

AKADEMIA WYCHOWANIA FIZYCZNEGO

im. Jerzego Kukuczki w Katowicach

Angelina Ignatjeva

**Wpływ treningu siłowego na moc kończyn dolnych,
szybkość lokomocyjną i skoczność piłkarzy nożnych**

Autoreferat pracy doktorskiej

Promotor

Dr hab. inż. Robert Rocznik prof. AWF Katowice

Wydział Wychowania Fizycznego

Katedra Teorii i Praktyki Sportu

Katowice 2023

Spis treści

Wstęp.....	2
1. Cel pracy i założenia badawcze	5
2. Materiał i metody badań.....	6
2.1. Grupa badana	6
2.2. Ogólny schemat badań.....	8
2.3. Narzędzia oraz techniki badawcze	11
2.4. Metody i narzędzia statystyczne	12
3. Wyniki badań.....	13
3.1. Podstawowe statystyki opisowe, analiza wariancji - wyciskanie.....	14
3.2. Podstawowe statystyki opisowe, analiza wariancji - przysiad	17
3.3. Podstawowe statystyki opisowe, analiza wariancji - wyskok pionowy z miejsca z zamachem ramion (<i>CMJ</i>).....	20
3.4. Podstawowe statystyki opisowe, analiza wariancji - szybkość lokomocyjna.....	23
4. Podsumowanie i wnioski.....	27
5. Bibliografia autoreferatu.....	30

Wstęp

Coraz wyższy poziom wymagań stawianych w piłce nożnej sprawia, że wielu trenerów oczekuje opracowania obiektywnych kryteriów oceny sprawności piłkarza, umożliwiających porównanie osiągniętych wyników do wartości standardowych i określenia wielkości odchylenia w jednostkach wymiernych (Szwarc, 2020). Optymalizacja szkolenia, w tym doskonalenie metod badawczych wynika ze wzrastających wymogów w zakresie przygotowania motorycznego w piłce nożnej. Wdrożenie nowych metod badawczych może mieć wpływ na zwiększenie efektywności wykorzystania zdolności motorycznych zawodników. Zdolność zawodnika do generowania maksymalnej mocy jest wskazywana jako czynnik determinujący sukces w dyscyplinach sportowych (między innymi, w piłce nożnej) wymagających optymalnego stosunku pomiędzy siłą i prędkością (Baker, Newton, 2005; Argus, Nicholas, Keogh, Hopkins, 2013). W piłce nożnej moc mięśniowa kończyn dolnych przejawia się praktycznie w każdym elemencie gry, przede wszystkim w wysiłkach krótkotrwałych. Aby poprawić stopień wytrenowania zawodnika w treningu siłowym są wykorzystywane różne rodzaje ćwiczeń siłowych (np. oporowe, plyometryczne, wielostawowe lub izolowane, bilateralne lub unilateralne), kombinacje obciążeń zewnętrznych (w zależności od fazy treningu i jego rodzaju) w celu ulepszenia zadań motorycznych (np. wyskoki, biegi sprinterskie, zmiana kierunku) (Silva, Nassis, Rebelo, 2015).

Arcyważnym czynnikiem, który determinuje sukces i zapewnia przewagę nad przeciwnikami jest szybkość lokomocyjna (Muniroglu, 2005). Szybsze przeprowadzenie piłki, szybsza zmiana kierunku prowadzenia piłki, szybsze wybiegnięcie na pozycję czy szybszy doskok do przeciwnika zależy od eksplozywności zawodników i pozwala rozstrzygnąć pojedynki z przeciwnikiem na swoją korzyść (np. pojedynek 1 × 1).

Fundamentalnym elementem jest również wykonanie wyskoków podczas gry. W piłce nożnej jest to wyznacznik sprawności fizycznej na przykład podczas pojedynków główkowych (Chelly i in., 2009), jak również istotny aspekt w grze bramkarza. Niektórzy badacze zwrócili uwagę, że kształtowanie skoczności wyraźnie zaniedbywano w procesie treningu polskich zawodników gier zespołowych (Radzińska, Starosta, 2002).

W celu uzyskania informacji na temat zdolności zawodników do wykonywania zadań lokomocyjnych przeprowadza się szereg prób i testów (Różycki, 2015). Zarówno w krajowej jak i w światowej literaturze istnieje wiele doniesień na temat poziomu siły i mocy mięśniowej piłkarzy i piłkarek nożnych (Quagliarella i in., 2011; Pietraszewski i in., 2015;

Gravina i in., 2017; Hoppe i in., 2017; Manson i in., 2021). Zawierają one pozycję skupiającą się na wpływie treningu mocy mięśniowej kończyn dolnych, między innymi: na szybkość (Loturco i in., 2015), na prędkość biegową (Hernández i in., 2013), na skoczność (Loturco i in., 2015; Gajewski i in., 2018). Wykazano, iż trening mocy mięśniowej efektywnie wpływa na poprawę szybkości (Loturco i in., 2015), prędkości biegowej (Chelly i in., 2010; Hernández i in., 2013), jak również skoczności (Loturco i in., 2015; Gozdowski i in., 2019).

Jest wiele innych doniesień skupiających swoją uwagę na profilu piłkarza: fizycznym, fizjologicznym, socjalnym, antropometrycznym i technicznym. Badania również koncentrowały się na wybranych elementach taktycznych. Są liczne doniesienia analizujące piłkarzy szczególnie pod kątem gibkości (Köklü i in., 2015), wytrzymałości (Różycki, 2015), zmęczenia (Kiraga, 2017), urazów i kontuzji (Burda, 2013), asymetrii (Bergier, Nowicki, 2008), dystansu pokonanego podczas meczu (Bradley i in., 2011; Aquino i in., 2017; Vilamitjana, Heinze, Verde, Calleja-González, 2021), pod względem intensywności wysiłku (Di Salvo i in., 2007; Aquino i in., 2017), właściwości dynamicznych mięśni prostujących i zginających w stawie kolanowym (Korbolewska, Plenzler, Popieluch, Wychowański, 2012; Grycmann, 2018), poziomu sportowego (Haugen, Tønnessen, Seiler, 2013), pozycji na boisku (Di Salvo i in., 2007; Bradley i in., 2011; Boone i in., 2012; Andrzejewski i in., 2015; Hoppe i in., 2017; Vilamitjana i in., 2021) oraz ustawienia (Tierney i in., 2016; Aquino i in., 2017; Vilamitjana i in., 2021).

W literaturze przedmiotu w celu określenia optymalnego profilu motorycznego piłkarza badano kończyny dolne. Niewątpliwie, moc kończyn dolnych jest bardzo ważną zdolnością fizyczną piłkarza (Pietraszewski in., 2015), która stanowi priorytetowy i wciąż aktualny, ale nie do końca zbadany obszar badawczy. O słuszności podejmowania tego rodzaju tematu mogą świadczyć liczne prace naukowe zarówno w Polsce, jak i za granicą, badające wybrane zdolności motoryczne zawodników na różnym etapie doskonalenia sportowego.

Niniejsza dysertacja polega na zastosowaniu strategii zmienności w treningu siłowym opartej na różnicowaniu intensywności treningu. Praca zawiera szereg elementów nowości, a mianowicie, skupia się na porównaniu dwóch treningów siłowych zróżnicowanych pod względem obciążeń zewnętrznych: wykonywanie treningu z zastosowaniem obciążenia zewnętrznego 50-60% 1RM a treningiem z obciążeniem zewnętrznym 70-80% 1RM u piłkarzy nożnych. Problemem badawczym było określenie różnic pomiędzy grupą GB1 (grupa badana 1) a grupą GB2 (grupa badana 2) w aspekcie

wyników testów mocy, skoczności oraz szybkości lokomocyjnej po zastosowaniu 4 tygodniowego makrocyklu (nazewnictwo według Bompy i Haff'a) w zimowym okresie przygotowawczym ukierunkowanym na rozwój mocy mięśniowej. W badaniach międzynarodowych i krajowych trudno doszukać się informacji uwzględniającej porównanie treningów siłowych opartych na wyżej wymienionych obciążeniach. Stosowanie obciążeń zewnętrznych w treningu siłowym w zakresie od 50 do 85% 1RM wpływa na zwiększenie hipertrofii mięśniowej i wytrzymałości, zwiększa siłę i moc mięśniową oraz pomaga w utrzymaniu osiągniętego ich poziomu (American College of Sports Medicine, 2009; Haff, Nimphius, 2012).

Innowacyjność pracy polega również na zastosowaniu oryginalnej kombinacji ćwiczeń w treningu siłowym (przysiad z sztangą na barkach *Back Squat (High Bar)*, wyciskanie sztangi leżąc *Bench Press*, wykroki z sztangą na barkach *Barbell Lunge*, podciąganie na drążku nachwytem i podchwytem *Pull ups*, podpór przodem na przedramionach z wykorzystaniem taśmy TRX (w podwieszeniu) *Plank*) w trakcie okresu przygotowawczego zimowego oraz nowej kombinacji ćwiczeń sprawdzających te zmienne (wyciskanie obunóż i jednonóż, oraz przysiad obunóż i jednonóż, sprint na odcinkach 5 m, 10 m, 20 m, 30 m, wyskok pionowy z miejsca z zamachem ramion (*CMJ*) w celu poprawy parametrów szybkościowych i skocznościowych.

Należy podkreślić, że wykorzystane w dysertacji ćwiczenia dla poprawy siły i mocy mięśniowej oraz ogólnej sprawności są powszechnie stosowane w treningu siłowym: przysiad z sztangą na barkach *Back Squat (High Bar)* (Mckean, Dunn, Burkett, 2010; Balsalobre-Fernández, Kuzdub, Poveda-Ortiz, Campo-Vecino, 2016), wyciskanie sztangi leżąc *Bench Press* (Christou i in., 2006; Marques i in., 2007; Castillo i in., 2012; Bakirova i in., 2019), wykroki z sztangą na barkach *Barbell Lunge* (Lloyd i in., 2016; Suarez-Arrones i in., 2019; Wu, Tsai, Liang, Chang, 2020), podciąganie na drążku nachwytem i podchwytem *Pull ups* (Johnson i in., 2009; Leslie, Comfort, 2013) oraz podpór przodem na przedramionach *Plank* (Cortell-Tormo i in., 2017; Calatayud i in., 2017; Choi, Kim, Cynn, 2021).

Atutem badań jest wykorzystanie najnowszej generacji urządzeń pomiarowych, zapewniających dokładność pomiarów i zapobiegających urazom kończyn dolnych (system pomiarowy fotokomórek *Microgate Witty*, platforma dynamometryczna *ForceDecks Dual Force Plate System*, urządzenie urządzeniu *Keiser Leg Press z modulem diagnostycznym A420*, urządzenie *Keiser Air Squat z modulem diagnostycznym A300*). Przyrządy te cechuje

także wysoka trafność i rzetelność pomiarowa, jak również umożliwiają zachowanie identycznych warunków do przeprowadzenia prób testowych dla każdego z badanych piłkarzy.

Zadaniem niniejszej pracy jest wypełnienie luki badawczej w krajowej literaturze przedmiotu w zakresie wpływu treningu siłowego na moc kończyn dolnych piłkarzy nożnych pierwszej ligi polskiej z jednoczesnym uwzględnieniem dwóch dodatkowych aspektów: zdolności szybkościowej i skocznościowej.

1. Cel pracy i założenia badawcze

W niniejszym opracowaniu głównym celem badawczym jest analiza wpływu różnych form treningu siłowego na moc kończyn dolnych, szybkość lokomocyjną i skoczność piłkarzy nożnych pierwszej ligi polskiej. Celem aplikacyjnym jest określenie metody treningu siłowego, która bardziej wpływa na poprawę wyników mocy mięśniowej, szybkości lokomocyjnej i skoczności u piłkarzy nożnych w okresie przygotowawczym.

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

- 1) Jak zmienia się poziom mocy mięśniowej kończyn dolnych po 4 tygodniach treningu z zastosowaniem obciążenia zewnętrznego 50-60% 1RM a treningiem z obciążeniem zewnętrznym 70-80% 1RM u piłkarzy nożnych?
- 2) Jak zmienia się poziom szybkości lokomocyjnej podczas treningu z zastosowaniem obciążenia zewnętrznego 50-60% 1RM a treningiem z obciążeniem zewnętrznym 70-80% 1RM u piłkarzy nożnych?
- 3) Jak zmienia się poziom skoczności podczas treningu z zastosowaniem obciążenia zewnętrznego 50-60% 1RM a treningiem z obciążeniem zewnętrznym 70-80% 1RM u piłkarzy nożnych?

Sformułowano także następujące **hipotezy badawcze**:

- 1) Poziom mocy mięśniowej podczas treningu z zastosowaniem obciążenia zewnętrznego 50-60% 1RM (GB1) i obciążenia zewnętrznego 70-80% 1RM (GB2) wzrasta, a wielkość wzrostu jest zależna od obciążenia zewnętrznego. Piłkarze nożni generują największą moc kończyn dolnych przy obciążeniu 50-60% 1RM.
- 2) Poziom szybkości lokomocyjnej podczas treningu z zastosowaniem obciążenia zewnętrznego 50-60% 1RM i obciążenia zewnętrznego 70-80% 1RM wzrasta, a wielkość

wzrostu jest zależna od obciążenia zewnętrznego. Piłkarze nożni osiągają znaczącą poprawę wyników szybkości lokomocyjnej przy obciążeniu 50-60% 1RM.

3) Poziom skoczności podczas treningu z zastosowaniem obciążenia zewnętrznego 50-60% 1RM i obciążenia zewnętrznego 70-80% 1RM wzrasta, a wielkość wzrostu jest zależna od obciążenia zewnętrznego. Piłkarze nożni osiągają znaczącą poprawę wyników skoczności przy obciążeniu 50-60% 1RM.

2. Materiał i metody badań

2.1. Grupa badana

W procesie doboru próby, w pierwszej kolejności zdefiniowano populację generalną. W analizowanych badaniach stanowili ją piłkarze pierwszej ligi polskiej. Biorąc pod uwagę kwestie dotyczące w szczególności pozyskania zgód władz wszystkich klubów biorących udział w danych rozgrywkach na udział w badaniach, wyciągnięto wniosek, że przeprowadzenie reprezentatywnego badania losowego było niewykonywalne. Dobór do próby miał zatem charakter doboru nielosowanego - był celowy. W badaniach wzięli udział zawodnicy prawonożni, reprezentujący zbliżony poziom sportowy z minimum 4-letnim stażem treningowym w danej lidze. Wiek uczestników badania wynosił od 22 do 28 lat. Do grupy badanej zakwalifikowano 60 osób, wchodzących w skład dwóch klubów, jednak ze względu na kontuzję 4 zawodników musiało zrezygnować z udziału w badaniach. Ostatecznie ustalono grupę w liczbie 56 zawodników piłki nożnej poziomu centralnego (I Liga).

Badania zostały przeprowadzone w makrocyklu fazy przygotowawczej (nazewnictwo według Bomp i Haff'a, 2010) w okresie po zakończeniu rozgrywek ligowych rundy jesiennej w fazie siły maksymalnej I (Bompa, Buzzichelli, 2022). Badani zostali podzieleni na dwie równoliczne grupy: GB1 ($n=28$) i GB2 ($n=28$). Podział na grupy zrealizowano w oparciu o losowanie proste bez zwracania. Obie grupy wykonywały trening siłowy 2 razy w mikrocyklu siedmiodniowym (tab. 1). Makrocykl przygotowawczy z zastosowanym rozkładem obciążenia 3:1 trwał cztery tygodnie (rycina 1).

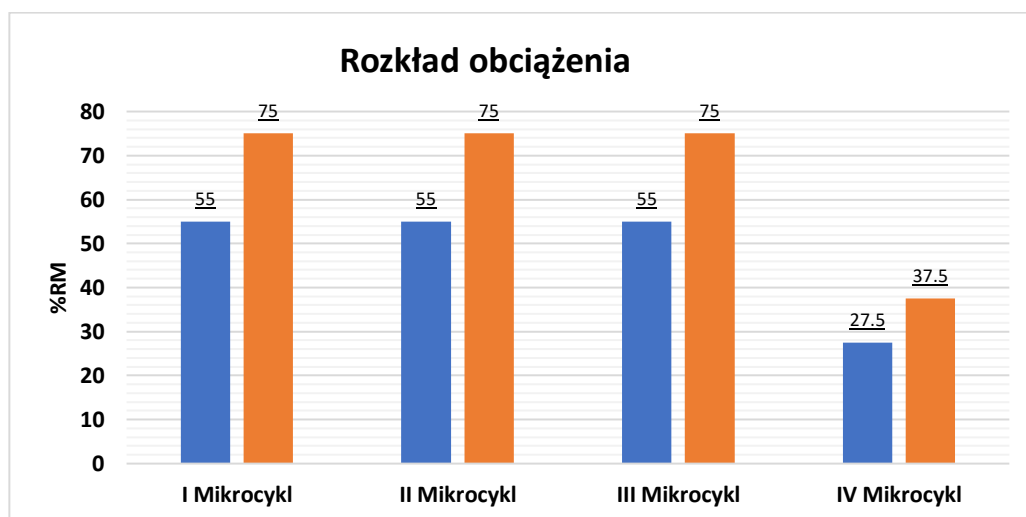
Zawodnicy posiadali ważne badania lekarskie i pełną zdolność do gry w rozgrywkach organizowanych przez Polski Związek Piłki Nożnej. Badania uzyskały zgodę

Komisji Bioetycznej AWF w Katowicach (nr 3/2013 z dnia 26 czerwca 2013) i były wykonywane w ramach grantu N RSA2 025 52 oraz grantu N RSA3 039 53.

Tabela 1. Mikrocykl łączący kilka czynników treningu

Budowa mikrocyklu							
Godz.	Poniedziałek	Wtorek	Środa	Czwartek	Piątek	Sobota	Niedziela
9:00	Trening siłowy (siłownia)	Wytrzymałość tlenowa 50-70% maksymalnej prędkości biegu	Trening siłowy (siłownia)	Rolowanie mięśni (siłownia)	T. piłkarski doskonalenie stałych fragmentów gry	Sparing	Wolne
17:00	T. piłkarski ćw. techniczno-taktyczne Śr. całkowity dystans ok. 5 km*	T. piłkarski (wytrzymałość szybkościowa) Małe gry	T. piłkarski Gry zadaniowe	T. piłkarski ćw. plyometryczne, elementy treningu formacyjnego, ćw. tech-takt. w formie fragmentów gry	Wolne	Wolne	Wolne

* w zależności od zajmowanej pozycji na boisku



Rycina 1. Rozkład obciążeń treningowych dla makrocyklu przygotowawczego (nazewnictwo według Bompy i Haffa, 2010)

Plan treningowy dla obu grup został speriodyzowany w ten sam sposób pod względem:

rodzaju ćwiczenia, przerwy wypoczynkowej pomiędzy seriami i ćwiczeniami oraz liczbą powtórzeń. Natomiast różnił się zakresem % 1 RM (maksymalne obciążenie dla pojedynczego powtórzenia). Pierwsza grupa wykonywała trening z obciążeniem zewnętrznym 50-60% 1RM, natomiast druga grupa z obciążeniem 70-80% 1RM (tab. 3).

Tabela 2. Parametry treningu siłowego

	GB1	GB2
Obciążenie zewnętrzne	50-60% 1RM	70-80% 1RM
Liczba serii	4	4
Liczba powtórzeń	5	5
Czas przerwy pomiędzy seriami (s)	180	180
Czas przerwy pomiędzy ćwiczeniami (s)	120	120

Trening siłowy składał się z wykonywania 5 ćwiczeń w następującej kolejności: przysiad z sztangą na barkach *Back Squat (High Bar)*, wyciskanie sztangi leżąc *Bench Press*, wykroki z sztangą na barkach *Barbell Lunge*, podciąganie na drążku nachwytem (2 serie) i podchwytem *Pull ups* (2 serie), podpór przodem na przedramionach z wykorzystaniem taśmy TRX (w podwieszeniu) *Plank* (1 min).

Ćwiczenia takie jak podciąganie na drążku nachwytem i podchwytem *Pull ups* oraz podpór przodem na przedramionach z wykorzystaniem taśmy TRX (w podwieszeniu) *Plank* były wykonane bez obciążenia zewnętrznego.

2.2. Ogólny schemat badań

Badania zostały przeprowadzone w Pracowni Siły i Mocy Mięśniowej AWF Katowice oraz na Wielofunkcyjnej Hali AWF Katowice. Zawodnicy zostali poinformowani o protokole badań i wynikających z niego zagrożeń i korzyści, a następnie wyrazili pisemną zgodę na uczestnictwo w badaniach. Każdy zawodnik mógł zrezygnować z uczestnictwa w badaniach na dowolnym etapie ich trwania. Badania zostały przeprowadzone w przedstawionych poniżej etapach.

Tydzień przed przystąpieniem do głównej sesji pomiarowej dokonano pomiaru wysokości ciała (za pomocą stadiometra przenośnego Charder HM-200P PORTSTAD) oraz

analizy masy i składu ciała zawodników z wykorzystaniem analizatora *InBody 370*. Pomiaru były wykonywane w standardowych warunkach, w godzinach rannych na czczo (8:00-09:00 – GB1, 9:00-10:00 – GB2), przy 72-godzinnej absencji treningowej i niespożywaniu alkoholu oraz płynów zawierających kofeinę i węglowodany. Dokonano rejestracji następujących zmiennych: masa ciała (*BM*), wskaźnik masy ciała (*BMI*), masa tłuszczowa (*FM*), beztłuszczowa masa ciała (*FFM*), masa mięśniowa (*MM*), zawartość wody w organizmie (*TBW*).

Przed głównymi sesjami pomiarowymi został również przeprowadzony pomiar siły maksymalnej w celu określenia wartości 1 RM dla poszczególnych ćwiczeń: wyciskanie na maszynie (obunóż i jednonóż) z wykorzystaniem przyrządu *Keiser Leg Press A420*, przysiad obunóż i jednonóż z wykorzystaniem przyrządu *Keiser Air Squat z modulem diagnostycznym A300*. Przed testem siły maksymalnej była przeprowadzona 20-minutowa rozgrzewka ogólnorozwojowa: jazda na ergometrze *M3 Total Body Trainer* (10 min), trucht w miejscu z unoszeniem kolan, wymachy nogi w przód i w tył, przysiady z wyskokiem, klęk jednonóż, klęk jednonóż z pogłębieniem do boku, klęk podparty, pozycja żaby.

W dalszej kolejności przeprowadzono testy siły maksymalnej na podstawie procedury Baechle, Earle i Wathen (2008). Dla określenia maksymalnego poziomu siły mięśniowej zawodnicy wykonywali test 10 pojedynczych powtórzeń w formie wyciskania obunóż i jednonóż oraz po 5 powtórzeń w formie przysiadu obunóż i jednonóż.

Według wzoru Baechle i in. (2008) obliczona została wartość 1 RM:

$$1RM = obciążenie \times (1 + 0,033 \times \text{liczba wykonanych powtórzeń})$$

Wykorzystując wartość 1 RM obliczono wielkość obciążenia zewnętrznego zastosowanego w ćwiczeniach siłowych.

Po 48 godzinach był przeprowadzony pomiar siły maksymalnej w celu określenia wartości 1 RM dla dwóch ćwiczeń: wyciskanie sztangi leżąc *Bench Press* z wykorzystaniem aparatury firmy *ELEIKO* oraz wykroki ze sztangą na barkach *Barbell Lunge* z wykorzystaniem aparatury firmy *ELEIKO*. Przed testem siły maksymalnej była przeprowadzona rozgrzewka ogólnorozwojowa: jazda na ergometrze *M3 Total Body Trainer* (10 min) i rozciąganie dynamiczne (3-5 minut). W celu zapoznania z techniką wyciskania sztangi leżąc badani zostali również poproszeni o wykonanie 1 serii po 15 powtórzeń przy użyciu sztangi o wadze 6 kg. Ta próbna seria była kontynuacją rozgrzewki ogólnej i przygotowywała badanych do pomiaru siły maksymalnej (rogrzewka specjalna). Aby

zminimalizować wahania wyników mocy wyjściowej, uczestnikom polecono podnosić i opuszczać sztangę w stałym rytmie. Czas trwania powtórzenia wyrażony przez cztery liczby 2/0/2/0 odpowiadał 2-sekundowej fazie ekscentrycznej, brakiem zatrzymania w fazie izometrycznej, 2-sekundowej fazie koncentrycznej oraz brakiem zatrzymania w fazie przejściowej. Wyciskanie sztangi leżąc było wykonane szerokim chwytem sztangi (81cm). Po 5-minutowej przerwie wypoczynkowej wykonano próby wyciskania sztangi o wzrastającym ciężarze według protokołu Saeterbakken i in. (2011): 20 powtórzeń z około 30% 1RM (1/3 masy ciała), 12 powtórzeń z około 50% 1RM (1/2 masy ciała), 6 powtórzeń z około 70% 1RM (1/1,4 masy ciała), 1 powtórzenie z około 85% 1RM (1/1,2 masy ciała). Przerwa wypoczynkowa pomiędzy seriami wynosiła 5 minut.

Następnie po 5 minutowej przerwie wypoczynkowej badani wykonywali próby z dopuszczalnymi obciążeniami. Jeżeli zawodnicy wykonali więcej niż 1 powtórzenie z przewidywanym obciążeniem, było ono zwiększane o 2,5-5 kg aż do momentu, kiedy badany nie mógł wykonać powtórzenia w odpowiednim tempie i przy prawidłowej technice ruchu. Ostatni ciężar, który został podniesiony pomyślnie (największa wielkość) był określony jako maksymalne obciążenie dla pojedynczego powtórzenia (1RM) (American College of Sports Medicine, 2006).

Pomiar siły maksymalnej w celu określenia wartości 1 RM dla ćwiczenia wykroki ze sztangą na barkach *Barbell Lunge* rozpoczął się po 10 minutach od wykonania 10 powtórzeń przy zastosowaniu lekkich ciężarów około 30% 1RM. Po 3-minutowej przerwie wypoczynkowej badani wykonali 5 powtórzeń z 50% 1RM. Po 5-minutowej przerwie wypoczynkowej 2 powtórzenia z około 70% 1RM, a następnie obciążenie było zwiększane o 10% 1RM po każdej udanej próbie. Jeżeli ciężar nie został podniesiony pomyślnie obciążenie było zmniejszane o 5% 1RM, do czasu określania maksymalnego obciążenia.

Drugi etap został przeprowadzony po tygodniu adaptacyjnym. Polegał na pomiarze szybkości, wyskoku pionowego z miejsca z zamachem ramion (*CMJ*), a także mocy maksymalnej (1 RM) dla dwóch ćwiczeń siłowych: wyciskanie na maszynie (obunóż i jednonóż) z wykorzystaniem przyrządu *Keiser Leg Press A420*, przysiad obunóż i jednonóż z wykorzystaniem przyrządu *Keiser Air Squat z modulem diagnostycznym A300*. Pomiary były wykonywane dla GB1 w godzinach 8:00-12:00, natomiast dla GB2 w godzinach 13:00-17:00. Przed przystąpieniem do pomiarów właściwych była przeprowadzona 20-minutowa rozgrzewka ogólnorozwojowa.

2.3. Narzędzia oraz techniki badawcze

- Pomiar zdolności szybkościowych

Do rejestracji zmiennych szybkości biegu na dystansie 30 m wykorzystany został system pomiarowy fotokomórek *Microgate Witty* (Bolzano, Włochy). Narzędzie to umożliwia precyzyjne przesłanie danych do timera z maksymalną dokładnością ($\pm 0,004$ sek.), również w przypadku, kiedy sygnał jest zakłócany. System składał się z 5 bezprzewodowych fotokomórek ustawionych na linii startowej i na odcinkach 5 m, 10 m, 20 m, 30 m oraz bezprzewodowego pilotu umożliwiającego natychmiastowy odczyt oraz wydruk danych. Badani rozpoczynali test po linii prostej z ułożeniem stopy wykroczonej w odległości 30 cm od fotokomórki ustawionej od linii startowej (odstęp od linii startowej był wyraźnie zaznaczony taśmą). Zawodnicy z wyznaczonego miejsca wykonywał start z pozycji wysokiej na sygnał dźwiękowy „Start”. Wybór kończyny wykroczonej należał do zawodników. Zawodnicy wykonywali dwie próby z dwuminutową przerwą wypoczynkową po biegu.

Uzyskano następujące zmienne: szybkość na odcinku 5 m (0-5m – m/s), szybkość na odcinku 10 m (0-10m – m/s), szybkość na odcinku 20 m (0-20m – m/s), szybkość na odcinku 30 m (0-30m – m/s).

- Pomiar zdolności skocznościowych

Skoczność została zmierzona przy użyciu wyskoku pionowego z miejsca z zamachem ramion (*CMJ*). Podczas próby badano wysokość (cm), moc (W) i szybkość (m/s) wyskoku. Zastosowano platformę dynamometryczną *ForceDecks Dual Force Plate System* (Brisbane, Queensland, Australia). Piłkarze przed skokiem zostali dokładnie poinformowani o czynnościach, jakie mają wykonać oraz zmotywowani do poprawnego wykonania ćwiczenia. Zwrócono także uwagę na jednoczesne wybicie z dwóch nóg oraz amortyzację podczas lądowania. Każdy z badanych dwukrotnie wykonywał wyskok pionowy z miejsca z zamachem ramion (*CMJ*), z dwuminutową przerwą wypoczynkową po wyskoku, poprzedzonym szybkim ugięciem nóg. Z pozycji wyprostowanej ćwiczący na komendę „gotów” wykonywał wyskok pionowy.

- Pomiar mocy mięśniowej kończyn dolnych

Pomiar generowanej mocy mięśni kończyn dolnych odbył się również na dwóch urządzeniach firmy Keiser: *Keiser Leg Press z modulem diagnostycznym A420* i *Keiser Air Squat z modulem diagnostycznym A300*.

Keiser Leg Press A420 (Keiser, Fresno, CA, USA)

Urządzenie wykorzystujące opór pneumatyczny posłużyło do wyznaczenia mocy maksymalnej w formie wyciskania obunóż i jednonóż. Zawodnicy przed przystąpieniem do testu wykonywali jedną próbę na urządzeniu pomiarowym *Keiser Leg Press* zgodnie z protokołem producenta, w którym kąt zgięcia w stawie kolanowym między udem a podudziem wynosił 90 stopni w celu wstępnego oszacowania względnej wartości ciężaru maksymalnego. Obciążenie wzrastało o 25 kg w każdym kolejnym powtórzeniu (wartość wyjściowa obciążenia 50 kg), gdzie przerwa pomiędzy kolejnym powtórzeniem wynosiła 30 sekund. Na podstawie tych danych przeprowadzono test 10 pojedynczych powtórzeń, gdzie pierwsze dwie próby nie były brane pod uwagę, a wartość oporu zewnętrznego i czas do następnego powtórzenia nie ulegał zmianie w celu uzyskania danych pomiarowych. Taka sama procedura badawcza została zastosowana z wykorzystaniem testu unilateralnego. Przerwa pomiędzy poszczególnymi testami wynosiła 7-10 minut.

Keiser Air Squat z modulem diagnostycznym A300 (Keiser, Fresno, CA, USA)

Urządzenie wykorzystujące opór pneumatyczny posłużyło do wyznaczenia mocy maksymalnej w formie dynamicznego wyprostu nóg z przysiadu do pozycji stojącej (przysiad obunóż oraz jednonóż). Na urządzeniu *Keiser Air Squat z modulem diagnostycznym A300* (ryc. 4) zawodnicy wykonywali po 5 prób dynamicznego wyprostu nóg z przysiadu do pozycji stojącej. Taka sama procedura badawcza została zastosowana z wykorzystaniem testu unilateralnego. Przerwa pomiędzy poszczególnymi testami wynosiła 7-10 minut.

Po zakończeniu makrocyklu przygotowawczego ponownie przeprowadzono pomiar szybkości, skoczności oraz mocy mięśniowej i zastosowano taką samą procedurę badawczą.

2.4. Metody i narzędzia statystyczne

W badaniach ocenom poddano zmienne o charakterze ilościowym (skala ilorazowa) (Mayntz, Holm, Hübner, 1985). Analiza takich danych posiada swoją specyfikę, polegającą na zastosowaniu do porównań adekwatnych narzędzi statystycznych. W celu scharakteryzowania struktury badanych zmiennych obliczono podstawowe statystyki opisowe w postaci miar

położenia i zmienności (Cieślarczyk, 2006) oraz zweryfikowano normalności rozkładów analizowanych zmiennych przy pomocy testu Lillieforsa. Jednorodność wariancji zweryfikowano przy pomocy testu Levene'a. Do weryfikacji istotności różnic zastosowano analizę wariancji z powtarzanymi pomiarami (Babbie, 2003).

W toku analiz zweryfikowano założenia o sferyczności, przy pomocy testu Mauchley'a gdy założenie było nie spełnione stosowano poprawkę Greenhouse-Geissera.

W przypadku stwierdzenia istotnych różnic w analizie wariancji do weryfikacji, pomiędzy którymi grupami wystąpiły istotne różnice zastosowano testy wielokrotnych porównań post-hoc Tuckeya dla równych licznosci. Siłę efektu dla interakcji obliczono przy pomocy współczynnika η^2 . Siła efektu była klasyfikowana jako słaba, gdy η^2 należała do przedziału 0,01-0,059; przeciętna 0,06-0,137 oraz duża $>0,137$ (Prajzner, 2022). Wszystkie analizy wykonano przy pomocy pakietu Statistica 13.1. Dla wszystkich analiz przyjęto poziom istotności równy 0,05 (Frankfort-Nachmias, Nachmias, 2001).

3. Wyniki badań

Tabela 3. Charakterystyka parametrów antropometrycznych grupy badanej

PARAMETR							
Liczba osób				56			
Wiek [lata]	ŚR ± SD			25,0 ± 2,5			
Masa ciała [kg]	ŚR ± SD			75,5 ± 5,45		76,9 ± 2,37	
Wzrost [cm]	ŚR ± SD			180,6 ± 6,76			
BMI	Mediana			23,2			
Skład ciała		Przed		Po			
zawodników							
FM [kg]	11,4 ± 2,3	FM [%]	15,1	FM [kg]	10,8 ± 1,8	FM [%]	14,3
FFM [kg]	64,1 ± 3,15	FFM [%]	84,9	FFM [kg]	64,7 ± 4,14	FFM [%]	86,3
TBW [l]	48,4 ± 2,75	TBW [%]	64,2	TBW [l]	48,5 ± 3,63	TBW [%]	64,2
MM [kg]	38,5 ± 9,4	MM [%]	51,1	MM [kg]	39,8 ± 7,7	MM [%]	52,7

FM (*Fat Mass*, kg) - masa tłuszczowa [kg]; FM (%) – zawartość procentowa tkanki tłuszczowej [%]; FFM (*Fat Free Mass*, kg) - beztłuszczowa masa ciała; FFM (%) – zawartość procentowa beztłuszczowej masy ciała; TBW (*Total Body Water*, kg) – całkowita zawartość wody w organizmie; TBW (%) – całkowita procentowa zawartość wody w organizmie [%]; MM (*Muscle Mass*, kg) - masa tkanki mięśniowej; MM (%) - zawartość procentowa tkanki mięśniowej.

W tabeli 3 przedstawiono charakterystykę grupy badanej (średni wiek piłkarzy wynosił: $25,0 \pm 2,5$ lat; średnia wysokość ciała wynosiła: 180.6 ± 6.76 cm). Analiza wyników pomiarów parametrów antropometrycznych wykazała wzrost średniej masy ciała ($75,5 \pm 5,45$ kg vs $76,9 \pm 2,37$ kg), średniej masy tkanki mięśniowej ($38,5 \pm 9,4$ kg vs $39,8 \pm 7,7$ kg), spadek średniej zawartości procentowej tkanki tłuszczowej (15,1 vs 14,3), natomiast nieistotny statystycznie.

3.1. Podstawowe statystyki opisowe, analiza wariancji – wyciskanie

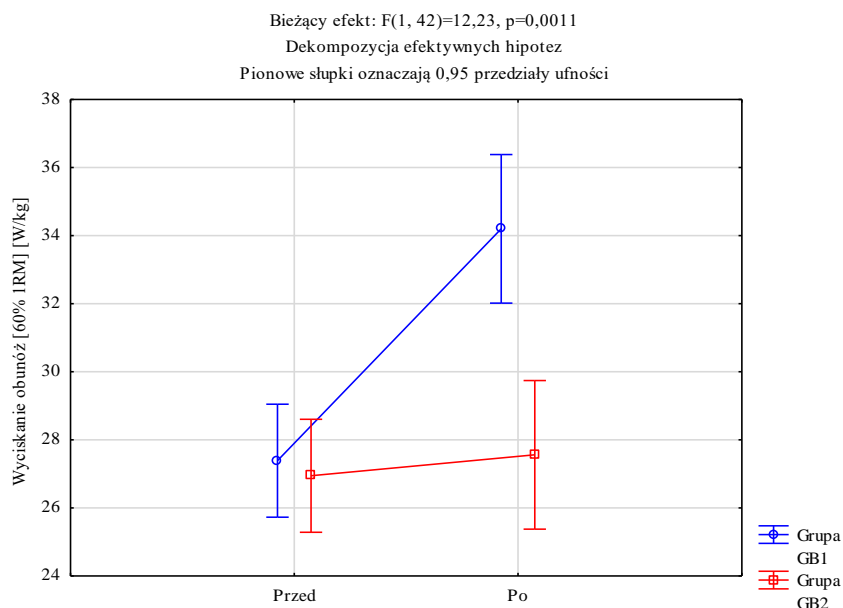
W tabeli 4 przedstawiono podstawowe statystyki opisowe oraz normalność rozkładów dla zmiennych dotyczących wyciskania obunóż oraz jednonóż.

Tabela 4. Parametry opisowe i normalność rozkładu badanych zmiennych, podczas pomiaru diagnostycznego w grupach GB1 i GB2 przed i po interwencji treningowej – wyciskanie

Zmienna	GB1				GB2			
	M	SD	V	p NR	M	SD	V	p NR
Wyciskanie obunóż [60% 1RM] [W/kg] - przed	27,39	3,86	14,09%	0,33	26,95	3,859	14,32%	0,47
Wyciskanie jednonóż KDP [50% 1RM] [W/kg] - przed	15,98	1,93	12,07%	0,38	15,54	1,929	12,41%	0,33
Wyciskanie jednonóż KDL [50% 1RM] [W/kg] - przed	15,27	1,94	12,73%	0,44	14,83	1,943	13,11%	0,28
Wyciskanie obunóż [60% 1RM] [W/kg] - po	34,20	5,24	15,33%	0,088	27,56	4,895	17,76%	0,094
Wyciskanie jednonóż KDP [50% 1RM] [W/kg] - po	22,33	2,72	12,16%	0,26	16,48	2,534	15,38%	0,29
Wyciskanie jednonóż KDL [50% 1RM] [W/kg] - po	21,90	2,60	11,85%	0,15	16,08	2,423	15,07%	0,14

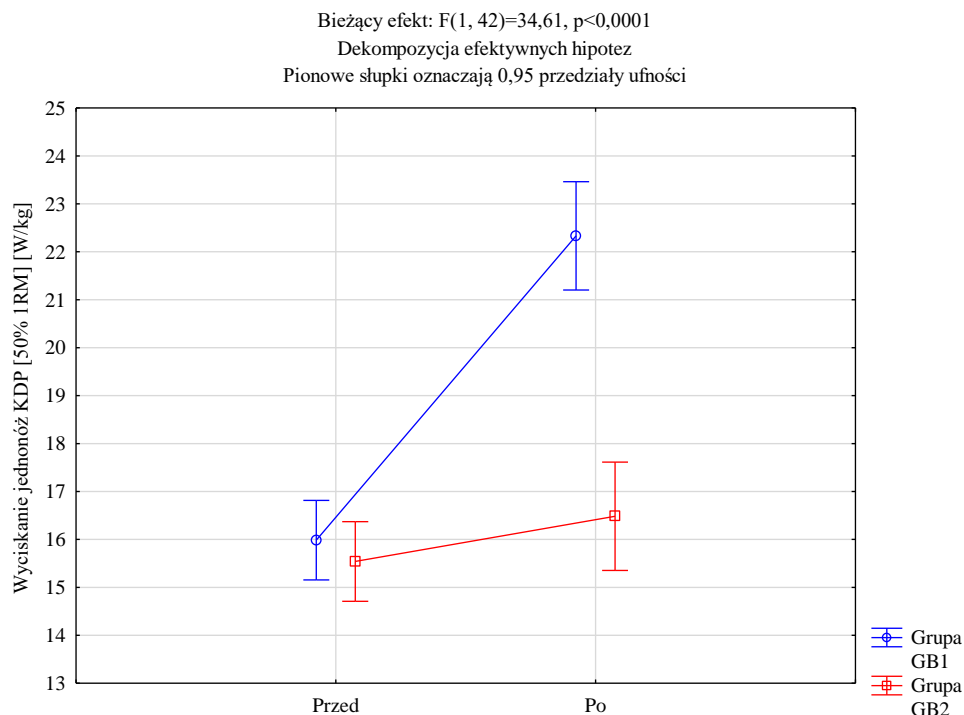
M- średnia arytmetyczna, SD- odchylenie standardowe, V – współczynnik zmienności, p NR – prawdopodobieństwo testowe dla testu normalności rozkładu Lillieforsa. KDP - kończyzna dolna prawa; KDL - kończyzna dolna lewa

Analiza wyników zawartych w tabeli 4 dała podstawy do stwierdzenia w przypadku wszystkich zmiennych braku podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej o normalności rozkładu analizowanych zmiennych p NR>0,05. A zatem do dalszych analiz można zastosować analizę wariancji z powtarzanymi pomiarami. Wyniki analizy wariancji dla zmiennej Wyciskanie obunóż [60% 1RM] [W/kg] dały podstawy do stwierdzenia istotnych różnic $F=12,24$; $p=0,0011$ oraz dużej siły efektu $\eta^2=0,23$. Testy wielokrotnych porównań wykazały, że istotne różnice wystąpiły pomiędzy wynikami przed i po w grupie GB1 $p=0,0002$ (istotny statystycznie wzrost mocy po przeprowadzonym treningu) oraz pomiędzy wynikami w grupach GB1 i GB2 $p=0,0002$ po przeprowadzonym treningu. W grupie GB1 po przeprowadzonym treningu stwierdzono istotnie statystycznie wyższą moc niż w grupie GB2. Wyniki te potwierdza również poniższa rycina 2.



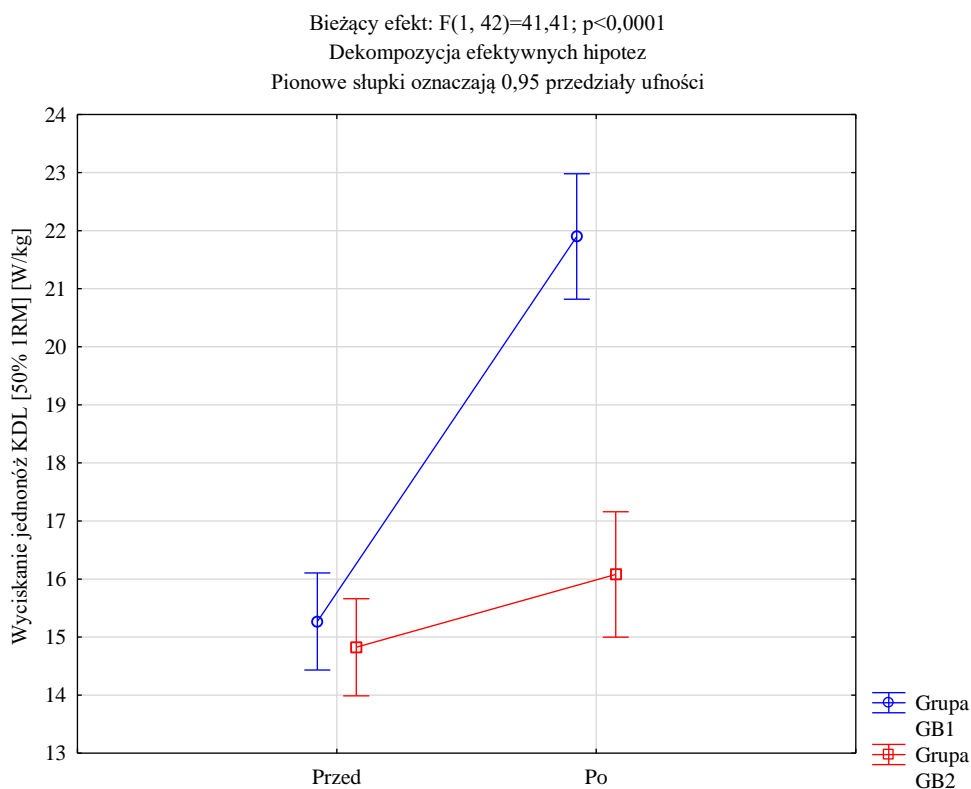
Rycina 2. Porównanie wartości średnich mocy oraz przedziałów ufności dla wyciskania obunóz w analizowanych grupach przed i po treningu

W oparciu o analizę wariancji dla zmiennej Wyciskanie jednonóz KDP [50% 1RM] [W/kg] stwierdzono istotne różnice $F=34,61; p<0,0001$ oraz dużą siłę efektu $\eta^2=0,45$. Testy wielokrotnych porównań wykazały, że istotne różnice wystąpiły pomiędzy wynikami przed i po w grupie GB1 $p=0,0002$ (istotny statystycznie wzrost mocy po przeprowadzonym treningu) oraz pomiędzy wynikami w grupach GB1 i GB2 $p=0,0001$ po przeprowadzonym treningu. W grupie GB1 po przeprowadzonym treningu stwierdzono istotnie statystycznie wyższą moc niż w grupie GB2. Wyniki te potwierdza również poniższa rycina 3.



Rycina 3. Porównanie wartości średnich mocy oraz przedziałów ufności dla wyciskania jednonóż kończyna prawa w analizowanych grupach przed i po treningu

Wyniki analizy wariancji dla zmiennej Wyciskanie jednonóż KDL [50% 1RM] [W/kg] pozwoliły na stwierdzenie istotnych różnic $F=41,41; p<0,0001$ oraz dużej siły efektu $\eta^2=0,49$. Na podstawie wyników testów wielokrotnych porównań można zaobserwować, że istotne różnice wystąpiły pomiędzy wynikami przed i po w grupie GB1 $p=0,0002$ (istotny statystycznie wzrost mocy po przeprowadzonym treningu) oraz pomiędzy wynikami w grupach GB1 i GB2 $p=0,0002$ po przeprowadzonym treningu. W grupie GB1 po przeprowadzonym treningu stwierdzono istotnie statystycznie wyższą moc niż w grupie GB2. Wyniki te potwierdza również poniższa rycina 4.



Rycina 4. Porównanie wartości średnich mocy oraz przedziałów ufności dla wyciskania jednonóż kończyna lewa w analizowanych grupach przed i po treningu.

3.2. Podstawowe statystyki opisowe, analiza wariancji – przysiad

Analogicznie analizy przeprowadzono dla przysiadu.

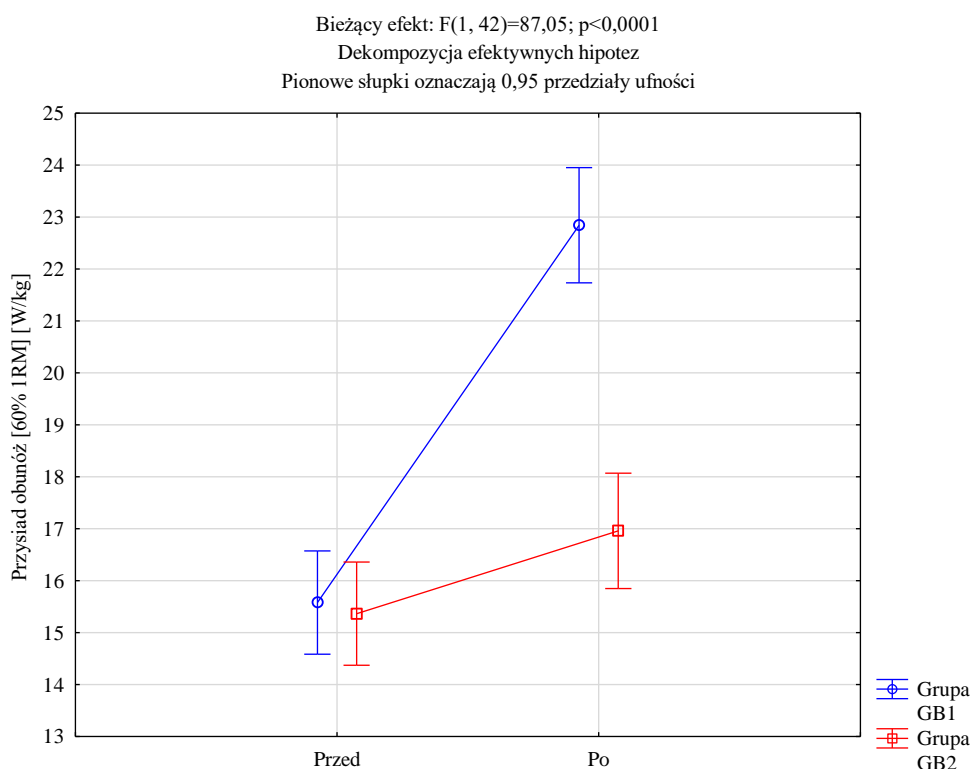
Tabela 5. Parametry opisowe i normalność rozkładu badanych zmiennych, podczas pomiaru diagnostycznego w grupach GB1 i GB2 przed i po interwencji treningowej – przysiad

Zmienna	GB1				GB2			
	M	SD	V	p NR	M	SD	V	p NR
Przysiad obunóż [60% 1RM] [W/kg] - przed	15,58	2,31	14,81%	0,36	15,37	2,308	15,02%	0,21
Przysiad jednonóż KDP [50% 1RM] [W/kg] - przed	8,74	1,17	13,41%	0,11	8,54	1,172	13,72%	0,23
Przysiad jednonóż KDL [50% 1RM] [W/kg] - przed	8,01	1,98	24,77%	0,082	7,81	1,983	25,41%	0,098
Przysiad obunóż [60% 1RM] [W/kg] - po	22,84	2,67	11,67%	0,29	16,96	2,488	14,67%	0,25
Przysiad jednonóż KDP [50% 1RM] [W/kg] - po	9,23	0,74	7,98%	0,15	8,18	0,688	8,41%	0,099
Przysiad jednonóż KDL [50% 1RM] [W/kg] - po	9,09	0,71	7,84%	0,18	8,04	0,665	8,27%	0,088

M- średnia arytmetyczna, SD- odchylenie standardowe, V – współczynnik zmienności, p NR – prawdopodobieństwo testowe dla testu normalności rozkładu Lillieforsa. KDP - kończyna dolna prawa; KDL - kończyna dolna lewa

Na podstawie wyników zawartych w tabeli 5 można stwierdzić, że w przypadku wszystkich zmiennych jest brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej o normalności

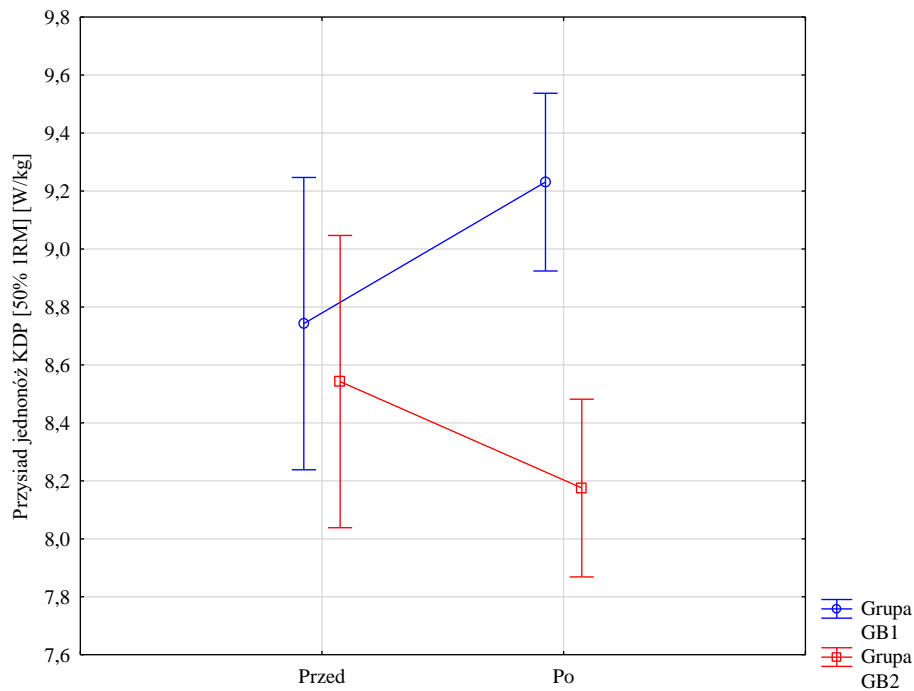
rozkładu analizowanych zmiennych $p > 0,05$. A zatem do dalszych analiz można zastosować analizę wariancji z powtarzaniem pomiarów. Wyniki analizy wariancji dla zmiennej Przysiad obunóż [60% 1RM] [W/kg] pozwoliły na stwierdzenie istotnych różnic $F=87,05$; $p<0,0001$ oraz dużej siły efektu $\eta^2=0,67$. Testy wielokrotnych porównań wykazały, że istotne różnice wystąpiły pomiędzy wynikami przed i po w grupie GB1 $p=0,0002$ (istotny statystycznie wzrost mocy po przeprowadzonym treningu) oraz pomiędzy wynikami w grupach GB1 i GB2 $p=0,0002$ po przeprowadzonym treningu. W grupie GB1 po przeprowadzonym treningu stwierdzono istotnie statystycznie wyższą moc niż w grupie GB2. Wyniki te potwierdza również poniższa rycina 5.



Rycina 5. Porównanie wartości średnich mocy oraz przedziałów ufności dla przysiadu obunóż w analizowanych grupach przed i po treningu

Wyniki analizy wariancji dla zmiennej Przysiad jednonóż KDP [50% 1RM] [W/kg] dały podstawy do stwierdzenia istotnych różnic $F=4,34$; $p=0,04$ oraz przeciętnej siły efektu $\eta^2=0,094$. Na podstawie wyników testów wielokrotnych porównań można zaobserwować, że istotne różnice wystąpiły tylko pomiędzy wynikami w grupach GB1 i GB2 $p=0,003$ po przeprowadzonym treningu. W grupie GB1 po przeprowadzonym treningu stwierdzono istotnie statystycznie wyższą moc niż w grupie GB2. Wyniki te potwierdza również poniższa rycina 6.

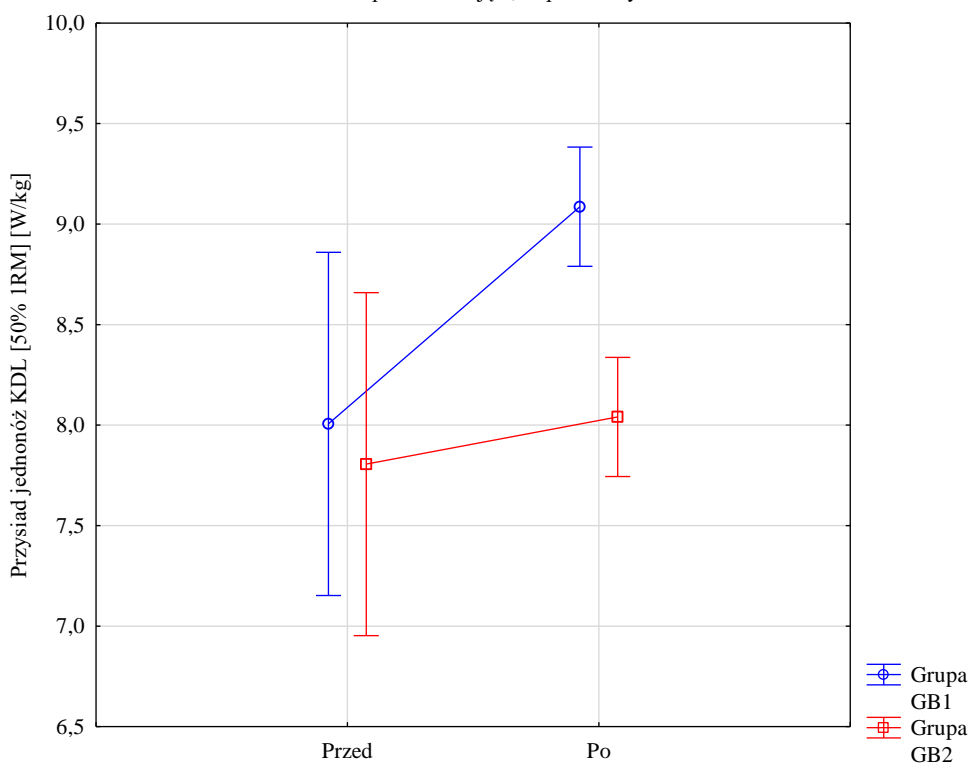
Bieżący efekt: $F(1, 42)=4,34; p=0,04$
Dekompozycja efektywnych hipotez
Pionowe słupki oznaczają 0,95 przedziały ufności



Rycina 6. Porównanie wartości średnich mocy oraz przedziałów ufności dla przysiadu jednonóż kończyna prawa w analizowanych grupach przed i po treningu

Wyniki analizy wariancji dla zmiennej Przysiad jednonóż KDL [50% 1RM] [W/kg] nie dały podstawy do stwierdzenia istotnych różnic $F=1,74; p=0,19$ oraz słabej siły efektu $\eta^2=0,039$. Wyniki te potwierdza również poniższa rycina 7, na której widać wzrost wyników po przeprowadzonym treningu, ale był on zbyt mały, żeby różnice były istotne statystycznie.

Bieżący efekt: $F(1, 42)=1,74$; $p=0,19$
 Dekompozycja efektywnych hipotez
 Pionowe słupki oznaczają 0,95 przedziały ufności



Rycina 7. Porównanie wartości średnich mocy oraz przedziałów ufności dla przysiadu jednonóż kończyna lewa w analizowanych grupach przed i po treningu

3.3. Podstawowe statystyki opisowe, analiza wariancji - wyskok pionowy z miejsca z zamachem ramion (CMJ)

Analogicznie analizy przeprowadzono dla wyskoku pionowego z miejsca z zamachem ramion (CMJ).

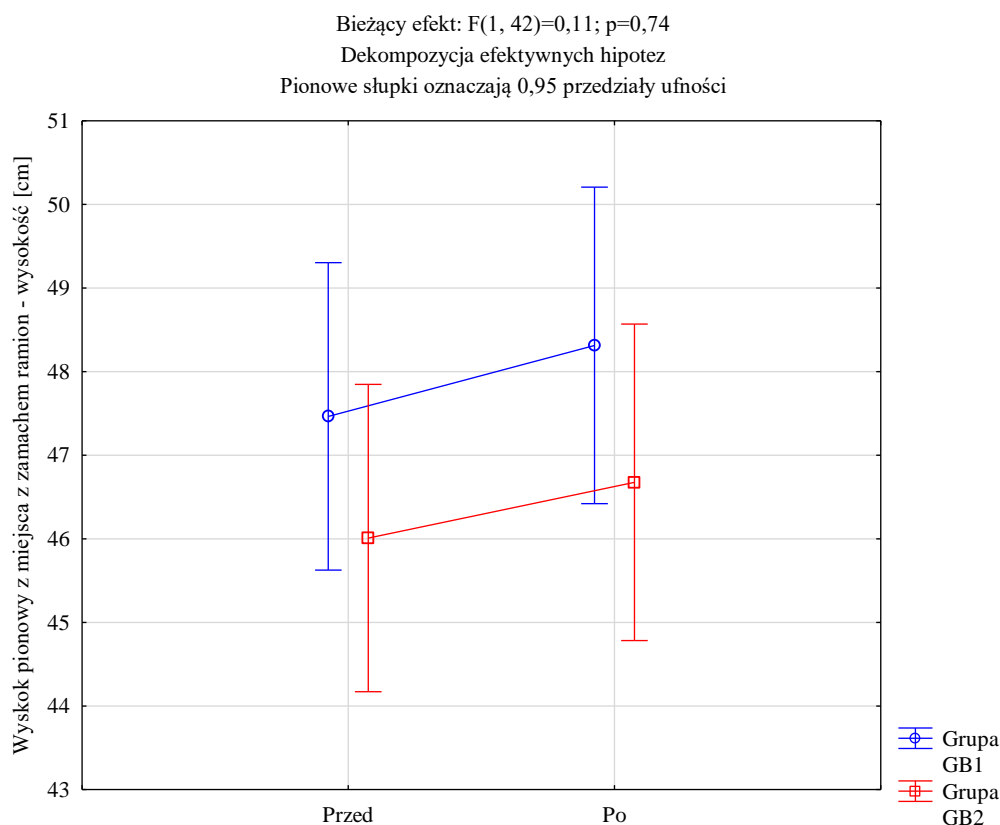
Tabela 6. Parametry opisowe i normalność rozkładu badanych zmiennych, podczas pomiaru diagnostycznego w grupach GB1 i GB2 przed i po interwencji treningowej - CMJ

Zmienna	GB1				GB2			
	M	SD	V	p NR	M	SD	V	p NR
Wyskok pionowy z miejsca z zamachem ramion - wysokość [cm] - przed	47,47	4,81	10,13%	0,10	46,01	3,657	7,95%	0,094
Wyskok pionowy z miejsca z zamachem ramion - moc [W/kg] - przed	32,76	3,59	10,97%	0,13	28,80	2,877	9,99%	0,13
Wyskok pionowy z miejsca z zamachem ramion - szybkość [m/s] - przed	2,99	0,081	2,72%	0,15	2,95	0,243	8,24%	0,10
Wyskok pionowy z miejsca z zamachem ramion - wysokość [cm] - po	48,31	3,84	7,96%	0,098	46,68	4,893	10,48%	0,14
Wyskok pionowy z miejsca z zamachem ramion - [W/kg] - po	36,65	3,43	9,37%	0,11	29,86	2,162	7,24%	0,15

Wyskok pionowy z miejsca z zamachem ramion-szybkość [m/s] po	3,22	0,22	6,84%	0,12	3,03	0,17	5,58%	0,097
--	------	------	-------	------	------	------	-------	-------

Analiza wyników zawartych w tabeli 6 dała podstawy do stwierdzenia w przypadku wszystkich zmiennych braku podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej o normalności rozkładu analizowanych zmiennych p NR>0,05. A zatem do dalszych analiz można zastosować analizę wariancji z powtarzanymi pomiarami.

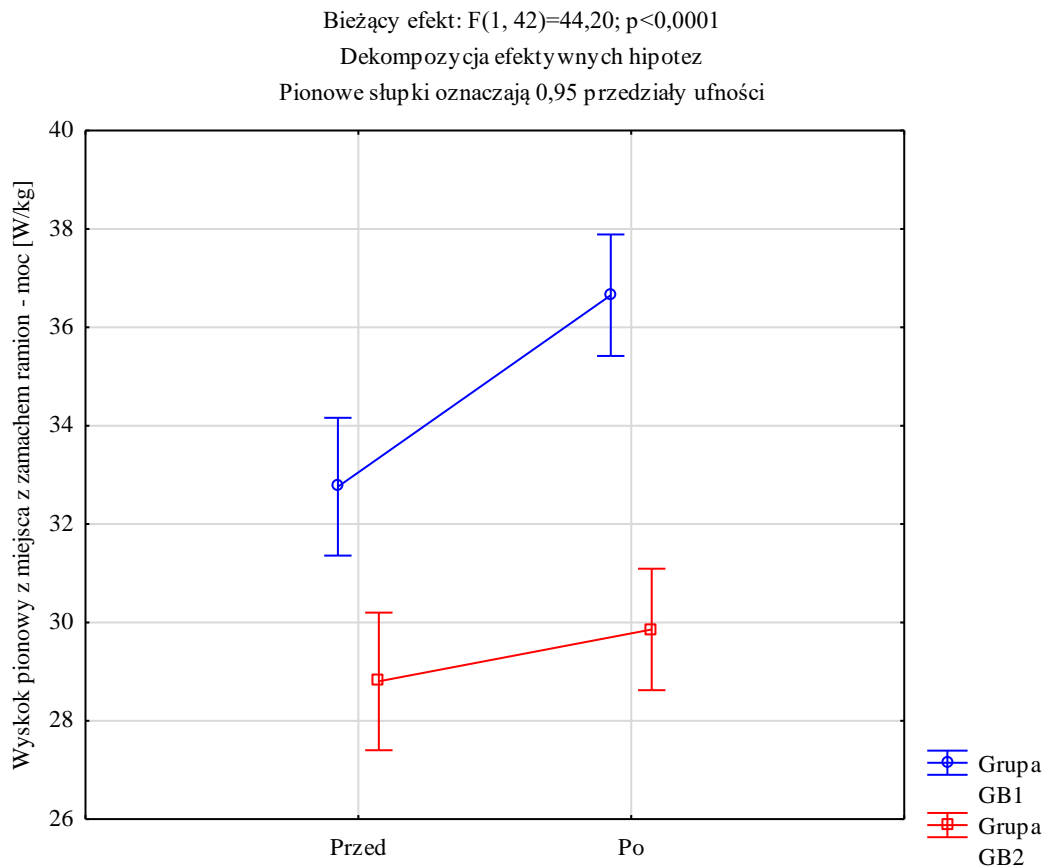
Wyniki analizy wariancji dla zmiennej Wyskok pionowy z miejsca z zamachem ramion - wysokość [cm] nie dały podstawy do stwierdzenia istotnych różnic F=0,11; p=0,74 oraz małej siły efektu $\eta^2=0,003$. Wyniki te potwierdza również poniższa rycina 8 na której widać wzrost wyników po przeprowadzonym treningu, ale był on zbyt mały, żeby różnice były istotne statystycznie.



Rycina 8. Porównanie wartości średnich wysokości [cm] oraz przedziałów ufności dla wyskoku pionowego w analizowanych grupach przed i po treningu

Wyniki analizy wariancji dla zmiennej Wyskok pionowy z miejsca z zamachem ramion - moc [W/kg] dały podstawy do stwierdzenia istotnych różnic F=44,20; p<0,0001 oraz dużej siły efektu $\eta^2=0,51$. Z wyników testów wielokrotnych porównań zauważono, że istotne różnice wystąpiły pomiędzy wynikami przed i po w grupie GB1 p=0,0002 (istotny

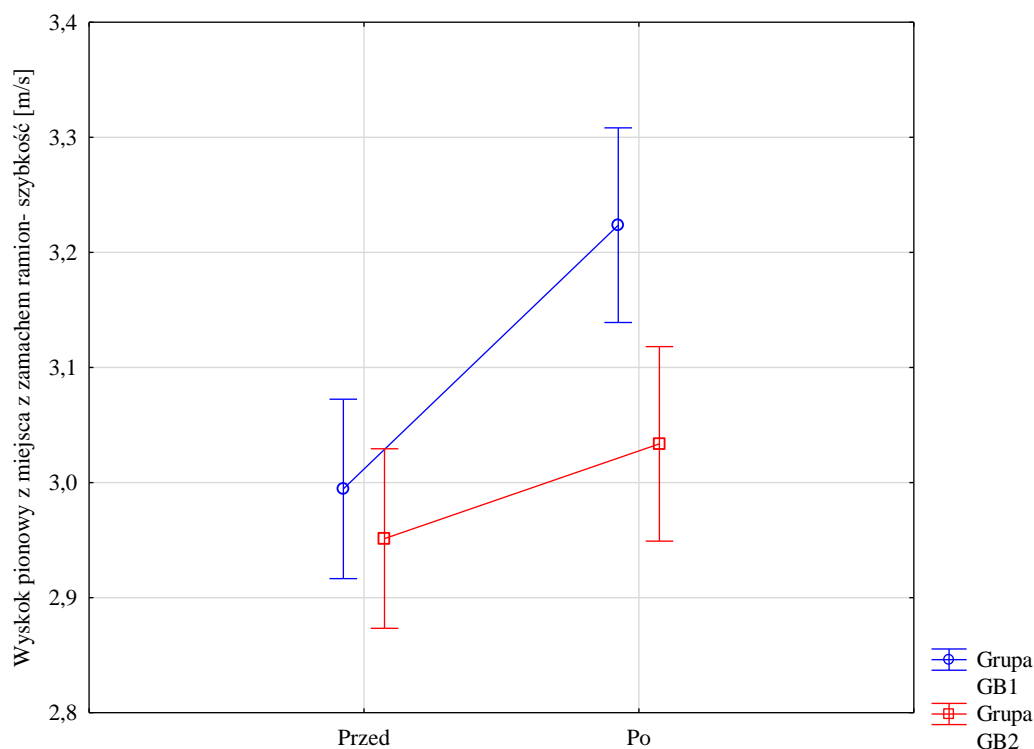
statystycznie wzrost mocy względnej po przeprowadzonym treningu) oraz pomiędzy wynikami w grupach GB1 i GB2 $p=0,0002$ po przeprowadzonym treningu. W grupie GB1 po przeprowadzonym treningu stwierdzono istotnie statystycznie wyższą moc względną niż w grupie GB2. Wyniki te potwierdza również poniższa rycina 9.



Rycina 9. Porównanie wartości średnich mocy względnej [W/kg] oraz przedziałów ufności dla wyskoku pionowego w analizowanych grupach przed i po treningu

Wyniki analizy wariancji dla zmiennej Wyskok pionowy z miejsca z zamachem ramion – szybkość [m/s] dały podstawy do stwierdzenia istotnych różnic $F=4,45; p=0,041$ oraz przeciętnej siły efektu $\eta^2=0,096$. Na podstawie wyników testów wielokrotnych porównań można zaobserwować, że istotne różnice wystąpiły pomiędzy wynikami przed i po w grupie GB1 $p=0,0003$ (istotny statystycznie wzrost szybkości po przeprowadzonym treningu) oraz pomiędzy wynikami w grupach GB1 i GB2 $p=0,007$ po przeprowadzonym treningu. W grupie GB1 po przeprowadzonym treningu stwierdzono istotnie statystycznie wyższą szybkość niż w grupie GB2. Wyniki te potwierdza również poniższa rycina 10.

Bieżący efekt: $F(1, 42)=4,45; p=0,041$
 Dekompozycja efektywnych hipotez
 Pionowe słupki oznaczają 0,95 przedziały ufności



Rycina 10. Porównanie wartości średnich szybkości [m/s] oraz przedziałów ufności dla wyskoku pionowego w analizowanych grupach przed i po treningu

3.4. Podstawowe statystyki opisowe, analiza wariancji – szybkość lokomocyjna

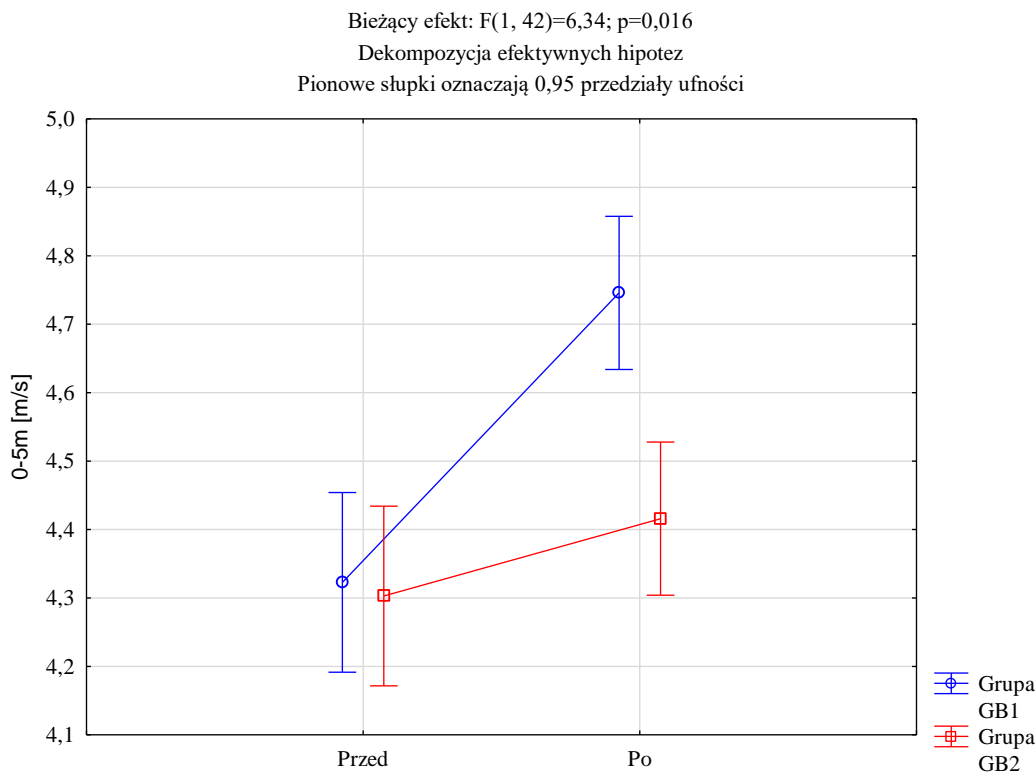
Analogicznie analizy przeprowadzono dla szybkości lokomocyjnej badanych zawodników na analizowanych dystansach.

Tabela 7. Parametry opisowe i normalność rozkładu badanych zmiennych, podczas pomiaru diagnostycznego w grupach GB1 i GB2 przed i po interwencji treningowej - szybkość

Zmienna	GB1				GB2			
	M	SD	V	p NR	M	SD	V	p NR
0-5m [m/s] - przed	4,32	0,31	7,06%	0,19	4,30	0,31	7,09%	0,19
0-10m [m/s] - przed	5,16	0,23	4,49%	0,16	5,14	0,23	4,51%	0,25
0-20m [m/s] - przed	5,98	0,22	3,60%	0,33	5,96	0,22	3,62%	0,33
0-30m [m/s] - przed	6,58	0,19	2,86%	0,10	6,56	0,19	2,86%	0,14
0-5m [m/s] - po	4,75	0,26	5,48%	0,26	4,42	0,26	5,89%	0,23
0-10m [m/s] - po	5,58	0,24	4,25%	0,44	5,23	0,21	3,94%	0,28
0-20m [m/s] - po	6,35	0,21	3,36%	0,35	6,09	0,21	3,51%	0,36
0-30m [m/s] - po	6,92	0,18	2,63%	0,10	6,64	0,18	2,74%	0,15

Analiza wyników zawartych w tabeli 7 dała podstawy do stwierdzenia w przypadku wszystkich zmiennych braku podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej o normalności rozkładu analizowanych zmiennych $p > 0,05$. A zatem do dalszych analiz można zastosować analizę wariancji z powtarzanymi pomiarami.

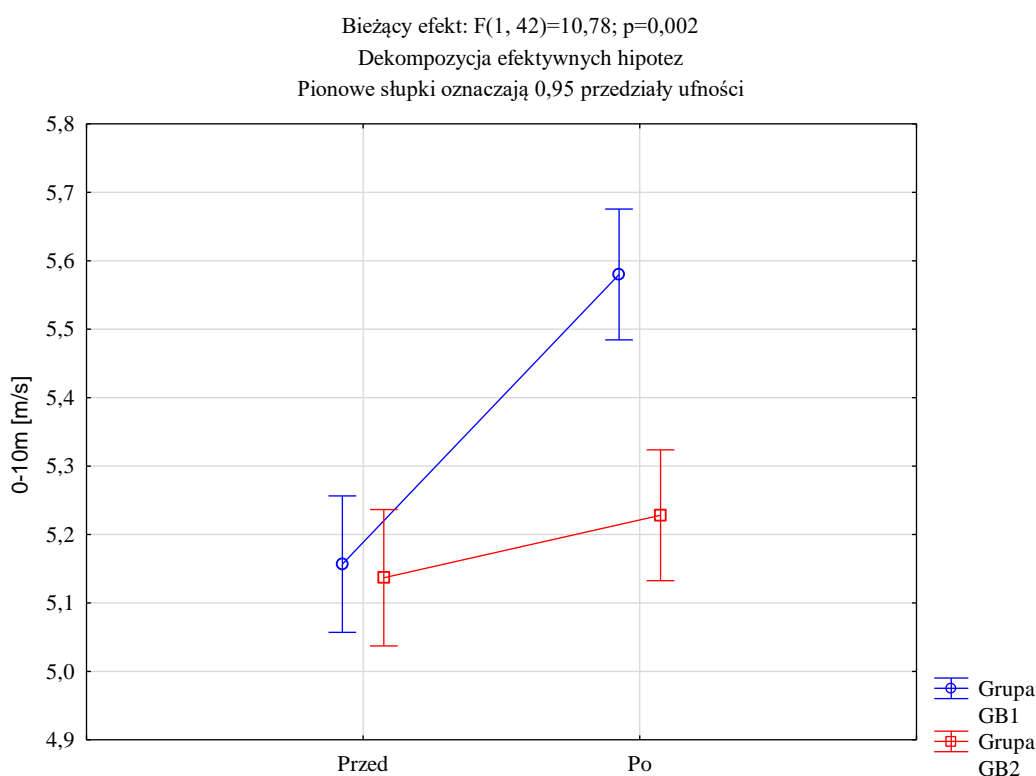
Wyniki analizy wariancji dla zmiennej Szybkość 0-5m [m/s] dały podstawy do stwierdzenia istotnych różnic $F=6,34$; $p=0,016$ oraz dużej siły efektu $\eta^2=0,131$. Z wyników testów wielokrotnych zauważono, że istotne różnice wystąpiły pomiędzy wynikami przed i po w grupie GB1 $p=0,0003$ (istotny statystycznie wzrost szybkości po przeprowadzonym treningu) oraz pomiędzy wynikami w grupach GB1 i GB2 $p=0,0014$ po przeprowadzonym treningu. W grupie GB1 po przeprowadzonym treningu stwierdzono istotnie statystycznie wyższą szybkość niż w grupie GB2. Wyniki te potwierdza również poniższa rycina 11.



Rycina 11. Porównanie wartości średnich oraz przedziałów ufności dla szybkości 0-5m [m/s] w analizowanych grupach przed i po treningu

Wyniki analizy wariancji dla zmiennej Szybkość 0-10m [m/s] pozwoliły na stwierdzenie istotnych różnic $F=10,78$; $p=0,002$ oraz dużej siły efektu $\eta^2=0,20$. Na podstawie wyników testów wielokrotnych porównań zaobserwowano, że istotne różnice wystąpiły

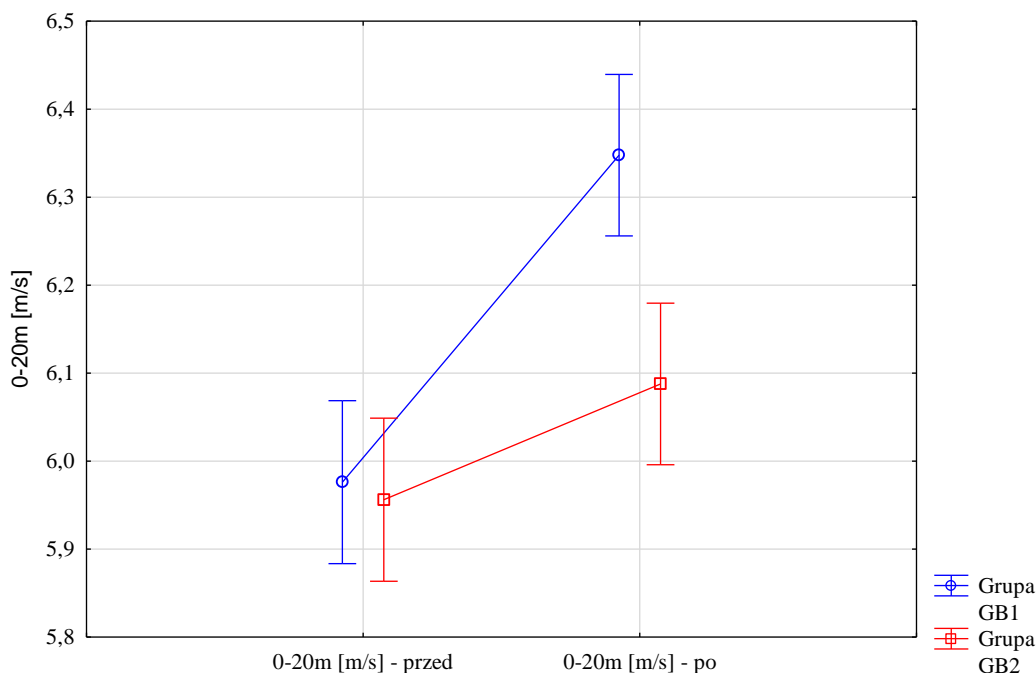
poniżej pomiędzy wynikami przed i po w grupie GB1 $p=0,0001$ (istotny statystycznie wzrost szybkości po przeprowadzonym treningu) oraz pomiędzy wynikami w grupach GB1 i GB2 $p=0,0002$ po przeprowadzonym treningu. W grupie GB1 po przeprowadzonym treningu stwierdzono istotnie statystycznie wyższą szybkość niż w grupie GB2. Wyniki te potwierdza również poniższa rycina 12.



Rycina 12. Porównanie wartości średnich oraz przedziałów ufności dla szybkości 0-10m [m/s] w analizowanych grupach przed i po treningu

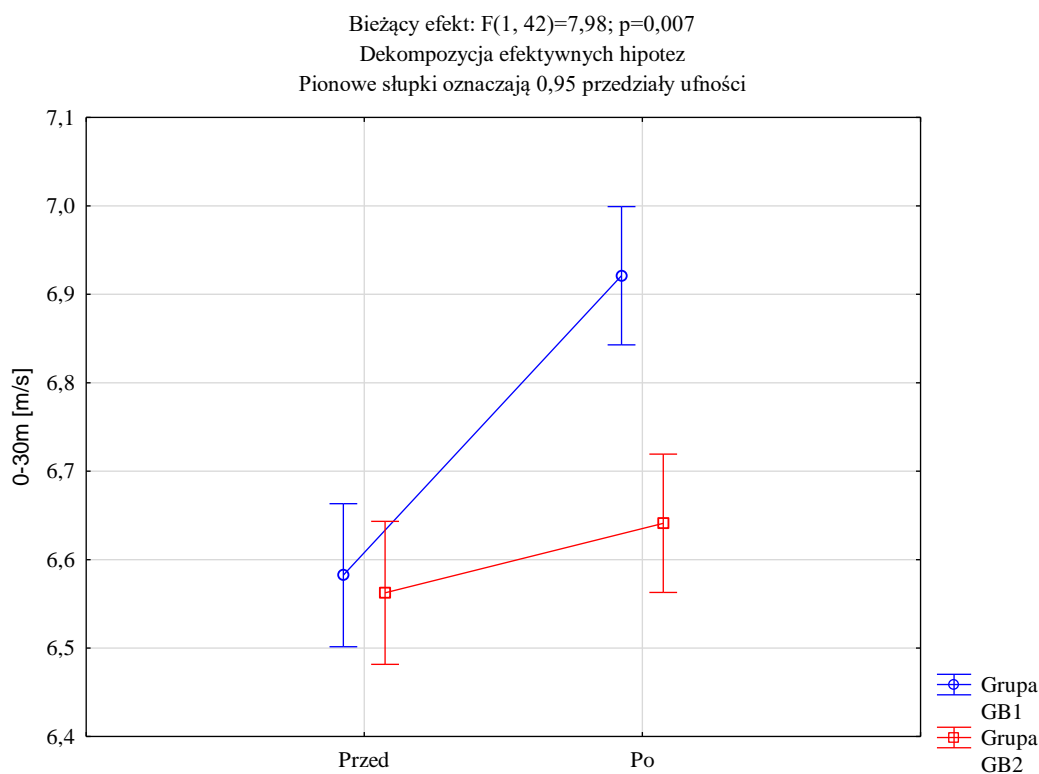
Wyniki analizy wariancji dla zmiennej Szybkość 0-20m [m/s] również dały podstawy do stwierdzenia istotnych różnic $F=7,58$; $p=0,008$ oraz dużej siły efektu $\eta^2=0,153$. Wyniki testów wielokrotnych porównań wykazały, że istotne różnice wystąpiły pomiędzy wynikami przed i po w grupie GB1 $p=0,0002$ (istotny statystycznie wzrost szybkości po przeprowadzonym treningu) oraz pomiędzy wynikami w grupach GB1 i GB2 $p=0,0008$ po przeprowadzonym treningu. W grupie GB1 po przeprowadzonym treningu stwierdzono istotnie statystycznie wyższą szybkość niż w grupie GB2. Wyniki te potwierdza również poniższa rycina 13.

Bieżący efekt: $F(1, 42)=7,58; p=0,008$
Dekompozycja efektywnych hipotez
Pionowe słupki oznaczają 0,95 przedziały ufności



Rycina 13. Porównanie wartości średnich oraz przedziałów ufności dla szybkości 0-20m [m/s] w analizowanych grupach przed i po treningu

Wyniki analizy wariancji dla zmiennej Szybkość 0-30m [m/s] pozwoliły na stwierdzenie istotnych różnic $F=8,02; p=0,007$ oraz dużej siły efektu $\eta^2=0,159$. Na podstawie wyników testów wielokrotnych porównań zaobserwowano, że istotne różnice wystąpiły pomiędzy wynikami przed i po w grupie GB1 $p=0,0002$ (istotny statystycznie wzrost szybkości po przeprowadzonym treningu) oraz pomiędzy wynikami w grupach GB1 i GB2 $p=0,0001$ po przeprowadzonym treningu. W grupie GB1 po przeprowadzonym treningu stwierdzono istotnie statystycznie wyższą szybkość niż w grupie GB2. Wyniki te potwierdza również poniższa rycina 14.



Rycina 14. Porównanie wartości średnich oraz przedziałów ufności dla szybkości 0-30m [m/s] w analizowanych grupach przed i po treningu

4. Podsumowanie i wnioski

W niniejszej dysertacji analizując poziom mocy mięśniowej podczas treningu z zastosowaniem obciążenia zewnętrznego 50-60% 1RM a treningiem z zastosowaniem obciążenia zewnętrznego 70-80% 1RM, zauważono istotnie lepsze wyniki podczas treningu z obciążeniem zewnętrznym 50-60% 1RM. W toku przeprowadzonych badań ustalono, iż piłkarze nożni generują istotnie większą moc kończyn dolnych przy obciążeniu 50-60% 1RM. Otrzymane wartości analiz dowodzą, iż podczas wykonywania treningu z zastosowaniem obciążenia zewnętrznego 50-60% 1RM można było zaobserwować istotną poprawę wyników po 4 tygodniowej interwencji treningowej dla 10 zmiennych: wyciskanie obunóż, wyciskanie jednonóż (kończyna prawa), wyciskanie jednonóż (kończyna lewa), przysiad obunóż, moc wyskoku pionowego z miejsca z zamachem ramion, szybkość wykonania wyskoku, sprint na odcinkach 5m, 10m, 20m, 30m. Można było również zaobserwować pewien trend rosnący wyników w wysokości wyskoku pionowego z miejsca z zamachem ramion i w przysiadzie jednonóż (kończyn prawa, kończyna lewa), natomiast nieistotny statystycznie.

Uzyskane wyniki badań wskazują, że podczas wykonywania treningu z zastosowaniem obciążenia zewnętrznego 70-80% 1RM można było zaobserwować pewien

trend rosnący wyników po 4 tygodniowej interwencji treningowej dla wszystkich zmiennych (prócz zmiennej Przysiad jedenonóż kończyna prawa), lecz nieistotny statystycznie.

Wyniki badań przeprowadzonych w niniejszej dysertacji potwierdziły założone hipotezy. Grupa GB1 przy treningu z zastosowaniem obciążenia zewnętrznego 50-60% 1RM uzyskała istotnie lepsze wyniki niż grupa GB2 przy treningu z zastosowaniem obciążenia zewnętrznego 70-80% 1RM dla 11 zmiennych: wyciskanie obunóż, wyciskanie jedenonóż (kończyna prawa), wyciskanie jedenonóż (kończyna lewa), przysiad obunóż, przysiad jedenonóż (kończyna prawa), moc wyskoku pionowego z miejsca z zamachem ramion, szybkość wykonania wyskoku, sprint na odcinkach 5m, 10m, 20m, 30m.

Zatem przedstawione wyniki prowadzą do następującego wniosku aplikacyjnego: trening z zastosowaniem obciążenia zewnętrznego 50-60% 1RM w okresie przygotowawczym po zakończeniu rozgrywek ligowych rundy jesiennej jest bardziej efektywny w poprawie mocy mięśniowej, szybkości lokomocyjnej i skoczności niż trening z zastosowaniem obciążenia zewnętrznego 70-80% 1RM.

Wyniki przedstawione w niniejszej pracy wyraźnie wskazują na kluczowe znaczenie prawidłowego doboru obciążeń zewnętrznych dopasowanych do poszczególnych faz treningu. Metoda polegająca na wykorzystaniu umiarkowanego i dużego obciążenia mogłaby być zastosowana w fazie siły maksymalnej I w okresie przygotowawczym zimowym jako skuteczne rozwiązanie wpływające na poprawę wyników w zakresie generowanej przez piłkarzy nożnych mocy, szybkości lokomocyjnej oraz skoczności.

W okresie przygotowawczym zimowym wydaje się, że wykonywanie treningu siłowego dwa razy w tygodniu w fazie siły maksymalnej I ze średnim i dużym obciążeniem jest optymalną częstotliwością treningów. Żeby osiągnąć istotną poprawę wyników mocy warto wybrać ćwiczenia, angażujące jak najmocniej mięśnie dominujące.

Wydaje się, że stosowanie w treningu siłowym 5 ćwiczeń w okresie przygotowawczym zimowym (w fazie siły maksymalnej I) jest optymalną liczbą ćwiczeń prowadzącą do lepszej adaptacji fizjologicznej i większych korzyści treningowych, niż stosowanie większej liczby ćwiczeń. Warto pamiętać, że podstawowa zasada treningu siłowego brzmi: im więcej ćwiczeń, tym mniejsza korzyść z nich dla poszczególnych mięśni, zwłaszcza dominujących.

Odpowiednie ułożenie kolejności ćwiczeń podczas treningu pozwala na właściwe zmienianie pracujących grup mięśniowych oraz odpoczynek między seriami. Metoda sekwencji poziomej (podejście polega na wykonywaniu wszystkich serii pierwszego ćwiczenia przed przejściem do kolejnego) wydaje się skuteczną. Stosowanie 3 minutowej przerwy

wypoczynkowej pomiędzy seriami jest wystarczającym czasem w celu zapewnienia odpowiedniego wypoczynku dla układu nerwowo-mięśniowego. Żeby uzyskać jak najwięcej korzyści z treningu siłowego, warto zwracać uwagę zawodnikowi, aby od samego początku ruchu zmobilizował całą swoją siłę w jak najkrótszym czasie.

Na podstawie uzyskanych wyników sformułowano następujące wnioski szczegółowe:

- 1) Poziom mocy mięśniowej podczas treningu z zastosowaniem obciążenia zewnętrznego 50-60% 1RM i obciążenia zewnętrznego 70-80% 1RM wzrasta, a wielkość wzrostu jest zależna od obciążenia zewnętrznego. Piłkarze nożni generują istotnie większą (największą) moc kończyn dolnych przy obciążeniu 50-60% 1RM.
- 2) Poziom szybkości lokomocyjnej podczas treningu z zastosowaniem obciążenia zewnętrznego 50-60% 1RM i obciążenia zewnętrznego 70-80% 1RM wzrasta, a wielkość wzrostu jest zależna od obciążenia zewnętrznego. Piłkarze nożni osiągają istotną poprawę wyników szybkości lokomocyjnej przy obciążeniu 50-60% 1RM.
- 3) Poziom skoczności podczas treningu z zastosowaniem obciążenia zewnętrznego 50-60% 1RM i obciążenia zewnętrznego 70-80% 1RM wzrasta, a wielkość wzrostu jest zależna od obciążenia zewnętrznego. Piłkarze nożni osiągają istotną poprawę wyników skoczności przy obciążeniu 50-60% 1RM.

Bibliografia autoreferatu

American College of Sports Medicine, (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(3), s. 687–708.

American College of Sports Medicine, (2006). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription (7th ed.)*. IN, USA: Lippincott Williams & Wilkins.

Andrzejewski, M., Chmura, J., Pluta, B., Konarski, J. (2015). Sprinting Activities and Distance Covered by Top Level Europa League Soccer Players. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 10 (1), s. 39-50.

Aquino, R., Munhoz Martins, G. H., Palucci Vieira, L. H., & Menezes, R. P. (2017). Influence of Match Location, Quality of Opponents, and Match Status on Movement Patterns in Brazilian Professional Football Players. *Journal of strength and conditioning research*, 31(8), s. 2155-2161.

Argus, C., Nicholas, D., Keogh, J., Hopkins, W. (2013). Assessing the variation in the load that produces maximal upper-body power. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(1), s. 240-244.

Babbie, E. (2003). *Badania społeczne w praktyce*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.

Baker, D., Newton, R. (2005). Acute effect on power output of alternating antagonist and antagonist muscle exercise during complex training. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), s. 202-205.

Bakirova, A., Khabibullin, R., Bikimbetov, R., Khasanov, A., Khabibullin, I. (2019). Features of the modern method of training the bench press in power lifting for girls *Journal of Human Sport and Exercise*, 14(4), s. 535-542.

Balsalobre-Fernández, C., Kuzdub, M., Poveda-Ortiz, P., Campo-Vecino, J. D. (2016). Validity and Reliability of the PUSH Wearable Device to Measure Movement Velocity During the Back Squat Exercise. *Journal of strength and conditioning research*, 30(7), s. 1968–1974.

Bergier, J., Nowicki, P. (2008). Symetria i asymetria strzałów na bramkę w Mistrzostwach Europy w Piłce Nożnej 2004. *Rozprawy Naukowe*, 2, s. 1-9.

Bompa, T. O., Haff, G. (2010). *Periodyzacja: teoria i metodyka treningu*. Warszawa: Biblioteka Trenera.

Bompa, T.O., Buzzichelli, C. A. (2022). *Periodyzacja treningu siłowego w sporcie*. Łódź: Galaktyka.

Boone, J., Vaeyens, R., Steyaert, A., Vanden Bossche, L., Bourgois, J. (2012). Physical fitness of elite Belgian soccer players by player position. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 26, s. 2051-2057.

Bradley, P. S., Carling, C., Archer, D., Roberts, J., Dodds, A., Di Mascio, M., Paul, D., Gomez Diaz, A., Peart, D., Krustup, P. (2011). The effect of playing formation on high intensity running and technical profiles in English FA Premier League soccer matches. *Journal of Sports Sciences*, 29(8), s. 821-830.

Burda, J. (2013). *Urazy i kontuzje w młodzieżowej piłce nożnej - charakterystyka, pierwsza pomoc, diagnostyka i leczenie*. PZPN. Eskulap-Med sp.z o.o. Ostrowiec Świętokrzyski.

Calatayud, J., Casaña, J., Martín, F., Jakobsen, M. D., Colado, J. C., Gargallo, P., Juegas, Á., Muñoz, V., Andersen, L. L. (2017). Trunk muscle activity during different variations of the supine plank exercise. *Musculoskeletal Science and Practice*, 28, s. 54-58.

Castillo, F., Valverde, T., Morales, A., Pérez-Guerra, de Leóna, A. F., García-Mansoa, J. M. (2012). Maximum power, optimal load and optimal power spectrum for power training in upper-body (bench press): a reviewPotencia máxima, potencia óptima y espectro óptimo en el

entrenamiento de la potencia del miembro superior (bench press): una revisión. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 5(1), s. 18-27.

Chelly, M. S., Fathloun, M., Cherif, N., Ben Amar, M., Tabka, Z., Van Praagh, E. (2009). Effects of a back squat training program on leg power, jump, and sprint performances in junior soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(8), s. 2241-2249.

Chelly, M. S., Ghenem, M. A., Abid, K., Hermassi, S., Tabka, Z., Shephard, R. J. (2010). Effects of in-season short-term plyometric training program on leg power, jump- and sprint performance of soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), s. 2670-2676.

Choi, J. H., Kim, D. E., Cynn, H. S. (2021). Comparison of Trunk Muscle Activity Between Traditional Plank Exercise and Plank Exercise With Isometric Contraction of Ankle Muscles in Subjects With Chronic Low Back Pain. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(9), s. 2407-2413.

Christou, M., Smilios, I., Sotiropoulos, K., Volaklis, K., Pilianidis, T., Tokmakidis, S. P. (2006). Effects of resistance training on the physical capacities of adolescent soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), s. 783-791.

Cieślarczyk, M. (2006). *Metody, techniki i narzędzia badawcze oraz elementy statystyki stosowane w pracach magisterskich i doktorskich*. Warszawa: Akademia Obrony Narodowej.

Cortell-Tormo, J. M., García-Jaén, M., Chulvi-Medrano, I., Hernández-Sánchez, S., Lucas-Cuevas, Á. G., Tortosa-Martínez, J. (2017). Influence of Scapular Position on the Core Musculature Activation in the Prone Plank Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(8), s. 2255-2262.

Di Salvo, V., Baron, R., Tschann, H., Calderon Montero, F.J., Bachl, N., Pigozzi, F. (2007). Performance Characteristics According to Playing Position in Elite Soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 28(3), s. 222-227.

Frankfort-Nachmias, C., Nachmias, D. (2001). *Metody badawcze w naukach społecznych*. Poznań: Zysk i S-ka.

Gajewski, J., Michalski, R., Buśko, K., Mazur-Różycka, Staniak, Z. (2018). Countermovement depth - a variable which clarifies the relationship between the maximum power output and height of a vertical jump. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 20(1), s. 127-134.

Gozdowski, P., Żak, M., Wojdała, G., Papla, M., Królikowska, P. (2019). Analiza porównawcza wysokości wyskoku (skoczności) i poziomu generowanej mocy na przykładzie zawodniczek ekstraklasowej drużyny w piłce koszykowej. W: A. Markowski, A. Macko (red.), *Zdrowie w pojęciu biomedycznym* (s. 68-76). Kraków: *Krakowska Wyższa Szkoła Promocji Zdrowia*.

Gravina, L., Brown, F. F., Alexander, L., Dick, J., Bell, G., Witard, O. C., Galloway, S. D. R. (2017). n-3 Fatty Acid Supplementation During 4 Weeks of Training Leads to Improved Anaerobic Endurance Capacity, but not Maximal Strength, Speed, or Power in Soccer Players. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 27(4), s. 305-313.

Grycmann, P. (2018). *Wpływ mocy kończyn dolnych na szybkość startową i absolutną piłkarzy nożnych na poszczególnych etapach szkolenia sportowego*. Dysertacja doktorska. Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach.

Haff, G. G., Nimphius, S. (2012). Training Principles for Power. *Strength and Conditioning Journal*, 34(6), s. 2-12.

Haugen, T.A., Tønnessen, E., Seiler, S. (2013). Anaerobic performance testing of professional soccer players 1995–2010. *The International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8, s. 148-156.

Hernández, Y. H., García, J. M. (2013). Efectos de un entrenamiento específico de potencia aplicado a futbolistas juveniles para la mejora de la velocidad con cambio de dirección. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 31, s. 17-36.

Hoppe, M. W., Baumgart, Ch., Słomka, M., Polglaze, T., Freiwald, J. (2017). Variability of Metabolic Power Data in Elite Soccer Players During Pre-Season Matches. *Journal of Human Kinetics*, 1(58), s. 233-245.

Johnson, D., Lynch, J., Nash, K., Cygan, J., Mayhew, J. (2009). Relationship of Lat-Pull Repetitions and Pull-Ups to Maximal Lat-Pull and Pull-Up Strength in Men and Women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(3), s. 1022-1028.

Kiraga, M. (2017). Wpływ zmęczenia zawodników w wieku 18 – 30 lat na celność strzałów w piłce nożnej. *Aktywność Fizyczna i Zdrowie*, 12, s. 69-73.

Köklü, Y., Alemdaroğlu, U., Özkan, A., Koz, M., Ersöz, G. (2015). The relationship between sprint ability, agility and vertical jump performance in young soccer players. *Science and Sports*, 30, s. 1-5.

Korbolewska, O., Plenzler, M., Popieluch, M., Wychowański, M. (2012). Właściwości dynamiczne mięśni prostujących i zginających w stawie kolanowym przed i po okresie przygotowawczym u zawodowych piłkarzy nożnych. *Aktualne Problemy Biomechaniki*, 6, s. 65-74.

Leslie, K., Comfort, P. (2013). The Effect of Grip Width and Hand Orientation on Muscle Activity During Pull-ups and the Lat Pull-down. *Strength and Conditioning Journal*, 35(1), s. 75-78.

Lloyd, R. S., Radnor, J., De Ste Croix, M., Cronin, J., Oliver, J. (2016). Changes in Sprint and Jump Performances After Traditional, Plyometric, and Combined Resistance Training in Male Youth Pre- and Post-Peak Height Velocity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(5), s. 1239-1247.

Loturco, I., Nakamura, F. Y., Kopal, R., Gil, S., Abad, C. C., Cuniyochi, R., Pereira, L. A., Roschel, H. (2015). Training for Power and Speed: Effects of Increasing or Decreasing Jump Squat Velocity in Elite Young Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(10), s. 2771-2779.

Manson, S. A., Low, C., Legg, H., Patterson, S. D., Meylan, C. (2021). Vertical Forcevelocity Profiling and Relationship to Sprinting in Elite Female Soccer Players. *The International Journal of Sports Medicine*, 42(10), s. 911-916.

Marques, M. C., van den Tilaar, R., Vescovi, J. D., Gonzalez-Badillo, J. J. (2007). Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *The International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2(4), s. 414-422.

Mayntz, R., Holm, K., Hübner, P. (1985). *Wprowadzenie do metod socjologii empirycznej*. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe.

McKean, M. R., Dunn, P. K., Burkett, B. J. (2010). Quantifying the movement and the influence of load in the back squat exercise. *Journal of strength and conditioning research*, 24(6), s. 1671–1679.

Muniroglu, S. (2005) The effects of the speed function on some technical elements in soccer. *The Sport Journal*, 8(3), s. 21-26.

Pietraszewski, B., Siemiński, A., Bober, T., Struzik, A., Rutkowska-Kucharska, A., Nosal, J., Rokita, A. (2015). Lower extremity power in female soccer athletes: a preseason and in-season comparison. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 17(3), s. 129-135.

Prajzner, A. (2022). Wybrane wskaźniki wielkości efektu w badaniach psychologicznych. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio J, Paedagogia- -Psychologia*, 35(4), s. 139–157.

Quagliarella, L., Sasanelli, H., Belgiovine, G., Accettura, D., Hotarnicol, A., Moretti, B. (2011). Evaluation of counter movement jump parameters in young male soccer players. *The Journal of Applied Biomaterials & Biomechanics*, 9(1), s. 40-46.

Radzińska, M., Starosta, W. (2002). *Znaczenie, rodzaje i struktura skoczności oraz jej uwarunkowania*. Gorzów: Międzynarodowe Stowarzyszenie Motoryki Sportowej.

Różycki, W. (2015). Identyfikacja różnic w poziomie zdolności szybkościowych i wytrzymałościowo szybkościowych na przykładzie zawodników drugoligowego zespołu piłki nożnej. *Quality in Sport*, 2(1), s. 17-25.

Saeterbakken, A. H., van den Tillaar, R., Fimland, M. S. (2011). A comparison of muscle activity and 1-RM strength of three chest-press exercises with different stability requirements. *Journal of sports sciences*, 29(5), s. 533–538.

Silva, J. R., Nassis, G. P., Rebelo, A. (2015). Strength training in soccer with a specific focus on highly trained players. *Sports Medicine – Open*, 1(17).

Suarez-Arrones, L., Lara-Lopez, P., Maldonado, R., Torreno, N., De Hoyos, M., Nakamura, F. Y., Di Salvo, V., Mendez-Villanueva, A. (2019). The effects of detraining and retraining periods on fat-mass and fat-free mass in elite male soccer players. *PeerJ* 7:e7466.

Szwarc, A. (2020). *Testy sprawności fizycznej dla młodych piłkarzy*. Pomorski Związek piłki nożnej.

Tierney, P. J., Young, A., Clarke, N. D., Duncan, M. J. (2016). Match play demands of 11 versus 11 professional football using Global Positioning System tracking: Variations across common playing formations. *Human Movement Science*, 49, s. 1-8.

Vilamitjana, J. J., Heinze, G., Verde, P., Calleja-González, J. (2021). High-intensity activity according to playing position with different team formations in soccer. *ACTA GYMNICA*, 51, s. 1-5.

Wu, H.W., Tsai, C. F., Liang, K. H., Chang, Y. W. (2020). Effect of Loading Devices on Muscle Activation in Squat and Lunge. *The Journal of Sport Rehabilitation*, 29(2), s. 200-205.