłkarzy nożnych. Średnia wyników asymetrii mocy mięśniowej wszystkich badanych uczestników wynosiła 4,6%. Asymetria mocy pomiędzy KD badanej grupy nie korelowała istotnie z szybkością po linii prostej na odcinku 5 i 20 m i z szybkością ze zmianą kierunku biegu o 90°. Wynik ten potwierdza otrzymane rezultaty, gdyż różnica procentowa mocy pomiędzy PKD i LKD podczas WJ w całej grupie również nie korelowała z szybkością po linii prostej i ze zmianą kierunku biegu (Tabela 17).

Uprzednio stosowano metody wykrywania asymetrii stawiając nacisk na badanie asymetrii siły izometrycznej, izokinetycznej (Dos'Santos i in. 2017; Lockie i in. 2017; Maloney i in. 2017; Bishop i in. 2018, 2021 b; Parkinson i in. 2021) lub wykorzystując testy skocznościowe (Bishop i in. 2008, 2019, 2020, 2021 a, b, c, d, e, 2022 a, b). Zastosowanie urządzeń pneumatycznych pozwala na badanie siły i mocy szczytowej, średniej lub szybkości podczas fazy koncentrycznej wykonanej czynności ruchowej oraz jako narzędzie do treningu siłowego. Testy skocznościowe są najczęściej stosowane do oceny asymetrii siły i mocy mięśniowej pomiędzy KD, lecz jej wielkość nie przekłada się na uzyskanie spójnych wyników (Bishop i in. 2019; 2021 a), co utrudnia wykorzystanie ich jako wiarygodnego predyktora szybkości i narzędzia mogącego pomóc w dostosowaniu treningu. Testy izometryczne lub izokinetyczne mogą być przydatne w ocenie wystąpienia ryzyka urazu (Nagai i in. 2019).

Urządzenia pneumatyczne najnowszej generacji Keiser Leg Press, służące do oceny mocy wyciskania ciężaru siedząc i Keiser Squat, do oceny mocy podczas przysiadu, były stosowane w badaniach wielu autorów (LeBrasseur i in. 2008; Gołaś i in. 2016 a; Redden i in. 2018, 2019; Papla i in. 2020; Fischerova i in 2021 b; Lindberg i in. 2021; Wilczyński i in. 2022). Podczas kilku z nich zastosowano urządzenie Keiser Leg Press do wykrywania

asymetrii siły i mocy pomiędzy prawą i lewą kończyną dolną (Carabello i in. 2010, Nagai i in. 2019; Redden i in. 2019; Papla i in. 2022). Urządzenia Keiser Squat nie zastosowano do tej pory do wykrycia asymetrii mocy pomiędzy KD i jej wpływu na szybkość wielokierunkową. Test o podobnej mechanice ruchu, czyli 5RM (test siły maksymalnej w 5 powtórzeniach) podczas przysiadu na jednej nodze (przysiadu bułgarskiego), wykorzystywał w badaniu Lockie i in. (2017). W badaniu oceniano asymetrie w sile i mocy 5RM pomiędzy silniejszą i słabszą nogą, a także jej wpływ na szybkość po linii prostej na odcinku, 5, 10 i 20 m. Średnia asymetria siły i mocy szczytowej pomiędzy kończynami nie przekraczała granicy 12%. Zauważono tylko jedną istotną zależność (średnia wartość mocy szczytowej korelowała z szybkością na odcinku 5 m) z 36 korelacji dla różnic między nogami w przysiadzie bułgarskim i szybkości w sprincie na 5 m, 10 m i 20 m. Wobec tego różnica w sile i mocy szczytowej nie wpłynęła na szybkość po linii prostej w znaczący sposób.

Zarówno na podstawie przeprowadzonego badania, jak i na podstawie danych literaturowych, można stwierdzić, iż asymetria siły i mocy mięśniowej nie wpływa na szybkość lub prędkość po linii prostej na dystansie 5, 10, 20 i 30 m, zaobserwowano jedynie korelacje pomiędzy poziomem asymetrii prędkością w teście 505 LKD. Jednak istnieją doniesienia innych autorów, w których stwierdzono, iż wyższy poziom asymetrii siły i mocy KD obniża szybkość po linii prostej na 20 m i 30 m (Fort-Vanmeerhaeghe i in. 2020; Bishop i in. 2021 a, d) lub nie wpływa na szybkość ze zmianą kierunku biegu (Lockie i in. 2014; Loturco i in. 2019; Madruga-Parera i in. 2021; Pardos-Mainer i in. 2021; Bishop i in. 2022 a, 2022 b; Işın i in. 2022). Aby rozwiązać ten dylemat, należałoby przeprowadzić badanie na bardzo licznej grupie piłkarek.

Aby zbadać, czy poziom asymetrii siły i mocy mięśniowej pomiędzy kończynami wpływa na szybkość wielokierunkową, podzielono grupę badaną na dwie podgrupy o mniejszej „G1” i większej asymetrii dynamicznej „G2”. Podziału na nie dokonano czterokrotnie w oparciu o wyniki czterech testów oceniających siłę i moc mięśni KD (Tabela 3 i 4). Wyniki średnich wartości asymetrii zaprezentowano na Wykresach 8, 9, 10, 11. Po dokonaniu podziału na grupy G1 i G2 według kryteriów, dla każdego testu otrzymano odmienne wartości asymetrii dynamicznej (Tabela 7). Największą różnicę pomiędzy grupami G1 i G2 zaobserwowano przy podziale dokonanym w testach WJ i PJ ze względu na moc kończyn dolnych, badaną za pomocą urządzeń pneumatycznych Keiser (Tabela 9).

Po dokonaniu podziału na grupy zaobserwowano, że zawodniczki z mniejszą asymetrią siły i mocy mięśniowej KD (grupa G1) osiągały większą prędkość po linii prostej,

ale mniejszą ze zmianą kierunku biegu, niż zawodniczki z większą asymetrią siły i mocy mięśniowej KD (grupa G2). Konkretnie grupa wytypowana podczas testu SJWB na wszystkich dystansach 5, 10, 20, 30 m niż grupa G2. Z kolei grupa G1 wyselekcjonowana za pomocą testu WJ osiągała wyższe prędkości na dłuższym dystansie 20, 30 m, który jest bardziej charakterystyczny dla fazy osiągania maksymalnej prędkości (Bompa i Buzzichelli 2018). Natomiast grupa G1 wyselekcjonowana testem PJ osiągała lepsze wyniki na krótszym dystansie, który jest charakterystyczny dla fazy przyspieszenia (Bompa i Buzzichelli 2018). Być może mniejszy poziom asymetrii pozwala na równomierne rozłożenie sił pomiędzy kończynami, a także na utrzymanie stabilnego toru biegu, co mogło przyczynić się do osiągnięcia wyższej prędkości biegu po linii prostej.

W testach biegowych ze zmianą kierunku ruchu obserwowano odwrotną zależność-grupa G2, wyselekcjonowana za pomocą testu SJWB, była szybsza od grupy G1 w testach 505 PKD i 505 LKD. Podobnie grupa G2, wyłoniona przy użyciu testów WJ i PJ, osiągała większą prędkość w testach zwinnościowych 505 PKD i Zigzag. Można to tłumaczyć tym, że przy większej asymetrii siły i mocy mięśniowej pomiędzy PKD i LKD występuje efektywniejsze działanie jednej kończyny, która przejmuje główną rolę podczas zmiany kierunku i w trakcie ponownego przyspieszenia (Yoshioka i in. 2010; Green i in. 2011). Przekładać się to może na wyższą prędkość w trakcie pokonywania zakrętów (Pardos-Mainer i in. 2019).

Wynik ten zgodny jest z badaniami Bishop i in. przeprowadzonym na profesjonalnych piłkarzach nożnych (2021d). Zostali oni podzieleni na grupy według poziomu asymetrii wysokości skoku po zeskoku (DJ), a większą szybkość na odcinku 10 m zaobserwowano w grupie o mniejszej asymetrii. W badaniach innych autorów, którzy również zastosowali podział na grupy o różnych wielkościach asymetrii siły i mocy mięśniowej KD, nie zaobserwowano istotnych różnic w wynikach szybkości wielokierunkowej pomiędzy grupami (Lockie i in. 2014; Işın i in. 2022). W pracy z 2014 Lockie i in. przeprowadzili badanie na 30 zawodnikach uprawiających rekreacyjnie sporty zespołowe. Różnice w sile i mocy mięśniowej ocenione zostały za pomocą testu WJWG, SJWB i skoku w przód. Po dokonaniu podziału na grupę o większej i mniejszej asymetrii nie zaobserwowano istotnych różnic szybkości pomiędzy grupami w testach szybkościowych na 5, 10, 20 m i testach ze zmianą kierunku 505 PKD, 505 LKD i T-test (Lockie i in. 2014). W badaniu Işın i in. (2022) 42 młodych zawodników piłki nożnej wykonało testy siły mięśniowej WJWG i skok w dal, w celu określenia różnicy siły pomiędzy KD. Po dokonaniu podziału na grupy <5%, 5–10% i >10% nie zaobserwowano istotnych różnic szybkości pomiędzy nimi w testach szybkościowych na 10, 20, 30 m i w teście zmiany kierunku biegu

505. Warto jednak zwrócić uwagę, że w badaniach (Lockiego i in. 2014) i (Işın i in. 2022) nie brali udziału profesjonalni piłkarze nożni, u których wyższy poziom asymetrii połączony z odpowiednim wytrenowaniem, mógłby poprawiać wyniki w testach szybkości wielokierunkowej.

W kolejnym etapie analizy wyników sprawdzono, czy istnieją korelacje pomiędzy poziomem asymetrii siły i mocy mięśniowej KD wewnątrz grup G1 i G2, a osiąganymi prędkościami biegu. Po wyliczeniu współczynników korelacji w każdej z tych dwóch badanych grup osobno, zaobserwowano 14 istotnych statystycznie korelacji (Tabela 18).

Podział na grupy, po zastosowaniu testu WJWG, pozwolił zaobserwować obniżenie prędkości biegu w teście 505 PKD i 505 LKD towarzyszące wzrostowi asymetrii siły mięśniowej w grupie G2. Natomiast po podziale na grupy ze względu na wyniki testu SJWB, zaobserwowano, że w grupie G1 wzrostowi asymetrii siły skoku towarzyszył wzrost szybkości biegu po linii prostej na odcinku 5, 10, 20 i 30 m. Próbę wyjaśnienia paradoksalnie nietypowych wyników można próbować tłumaczyć zaangażowaniem w wykonywanie ruchu poszczególnych partii mięśni. Podczas biegu po linii prostej aktywne są mięśnie zginaczy biodra, mięśnie kulszowo goleniowe, pośladki, mięśnie czworogłowe ud, mięśnie łydek i przywodziciele. Podczas ruchu bocznego aktywne są mięśnie pośladkowe, mięsień prosty uda, mięśnie łydek, przywodziciele i odwodziciele (Bochenek i in. 2014). Sprint po linii prostej, pomimo braku wykonywania ruchu bocznego, angażuje te same partie mięśni. Z tego powodu oba testy wydają się odpowiednie do oceny różnic w sile mięśniowej i jej wpływu na szybkość wielokierunkową.

W grupie G1 po zróżnicowaniu zawodniczek zaobserwowano, że wzrost dysproporcji mocy KD korelował z uzyskiwaniem wyższych prędkości biegu po linii prostej (dla WJ na odcinku 20 i 30 m, dla PJ na odcinku 10 m). Z kolei w grupie G2 wzrostowi asymetrii mocy towarzyszył spadek prędkości biegu w testach Zigzag i 505 PKD (Tabela 18). Testy WJ i PJ wykorzystujące urządzenia pneumatyczne Keiser z zastosowaniem obciążenia 50% 1RM pozwoliło na uzyskanie największych różnic w sile i mocy mięśniowej pomiędzy kończynami.

Podkreślić należy po raz kolejny, że wielkość asymetrii w żaden sposób nie pozwala określić, jakie wyniki siły i mocy osiągały zawodniczki. Badano jedynie wpływ różnic siły i mocy pomiędzy kończynami. Ponadto, w zależności od zastosowanego testu badającego siłę pojedynczej kończyny, otrzymywano odmienne wyniki. O ile większość zawodniczek była zawsze niezależnie od testu przypisana do grupy G1 albo G2, to dla części zawodniczek raz asymetria była powyżej, a raz poniżej wartości progowej.

Przeprowadzone badania mają jednak pewne ograniczenia. Uzyskane wyniki pozwalają zaobserwować pewne powtarzające się tendencje, ale nie przekładają się one całkowicie pomiędzy testami. Aby uzyskać jednoznaczne potwierdzenie, iż asymetria siły i mocy mięśniowej KD wpływa na szybkość wielokierunkową, należałoby przeprowadzić dodatkowe badania, np. zwiększyć liczebność grup badanych, czy włączyć do niego grupę osób o asymetrii większej niż 15%.

Przed przeprowadzeniem badania asymetrii należy zadać sobie pytanie, jaki parametr miałaby ona dokładnie mierzyć i do czego być wykorzystywana. Nie ma jednego testu, który mógłby być zastosowany uniwersalnie i być prognostykiem osiąganego wyniku sportowego (Bishop i in. 2018). Przykładowo, nie powinniśmy oceniać asymetrii wyłącznie na podstawie długości skoku, ale również zwrócić uwagę na wkład siły koncentrycznej lub mocy mięśniowej KD, gdyż za każdym razem możemy otrzymać różne wyniki (Bishop i in. 2018; Parkinson i in. 2021). Zaleca się użycie różnych rodzajów testów: siłowych, skocznościowych, izometrycznych czy izokinetycznych, pozwalających na wykrycie wielkości różnic w siłę pomiędzy KD (Loturco i in. 2018; Bishop i in. 2021 c; Madruga-Parera i in. 2021 a, b). W tych badaniach zabrakło oceny wysokości skoku czy tempa rozwoju siły lub mocy mięśniowej zawodniczek, być może wynik asymetrii i zależności z szybkością wielokierunkową mógł okazać się inny, niż w przypadku siły lub mocy szczytowej.

Niniejsze badania można podsumować tak, że zawodniczki o niższej asymetrii osiągały wyższe prędkości biegu po linii prostej, po sprawdzeniu korelacji pomiędzy prędkością biegu a poziomem asymetrii w tej grupie zaobserwowano, że lepsze wyniki osiągały zawodniczki o wyższej asymetrii (w grupie G1). Analogicznie, pomimo iż grupa G2 uzyskiwała wyższe prędkości średnie w testach Zigzag i 505, to wzrostowi prędkości w tej grupie towarzyszył spadek asymetrii. Oczywiście czynników wpływających na prędkość biegu jest bardzo dużo i nie można na podstawie tak nielicznej próby wnioskować wprost, ale udało się zaobserwować, że niewielka asymetria w sile i mocy mięśniowej KD korzystnie wpływa na prędkość biegu zarówno po linii prostej jak i ze zmianą kierunku biegu.

Wyniki zaprezentowane w pracy mogą mieć charakter aplikacyjny – oprócz rozwoju zdolności szybkościowo-siłowych, które są podstawowym celem treningu siłowego piłkarek nożnych, warto byłoby w planie treningowym uwzględnić informacje o wielkości asymetrii. Asymetria na niewielkim poziomie, lecz nieprzekraczająca 15%, może być korzystna dla szybkości wielokierunkowej w takim sporcie jakim jest piłka nożna.

7. Wnioski

Na podstawie zebranych w toku badań wyników dotyczących wpływu różnic siły i mocy mięśniowej pomiędzy KD na szybkość sprintu po linii prostej i ze zmianą kierunku biegu u profesjonalnych piłkarzy nożnych, sformułowano następujące wnioski:

1. Nie wykryto istotnych zależności pomiędzy asymetrią siły i mocy mięśniowej KD i szybkością wielokierunkową dla całej badanej populacji piłkarzy.
2. Po dokonaniu podziału na grupy zaobserwowano, że zawodnicy z mniejszą asymetrią siły i mocy mięśniowej KD (grupa G1) osiągały większą prędkość po linii prostej niż zawodnicy z większą asymetrią siły i mocy mięśniowej KD (grupa G2).
3. Po dokonaniu podziału na grupy zaobserwowano, że zawodnicy z większą asymetrią siły i mocy mięśniowej KD (grupa G2) osiągały większą prędkość ze zmianą kierunku biegu, niż zawodnicy z mniejszą asymetrią siły i mocy mięśniowej KD (grupa G1).
4. Wszystkie zaobserwowane istotne różnice pomiędzy testami szybkości wielokierunkowej w aspekcie analizowanych grup są równocześnie istotnie skorelowane z procentowymi różnicami siły i mocy mięśniowej KD w tych grupach.

Streszczenie

Przygotowanie motoryczne w piłce nożnej kobiet jest bardzo ważną składową całego procesu treningowego. Poprawa sprawności i rozwój potencjału ruchowego obniża ryzyko wystąpienia kontuzji. Związki pomiędzy cechami motorycznymi, takimi jak siła, szybkość i zwinność, mają wpływ na rozwój umiejętności piłkarskich. Z kolei wpływ na osiąganą szybkość biegową ma siła i moc mięśniowa kończyn dolnych (KD).

Wydaje się, że wieloletnia gra w piłkę nożną może spowodować dysproporcję siły KD, ze względu na dominację jednej kończyny. Nierównowaga siły lub mocy pomiędzy KD związana jest z gorszym wykonaniem indywidualnych czynności techniczno-taktycznych i zwiększa ryzyka wystąpienia kontuzji. Nadal słabo zbadany pozostaje wpływ asymetrii siły lub mocy mięśniowej pomiędzy KD na sprawność fizyczną. Pomimo tego, że zagadnienie jest interesujące, brakuje w tym temacie konsensusu naukowego, a publikowane doniesienia zdają się sobie przeczyć. Celem niniejszej pracy było zbadanie wpływu asymetrii siły i mocy mięśniowej pomiędzy KD na wyniki szybkościowe po linii prostej i ze zmianą kierunku biegu u profesjonalnych piłkarek nożnych. W badaniu uczestniczyło 30 kobiet występujących w Ekstralidze kobiet w Polsce (wiek 24 ± 3 lata; wysokość $165,9 \pm 5,07$ cm; masa ciała $57,58 \pm 5,09$ kg; poziom tkanki tłuszczowej $15,68 \pm 3,7\%$). Zawodniczki wykonały testy diagnostyczne wyskok jednonóż w górę (WJWG) i skok jednonóż w bok (SJWB) na platformie dynamometrycznej oceniające siłę szczytową. Testy diagnostycznej oceniające moc szczytową podczas wyciskania ciężaru jednonóż (WJ) oraz przysiadzie jednonóż (PJ) przy obciążeniu 50% 1RM na urządzeniach pneumatycznych Keiser Leg Press (WJ) i Keiser Squat (PJ). Pomiarzy szybkościowe po linii prostej na odcinku 5, 10, 20, 30 m i ze zmianą kierunku biegu Zigzag i 505 PKD i LKD dokonano z wykorzystaniem fotokomórek.

Z wyników uzyskanych z testów diagnostycznych w wartościach z uwzględnieniem beztłuszczowej masy ciała (FFM) obliczono procentową asymetrię siły i mocy względnej pomiędzy KD. Nie zaobserwowano istotnych statystycznie korelacji pomiędzy asymetrią siły i mocy a zdolnościami szybkościowymi. Jednak gdy zawodniczki podzielono na dwie grupy: „G1” i „G2” o odpowiednio mniejszej i większej asymetrii siły i mocy względnej zaobserwowano interesujące różnice prędkości pomiędzy grupami. Jednoczynnikowa analiza wariancji ANOVA pomiędzy grupami G1 i G2 pokazała wzrost średniej prędkości biegu po linii prostej w grupie G1 w porównaniu do grupy G2, jeżeli zawodniczki podzielono według asymetrii uzyskanej w testach SJWB, WJ i PJ. Grupa G2 uzyskała wyższą średnią prędkość

podczas biegu ze zmianą kierunku, kiedy dyskryminacji pomiędzy grupami dokonano za pomocą testów WJWG, WJ, PJ. Na podstawie tych wyników stwierdzono, iż zawodniczki o mniejszej asymetrii były szybsze po linii prostej. Wynikać to może z równomiernego rozłożenia sił pomiędzy KD, co utrzymuje stabilny tor biegu. Zawodniczki o większej asymetrii były lepsze w testach ze zmianą kierunku biegu. Szybciej i efektywniej działa jedna kończyna, która przy zmianie kierunku osiąga większą szybkość na zakrętach. Testy wykorzystujące urządzenia pneumatyczne Keiser Leg Press i Keiser Squat przy użyciu obciążenia 50% 1RM pozwoliły na wykrycie największych poziomów asymetrii i najbardziej różnicowały pomiędzy sobą grupy G1 i G2. Najmniejszą różnicę wychwycił test WJWG, być może ze względu na wykorzystywanie w teście ruchu używanego w trakcie gry w piłkę nożną. Wszystkie zaobserwowane istotne różnice pomiędzy testami szybkości biegowej w aspekcie analizowanych grup są równocześnie istotnie skorelowane z procentowymi różnicami siły i mocy mięśniowej KD w tych grupach. Oprócz rozwoju zdolności szybkościowo-siłowych, które są podstawowym celem treningu siłowego piłkarek nożnych, warto byłoby w planie treningowym uwzględnić informacje o wielkości asymetrii i obniżenie jej do poziomu poniżej 15%. Mogłoby to nie tylko obniżyć ryzyko wystąpienia urazów, poprawić jakość wykonania elementów techniczno-taktycznych, ale również, co wynika z zaprezentowanych badań, mogłoby poprawić prędkość biegu zarówno po linii prostej jak i ze zmianą kierunku u piłkarek nożnych.

Słowa kluczowe: asymetria siły i mocy mięśniowej KD, piłkarki nożne, szybkość wielokierunkowa, prędkość biegu po linii prostej, prędkość ze zmianą kierunku biegu, siła i moc mięśniowa

Summary

Strength and conditioning in women's soccer is a very important part of the training process. Improvement sport performance and development of movement potential, reduces the risk of injury. Relationships between motor abilities such as strength, speed and agility have an impact on the game performance. In turn, the strength and power of the lower limbs have an impact on the achieved running speed and change of direction speed. It seems that playing football for many years can cause disproportionate strength of the lower limbs due to the dominance of one limb. The inter limb asymmetries of strength or power is associated with worst individual technical activities and increases the risk of injury. The impact of the difference in strength or power between the lower limbs on physical fitness remains poorly researched. Despite the fact that the issue is interesting, there is no scientific consensus on this topic, and published reports seem to contradict each other. The aim of this study was to examine the impact of the difference in strength and power between the lower limbs (*inter-limb asymmetry*) on the linear running speed and change of direction speed in professional female soccer players. The study involved 30 women participating in the Women's Ekstraliga in Poland (age 24 ± 3 years; height 165 ± 5.7 cm; body weight 57.8 ± 5.9 kg; body fat level $15.8 \pm 3\%$). The athletes performed strength and power tests on pneumatic devices Keiser Leg Press (WJ), Keiser Squat (PJ) with a load of 50% RM and jumping tests vertical single-leg jump (WJWG) and lateral single-leg jump (SJWB) on the dynamic platform. 10 and 30 m sprinting tests and the change of direction tests Zigzag and 505 were measured with the use of photocells. The percentage index asymmetries were calculated from, WJWG, SJWB, WJ and PJ. There was no statistically confirmed correlation between strength and power asymmetry and multidirectional speed abilities. However, when the athletes are divided into two groups: "G1" and "G2" with respectively lesser and greater asymmetry from each strength and power condition, different speeds were observed between the groups. One-way ANOVA between groups G1 and G2 shows the increase in linear running speed in group G1 in normal to group G2 when athletes were divided according to the asymmetry obtained in the SJWB, WJ and PJ tests. The G2 group achieved a higher average speed during the change of direction than group G1 from calculations differences in force and power in the WJWG, WJ, PJ tests. Based on these results, it was found that the players with less asymmetry were faster in a linear running speed. This may be due to the even distribution of forces between the lower limbs, which maintains a stable running track. Players with greater asymmetry performed better in

tests with change of direction. One limb works faster and more efficiently, which achieves higher cornering speeds when changing direction. Tests using Keiser pneumatic devices with the load of 50% 1RM allowed to detect the highest levels of asymmetry and differentiated the G1 and G2 groups. The smallest differences were detected by the WJWG test, perhaps due to the fact that the movement used during the game was used in the test. In addition to the development of speed and strength abilities, which are the primary goal of strength and conditioning training for female soccer players, it would be worthwhile to include information on the size of asymmetry in the training plan and to reduce it to less than 15%. This could not only reduce the risk of injury, increase effectiveness of performing technical elements but also in addition, according to the presented research, it could improve the linear running speed and change of directional speed in female soccer.

Keywords: asymmetry, female soccer, multidirectional speed, linear running speed, change of direction speed, strength, power

Bibliografia

1. Ammar, A., Riemann, B.L., Abdelkarim, O., Driss, T., Hökelmann, A. (2020). Effect of 2- vs. 3-Minute Interrepetition Rest Period on Maximal Clean Technique and Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(9), 2548–2556.
2. Arazi, H., Nasirin, S., Eghbali, E. (2019). Is there a difference toward strength, muscular endurance, anaerobic power and hormonal changes between the three phase of the menstrual cycle of active girls? *Apunts. Medicina de l'Esport*, 54(202), 65–72.
3. Arboix-Alió, J., Bishop, C., Benet, A., Buscà, B., Aguilera-Castells, J., Fort-Vanmeerhaeghe, A. (2021). Assessing the Magnitude and Direction of Asymmetry in Unilateral Jump and Change of Direction Speed Tasks in Youth Female Team-Sport Athletes. *Journal Human Kinetics*, 28(79), 15–27.
4. Arin, A., Jansson, D. i Skarphagen, K., (2012). Maximal unilateral leg strength correlates with linear sprint and change of direction speed. K. Institute: *Department of Food and Nutrition, and Sport Science University of Goteborg*, praca doktorska.
5. Baker, D.G., Newton, R.U. (2009). Effect of kinetically altering a repetition via the use of chain resistance on velocity during the bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(7), 1941–1946.
6. Baechle, T.R., Earle, R.W., Wathen, D. (2008). Resistance training. W: *Essentials of Strength Training and Conditioning 3th edithion*. T.R. Baechle, R.W. Earle, eds. Champaign, IL: Human Kinetics, str. 381–412.
7. Bell, D.R., Sanfilippo, J.L., Binkley, N. i Heiderscheit, B.C. (2014). Lean mass asymmetry influences force and power asymmetry during jumping in collegiate athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(4), 884–891.
8. Bergier, J. i Niewolna, N. (2012). Technical training for shooting goals for one-side oriented players in the UEFA Women`s Euro 2009. *Journal of Kinesiology and Exercise Sciences*, 22 (60), 143–152.
9. Bishop, C., Turner, A., Read, P. (2018). Effects of inter-limb asymmetries on physical and sports performance: A systematic review. *Journal Sports Science*, 36(10), 1135–1144.
10. Bishop, C., Turner, A., Maloney, S., Lake, J., Loturco, I., Bromley, T., Read, P. (2019a). Drop Jump Asymmetry is Associated with Reduced Sprint and Change-of-Direction Speed Performance in Adult Female Soccer Players. *Sports (Basel)*, 7(1), 29.

11. Bishop, C., Pereira, L.A., Reis, V.P., Read, P., Turner, A.N., Loturco, I. (2020). Comparing the magnitude and direction of asymmetry during the squat, countermovement and drop jump tests in elite youth female soccer players. *Journal of Sports Science*, 38(11–12), 1296–1303.
12. Bishop, C., Read, P., McCubbine, J., Turner, A. (2021a). Vertical and Horizontal Asymmetries Are Related to Slower Sprinting and Jump Performance in Elite Youth Female Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(1), 56–63.
13. Bishop, C., Read, P., Lake, J., Loturco, I., Dawes, J., Madruga M., Turner, A. (2021 b). Unilateral isometric squat: Test reliability, interlimb asymmetries, and relationships with limb dominance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35 (2S), S144–S151.
14. Bishop, C., Lake, J., Loturco, I., Papadopoulos, K., Turner, A., Read, P. (2021 c). Interlimb Asymmetries: The Need for an Individual Approach to Data Analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(3), 695–701.
15. Bishop, C., Brashill, C., Abbott, W., Read, P., Lake, J., Turner, A. (2021 d). Jumping Asymmetries Are Associated With Speed, Change of Direction Speed, and Jump Performance in Elite Academy Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(7), 1841–1847.
16. Bishop, C., Read, P., Brazier, J., Jarvis, P., Chavda, S., Bromley, T., and Turner, A. (2021e). Effects of interlimb asymmetries on acceleration and change of direction speed: a between-sport comparison of professional soccer and cricket athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(8), 2095–2101.
17. Bishop, C., Read, P., Bromley, T., Brazier, J., Jarvis, P., Chavda, S., Turner, A. (2022a). The Association Between Interlimb Asymmetry and Athletic Performance Tasks: A Season-Long Study in Elite Academy Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(3), 787–795.
18. Bishop, C., Perez-Higueras Rubio, M., Gullon, I.L., Maloney, S., i Balsalobre-Fernandez, C. (2022 b). Jump and change of direction speed asymmetry using smartphone apps: between-session consistency and associations with physical performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(4), 927–934.
19. Blagrove, R.C., Bruinvels, G., Pedlar, C.R. (2020). Variations in strength-related measures during the menstrual cycle in eumenorrhic women: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 23(12), 1220–1227.

20. Blasco, Herráiz E., Paredes A., Monleón García, C., Martín Rodríguez, M., Fargueta Espert, M. (2018). Injury in elite women soccer and national women soccer in the lower extremity. *Journal of Human Sport and Exercise*, 13(3), 566–576.
21. Bloomfield, J., Polman, R., O'Donoghue, P., Mc Naughton, L.(2007). Effective speed and agility conditioning methodology for random intermittent dynamic type sports. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(1), 1093–1100.
22. Bompa, T., Zajac, A., Waśkiewicz, Z., Chmura, J. (2013). *Przygotowanie sprawnościowe w zespołowych grach sportowych*. Katowice: Wydawnictwo Akademii Wychowania Fizycznego, str. 207.
23. Bompa, T., Buzzichelli, C. (2018). *Periodization of Strength Training for Sports 6th edition*, Wydawnictwo Human Kinetics.
24. Bozzini, Brittany N., Bridget A., Mc Fadden, Harry P., Cintineo Alexa J., Chandler Michelle A., Arent, Shawn M. (2020). The Relationship Between Changes In Sleep, Inflammatory Biomarkers, And Energy Expenditure In Female Soccer Players. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 52(7S), 500–500.
25. Brooke, R., Brisbine, J.R., Steele, E.J., Phillips D., McGhee E. (2020). Breast pain affects the performance of elite female athletes, *Journal of Sports Sciences*, 38(5), 528–533.
26. Callahan, D., Phillips E., Carabello, R., Frontera, W.R., Fielding, R.A. (2007). Assessment of lower extremity muscle power in functionally-limited elders, *Aging Clinical Experimental Research*, 19(3), 194–199.
27. Can. F., Yilmaz. I., Erden. Z. (2004). Morphological characteristics and performance variables of women soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 480–485.
28. Can. İ., Yaşar. A., Bayrakdaroğlu. S., Yıldız. B. (2019). Fitness Profiling in Women Soccer: Performance Characteristics of Elite Turkish Women Soccer Players. *Turkish Journal of Sport and Exercise*, 21(1), 78–90.
29. Carabello, R.J., Reid, K.F., Clark, D.J., Phillips, E.M., Fielding, R.A. (2010). Lower extremity strength and power asymmetry assessment in healthy and mobility-limited populations: reliability and association with physical functioning. *Aging Clinical and Experimental Research*, 22(4), 324–329.
30. Cardoso de Araújo, M., Baumgar,t C., Jansen, C.T., Freiwald, J., Hoppe, M.W. (2018). Sex Differences in Physical Capacities of German Bundesliga Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(8), 2329–2337.

31. Casal, C.A., Losada, J.L., Maneiro, R., Ardá, A. (2021). Gender differences in technical-tactical behaviour of La Liga Spanish football teams. *Journal of Human Sport and Exercise*, 16(1), 37–52.
32. Chalmers, S., Debenedictis, T.A., Zacharia, A., Townsley, S., Gleeson, C., Lynagh, M., Townsley, A., Fuller, J.T. (2018). Asymmetry during Functional Movement Screening and injury risk in junior football players: A replication study. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 28(3), 1281–1287.
33. Chaouachi, A., Manzi, V., Chaalali, A., Wong del P., Chamari, K., Castagna, C. (2012). Determinants analysis of change-of-direction ability in elite soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(10), 2667–2676.
34. Chmura, J. (2001). *Szybkość w piłce nożnej*. Wydawnictwo AWF, Katowice.
35. Chmura, J., Chmura, P., Ciastoń J. (2008). *Przygotowanie motoryczne piłkarzy do wysiłku startowego*. *Sport Wyczynowy*, 10–12 (526–528), 49–61.
36. Chmura, J. (2014). *Rozgrzewka, podstawy fizjologiczne i zastosowanie praktyczne*. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL, str. 167–177.
37. Chmura, J. (2016a). Charakterystyka zespołowych gier sportowych, Piłka nożna. W: Zając A., Chmura J., red. *Współczesny system szkolenia w zespołowych grach sportowych*. Katowice: Wydawnictwo AWF, str. 25–60.
38. Chmura, J. (2016b). Kształtowanie szybkości w grach zespołowych. W: Zając A., Chmura J., red. *Współczesny system szkolenia w zespołowych grach sportowych*. Katowice: Wydawnictwo AWF, str. 165–174.
39. Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, str. 25–74.
40. Constantini, N.W., Dubnov, G., Lebrun, C.M. (2005). The menstrual cycle and sport performance. *Clinics in Sports Medicine*, 24(2), e51–82.
41. Costello, J.T., Bieuzen, F., i Bleakley, C.M. (2014). Where are all the female participants in Sports and Exercise Medicine research? *European Journal of Sport Science*, 14(8), 847–851.
42. Dasa, M.S., Kristoffersen, M., Ersvær, E., Bovim, L.P., Bjørkhaug, L., Moe-Nilssen R., Sagen J.V., Haukenes I. (2021). The Female Menstrual Cycles Effect on Strength and Power Parameters in High-Level Female Team Athletes. *Frontiers in Physiology*, 12(1), 164.
43. Dawes, J., Roozen, M. (2012). *Developing agility and quickness*. National Strength and Conditioning Association.

44. de Jong, L.M.S., Gatin, P.B., Angelova M., Bruce L., Dwyer, D.B. (2020). Technical determinants of success in professional women's soccer: A wider range of variables reveals new insights. *Plos One. Public Library of Science*, 15(10), e0240992.
45. Delavier, F. (2011). *Atlas treningu siłowego*. Warszawa: PZWL.
46. Di Cesare, C.A., Montalvo, A., Foss, K.D.B., Thomas, S.M., Hewett, T.E., Jayanthi, N.A., Myer, G.D. (2019). Sport specialization and coordination differences in multisport adolescent female basketball, soccer, and volleyball athlete. *Journal of Athletic Training*, 54(10), 1105–1114.
47. Di Salvo, V., Gregson, W., Atkinson, G., Tordoff, P., i Drust, B. (2009). Analysis of high intensity activity in Premier League soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 30(3), 205–212.
48. Draper, J.A., i Lancaster, M.G. (1985). The 505 test: A test for agility in the horizontal plane. *Australian Journal for Science and Medicine in Sport*, 17(1), 15–18.
49. Dos'Santos, T., Thomas, C., Jones, P., Comfort, P. (2017). Asymmetries in single and triple hop are not detrimental to change of direction speed. *Journal Trainology*, 6(2), 35–41.
50. Dos'Santos, T., Thomas, C., Jones, P.A. and Comfort, P. (2018). Asymmetries in Isometric Force-Time Characteristics Are Not Detrimental to Change of Direction Speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(2), 520–527.
51. Earle R.W. (2006). Weight training exercise prescription. In NE: NSCA, *Essentials of Personal Training Symposium Workbook*. Lincoln, Certification Commission, str. 3–39.
52. Emmonds, S., Nicholson, G., Begg, C., Jones, B., Bissas, A. (2019). Importance of physical qualities for speed and change of direction ability in elite female soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(6), 1669–1677.
53. Esco, M.R., Fedewa, M.V., Cicone, Z.S., Sinelnikov, O.A., Sekulic, D., Holmes, C.J. (2018). Field-Based Performance Tests Are Related to Body Fat Percentage and Fat-Free Mass, But Not Body Mass Index, in Youth Soccer Players. *Sports(Basel)*, 6(4), 105.
54. Falcone, P.H., Tai, C.Y., Carson, L.R., Joy, J.M., Mosman, M.M., McCann, T.R., Crona, K.P., Kim, M.P., Moon, J.R. (2015). Caloric expenditure of aerobic, resistance, or combined high-intensity interval training using a hydraulic resistance system in healthy men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(3), 779–785.

55. Fielding, R.A., LeBrasseur, N.K., Cuoco, A., Bean, J., Mizer, K., Fiatarone, M.A. (2002). Singh High-velocity resistance training increases skeletal muscle peak power in older women. *Journal of the American Geriatrics Society*, 50(4), 655–662.
56. Findlay, R.J., Macrae, E.H.R., Whyte, I.Y., Easton, C., Forrest Née Whyte, L.J. (2020). How the menstrual cycle and menstruation affect sporting performance: experiences and perceptions of elite female rugby players. *British Journal of Sports Medicine*. 54(18), 1108–1113.
57. Fischerova, P., Nitychoruk, M., Smolka, W., Żak M., Gołaś, A., Maszczyk, A. (2021 a). The impact of strength training on the improvement of jumping ability and selected power parameters of the lower limbs in soccer players. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 13(1), 83–90.
58. Fischerova, P., Krosta, R., Gołaś, A., Terbalyan, A., Nitychoruk, M., Maszczyk, A. (2021 b). Effect of power on agility, linear speed and change of direction deficit in female soccer players, *Physical Activity Review*, 9(1), 109–116.
59. Fischetti, F., Cataldi, S., Greco, G. (2019). Lower-limb plyometric training improves vertical jump and agility abilities in adult female soccer players. *Journal of Physical Education and Sport*, 19(2), 1254–1261.
60. Fort-Vanmeerhaeghe, A., Montalvo, A.M., Sitja-Rabert, M., Kiefer, A.W. and Myer, G.D. (2015). Neuromuscular asymmetries in the lower limbs of elite female youth basketball players and the application of the skillful limb model of comparison. *Physical Therapy in Sport*, 16(4), 317–323.
61. Fort-Vanmeerhaeghe, A., Gual, G., Romero-Rodriguez, D., Unnitha, V. (2016). Lower Limb Neuromuscular Asymmetry in Volleyball and Basketball Players. *Journal Human Kinetics*, 50(1), 135–143.
62. Freitas, T.T., Alcaraz, P.E., Calleja-González, J., Arruda, A.F.S., Guerriero, A., Kobal, R., Reis, V.P., Pereira, L.A., Loturco, I. (2021). Differences in Change of Direction Speed and Deficit Between Male and Female National Rugby Sevens Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(11), 3170–3176.
63. García-Pinillos, F., Bujalance-Moreno, P., Lago-Fuentes, C., Ruiz-Alias, S.A., Domínguez-Azpiroz, I., Mecías-Calvo, M., Ramirez-Campillo, R. (2021). Effects of the Menstrual Cycle on Jumping, Sprinting and Force-Velocity Profiling in Resistance-Trained Women: A Preliminary Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(9), 4830.

64. Górski J. (2019). *Fizjologia wysiłku i treningu fizycznego*. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie, PZWL. str. 4, 5, 6, 28.
65. Gołaś, A., Maszczyk, A., Zajac, A., Mikołajec, K., Stastny, P. (2016a). Optimizing post activation potentiation for explosive activities in competitive sports. *Journal Human Kinetics*, 52(1), 95–106.
66. Gołaś, A. i Zajac A. (2016b). Diagnostyka potencjału siły i mocy mięśniowej. W: Zajac A., Chmura J., red. *Współczesny system szkolenia w zespołowych grach sportowych*. Katowice: Wydawnictwo AWF, str. 265.
67. González-Fernández, F.T., García-Taibo, O., Vila, M., Nobari, H., i Clemente, F.M. (2022). Evolution of determinant factors of maximal sprinting and repeated sprint ability in women soccer players. *Scientific Reports*, 12(1), 10633.
68. Grandstrand, S.L., Pfeiffer, R.P., Sabick, M.B., De Beliso, M., Shea, K.G. (2006). The effects of a commercially available warm-up program on landing mechanics in female youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2), 331–335.
69. Green, B.S., Blake, C., Caulfield, B.M. (2011). A comparison of cutting technique performance in rugby union players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(10), 2668–2680.
70. Grimshaw, P., Lees, A., Fowler, N., Burden, A. (2010). *Biomechanika sportu*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, str. 207–212.
71. Gusic, M., Popovic, S., Molnar, S., Masanovic, B., Radakovic, M. (2017). Sport-specific morphology profile: Differences in anthropometric characteristics among elite soccer and handball players. *Sport Mont Journal*, 15(1), 3–6.
72. Haff, G.G., Carlock, J.M., Hartman, M.J., Kilgore, J.L., Kawamori, N., Jackson, J.R., Morris, R.T., Sands, W.A., i Stone, M.H. (2005). Force-time curve characteristics of dynamic and isometric muscle actions of elite women olympic weightlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(4), 741–748.
73. Häkkinen, K., i Komi, P.V. (1985). Effect of explosive type strength training on electromyographic and force production characteristics of leg extensor muscles during concentric and various stretch-shortening cycle exercises. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 7, 65–76.
74. Harper, D.J., Jordan, A.R., i 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.
75. Hart, N., Nimphius, S., Spiteri, T., Newton, R. (2014). Leg strength and lean mass symmetry influences kicking performance in Australian Football. *Journal of Sports Science Medicine*, 13(1), 157–165.
 76. Hart, N.H., Nimphius, S., Weber, J., Spiteri, T., Rantalainen, T., Dobbin, M. i Newton, R.U. (2016). Musculoskeletal asymmetry in football athletes: A product of limb function over time. *Medicine Science Sports Exercise*, 48(7), 1379–1387.
 77. Heil, J., Loffing, F., Büsch, D. (2020). The Influence of Exercise-Induced Fatigue on Inter-Limb Asymmetries: A Systematic Review. *Sports Medicine- Open*, 6 (1), 1–16.
 78. Herzberg, S.D., Motu'apuaka, M.L., Lambert, W., Fu, R., Brady, J., Guise, J.M. (2017). The Effect of Menstrual Cycle and Contraceptives on ACL Injuries and Laxity: A Systematic Review and Meta-analysis. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 5(7), 2325967117718781.
 79. Hewit, J.K., Cronin, J.B., i Hume, P. (2012). Multidirectional Leg Asymmetry Assessment in Sport. *Strength and Conditioning Journal*, 34(1), 82–86.
 80. Hoffman, J.R., Ratamess, N.A., Klatt, M., Faigenbaum, A.D., i Kang, J. (2007). Do bilateral power deficits influence direction-specific movement patterns? *Research in Sports Medicine*, 15(2), 125–132.
 81. Impellizzeri, F.M., Rampinini, E., Maffiuletti, N., i Marcora, S.M. (2007). A vertical jump force test for assessing bilateral strength asymmetry in athletes. *Medicine Science Sports Exercise*, 39(11), 2044–2050.
 82. Işın, A., Akdağ, E., Özdoğan, E., Çetin, E., Bishop, C. (2022). Associations between differing magnitudes of inter-limb asymmetry and linear and change of direction speed performance in male youth soccer players. *Biomedical Human Kinetics*, 14(1) 67–74.
 83. Ishida, A., Travis, S.K., Stone, M.H. (2021). Associations of Body Composition, Maximum Strength, Power Characteristics with Sprinting, Jumping, and Intermittent Endurance Performance in Male Intercollegiate Soccer Players. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 6(1), 7.
 84. Julian, R., Skorski, S., Hecksteden, A., Pfeifer, Ch., Paul, S., Bradley, Schulze E., Meyer T. (2020). Menstrual cycle phase and elite female soccer match-play: influence on various physical performance outputs. *Science & medicine in football*, 5(2), 97–104.

85. Kenney, W.L., Wilmore, J.H., Costill, D.L. (2011). *Physiology of Sport and Exercise 5th edition*. Human Kinetics, str. 41, 273.
86. Kraemer, W.J, Ratamess, N.A. (2000). Physiology of resistance training current issues. *Orthopaedic Physical Therapy Clinics of North America*, 9(4), 467–513.
87. Kutlu, M., Yapıcı, H., Yoncalık, O., i Celik, S. (2012). Comparison of a new test for agility and skill in soccer with other agility tests. *Journal of Human Kinetics*, 33, 143–150.
88. Lago-Peñas, C., Rey, E., Casáis, L., i Gómez-López, M. (2014). Relationship between performance characteristics and the selection process in youth soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 40, 189–199.
89. Lindberg, K., Eythorsdottir, I., Solberg, P., Gløersen, Ø., Seynnes, O., Bjørnsen, T., & Paulsen, G. (2021). Validity of Force – Velocity Profiling Assessed With a Pneumatic Leg Press Device. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(12), 1777–1785.
90. Little, T., Williams, A.G. (2005). Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 76–78.
91. LeBrasseur, N.K., Bhasin, S., Miciek, R., Storer, T.W. (2008). Tests of Muscle Strength and Physical Function: Reliability and Discrimination of Performance in Younger and Older Men and Older Men with Mobility Limitations. *Journal of the American Geriatrics Society*, 56(11), 2118–2123.
92. Lefevre, N., Bohu, Y., Klouch, e S., Lecocq, J., Herman, S.(2013). Anterior cruciate ligament tear during the menstrual cycle in female recreational skiers. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 99(5), 571–575.
93. Lockie, R.G., Shultz, A.B., Jeffriess, M.D., and Callaghan, S.J. (2012). The relationship between bilateral differences of knee flexor and extensor isokinetic strength and multi - directional speed. *Isokinetics Exercise Science*, 20(1), 211–219.
94. Lockie, R.G., Callaghan, S.J., Berry, S.P., Cooke, E.R.A, Jordan, C.A., Luczo, T.M. i 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(12), 3557–3566.
95. Lockie, R.G., Stage, A.A., Stokes, J.J., Orjalo, A.J., Davis, D.L., Giuliano, D.V. (2016). Relationships and Predictive Capabilities of Jump Assessments to Soccer-

- Specific Field Test Performance in Division I Collegiate Players. *Sports (Basel)*, 4(4), 56.
96. Lockie, R.G., Risso, F.G., Lazar, A., Giuliano, D.V., Stage, A.A., Liu, T.M., Beiley, M.D., Hurley, J.M., Torne, I.A., Stokes, J.J., Birmingham-Babauta, S.A., Davis, D.L., Orjalo, A.J., Moreno, M.R. (2017). Between-Leg Mechanical Differences as Measured by the Bulgarian Split-Squat: Exploring Asymmetries and Relationships with Sprint Acceleration. *Sports (Basel)*, 5(3), 65.
 97. Lockie, R., Dawes, J., Jones, M. (2018). Relationships between Linear Speed and Lower-Body Power with Change-of-Direction Speed in National Collegiate Athletic Association Divisions I and II Women Soccer Athletes. *Sports (Basel)*, 6(2), 30.
 98. Loturco, I., Pereira, L.A., Kobal, R., Abad, C.C.C., Rosseti, M., Carpes, F.P., Bishop, C. (2019). Do asymmetry scores influence speed and power performance in elite female soccer players? *Biology of Sport*, 36(3), 209–216.
 99. Markström, J.L. i Olsson, C.J. (2013). Countermovement jump peak force relative to body weight and jump height as predictors for sprint running performances: (in)homogeneity of track and field athletes?. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(4), 944–953.
 100. Madruga-Parera, M., Romero-Rodríguez, D., Bishop, C., Beltran-Valls, M.R., Latinjak, A.T., Beato, M. (2019). Effects of Maturation on Lower Limb Neuromuscular Asymmetries in Elite Youth Tennis Players. *Sports (Basel)*, 7(5), 106.
 101. Madruga-Parera, M., Bishop, C., Beato, M., Fort-Vanmeerhaeghe, A., Gonzalo-Skok, O., Romero-Rodríguez, D. (2021 b). Relationship Between Interlimb Asymmetries and Speed and Change of Direction Speed in Youth Handball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(12), 3482–3490.
 102. Madruga-Parera, M., Dos'Santos, T., Bishop, C., Turner A., Blanco D., Beltran-Garrido V., Moreno-Pérez V., Romero-Rodríguez D. (2021 a). Assessing Inter-Limb Asymmetries in Soccer Players: Magnitude, Direction and Association with Performance. *Journal of Human Kinetics*, 79(1), 41–53.
 103. Maestas, C., Preuhs, R.R. (2000). Modeling volatility in political time series. *Electoral Studies*, 19(1), 95–110.
 104. Magalhães, J., Oliveira, J., Ascensão, A., i Soares, J. (2004). Concentric quadriceps and hamstrings isokinetic strength in volleyball and soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 44(2), 119–125.

105. Maior, A.S. (2020). Absolute and relative peak power during pneumatic squat exercise using different percentages of loads in elite soccer players. *Human Movement*, 21(3), 64–70.
106. Mala, L., Hank, M., Stastny, P., Zahalka F., Ford, K.R., Zmijewski, P., Bujnovsky D., Petr M., Maly, T. (2023). Elite young soccer players have smaller inter-limb asymmetry and better body composition than non-elite players. *Biology of Sport*, 40(1), 265–272.
107. Maloney, S.J., Richards, J., Nixon, D.G., Harvey, L.J., Fletcher, I.M. (2017). Do stiffness and asymmetries predict change of direction performance? *Journal of Sports Science*, 35(6), 547–556.
108. Maly, T., Mala, L., Bujnovsky, D., Hank, M., Zahalka F. (2019). Morphological and isokinetic strength differences: bilateral and ipsilateral variation by different sport activity. *Open Medicine*, 14(1), 207–216.
109. Mara, J.K., Thompson, K.G., Pumpa, K.L., Morgan, S. (2017). Quantifying the high-speed running and sprinting pro-files of elite female soccer players during competitive matches using an optical player tracking system. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(6), 1500–1508.
110. Maszczyk, A., Zając, A., Rygula, I. (2011). A Neural Network model approach to athlete selection. *Sport Engineering*, 13, 83–93.
111. Maszczyk, A, Rocznik, R., Czuba, M., Zając, A., Waśkiewicz, Z., Mikołajec, K., Stanula, A. (2012). Application of regression and neural models to predict competitive swimming performance. *Perceptual & Motor Skills*, 114(2), 610–624.
112. Maszczyk, A., Gołaś, A., Pietraszewski, P., Rocznik, R., Zając, A., Stanula, A. (2013). Application of Neural and Regression Models in Sports Results Prediction. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 117, 482–487.
113. Matic, M., & Ranisavljev, I. (2018). Maximum muscular strength as a predictor of optimum drop height. *Facta Universitatis Series Physical Education and Sport*, 16(3), 577–585.
114. McBride, J.M., Blow, D., Kirby, T.J., Haines, T.L., Dayne, A.M., Triplett, N.T. (2009). Relationship between maximal squat strength and five, ten, and forty yard sprint times. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1633–1636.
115. McBride, J.M. (2016). Biomechanics of Resistance Exercise. W: Haff, G., Triplett, N.T. (2016). red. *Essentials of Strength Training and Conditioning, 4rd Edition*, Human Kinetics, Champaign, IL, str. 29–32.

116. McCullough, B.D., Wilson, B. (2005). On the accuracy of statistical procedures in Microsoft Excel 2003. *Computational Statistics and Data Analysis*, 49, 1244–1252.
117. Michailidis, Y., Savvakis, C., Pirounakis, V., Mikikis, D., Margonis, K., Thomas, M. (2020). Association between jump asymmetry and reduced performance in the change of direction tests of youth soccer players. *Journal of Physical Education and Sport*, 20(03), 1362–1368.
118. Mikołajec, K., Gabryś, T., Gryko, K., Prończuk, M., Krzysztofik, M., Trybek, G. i Maszczyk, A.(2022). Relationship among the Change of Direction Ability, Sprinting, Jumping Performance, Aerobic Power and Anaerobic Speed Reserve: A Cross-Sectional Study in Elite 3x3 Basketball Players. *Journal of Human Kinetics*, 85(1), 105–113.
119. Milanović, Z., Sporiš, G., Jamec, N., Trajković, N., Ignjatović, A., Sermento, H., Trecroci, A., Borges Mendes, B. (2017). Physiological Demands, Morphological Characteristics, Physical Abilities and Injuries of Female Soccer Players. *Journal of Human Kinetics*, 60, 77–83.
120. Mohr, M., Krstrup, P., Andersson, H., Kirkendal, D., i Bangsbo, J. (2008). Match activities of elite women soccer players at different performance levels. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2), 341–349.
121. Mujika, I., Santisteban, J., Impellizzeri, F.M., i Castagna, C. (2009). Fitness determinants of success in men's and women's football. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 107–114.
122. Nagai, T., Schilaty, N.D., Laskowski, E.R., Hewett, T.E. (2019). Hop tests can result in higher limb symmetry index values than isokinetic strength and leg press tests in patients following ACL reconstruction. *Knee Surgery. Sports Traumatology, Arthroscopy*, 28(3), 816–822.
123. Nakahira, Y., Taketomi, S., Kawaguchi, K., Mizutani, Y., Hasegawa, M., Ito, C., Uchiyama, E., Ikegami, Y., Fujiwara, S., Yamamoto, K., Nakamura, Y., Tanaka, S., Ogata, T. (2022). Kinematic Differences Between the Dominant and Nondominant Legs During a Single-Leg Drop Vertical Jump in Female Soccer Players. *The American Journal of Sports Medicine*, 50(10), 2817–2823.
124. Newton, R.U., Gerber ,A.C., Nimphius, S., Shim, J.K., Doan, B.K., Robertson, M., Pearson, D.R., Craig, B.W., Häkkinen, K., i Kraemer, W.J. (2006). Determination of functional strength imbalance of the lower extremities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 971–977.

125. Nimphius, S., Mcguigan, M.R., Newton, R.U. (2010). Relationship Between Strength, Power, Speed, and Change of Direction Performance of Female Softball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(4), 885–889.
126. Osiński, W. (2003). *Antropomotoryka*, Wydanie II rozszerzone. Wydawnictwo AWF Poznań, str. 196–214.
127. Ozbar, N., Kayapinar, F.C., Karacabey, L., Ozmerdivenli, R. (2016). The Effect of Menstruation on Sports Women’s Performance. *Studies on Ethno-Medicine*, 10(2), 216–220.
128. Pajerska, K., Zajac T., Mostowik A., Mrzyglod S., Golas A. (2020). Post activation potentiation (PAP) and its application in the development of speed and explosive strength in female soccer players: A review, *Journal of Human Sport and Exercise*, 16(1), 122–135.
129. Papla, M., Krzysztofik, M., Wojdala, G., Rocznio, R., Oslizlo, M., & Golas, A. (2020). Relationships between Linear Sprint, Lower-Body Power Output and Change of Direction Performance in Elite Soccer Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17), 6119.
130. Papla, M., Latocha, A., Grzyb, W., Golas, A. (2022). Relationship between lower limb power output, sprint and change of direction performance in soccer players. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*. 14(3), artykuł 3.
131. Pardos-Mainer, E., Casajús, J.A., Bishop, C., Gonzalo-Skok, O. (2020). Effects of Combined Strength and Power Training on Physical Performance and Interlimb Asymmetries in Adolescent Female Soccer Players. *International Journal Sports Physiology Performance*, 15(8), 1147–1155.
132. Pardos-Mainer, E., Bishop, C., Gonzalo-Skok O., Nobari, H., Pérez-Gómez, J., Lozano, D. (2021). Associations between Inter-Limb Asymmetries in Jump and Change of Direction Speed Tests and Physical Performance in Adolescent Female Soccer Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(7), 3474.
133. Parkinson, A O., Apps, C.L., Morris, J.G., Barnett, C.T., i Lewis, M.G.C. (2021). The Calculation, Thresholds and Reporting of Inter-Limb Strength Asymmetry: A Systematic Review. *Journal of Sports Science and Medicine*, 20(4), 594–617.
134. Pascual-Verdú, N., Carbonell-Martínez, J.A. (2018). Analysis of technical and tactical principles in women’s soccer. *Journal of Physical Education and Sport*. 18(3), 1488–1494.

135. Pedersen, A.V., Aksdal, I.M., Stalsberg, R. (2019). Scaling demands of soccer according to anthropometric and physiological sex differences: A fairer comparison of men's and women's soccer. *Movement Science and Sport Psychology*, 10(1), 762.
136. Pfister, G. (2015). Assessing the sociology of sport: On women and football. *International Review for the Sociology of Sport*, 50(4–5), 563–569.
137. Raczek J. (2010). *Antropomotoryka*. Teoria motoryczności człowieka w zarysie. PZWL. Warszawa.
138. Raya-González, J., Clemente, F.M., Castillo, D. (2021). Analyzing the Magnitude of Interlimb Asymmetries in Young Female Soccer Players: A Preliminary Study. *International journal of environmental research and public health*, 18(2), 475.
139. Ramos, G.P., Nakamura, F.Y., Pereira, L.A., Junior, W.B., Mahseredjian, F., Wilke, C.F., Garcia, E.S., Coimbra, C.C.. (2017). Movement patterns of an U-20 National female soccer team during competitive matches: Influence of Playing Position and Performance in the First Half. *International Journal of Sports Medicine*, 38(10), 747–754.
140. Ramos G.P., Nakamura F.Y., Penna E.M., Wilke C.F., Pereira L.A., Loturco I., Capelli L., Mahseredjian F., Silami-Garcia E., Coimbra C.C. (2019). Activity Profiles in U17, U20, and Senior Women's Brazilian National Soccer Teams During International Competitions: Are There Meaningful Differences? *Journal of strength and conditioning research*, 33(12), 3414–3422.
141. Randell, R.K., Clifford, T., Drust, B., Moss, S., Unnithan, V., De Ste Croix, M., Datson, N., Martin, D., Mayho, H., Carter, J., Rollo, I. (2021). Physiological Characteristics of Female Soccer Players and Health and Performance Considerations: A Narrative Review. *Sports Medicine*, 51(7), 1377–1399.
142. Redden, J., Stokes, K., Williams, S. (2018). Establishing the Reliability and Limits of Meaningful Change of Lower Limb Strength and Power Measures during Seated Leg Press in Elite Soccer Players. *Journal of Sports Science Medicine*, 17(4), 539–546.
143. Redden, J. (2019). Assessing Lower Limb Strength, Power and Asymmetry in Elite Soccer Players using the Keiser Air 420 Seated Leg Press. *University of Bath* [praca doktorska].
144. Risberg, M.A., Steffen, K., Nilstad, A., Myklebust, G., Kristianslund, E., Moltubakk, M.M., Krosshaug, T. (2018). Normative quadriceps and hamstring muscle strength values for female, healthy, elite handball, and football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(8), 2314–2323.

145. Ruas, C.V., Pinto, R.S., Haff, G.G., Lima, C.D., Pinto, M.D., i Brown, L.E. (2019). Alternative Methods of Determining Hamstrings-to-Quadriceps Ratios: a Comprehensive Review. *Sports Medicine – Open*, 5(1), 11.
146. Ruiz-Esteban, C., Olmedilla, A., Méndez, I., Tobal, J.J. (2020). Female Soccer Players' Psychological Profile: Differences between Professional and Amateur Players. *International journal of environmental research and public health*, 17(12), 4357.
147. Romero-Moraleda, B., Coso J.D., Gutiérrez-Hellín, J., Ruiz-Moreno, C., Grgic, J., Lara, B. (2019). The Influence of the Menstrual Cycle on Muscle Strength and Power Performance. *Journal of Human Kinetics*, 68(1), 123.
148. Savolainen, E.H., Vänttinen, T., Ihalainen, J.K., i Walker, S. (2023). Physical qualities and body composition predictors of running performance in national level women's official soccer matches. *Biology of Sport*, 40(3), 619–627.
149. Seitz, L.B., Reyes, A., Tran, T.T., de Villarreal, E.Z., Haff, G.G. (2014). Increases in lower-body strength transfer positively to sprint performance: a systematic review with meta-analysis. *Sports Medicine*, 44(12), 1693–1702.
150. Schiltz, M., Lehance, C., Maquet, D., Bury, T., Crielaard, J.-M., & Croisier, J.-L. (2009). Explosive strength imbalances in professional basketball players. *Journal of Athletic Training*, 44(1), 39–47.
151. Schultz, J. (2018). *Women's Sports: What Everyone Needs to Know*. New York: Oxford University Press, str. 135–137.
152. Scott, D., Haigh, J., Lovell, R. (2020). Physical characteristics and match performances in women's international versus domestic-level football players: a 2-year, league-wide study, *Science and Medicine in Football*, 4(3), 211–215.
153. Sheppard, J.M. i Young, W.B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Science*, 24(9), 919–932.
154. Sherwood, M., Osborne, A., Nicholson, M., i Sherry, E. (2017). Newswork, news values, and audience considerations: Factors that facilitate media coverage of women's sports. *Communication & Sport*, 5(6), 647–668.
155. Siegel, J.A., Gilders, R.M., Staron, R.S., Hagerman, F.C. (2002). Human muscle power output during upper- and lower-body exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(1), 173–178.

156. Sleivert G., Taingahue M. (2004). The relationship between maximal jump-squat power and sprint acceleration in athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 91(1), 46–52.
157. Sozański, H. (red.) (1999). *Podstawy teorii treningu sportowego*. Warszawa: COS.
158. Sporiš, G., Jukić, I., Ostojić, S.M., Milanović, D. (2009). Fitness profiling in soccer: Physical and physiologic characteristics of elite players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 1947–1953.
159. Sporiš, G., Jovanović, M., Krakan, I., Fiorentini, F. (2011). Effects of strength training on aerobic and anaerobic power in female soccer players. *Sport Science*, 4(2), 32–37.
160. Starosta, W., Bergier, J., i Soroka, A. (2011). Movement symmetry and asymmetry of goal shots in female football at European championships and at World Cup. *African Journals Online*, 17(2), 865–878.
161. Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer: An update. *Sports Medicine*, 35(6), 501–536.
162. Strauss, A. (2018). Anthropometric profile, selected physical parameters, technical skills and match demands of university-level female soccer players. *North-West University [praca doktorska]*.
163. Strauss, A., Sparks, M., Pienaar, C. (2021). Comparison of the morphological characteristics of south african sub-elite female football players according to playing position. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(7), 3603.
164. Styles, W.J., Matthews, M.J., Comfort, P. (2016). Effects of Strength Training on Squat and Sprint Performance in Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(6), 1534–1539.
165. Taylor, J.B., Ford, K.R., Schmitz, R.J., Ross, S.E., Ackerman, T.A., Shultz, S.J. (2017). Biomechanical differences of multidirectional jump landings among female basketball and soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(11), 3034–3045.
166. Trzaskoma, Z., Trzaskoma, Ł. (2001). *Kompleksowe zwiększanie siły mięśniowej sportowców*. Biblioteka Trenera Warszawa.
167. Tsampoukos, A., Peckham, E.A., James, R., i Nevill, M.E. (2010). Effect of menstrual cycle phase on sprinting performance. *European Journal of Applied Physiology*, 109(4), 659–667.

168. van der Kruk, E., van der Helm, F.C.T., Veeger, H.E.J., i Schwab, A.L. (2018). Power in sports: A literature review on the application, assumptions, and terminology of mechanical power in sport research. *Journal of Biomechanics*, 79, 1–14.
169. van Melick, N., van der Weegen, W., i van der Horst, N. (2022). Quadriceps and Hamstrings Strength Reference Values for Athletes With and Without Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Who Play Popular Pivoting Sports, Including Soccer, Basketball, and Handball: A Scoping Review. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 52(3), 142–155.
170. Vescovi, J.D., Fernandes, E., Klas, A. (2021). Physical Demands of Women’s Soccer Matches: A Perspective Across the Developmental Spectrum. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3(1), 634696.
171. Vigne, G., Gaudino, C., Rogowski, I., Alloatti, G., i Hautier, C. (2010). Activity profile in elite Italian soccer team. *International Journal of Sports Medicine*, 31(5), 304–310.
172. Wilson, B.R., Robertson, K.E., Burnham, J.M., Yonz, M.C., Ireland, M.L., Noehren, B. (2018). The Relationship Between Hip Strength and the Y Balance Test. *Journal of Sport Rehabilitation*, 27(5), 445–450.
173. Wade, P. (2015). *Explosive Calisthenics. Super human Power, Maximum Speed and Agility, Plus Combat- Ready Reflexes-Using Bodyweight- Only Methods*. Dragon Door Publications, U.S., str. 3–9.
174. Wilczyński, J., Cieślik, M., Maszczyk, A. i Zwierzchowska, A. (2022). The Importance of Posture And Body Composition for the Stability and Selected Motor Abilities of Professional Handball Players. *Journal of Human Kinetics*, 82(1), 264–273.
175. Winchester, J.B., McBride, J.M., Maher, M.A., Mikat, R.P., Allen, B.K., Kline, D.E. (2008). Eight weeks of ballistic exercise improves power independently of changes in strength and muscle fiber type expression. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(6), 1728–1734.
176. Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones R., Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38(3), 285–288.
177. Włoch, R. (2019). Sport kobiet w Polsce: zaproszenie do diagnozy. W: *Sport kobiet i mężczyzn: uwarunkowania, różnice, granice*. Jakubowska (red.). Poznań: Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Nauk Społecznych, str. 55–77.

178. Wong, P.L., Chaouachi, A., Chamari, K., Dellal, A., Wisløff, U. (2010). Effect of preseason concurrent muscular strength and high-intensity interval training in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3), 653–660.
179. Yoshioka, S., Nagano, A., Hay, D.C., Fukashiro, S. (2010). The effect of bilateral asymmetry of muscle strength on jumping height of the countermovement jump: A computer simulation study. *Journal of Sports Science*, 28(2), 209–218.
180. 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(3), 282–288.
181. Young, W. i Farrow, D. (2006). A Review of Agility: Practical Applications for Strength and Conditioning. *Strength and Conditioning Journal*, 28(5), 24–29.
182. Zaciorski W.M. (1970). *Kształtowanie cech motorycznych sportowca* Warszawa.
183. Zhang, Q., Léam, A., Fouré, A., Wong, D.P., Hautier, C.A. (2021). Relationship Between Explosive Strength Capacity of the Knee Muscles and Deceleration Performance in Female Professional Soccer Players. *Frontiers in Physiology*, 12(1), 723041.
184. Żuk, B., Sutkowski, M., Paśko, S., i Grudniewski, T. (2019). Posture correctness of young female soccer players. *Scientific Reports*, 9(1), 11179.

Dokumenty elektroniczne

1. FIFA. Classic Football History of the Game.
<http://www.fifa.com/classicfootball/history/the-game/origins.html>
[dostęp 19.05.2021]
2. Mistrzostwa Świata FIFA Kobiet 1991 TM – Aktualności
<https://www.fifa.com/womensworldcup/news/fifa-women-world-cup-china-1991-501995>
[dostęp 19.05.2021]
3. FIFA Women's Football Survey 2019
<https://digitalhub.fifa.com/m/231330ded0bf3120/original/nq3ensohyxpuxovcovj0-pdf.pdf>
[dostęp 26.03.2023]
4. Strategia PZPN 2020 – na lata 2020–2025; Łączy nas piłka nożna;2020; str. 13;
https://www.pzpn.pl/public/system/files/site_content/635/3739-Strategia%20PZPN%20na%20lata%202020-2025.pdf
[dostęp 30.05.2021]
5. Women's Euro 2022
<https://www.wionews.com/sports/record-attendance-of-87-192-at-womens-euro-final-beats-previous-mens-and-womens-records-502462>
[dostęp 26.03.2023]
6. FIFA Report: Women's Football
https://digitalhub.fifa.com/m/70a3f8fbc383b284/original/FIFA-Benchmarking-Report-Womens-Football-Setting-the-pace-2022_EN.pdf
[dostęp 05.03.2023]

Spis tabel

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Charakterystyka grupy badanej (n = 30) | 22 |
| Tabela 2. Porównanie liczebności grup G1 i G2 wyłonionych na podstawie testów siły i mocy mięśniowej KD..... | 22 |
| Tabela 3. Parametry opisowe uzyskanych wartości podczas pomiarów diagnostycznych siły względnej wszystkich badanych oraz w grupach G1 i G2 | 24 |
| Tabela 4. Parametry opisowe uzyskanych wartości podczas pomiarów diagnostycznych mocy względnej wszystkich badanych oraz w grupach G1 i G2 | 27 |
| Tabela 5. Parametry opisowe uzyskanych wartości prędkości podczas pomiarów testowych wszystkich badanych | 29 |
| Tabela 6. Parametry opisowe uzyskanych wartości podczas pomiarów testowych pomiędzy grupami G1 i G2 wyznaczonymi w testach WJWG i SJWB | 30 |
| Tabela 7. Parametry opisowe uzyskanych wartości podczas pomiarów testowych pomiędzy grupami G1 i G2 wyznaczonymi w testach WJ i PJ | 30 |
| Tabela 8. Współczynniki korelacji pomiędzy procentami asymetrii siły i mocy mięśniowej KD, a wynikami testów szybkościowych..... | 34 |
| Tabela 9. Wynik testu ANOVA, porównanie wartości asymetrii siły i mocy mięśniowej KD pomiędzy grupami G1 i G2..... | 35 |
| Tabela 10. Wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA, porównanie średnich wartościach prędkości biegu pomiędzy grupami G1 i G2 wyznaczonymi w teście WJWG..... | 38 |
| Tabela 11. Prędkość w grupach G1 i G2 (kryterium WJWG) w testach biegowych na odcinkach (średnia)..... | 38 |
| Tabela 12. Wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA, porównanie średnich wartościach prędkości biegu pomiędzy grupami G1 i G2 wyznaczonymi w teście SJWB | 40 |

| | |
|---|----|
| Tabela 13. Wynik testu post-hoc dla prędkości uzyskanych w testach biegowych na badanych odcinkach pomiędzy grupami G1 i G2 (podział według testu SJWB) | 41 |
| Tabela 14. Wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA, porównanie średnich wartości prędkości biegu pomiędzy grupami G1 i G2 wyznaczonymi w teście WJ..... | 43 |
| Tabela 15. Wynik testu post-hoc dla prędkości uzyskanych w testach biegowych na badanych odcinkach pomiędzy grupami G1 i G2 (podział według testu WJ) | 44 |
| Tabela 16. Wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA, porównanie średnich wartościach prędkości biegu pomiędzy grupami G1 i G2 wyznaczonymi w teście PJ..... | 46 |
| Tabela 17. Wynik testu post-hoc dla prędkości uzyskanych w testach biegowych na badanych odcinkach pomiędzy grupami G1 i G2 (podział według testu WJ)..... | 47 |
| Tabela 18. Współczynniki korelacji r-Persona pomiędzy procentem asymetrii siły i mocy mięśniowej KD, a prędkością biegu w testach szybkościowych dla grup G1 i G2. | 48 |

Spis wykresów

| | |
|--|----|
| Wykres 1. Czynniki determinujące szybkość w grach zespołowych (Sozański 1999; Chmura 2016 b)..... | 9 |
| Wykres 2. Komponenty zwinności (Sheppard i Young 2006, zmodyfikowana wersja Young i in. 2002)..... | 10 |
| Wykres 3. Komponenty szybkości wielokierunkowej w grach zespołowych (ilustracja stworzona na podstawie danych z Lockie i in. 2012; Chmura 2016 a). | 11 |
| Wykres 4. Wykres przedstawiający test 505. Kreskami pionowymi zaznaczono start i mętę oraz zaznaczono lokalizację fotokomórek (ilustracja zaadaptowana z Draper i Lancaster 1985)..... | 29 |
| Wykres 5. Wykres przedstawiający test Zigzag. Zaznaczone miejsce startu, mety i rozmieszczenie fotokomórek (ilustracja zaadaptowana, źródło: Loturco i in. 2019)..... | 29 |
| Wykres 6. Procent asymetrii siły i mocy mięśniowej pomiędzy prawą i lewą KDu wszystkich badanych z uwzględnieniem pomiarów WJWG, SJWB, WJ i PJ (średnia + SEM) | 33 |
| Wykres 7. Prędkość biegu po linii prostej i ze zmianą kierunku biegu u wszystkich badanych (średnia +SEM) | 34 |
| Wykres 8. Procent asymetrii siły mięśniowej pomiędzy prawą i lewą KD w teście WJWG, w grupach G1 i G2 (średnia + SEM)..... | 35 |
| Wykres 9. Procent asymetrii siły mięśniowej pomiędzy prawą i lewą KD w teście SJWB, w grupach G1 i G2 (średnia + SEM)..... | 36 |
| Wykres 10. Procent asymetrii siły mięśniowej pomiędzy prawą i lewą KD w teście WJ, w grupach G1 i G2 (średnia + SEM)..... | 36 |
| Wykres 11. Procent asymetrii siły mięśniowej pomiędzy prawą i lewą KD w teście PJ w grupach G1 i G2 (średnia + SEM) | 36 |
| Wykres 12. Prędkość w grupach G1 i G2 (kryterium WJWG) w testach biegowych na odcinkach 5 m G1(średnia + SEM) | 37 |
| Wykres 13. Prędkość w grupach G1 i G2 (kryterium SJWB) w testach biegowych na odcinkach (średnia + SEM) | 39 |

| | |
|--|----|
| Wykres 14. Prędkość w grupach G1 i G2 (kryterium WJ) w testach biegowych na odcinkach (średnia + SEM) | 42 |
| Wykres 15. Prędkość w grupach G1 i G2 (kryterium PJ) w testach biegowych na odcinkach (średnia + SEM) | 45 |