

AKADEMIA WYCHOWANIA FIZYCZNEGO

im. Jerzego Kukuczki w Katowicach

Rozpawa na tytuł doktora nauk o kulturze fizycznej

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

Angelina Ignatjeva

Promotor

Dr hab. inż. Robert Rocznik prof. AWF Katowice

Wydział Wychowania Fizycznego

Katedra Teorii i Praktyki Sportu

Katowice 2023

Spis treści

Wstęp	3
1. Moc mięśniowa kończyn dolnych w treningu piłkarskim	6
2. Zdolności szybkościowe i skocznościowe w piłce nożnej	10
3. Znaczenie periodyzacji w treningu piłkarskim	18
4. Podstawy układania programu treningowego	25
5. Problem badawczy w świetle literatury światowej	35
6. Cel pracy, pytania i hipotezy badawcze	40
6.1. Materiał badawczy	41
6.2. Procedury badawcze	43
6.3. Narzędzia statystyczne	48
7. Wyniki badań	50
7.1. Podstawowe statystyki opisowe, analiza wariancji - wyciskanie	50
7.2. Podstawowe statystyki opisowe, analiza wariancji - przysiad	54
7.3. Podstawowe statystyki opisowe, analiza wariancji - wyskok pionowy z miejsca z zamachem ramion (CMJ)	58
7.4. Podstawowe statystyki opisowe, analiza wariancji - szybkość lokomocyjna	62
8. Dyskusja	67
9. Wnioski	83
Streszczenie	84
Summary	88
Bibliografia	92
Druki zwarte i źródła elektroniczne	92
Źródła internetowe:	115
Spis rycin	117
Spis tabel	118
Spis wykresów	119

Wstęp

Piłka nożna jest najpopularniejszą dyscypliną sportową na świecie i obiektem burzliwych dyskusji. Przyczyną ciągłego zainteresowania i zamięłowania do piłki nożnej przez ludzi (np. piłkarzy, trenerów, kibiców, naukowców, miłośników piłki nożnej, psychologów) jest nieustanny rozwój tej dyscypliny sportowej tak wśród mężczyzn, jak i u kobiet.

W ostatnich latach można wyraźnie zauważyć istotne zmiany w grze. Piłka nożna jest coraz szybsza pod kątem szybkości podejmowania decyzji i reagowania, szybkości postrzegania, przewidywania i wyprzedzania, szybkości działania, niż kilkanaście lat temu. Poprawiła się cykliczna i acykliczna szybkość przemieszczania się bez piłki oraz szybkość akcji z piłką, wskutek tego zawodnicy biegają podczas meczu z większą prędkością.

Piłka nożna jest dyscypliną wytrzymałościowo-szybkościową (Staniak i in., 2005), w której kluczową funkcję pełni wysoki poziom zdolności szybkościowo-siłowych (Śledziwski i in., 2005). Nieustanna maksymalizacja wyników powoduje, iż rywalizacja odbywa się z większą ilością bezpośrednich starć między zawodnikami (np. walka bark w bark, gra głową w wyskoku, zastawianie przeciwnika), wymagających od piłkarzy perfekcyjnego przygotowania motorycznego, jak również mentalnego.

Przygotowanie motoryczne jest kluczowym elementem mającym zasadniczy wpływ na wykorzystywanie umiejętności techniczno-taktycznych i skuteczne działanie piłkarza w czasie meczu (Zajac i Chmura, 2016). We współczesnym futbolu każdy zawodnik musi znajdować się na określonym pułapie motorycznym, aby prowadzić wyrównaną walkę sportową, jak również pełnić kompleksową rolę na boisku. Bramkarz musi posiadać doskonałą umiejętność gry nie tylko rękami, ale również nogami i głową, na przykład, umieć celnie podać piłkę na dużą odległość dołem, wykonywać zwody i uderzać głową. Rola obrońcy nie ogranicza się jedynie do zadań defensywnych, musi także umieć atakować ze stałych fragmentów gry (np. gra głową przy rzucie różnym). Boczni pomocnicy spełniają coraz ważniejsze funkcje w ataku poprzez wywieranie presji na obrońcach przeciwnika i tworzeniu przewagi liczebnej w kontratakach. Od napastnika wymaga się nie tylko bycia skutecznym w ataku, ale również oczekuje się aktywnego udziału w zadaniach defensywnych, dzięki którym można ograniczyć swobodę ruchów grającym piłką obrońcom lub defensywnym pomocnikom drużyny przeciwnej.

Metodyka treningu piłkarskiego również zmienia się wraz z rozwojem tej dyscypliny, dążąc do optymalizacji treningu sportowego, aby maksymalnie wykorzystać potencjał

motoryczny piłkarza (np. poprzez zindywidualizowany program treningowy) w celu poprawy wyniku sportowego. Aby mieć wgląd w diagnostykę i optymalizację procesu treningowego sztab szkoleniowy korzysta z urządzeń diagnostycznych, między innymi, z nadajników GPS (sensorów firm *Catapult OptimEye*, *Apex*, *Viper pod*), magnetometrów, żyroskopów, umożliwiających rejestrację podczas wysiłku fizycznego takich parametrów jak: dystans całkowity, ilość przyspieszeń i hamowań, bieg o wysokiej intensywności, tętno, liczba sprintów, dystans pokonany w sprincie.

Jedną ze składowych futbolu sprawiających, że piłka nożna tak niezmiennie fascynuje, jest jej holistyczność. Najmniejsza zmiana w jednej części boiska może mieć zupełnie nieoczekiwany i radykalny wpływ na wydarzenia w dowolnym innym miejscu (Wilson, 2021). Podstawą w tej dynamicznej dyscyplinie sportowej wymagającej pod względem fizycznym (czas trwania spotkania wynosi 90 minut, ewentualnie czas doliczony lub dogrywka – 120 min) jest doskonalenie zdolności motorycznych i wszechstronne przygotowanie fizyczne piłkarza. Utrzymanie tak wysokiej intensywności wysiłku fizycznego w trakcie meczu wymaga od zawodników dużej wytrzymałości mięśni i wysokiej sprawności systemu transportującego tlen (Barabasz i in., 2011). Brak lub niski spadek mocy mięśniowej zawodnika podczas intensywnego wysiłku fizycznego będzie oznaczał się wysokim poziomem tolerancji na zmęczenie.

Warto zauważyć, że amatorska piłka nożna jest uprawiana głównie dla siebie, natomiast profesjonalna piłka nożna najczęściej uprawiana jest w celu tworzenia widowiska sportowego atrakcyjnego dla sponsorów, mediów, kibiców, sympatyków, jak również dla promowania piłkarzy. Celem tych działań jest zysk finansowy, sława i popularyzacja piłki nożnej na świecie. Komercjalizacja dyscypliny powoduje rosnące wymagania wobec sztabu trenersko-medycznego i zawodników, konieczność coraz lepszego przygotowania motorycznego zawodowych piłkarzy szczególnie z powodu rosnącej liczby meczów w sezonie i nieustannie zwiększający się poziom sportowy gry (Kalinowski i in., 2017). Na przykład, w skali światowej proponowane są zmiany przez *Międzynarodową Federację Piłkarską* (FIFA) dotyczące zwiększenia częstotliwości organizacji mistrzostw świata w piłce nożnej (co dwa lata). Dla zawodnika udział w turniejach najwyższego szczebla jest znakomitą okazją do wypromowania się i na dalszy rozwój kariery piłkarskiej. Natomiast większa ilość

rozgrywanych meczów wpływa na stale rosnącą liczbę kontuzji (najczęściej kontuzje mięśni) związanych z uprawianiem tej dyscypliny sportowej wśród zawodowych piłkarzy.

W piłce nożnej nieustanne dążenie do wykorzystania maksymalnego potencjału motorycznego zawodnika wymaga odpowiedniego przygotowania szybkościowo-siłowego, które wpływa na wydolność układu krążenia i układu oddechowego. Trening szeroko pojętej siły mięśniowej jest jednym z kluczowych elementów w kształtowaniu poszczególnych zmiennych motorycznych w piłce nożnej, gdyż wysoki poziom siły i mocy mięśniowej pomaga w ulepszeniu umiejętności piłkarskich. Ponadto odpowiednio speriodyzowany trening siły mięśniowej jest również jednym z kluczowych elementów minimalizujących ryzyko wystąpienia urazów.

Przedstawione powyżej rozważania przyczyniły się do podjęcia w niniejszej pracy problematyki związanej z aspektem przygotowania motorycznego zawodników drugiego poziomu rozgrywek w Polsce. Przedmiotem badań była analiza wpływu treningu siłowego na moc kończyn dolnych, szybkość lokomocyjną i skoczność piłkarzy nożnych pierwszej ligi polskiej.

1. Moc mięśniowa kończyn dolnych w treningu piłkarskim

Zdolność do generowania siły mięśniowej z jednoczesnym wysokim tempem ruchu, odgrywa znaczącą rolę w wielu dyscyplinach sportu (Wilk, Gołaś, Zając, 2016). Moc mięśniowa kończyn dolnych jest potrzebna praktycznie w każdym elemencie gry w piłkę nożną (np. przyspieszenia, hamowania, prowadzenia piłki, podania i przyjęcia piłki toczącej się, w powietrzu lub z powietrza (podeszwą/ wewnętrzną częścią stopy/zewnętrzną częścią stopy/prostym podbiciem/zewnętrznym podbiciem/udem, strzały, odbiór piłki nogą (np. wślizg), zwody i drybling). W piłce nożnej fundamentalnym elementem jest kształtowanie odpowiedniego poziomu mocy mięśniowej, jaką uzyskuje zawodnik (Sieron i in., 2017).

Moc mięśniowa najczęściej określana jest jako produkcja siły i prędkości ($P=f \times V$), jako wielkość wytwarzanej pracy przez jednostkę motoryczną w określonej jednostce czasu lub jako prędkość generowania skurczu mięśniowego. W wielu opracowaniach moc mięśniowa charakteryzowana również jako relacja pomiędzy siłą, pokonywanym dystansem i czasem zaangażowania w wykonywaną czynność:

$$Moc = \frac{\text{siła} \times \text{przesunięcie}}{\text{czas}}$$

(Zając, Chmura, 2016).

Generowana moc mięśniowa zależy od liczby jednostek motorycznych zaangażowanych w skurcz oraz od tempa, z jakim włókna są pobudzane (Wilk i in., 2016). Trening ukierunkowany na poprawę mocy mięśniowej piłkarzy ma wiele zalet. Wysoki poziom siły i mocy mięśniowej określonych grup mięśni, zwłaszcza mięśni kończyn dolnych, jest jednym z atrybutów piłkarza i zarazem gwarantem kształtowania innego rodzaju zdolności, stanowiąc swoiste podłoże dla szybkości czy też wytrzymałości mięśniowej (Bangsbo, 1999). Od siły i mocy mięśniowej rozwijanej szczególnie przez kończyny dolne, górne i tułów, zależą nie tylko błyskawiczne przyspieszenia i duża szybkość biegu piłkarza, ale także różnorodne, sprawne poruszanie się we wszystkich kierunkach (Trzaskoma, 2020). Zdolność szybkiego uzyskiwania i utrzymania dużej mocy mięśniowej decyduje również w znacznym stopniu o końcowym wyniku w piłce nożnej (Stankiewicz, Cieślicka, 2013).

Nie ulega wątpliwości, że kończyny dolne są szczególnie ważne dla tej grupy zawodowej a jednocześnie jest to część ciała najbardziej narażona na kontuzje i urazy (Gorwa i in., 2017). Urazy kończyn dolnych są najczęstsze i w większości przypadków nie są spowodowane kontaktem z innym zawodnikiem (Wong, Hong, 2005; Emery, Meeuwisse, 2006; Leininger, Knox, Comstock, 2007). Z danych opublikowanych przez PZPN wynika, że nawet do 80% wszystkich urazów w piłce nożnej to są urazy kończyn dolnych (Burda, 2013). W głównej mierze to są naderwania ścięgien, stłuczenia goleni, naciągnięcie mięśni tylnej strony uda, nadwyrężenie pachwiny i skręcenie stawu kolanowego (Chaciński, 2016). Urazy stawu skokowego stanowią 16-29% urazów kończyn dolnych (Wong, Hong, 2005; Le Gall, Carling, Reilly, 2008). W najwyższych ligach europejskich w większości wypadków urazów jest naciągnięcie mięśni tylnej strony uda (Chaciński, 2016).

Odpowiednie przygotowanie motoryczne (wysoki poziom siły i mocy mięśniowej) zwiększa bezpieczeństwo gry i może zminimalizować szansę doznania urazu przez zawodnika (Widuchowski J., Widuchowski W., 2005; Garlicki i in., 2006; Korpanty i in., 2017).

Zdaniem Gołasia i Zająca (2016) planowanie i programowanie treningu bez właściwego określenia wyjściowego poziomu siły i mocy mięśniowej zawodnika stanowi znaczne ograniczenie możliwości wykorzystania nawet najlepiej przygotowanych planów treningowych. Prawidłowy dobór obciążeń zewnętrznych, przerwy wypoczynkowej, ilości serii i powtórzeń, ćwiczeń i kolejności ich realizacji – umożliwiał trenerom maksymalnie skutecznie przygotować piłkarza do udziału w meczach oraz osiągnąć wysokie wyniki sportowe.

W literaturze przedmiotu wiarygodność narzędzi badawczych dla pomiaru siły i mocy mięśniowej oraz określeniu optymalnego obciążenia w generowaniu siły i mocy mięśniowej kończyn dolnych poddano szczegółowej analizie. Dla określenia pomiaru siły i mocy mięśniowej i określeniu optymalnego obciążenia w generowaniu siły i mocy mięśniowej kończyn dolnych za pomocą ćwiczeń wielostawowych z odbicia obunóż wykorzystywano takie testy jak: skok w dal (Ortega i in., 2008), skok z rozbiegu (Lipińska, Michalski, 2011), przysiad z wyskokiem w górę (Stone i in., 2003; Ortega i in., 2008), wyskok pionowy z miejsca zamachem ramion (ang. *countermovement jump*, *CMJ*) (Gil i in., 2007; Stone i in., 2003; Lipińska, Michalski, 2011; Quagliarella i in., 2011; Nuzzo, Anning i Scharfenberg, 2011; Mazur-Różycka, 2017; Gorwa i in., 2017) i bez zamachu ramion (Stone i in., 2003; Gil i in., 2007; Quagliarella i in., 2011; Gajewski i in., 2018), półprzysiad (Izquierdo i in., 2002), przysiad z sztangą przy użyciu trenażera siłowego *Smith* (Siegel, Gilders, Staron, Hagerman, 2002; Clark, Bryant, Humphries, 2008), wyprost nóg z przysiadu do pozycji stojącej przy

użyciu urządzenia *Keiser Air Squat z modulem diagnostycznym A300* (Grycmann, 2018), wyciskanie nogami przy użyciu urządzenia *Keiser Leg Press z modulem diagnostycznym A420* (LeBrasseur, Bhasin, Miciek, Storer, 2008; Drozd, 2020) i wyciskanie nogami przy użyciu trenera siłowego *Plyo Press machine* (Loturco i in., 2015).

Odpowiednia diagnostyka poparta właściwie speriodyzowanym mezocyklem (makrocyklem - według Bompuy i Haff'a, 2010) skutkuje wzrostem mocy mięśniowej, który można uzyskać poprzez odpowiednie modelowania treningu zarówno wysokimi, jak i niskimi obciążeniami zewnętrznymi w zależności od etapu w jakim zespół się znajduje w trakcie trwania makrocyklu (rocznego planu treningowego - według Bompuy i Haff'a, 2010) (Wilk, Gołaś, Zajac, 2016). W literaturze przedmiotu najwyższe wartości tempa narastania mocy mięśniowej dla kończyn dolnych są rozległe i wahają się od 45-85% 1RM (Siegel i in., 2002; Izquierdo i in., 2002; Drozd, 2020). Rozległość wyników zależy w szczególności od doświadczenia zawodników, stażu treningowego oraz rodzaju ćwiczeń (np. wielostawowych lub izolowanych, bilateralnych lub unilateralnych) (Baker, Nance, Moore, 2001; Newton, Dugan, 2002; Kawamori, Haff, 2004; Soriano, Jiménez-Reyes, Rhea, Marín, 2015; Mora-Custodio i in. 2016; Iversen i in. 2017). Z analizy nad optymalnym obciążeniem treningowym dla rozwijania siły i mocy mięśniowej przeprowadzonej przez Kawamori i Haff (2004) wynika, że obciążenia zewnętrzne dla osób nie wytrenowanych, z wykorzystaniem ćwiczeń izolowanych, dla kończyn górnych zazwyczaj są mniejsze 30-50% 1RM, niż dla osób dobrze wytrenowanych, z wykorzystaniem ćwiczeń wielostawowych, dla kończyn dolnych, dla których obciążenia zewnętrzne mają tendencje być większymi 45-70% 1RM. Wnioski te potwierdza również praca badawcza Izquierdo i in. (2002), w której moc szczytowa dla kończyn górnych odnotowana była w przedziale od 30 do 45% 1RM, a moc szczytowa dla kończyn dolnych przy wyższych obciążeniach zewnętrznych od 45 do 60% 1RM w zależności od badanej grupy sportowej.

Warto zwrócić uwagę, że piłkarz poziomu mistrzowskiego musi operować się piłką obiema kończynami. Z wyników badań Bergiera i Nowickiego 2008 r. nad symetrią i asymetrią strzałów na bramkę w Mistrzostwach Europy w piłce nożnej 2004 roku wykazano słabe przygotowanie symetryczne piłkarzy. Zaledwie 20% zawodników posiadało umiejętności strzałów podczas gry zarówno prawą, jak i lewą kończyną. Wyniki badań wykazały, że

dominującą kończyną jest prawa, którą charakteryzuje 68,5% celności strzałów, przy 31,6% celności strzałów kończyną lewą.

Zastosowanie w treningu ćwiczeń unilateralnych odzwierciedla specyfikę rywalizacji w piłkę nożną (wzorzec biegu), ponadto umożliwia wyrównanie asymetrii i zmniejsza ryzyko odniesienia urazu. Wobec tego coraz częściej można zauważyć w treningu siłowym zastosowanie ćwiczeń unilateralnych (np. przysiady jednonóż) mających wpływ na stabilizację i poprawę koordynacji śródmięśniowej i międzymięśniowej (Betterway, 2020). Natomiast ćwiczenia bilateralne (np. przysiady z sztangą) angażują zarówno prawą jak i lewą stronę ciała, jak również wpływają na stabilność (np. stawu kolanowego, stawu skokowego, kompleksu lędźwiowo-miedniczno-biodrowego) (Delavier, 2010; Kmiecik, 2020) W związku z tym, symetryczny rozwój sprawności obu stron ciała ma ogromny wpływ na wynik sportowy (Starosta, Kukuła, Rynkiewicz, 2011).

2. Zdolności szybkościowe i skocznościowe w piłce nożnej

Współczesna piłka nożna odznacza się coraz większą dynamiką poczynąń zawodników na boisku w aspektach motorycznym i techniczno-taktycznym (Grycmann, Szyngiera, 2017). W nowoczesnej piłce nożnej istotne znaczenie odgrywają wysiłki krótkotrwałe (np. wyskoki, nagłe kilkumetrowe zrywy, zmiany tempa i kierunku biegu, błyskotliwe wślizgi, szybkie wykonanie zwodów, efektowne dryblingi) i ich ilość wykonywanych z maksymalną (sprinty z piłką lub bez piłki) i wysoką intensywnością (np. kontratak) podczas meczów piłkarskich (Chmura, 2001; Andrzejewski, Chmura, Pluta, Konarski, 2015). Podejmowanie takich czynności jak sprinty, starty do piłki, strzały do bramki, wyskoki do uderzenia głową, doskoki do zawodnika przy kryciu wymagają wysokiego poziomu zdolności siłowych, szybkościowych i skocznościowych (Chmura, 2001). Zdolności szybkościowe określają możliwości organizmu w zakresie przemieszczenia całego ciała lub jego części w przestrzeni w jak najkrótszym czasie (Osiński, 2000).

Szybkość w piłce nożnej, to jedna z wiodących i rozstrzygających zdolności o końcowym wyniku meczu, bowiem ten kto nawet o kilkanaście milisekund jest szybciej przy piłce, może okazać się strzelcem decydującym o zwycięstwie bramki lub przeszkodzić w jej zdobyciu (Chmura, 2001). Definiuje się ją jako zdolność do wykonywania ruchów w najmniejszych odcinkach czasu (Starzyński, Sozański, 1995). Szybkość przejawia się w postaci trzech składowych: czasu reakcji (czas reagowania lub czas utajonego okresu reakcji), czasu ruchu prostego (szybkości ruchu) i częstotliwości ruchu (Chmura, 2016). W rozumieniu motoryczności człowieka szybkość ma tylko jeden wymiar: czas (s) (Chmura, 2001).

Szybkość w czystej postaci praktycznie nie występuje. Jej zewnętrzny obraz – szybkość wykonania ruchu – zawsze uwarunkowany jest nie tylko właściwościami szybkościowymi, lecz także innymi zdolnościami (Starzyński, Sozański, 1995). Szybkość w jakimkolwiek ruchu wykorzystuje pewne zasoby siły i jest nierozdzielnie połączona z przejawami tej cechy (Marciniak, Lewandowski, 2014).

Szybkość jest zdolnością wrodzoną, uwarunkowaną genetycznie w znacznie większym stopniu niż siła i wytrzymałość (Chmura, 2016). Według Chmury, zakres poprawy

zdolności szybkościowych danego osobnika jest ściśle związany z predyspozycjami (jak również talentem) do wysiłków krótkotrwałych wykonanych z najwyższą intensywnością.

Szybkość piłkarza jest zdolnością złożoną, składającą się z wielu psychofizycznych zdolności cząstkowych (subzdolności) – zarówno poznawczych jak i motorycznych. Do poznawczych subzdolności zalicza się: szybkość reagowania, szybkość podejmowania decyzji, szybkość postrzegania (percepcji), przewidywania (antycypacji) i szybkość działania. Natomiast do motorycznych subzdolności odnosi się: cykliczna i acykliczna szybkość przemieszczania się bez piłki oraz szybkość akcji z piłką (Chmura, 2001).

Szybkość przemieszczania się (szybkość lokomocyjna) jest to zdolność do wykonania cyklicznych i acyklicznych ruchów bez piłki w wysokim tempie (Weineck, 1994). Zdaniem Sozańskiego i Śledziewskiego (1993) szybkość lokomocyjna przejawiana przez piłkarza w czasie gry uzależniona jest od kilku czynników, w szczególności od poziomu siły i wytrzymałości, proporcji budowy ciała, techniki ruchu, uzdolnień ruchowych, stanu psychicznego, warunków zewnętrznych i uwarunkowań genetycznych.

W piłce nożnej szybkość przemieszczania się bez piłki dzieli się na szybkość acykliczną i cykliczną. Acykliczna szybkość przemieszczania się bez piłki przejawia się w pojedynczych akcjach (np. w skokach, w grze bramkarza, w nagłym zatrzymaniu biegu, w zwodach ciałem). Szybkość ta w dużej mierze powiązana jest z szybkością prowadzenia akcji z piłką, szybkością reagowania i z szybkością pojedynczego ruchu (Chmura, 2001). Cykliczna szybkość przemieszczania się bez piłki podczas gry przejawia się w formie sprintów, przyspieszeń i zrywów. Według Weineck (1994) szybkość ta składa się z szybkości zrywowej, wytrzymałości szybkościowej i wytrzymałości sprinterskiej.

Szybkość (obok siły i wytrzymałości) jest jedną z najważniejszych zdolności motorycznych współczesnego piłkarza. Odgrywa ona wiodącą rolę w skutecznym prowadzeniu gry (tak w obronie, jak i w ataku) i w bezpośrednich pojedynkach z przeciwnikiem. Dominujące znaczenie ma szybkość w sprintach bez piłki, sprintach zawodnika do piłki i od piłki i dryblingach. Szybkość uzależniona jest między innymi od: siły mięśniowej, rodzaju włókien mięśniowych i ich właściwości morfologicznych i fizjologicznych, poziomu zmęczenia, zaopatrzenia energetycznego mięśni, stanu rozgrzania mięśni, dyspozycji psychicznej, ruchliwości procesów nerwowych, elastyczności i zdolności mięśni do rozluźniania (Chmura, 2001).

Wyżej wymienione zdolności psychomotoryczne (poznawcze i motoryczne) istotnie wpływają na poziom mistrzostwa sportowego i przejawiają się przy użyciu w operowaniu piłki kończynami dolnymi (np. strzały na bramkę, dośrodkowania) (Chmura, 2001; Grycmann, Szyngiera, 2017).

Umiejętność szybkiego rozwijania prędkości i wielokrotnego jej powtarzania, to obecnie podstawowe wymagania w piłce nożnej (Sieroń i in., 2017). Przemieszczanie się piłkarza po boisku odbywa się ze zmienną prędkością, a w trakcie spotkania całkowity dystans przebiegnięty przez jednego gracza najwyższej klasy wynosi od 9 do 14 kilometrów (Mohr, Krusturp, Bangsbo, 2003; Barros i in., 2007; Rampinini, Coutts, Castagna, Sassi, Impellizzeri, 2007; Bradley i in., 2009; Andrzejewski i in., 2013; Bradley, Mascio, 2013).

Piłka nożna charakteryzuje się nieregularnymi, powtarzalnymi, pojedynczymi aktywnościami trwającymi od 1 do 10 sekund (Chmura, 2001) i zmieniającymi się co 4-6 sekund (Mohr i in., 2003). Badacze wykazali, że w trakcie meczu piłkarskiego zawodnicy klasy mistrzowskiej międzynarodowej wykonują około 1330 czynności ruchowych, w tym około 220 biegów z wysoką prędkością (Mohr, Krusturp, Bangsbo, 2005; Di Salvo i in., 2007; Rampinini i in., 2007; Barros i in., 2007). Badania Di Salvo i in. 2009 wykazały, iż piłkarze najwyższej klasy rozgrywkowej w Hiszpanii podczas meczu wykonują od 3 do 40 sprintów. Natomiast piłkarze polskiej ekstraklasy w sezonie 2020/2021 średnio wykonują od 8 do 18 sprintów podczas meczu (Ekstraklasa, 2020). Średnio podczas meczu piłki nożnej na najwyższym poziomie zawodnicy wykonują wysiłki o wysokiej intensywności co 60 sekund i wykonują biegi sprinterskie co 4 minuty (Reilly, Drust, Clarke, 2008). Z badań Andrzejewskiego i in. (2015) wynika, że średnia długość sprintu piłkarzy podczas meczów Ligi Europy UEFA wynosi około 20 metrów.

Potencjał szybkościowy w nowoczesnym modelu gry pozwala na grę w komforcie psychomotorycznym (Chmura, 2001). Badacze wykazali, iż pomiędzy początkowymi i kończącymi 15 minutowymi sekwencjami gry zmniejsza się liczba sprintów i średniej wartości ich maksymalnej prędkości (Mohr i in., 2003; Chmura, 2006; Bangsbo i in. 2006). Z badań Di Salvo i in. 2007 nad charakterystyką działań wśród 300 hiszpańskich piłkarzy najwyższej klasy rozgrywkowej wynika, że statystycznie istotny większy dystans był pokonany przez zawodników w pierwszej połowie meczów w porównaniu do drugiej połowy podczas umiarkowanej intensywności (11.1-19km/h). Natomiast z badań Mohr i in. 2003 wynika, że w

ostatnich 15 minutach spotkania zaobserwowano zauważalny spadek intensywności gry od 14 aż do 45% w stosunku do pierwszych 15 minut. Sportowiec, który pod wpływem intensywnego wysiłku będzie osiągał wysokie prędkości biegu, przy braku lub niskim spadku mocy będzie odznaczał się wysokim poziomem tolerancji na zmęczenie (Sieroń, 2017).

Najczęściej stosowaną metodą kształtowania szybkości jest metoda powtórzeniowa (Stępień i in. 2013), która polega na wielokrotnym powtarzaniu wysiłku i zastosowaniu optymalnej przerwy aktywnego wypoczynku do odbudowy fosfokreatyny (Chmura, 2016). Naczelnym zaś zadaniem metody powtórzeniowej w treningu szybkości jest dążenie do przekroczenia przez ćwiczącego jego maksymalnej prędkości w danym ruchu (zadaniu) (Starzyński, Sozański, 1995). W rozwijaniu zdolności szybkościowych u zawodników gier zespołowych stosuje się różne warianty metody powtórzeniowej: z maksymalną intensywnością wysiłku, z submaksymalną intensywnością wysiłku, z narastającą intensywnością wysiłku, ze zmienną intensywnością wysiłku i ze zmianą oporu (Chmura, 2016). Natomiast głównymi środkami kształtowania szybkości są ćwiczenia wykonywane z maksymalną lub prawie maksymalną intensywnością (Starzyński, Sozański, 1995).

W metodzie powtórzeniowej istotną rolę odgrywają przerwy wypoczynkowe, które powinny zapewnić optymalny poziom wypoczynku (Starzyński, Sozański, 1995). Ważnym aspektem w kształtowaniu szybkości jest prawidłowe ustalenie proporcji pomiędzy czasem pracy i odpoczynku (Stępień i in., 2013). Przerwy wypoczynkowe nie powinny być zbyt długie, tak by zawodnik mógł rozpocząć następne ćwiczenie jeszcze w momencie podwyższonej pobudliwości (Starzyński, Sozański, 1995).

Do oceny poziomu szybkości lokomocyjnej służą testy biegowe (po linii prostej) na krótkich dystansach (5m - 30m) o różnej długości przerw wypoczynkowych między powtórzeniami (Silvestre i in., 2006; Turner i in., 2011; Jastrzebski i in. 2013; Haugen, Tønnessen, Seiler, 2013; Loturco i in., 2015; Rouissi i in., 2017; Hoppe i in., 2017; Gravina i in., 2017).

Podczas kształtowania szybkości rozwijana jest siła eksplozywna, przede wszystkim jako efekt często powtarzanych startów z miejsca (Markovic i in., 2007). Szybkość zawodników zespołowych gier sportowych uzależniona jest od siły mięśniowej, zwłaszcza od siły eksplozywnej (Chmura, 2016). Im to pozwala na wygenerowanie maksymalnej mocy, która ma wpływ na poprawę wyników w biegach krótkich (Čoh, Babic, Maćkała, 2010). Do analizy uwarunkowań szybkości lokomocyjnej stosuje się często ćwiczenia sprinterskie (Starzyński, Sozański, 1995), ćwiczenia siłowo-skocznościowe (Marciniak, Lewandowski, 2014)

wykonywane w sposób dynamiczny. Ćwiczenia dynamiczne o charakterze skocznościowym (wyskoki pionowe i skoki poziome) odpowiadają za przeniesienie sprawności uzyskanej podczas ich wykonywania na skuteczność biegu sprinterskiego (Maćkała, 2015). Sposób wykonania ćwiczeń dynamicznych (z pozycji wykroczonej) i ich analiza biomechaniczna w połączeniu z oceną techniki biegu wspomagają proces podnoszenia na coraz wyższy poziom szybkości (Maćkała, 2015). Warto zaznaczyć, że w ostatnich latach najszybszym piłkarzem świata jest francuski piłkarz Kylian Mbappe, który osiąga największe prędkości na boisku - 38 km/h (RK, 2018).

Trudno znaleźć dyscyplinę sportu, w której nie spotkalibyśmy rozmaitych przejawów skoczności (Kwasek, 2018). Duży poziom skoczności jest ostatecznym efektem przygotowania szybkościowo-siłowego, charakterystycznego dla różnych działań w sporcie (Starzyński, Sozański, 1995). W świetle współczesnych poglądów, strukturę skoczności można określić jako kompleks motoryczny złożony z siły, szybkości i koordynacji ruchowej (Radzińska, Starosta, 2002). W piłce nożnej zdolności skocznościowe spełniają rolę uzupełniającą we wszechstronnym przygotowaniu motorycznym zawodnika (Radzińska, Starosta, 2002), jednakże pojawiają się one w wielu elementach działań ruchowych piłkarzy.

Podczas meczu piłkarskiego niezwykle ważną rolę odgrywa zdolność do dynamicznego przemieszczania się w przestrzeni – z wyraźnie zaznaczoną fazą lotu. W sytuacjach meczowych bramkarz wykonuje stałe fragmenty gry (rzut od bramki, rzut wolny pośredni i bezpośredni) podając piłkę od bramki nogą z powietrza (wolej i półwolej) do swojego zawodnika biegnącego w kierunku bramki przeciwnej. O spadającą piłkę podaną od bramki przez bramkarza zawodnik (np. środkowy pomocnik lub ofensywny pomocnik) najczęściej walczy w pojedynku główkowym. Zawodnik nie ma wówczas kontaktu z podłożem, nie może zmienić trajektorii ruchu, na ogół musi jednak wykonywać złożone nieraz zadania, wynikające z warunków i przebiegu walki sportowej (Sozański, 1995). W piłce nożnej skoczność przejawia się w grze podczas walki o piłkę w powietrzu jako element gry głową w wyskoku (pojedynki główkowe, uderzenia głową w wyskoku na bramkę), w grze bramkarza (parady bramkarskie) lub podczas bronienia (w murze). Wysokość wyskoku jest parametrem pożądanym i odpowiada ona za końcowy wynik w sposób pośredni (Struzik, Pietraszewski, 2010). Z analizy przeprowadzonej przez Andrzeja Sorokę Mistrzostw Świata w 2010 roku w RPA wynika, że

strzały głową zajmują trzecią pozycję najskuteczniejszych sposobów uderzeń, wykorzystanych do strzałów zakończonych bramką (19,6%), po uderzeniach wewnętrznym podbiciem (26,6%) i wewnętrzną częścią stopy (42%), wyprzedzając uderzenia prostym podbiciem (8,3%) (Soroka, 2013; Grycmann, Szyngiera 2017).

Jest wiele prób określenia pojęcia – skoczność. W literaturze przedmiotu definiuje się ją różnorodnie: umiejętność, zdolność, rodzaj sprawności lub moc. Jedną z pierwszych prób określenia skoczności jest klasyczna definicja Joselaniego z 1956 roku: *«umiejętność wydzwignięcia swojego ciała na pewną wysokość przez odbicie się o podłoże»*. Natomiast zgodnie ze współczesną definicją Sozańskiego i Śledziewskiego (1993) *«skoczność wyraża moc pracy mięśniowej i określa zdolność przemieszczania ciała w przestrzeni poprzez fazę lotu „najwyżej i najdalej” zależnie od zaistniałej sytuacji ruchowej»*.

Należy wziąć pod uwagę, że skoczność (proporcjonalna do wykonanej pracy) i moc (równa stosunkowi pracy do czasu jej wykonania) są różnymi wielkościami. Czas jest kluczowym parametrem, który je różnicuje. W przypadku skoczności, im dłuższy (w zakresie możliwości działania układu ruchu człowieka), tym większa wysokość wyskoku. W przypadku mocy im krótszy, tym większa wartość mocy (Trzaskoma Z., Trzaskoma Ł., 2001).

Ponadto skoczność mieści się między siłą i szybkością - licząc, że swoista funkcja treningu tych cech podstawowych da oczekiwaną postać sprawności - właśnie skoczność (Starzyński, Sozański, 1995). Skoczność nie ćwiczona i nie rozwijana systematycznie z nastawieniem na osiągnięcie maksymalnych rezultatów w skokach wzrasta prawie równoległe i proporcjonalnie z rozwojem siły i szybkości (Bulera, Dembna, 1994).

Skoczność to wieloczynnikowa cecha motoryczna uwarunkowana nie tylko siłą i szybkością (dwie cechy podstawowe), ale również budową i proporcjami ciała zawodnika, poziomem rozwoju koordynacyjnych mechanizmów neuromięśniowych oraz elastycznością mięśni biorących udział w ruchach związanych z odbiciem (Mała Encyklopedia Sportu, 1984; Sozański, 1995). Będąc naturalną składową modelu przygotowania sprawnościowego, winna być docelowo kształtowana pod kątem konkretnych – charakterystycznych dla różnych dyscyplin i konkurencji – zadań, tak by najlepiej służyć ich realizacji, podnosić efektywność ich wykonania (Starzyński, Sozański, 1995).

Skoczność kształtuje się głównie metodą powtórzeniową, dążąc przede wszystkim do: zwiększenia tzw. siły eksplozywnej mięśni biorących udział w odbiciu, umiejętności angażowania do pracy optymalnej liczby jednostek motorycznych tych mięśni, opanowania umiejętności wykonywania bardzo szybkich ruchów w formie zbliżonej do wyskoku i angażowania do nich możliwie największej mocy mięśni (Sozański, 1995; Kwasek, 2018).

Przez długi czas w wielu dyscyplinach sportowych, zarówno w piłce nożnej i w praktyce wychowania fizycznego skoczność najczęściej mierzona jest za pomocą wyskoku pionowego z miejsca (Sozański, 1995; Lasocki, 1998) z zamachem ramion (*CMJ*) (Stone i in., 2003; Gorwa i in., 2007; Gil i in., 2007; Lipińska i Michalski, 2011; Quagliarella i in., 2011; Nuzzo i in., 2011; Loturco i in., 2015; Mazur-Różycka, 2017) i bez zamachu (Stone i in., 2003; Gil i in. 2007; Gorwa i in., 2007; Quagliarella i in., 2011; Gajewski i in., 2018). Warto podkreślić, że w wyskoku bez zamachu dłonie spoczywają na biodrach podczas trwania wyskoku (*akimbo countermovement jump*, *ACMJ*). Niewątpliwą zaletą testu wykonywanego za pomocą wyskoku pionowego (z zamachem i bez zamachu) jest dokładność pomiaru, prostota wykonania oraz minimalne oddziaływanie na organizm badanego (Rynkiewicz M., Rynkiewicz T., 2019). Wiele badaczy stwierdziło wysoką stabilność wyników zebranych za pomocą wyskoku pionowego (Gil i in., 2007; Loturco i in., 2015). Wysokość wyskoku i maksymalną moc mięśniową kończyn dolnych mierzono również za pomocą wyskoku z przysiadu (ang. *squat jump* - *SJ*) (Stone i in., 2003; Gil i in., 2007), wyskoku w górę po zeskoku z pewnej wysokości (ang. *drop jump* - *DJ*) (Gil i in., 2007), wyskoku pionowego z rozbiegu (ang. *bilateral countermovement jump* - *BCMJ*) (Lipińska, Michalski, 2011), wyskoku z nabiegu do ataku (ang. *three spike jump* - *SPJ*) (Buśko, Szulc, Kołodziejczyk, 2014; Mazur-Różycka, 2017).

W praktyce gier zespołowych do oceny poziomu skoczności stosuje się najczęściej testy na platformie sił reakcji podłoża innymi słowami na platformie dynamometrycznej (np. firmy *KISTLER*) (Stępień i in., 2013). Dla przykładu: wyniki wysokości wyskoku pionowego z miejsca u piłkarzy ekstraklasy i w I lidze polskiej są w przedziale od 38 do 58 cm (średnia wysokość w skoku - 50 cm), aczkolwiek u mężczyzn polskiej ekstraklasy w koszykówce wysokość wyskoku pionowego jest wyższa i wynosi od 41 cm do 65 cm (średnia wysokość w skoku - 53 cm) (Bompa, Zając, Waśkiewicz, Chmura, 2013). Warto zwrócić uwagę, że

Ugandyjczyk Bevis Mugabi (szkocki obrońca) w 2021 roku podczas meczu strzelił gola po uderzeniu głową na wysokości 2,62 m, odrywając się od ziemi na 75 cm (The Football Arena, 2021). Natomiast w 2019 roku Portugalczyk Cristiano Ronaldo strzelił gola po uderzeniu głową na wysokości 2,56 m, odrywając się od ziemi na 71 cm i przebywając w powietrzu sekundę (ONET, 2019). Średni wyskok pionowy (z nabiegnięcia) koszykarzy amerykańskiej ligi zawodowej wynosi również 71 cm (Dobosz, 2019). Najwyższy wyskok maksymalny zanotowany u koszykarza pochodzącego z Francji/Algierii Kadoura Zianiego - 142 cm (Michael Jordan – 122 cm) (GwiazdyBasketu, 2013).

Istotny wpływ na zależność między skocznością, a mocą ma technika wyskoku, której kluczowym przejawem jest obszerność zamachu, tzn. głębokość zejścia (Saez de Villarreal, Requena, 2013; Gajewski i in., 2018). Z badań Gajewskiego i in. (2018) wynika silna zależność pomiędzy głębokością zejścia a mocą maksymalną rozwijaną podczas wyskoku pionowego z miejsca z zamachem (*CMJ*). Niejednokrotnie przy najgłębszych zejściach osiąga się największą wysokość wyskoku, a rozwijana moc jest z reguły najmniejsza (Gołaś, Zając, 2016).

Wartościową informacją dla sztabu szkoleniowego może okazać się porównanie wysokości wyskoku z zamachem do wyskoku bez zamachu. Z analizy porównawczej Gozdowskiego i in. 2019 nad wysokością wyskoku a poziomem generowanej mocy koszykarek z ekstraklasowego klubu sportowego wynika, że wartość maksymalna wyskoku z zamachem wynosi 47,2 cm i jest wyższa niż w wyskoku bez zamachu (37,8 cm). Średnia wysokość wyskoku z zamachem wynosi 37,3 cm i jest również wyższa niż w wyskoku bez zamachu 31,3 cm. W literaturze przedmiotu, różnica w uzyskanych wartościach pomiędzy tymi wyskokami mieści się w przedziale od 3 do 8-10 cm na korzyść wyskoku z zamachem (Gołaś, Zając, 2016). W praktyce sportowej często zdarza się sytuacja, w której wysokości te są identyczne, co świadczy o braku umiejętności wykorzystania zamachu przez zawodnika (Gołaś, Zając, 2016). Brak umiejętności wykorzystania zamachu stanowi poważne ograniczenie techniki ruchu, a dalszy proces szkolenia powinien być związany z wyrównaniem braków w technice ruchu (Gozdowski i in., 2019).

3. Znaczenie periodyzacji w treningu piłkarskim

Jednym z zasadniczych problemów teorii treningu jest jej periodyzacja. Stanowi ona fundament treningu, planu treningowego zawodnika. Termin «*periodyzacja*» pochodzi od greckiego słowa «*periodos*», które oznacza «*okres, czas, po którym zjawisko powtarza*» (Słownik języka polskiego PWN, 2022). Natomiast w słowniku współczesnego języka polskiego termin «*periodyzacja*» określany jest jako «*wydziałanie okresów, faz itp. na podstawie określonych wyznaczników*». Według Bompuy i Haff'a (2010) periodyzacja jest metodą dzielenia treningu na mniejsze i łatwe do zarządzania części, które określa się mianem faz treningu.

Rozłożenie faz treningu ma na celu pobudzanie adaptacji fizjologicznej i psychicznej w takiej kolejności, by stopniowo rozwijać specjalne składniki czynności (fizyczne, techniczne i taktyczne) niezbędne do osiągnięcia coraz lepszych wyników przez sportowca. Ułożenie tych zadań w odpowiedniej kolejności jest niezbędne, gdyż nie jest możliwe utrzymanie zdolności fizjologicznych i psychicznych sportowca na najwyższym poziomie w ciągu całego roku treningowego (Bompa, Haff, 2010). Główną zasadą periodyzacji jest zmiana objętości oraz intensywności treningu w celu osiągnięcia założonego celu szkoleniowego (Rippetoe, Baker, Bradford, 2019).

Periodyzację można rozważać w kontekście dwóch istotnych aspektów treningu:

1. Periodyzacja dzieli plan roczny na krótsze fazy treningu, dzięki czemu łatwiej zarządzać programem treningów i zapewniać najwyższą formę na najważniejsze zawody.
2. Periodyzacja tworzy strukturę faz treningu z uwzględnieniem biologicznych zdolności ruchowych, które zapewniają sportowcowi rozwinięcie najwyższej możliwej do osiągnięcia szybkości, siły, mocy, zwinności i wytrzymałości (Bompa, Haff, 2010).

Według Bompuy i Haff'a (2010) w większości dyscyplin sportu roczny plan treningowy jest podzielony na trzy fazy: przygotowawczą, zawodów i przejściową (*w literaturze polskojęzycznej analogicznie: okres przygotowawczy, startowy i przejściowy*). Fazy przygotowawcza i zawodów są podzielone na dwie subfazy, ze względu na różne zadania określane jako ogólne i specjalne. Celem subfazy ogólnej jest rozwinięcie podstaw fizjologicznych z wykorzystaniem licznych metod treningu wszechstronnego. W fazie

specjalnej rozwija się umiejętności typowe dla danej dyscypliny sportu z zastosowaniem środków specjalnych. Faza zawodów jest podzielona na okres poprzedzający zawody (przedstartowy) i okres zawodów. Wszystkie fazy planu rocznego zawierają makrocykle i mikrocykle. Każda z tych podjednostek ma swoje cele, które łącznie składają się na ogólny cel rocznego planu treningowego (Bompa, Haff, 2010).

Wyniki sportowe zależą od fizjologicznej i psychicznej adaptacji sportowca do treningu, połączonej ze zdolnością do opanowywania i doskonalenia umiejętności oraz zdolności niezbędnych w danej dyscyplinie sportu. Czas trwania każdej fazy planu rocznego zależy od okresu niezbędnego do poprawienia wytrenowania sportowca i podwyższenia jego formy. Głównym czynnikiem określającym czas trwania każdej fazy treningu jest plan zawodów. By osiągnąć najlepsze wyniki w odpowiednim czasie (tzn. na najważniejsze zawody), sportowcy uczestniczą w kilkumiesięcznym treningu.

Plan treningowy musi być dobrze ułożony i kolejno rozwijać etapy adaptacji fizjologicznej, a także zapewniać panowanie nad zmęczeniem by poprawić formę, co łącznie zwiększa zdolność sportowca do osiągania jak najlepszych wyników. Optymalny wzorzec periodyzacji dla każdej dyscypliny sportu, a także określenie czasu niezbędnego do optymalnego wytrenowania oraz osiągnięcia najlepszej formy należałoby jeszcze zbadać naukowo.

Szczególnie złożony jest problem powiązania zdolności szkoleniowca do odpowiedniego dawkowania treningu oraz indywidualnych zdolności sportowca do dostosowywania się do planu treningowego, na co wpływ ma wiele czynników genetycznych, psychicznych, treningowych, żywieniowych, społecznych, a także stosowane sposoby odnowy. Program treningowy należy dopasowywać do potrzeb danego sportowca oraz wymogów danej dyscypliny sportu.

W polskojęzycznej literaturze przedmiotu struktura czasowa procesu treningowego często określana jest jako: makrocykl, mezocykl i mikrocykl. Natomiast według Bompy i Haff'a (2010) analogiczna hierarchiczna struktura czasowa procesu treningowego przedstawiona jako: roczny plan treningowy, makrocykl i mikrocykl.

Cykle treningowe

Program treningowy wiąże w logiczną całość: cele szczegółowe, zadania i środki ich realizacji (Czerwiński, 2014). W piśmiennictwie polskojęzycznym struktura czasowa procesu treningowego składa się z makrocykli, mezocykli i mikrocykli.

Zdaniem Czerwińskiego (2014) plan jest harmonogramem prac w określonym czasie, który składa się z planu perspektywicznego (obejmuje 4-6 lat), planu rocznego (12 miesięcy/makrocykl), planu okresowego (najczęściej 4-6 tygodni/mezocykl), planu krótkoterminowego (najczęściej 7 dni/mikrocykl) i planu jednostki treningowej (najczęściej 1,5-2 godziny).

W ujęciu Bompy i Haff'a (2010) struktura czasowa procesu treningowego składa się z rocznego planu treningowego (w piśmiennictwie polskojęzycznym «makrocykl»), makrocykli (mezocikli) i mikrocykli. Plany długoterminowe mogą zawierać czteroletnie czy roczne cykle treningowe. Roczny plan treningowy pozwala prowadzić proces treningowy przez cały rok. Makrocykle obejmują zazwyczaj od 2 do 7 tygodni, lecz mikrocykle mogą być strukturami długości tygodniowej, a więc od 3 do 7 dni treningu. Autorzy wprowadzają swoje odmiany mikrocykli. Ich liczba również się różni i waha się w przedziale od 5 do 9 odmian.

Najczęściej stosuje się pięć podstawowych rodzajów mikrocykli. Według Czerwińskiego (2014) wyróżnia się następujące mikrocykle: wprowadzające (na początku okresu przygotowawczego), podstawowe (typowe dla danego okresu), uderzeniowe (duża objętość lub intensywność, okres przygotowawczy/startowy), odnawiające (obniżają objętość pracy) i startowe (najlepsze przygotowanie do meczu). Natomiast zdaniem Bompy i Haff'a (2010) istnieją odmiany mikrocykli, takie jak: rozwojowy, uderzeniowy, odnowy, taperingu i zawodów.

W swojej pracy będę stosowała podział według Bompy i Haff'a (2010).

Roczny plan treningowy

Roczny plan treningowy jest ważną częścią periodyzacji, ponieważ rozplanowuje czas poświęcony na 12 miesięcy treningów i dzieli rok treningowy na niejednakowe fazy o indywidualnych celach. Roczny plan stanowi podstawę pobudzania adaptacji niezbędnej do panowania nad zmęczeniem fizycznym i psychicznym, która wywiera wpływ na poprawę wyników sportowych. Ostatni miesiąc procesu treningowego często cechuje się lżejszą pracą na treningu, aby ułatwić procesy regeneracyjne w przygotowaniu sportowca do kolejnego sezonu treningowego. Głównym zadaniem tego planu jest próba osiągnięcia najwyższej formy w celu osiągnięcia jak najlepszych wyników w odpowiednim czasie, a mianowicie, podczas głównych zawodów roku. Według Bompy i Haff'a (2010) aby zrealizować ten cel, plan

treningowy należy podzielić na subfazy (przygotowanie ogólne, przygotowanie specjalne). To skutkuje tym, że forma zawodnika wzrasta w odpowiednim okresie czasowym, umożliwiając mu uzyskanie coraz lepszych wyników sportowych.

Makrocykl treningowy

Termin makrocykl pochodzi od greckiego słowa «*makros*», które oznacza «*wielki, duży*» (Słownik języka polskiego PWN, 2022). Makrocykl treningowy obejmuje okres od 2 do 7 tygodni i zawiera najczęściej od 2 do 7 mikrocykli (Bompa, Haff, 2010). Makrocykl odwzorowuje ogólną strukturę treningu i określa program treningu z wyprzedzeniem kilku tygodni. Natomiast mikrocykl jest konkretną metodą osiągania wyznaczonych celów i służy do planowania najbliższej przyszłości.

Plany makrocykli stosowane do przygotowania zawodnika do sezonu mogą być do siebie stosunkowo podobne, ale każda dyscyplina sportowa ma swoje wymagania, do których mikrocykl musi być dopasowany (Bompa, Haff, 2010). W zależności od dyscypliny sportu i fazy treningu (przygotowawcza, przedstartowa lub zawodów), czas trwania makrocyklu oraz sposób rozkładu obciążenia mogą być zróżnicowane.

Sztab szkoleniowy powinien ułożyć fazy treningu dopiero po ustaleniu długości makrocyklu. W fazie przygotowawczej makrocykl jest zwykle dłuższy (4-7 tygodni) niż w fazie zawodów, by możliwe było zrealizowanie celów tej części treningów w planie rocznym. Faza przygotowawcza trwa około 4-6 tygodni i jest przeważnie dłuższa niż faza zawodów z powodu realizacji szczegółowych celów zdolności ruchowych, nawyków technicznych i umiejętności taktycznych (Bompa, Haff, 2010). Na długość makrocyklu wywiera wpływ czas niezbędny na doskonalenie kluczowych zdolności oraz rozkład spotkań. Przy odpowiednio dobranej długości makrocyklu, ostatni mikrocykl stanowi przejście do zawodów głównych.

Makrocykle fazy przygotowawczej

Najważniejszym celem fazy przygotowawczej jest pobudzenie procesów adaptacji fizjologicznej, psychologicznej i technicznej, które warunkują wyniki w zawodach (Bompa, Haff, 2010). Faza przygotowawcza jest okresem kluczowym dla zawodnika. Jej prawidłowe ułożenie rozstrzyga o wynikach w zawodach głównych.

Do przygotowawczej fazy treningu często wykorzystywany jest makrocykl rozwojowy, który skutkuje najczęściej zastosowaniem rozkładu obciążania krokowego.

W fazie przygotowawczej, kiedy zostanie usunięte zmęczenie u sportowca, również można zastosować makrocykl uderzeniowy w celu wywołania znacznie lepszych wyników sportowych. W zależności od wymagań dyscypliny makrocykle z wysokim obciążeniem

można powtarzać trzykrotnie. Im silniejsze są bodźce treningowe podczas makrocykli uderzeniowych, tym więcej czasu musi minąć, aby wystąpiło zjawisko superkompensacji a zarazem polepszenie wyników (Plisk, Stone, 2003; Stone, Stone, Sands, 2007).

Najczęściej stosowaną w rozkładzie obciążenia jest zasada 3:1, która jest dobrze przystosowana do fazy przygotowawczej. Rozkład ten jest zgodny z prawami natury (Plisk, Stone, 2003).

Makrocykle fazy zawodów

W fazie zawodów układ makrocyklu zależy od specyfiki dyscypliny sportu i kalendarza zawodów. W sportach zespołowych w sezonie zawodów, kiedy w trakcie tygodnia rozgrywanych jest od 1 do 2 spotkań należy przestrzegać stałego rozkładu obciążeń treningowych. W fazie zawodów mikrocykle powinny różnić się intensywnością (na ogół mniejszą niż w fazie przygotowawczej) i objętością treningową. Istotnym aspektem planowania tej fazy jest uwzględnienie dni odnowy.

Makrocykle odciążania i taperingu przed zawodami

Usunięcie zmęczenia i uzyskanie superkompensacji jest celem makrocykli odciążania i taperingu (zmniejszenie objętości treningu) co może umożliwić osiągnięcie jak najlepszych wyników podczas zawodów. Istnieją cztery strategie zmniejszania obciążenia: krokowa, liniowa, szybka wykładnicza i wolna wykładnicza (Mujika, Padilla, 2003). Czas i rodzaj zmniejszenia objętości treningu ściśle zależy od obciążenia treningowego w czasie makrocykli zawodów. Przy wysokim obciążeniu treningowym w poprzedniej fazie okres odciążania wymaga istotnego obniżenia treningowego i dłuższego czasu do regeneracji. W makrocyklach odciążania i taperingu przed zawodami obciążenia treningowe mieszczą się w przedziale od 40 do 60%, a makrocykl trwa zazwyczaj od 8 do 14 dni (Bosquet, Montpetit, Arvisais, Mujika, 2007).

Makrocykle fazy przejściowej

W rocznym planie treningowym dużą wagę odgrywa faza przejściowa, która łączy się z kontynuacją planu rocznego. Cechuje ją kontrolowana, okresowa utrata formy sportowca spowodowana odciążeniem treningowym w celu umożliwienia regeneracji.

Mikrocykl treningowy

Termin mikrocykl pochodzi od greckiego słowa *micros*, które oznacza «*drobny, mały*» oraz łacińskiego *cyclus* (cykl), oznaczającego «*szereg czynności procesów lub zjawisk tworzących zamkniętą całość rozwojową, przypadającą na pewien odcinek czasu i powtarzającą się okresowo*» (Słownik języka polskiego PWN, 2022).

Termin «*mikrocykl*» obejmuje tygodniowy proces treningowy (od 3 do 7 dni), będący głównym narzędziem planowania oraz częścią składową rocznego planu treningowego (Plisk, Stone, 2003; Stone, Stone, Sands, 2007). Jakość procesu trenowania uwarunkowana jest strukturą mikrocyklu.

W zależności od fazy treningu budowa i zawartość mikrocyklu podporządkowana jest celom, intensywności, objętości oraz stosowanym metodom. Sztab szkoleniowy przy układaniu mikrocykli powinien zwrócić uwagę na zróżnicowane wymagania (fizjologiczne i psychiczne) wobec zawodnika pod kątem jego możliwości psychofizycznych oraz na plan zawodów i potrzeby odnowy. Elastyczność mikrocykli umożliwia szybkie wprowadzenia zmian w pojedynczych jednostkach treningowych i dostosowania do nagle zmieniających się uwarunkowań (Stone i in., 2007). Wprowadzenie modyfikacji w mikrocyklu umożliwia zrealizować jego cel i osiągnąć założenia treningowe (Verkhoshansky Y., Verkhoshansky N., 2011). Stan wytrenowania zawodnika, jak również jego możliwość czynnego udziału w procesie treningowym jest jednym z kluczowych czynników w ułożeniu mikrocyklu.

W praktyce zaobserwowano, że sportowiec początkujący lub słabiej wytrenowany nie jest w stanie sprostać wymaganiom treningu z większymi intensywnościami niż doświadczony i bardzo dobrze wytrenowany zawodnik. Indywidualizacja w tworzeniu mikrocyklu pozwala na uwzględnienie różnic pomiędzy zawodnikami z tego samego zespołu i osiągnięcia lepszych wyników.

Za kryterium podziału mikrocykli uznaje się liczbę jednostek w trakcie tygodnia. Uwarunkowana ona jest poziomem sportowym, przygotowaniem fizycznym zawodnika oraz regularnym uczestnictwem w procesie treningowym (np. w jednostkach treningowych, w obozach treningowych). Można wyróżnić cztery grupy mikrocykli w zależności od faz treningu i jego celów: rozwojowy, uderzeniowy, odpoczynkowy i odciążeniowy (Bompa, Haff, 2010).

Mikrocykle rozwojowe

Celem mikrocykli rozwojowych (stosowanych w fazie przygotowawczej) jest rozwijania zdolności i poprawa umiejętności w danej dyscyplinie sportowej, a także podwyższenie poziomu adaptacji.

Cykle te mają zazwyczaj od dwóch do trzech szczytów o średnich oraz wysokich intensywnościach i objętościach. Ocena stanu bieżącego sportowca decyduje o zastosowaniu krokowego lub płaskiego rozkładu obciążeń (Bompa, Haff, 2010).

Mikrocykl uderzeniowy

Mikrocykl uderzeniowy uważany jest jako cykl z obciążeniem skupionym lub umyślnie przeciążenie (Stone i in., 2007), zawierający gwałtowny wzrost wymogów treningowych (wyższy od wcześniejszych). Może mieć on od dwóch do czterech szczytów występujących z reguły w środkowej i końcowej części makrocyklu fazy przygotowawczej. Jego zadaniem jest wykorzystanie wzmożonego bodźca treningowego, powodującego widoczne zaburzenia fizjologiczne, wskutek czego następuje podwyższenie formy w kolejnych blokach treningowych (Plisk, Stone, 2003) oraz poprawa wyników (O'toole, 1998). Warto pamiętać, że przy zastosowaniu tego rodzaju mikrocykli występuje opóźnienie w ulepszeniu wyników sportowych ze względu na wyraźnie zwiększone obciążenie (Plisk, Stone, 2003). Ten rodzaj mikrocykli nie powinien być zastosowany w okresie odnowy lub odciążenia, tuż przed zawodami (a nawet od 2 do 3 tygodni), wymaga on czasu, by mogły wystąpić procesy superkompensacji.

Mikrocykl odpoczynku i odnowy

Zadaniem mikrocyklu odpoczynku i odnowy jest podwyższenie poziomu formy poprzez usunięcie zmęczenia i wyraźnie obniżenie intensywności treningu i objętości (lub obu ich łącznie w różnych proporcjach) w celu poprawienia wyników sportowych. Często stosowane są inne ćwiczenia niż zazwyczaj podczas treningu. Mikrocykl odpoczynku i odnowy zapobiega przetrenowaniu. Ten rodzaj mikrocyklu włączony jest do rocznych planów treningowych i polega na obniżeniu wymogów treningowych (objętości i intensywności) w celu zmniejszenia zmęczenia, by zaprezentować szczyt formy w odpowiednim momencie.

4. Podstawy układania programu treningowego

Według założeń teorii treningu można zbudować uporządkowany system treningowy. Obejmuje on działania kształtujące typowe dla konkretnej dyscypliny sportu i zawodników. System ten ma również ścisły związek ze zdolnościami fizjologicznymi i psychicznymi, wpływającymi na osiągnięcia sportowe. Sportowcy przygotowują się do zawodów i osiągnięcia znaczących wyników sportowych, a odpowiednio ułożony plan treningowy pomaga w zdobyciu sukcesu. Plan treningowy, aby właściwie spełniał swoją rolę, powinien być celowy – osiągnąć sukces w planowanym treningu, wykonalny – możliwy do realizacji, zgodny z realiami, przejrzysty strukturalnie, zrozumiały przez trenera i zawodników, plastyczny – przez możliwość dokonania korekt (Czerwiński, 2014).

Kluczowym znaczeniem w przygotowaniu programu, a dalej planu działań jest rzetelna prognoza. Z niej powstaje koncepcja wykorzystania posiadanego potencjału ludzkiego, warunków i środków treningu (Czerwiński, 2014). Celem samego treningu jest doskonalenie umiejętności i zdolności zawodnika do wzmożonego wysiłku, aby móc optymalizować wykonywanie zadań w danej dyscyplinie sportowej (Bompa, Haff, 2010).

Proces trenowania jest długotrwały i zawiera wiele zmiennych treningowych (fizjologicznych, psychicznych i społecznych). W trakcie organizowania procesu treningowego ciało i umysł zawodnika poddawany jest działaniu bodźców wywołujących napięcie o różnej intensywności i objętości. Niezdolność zawodnika do przystosowania się do ciągle zmieniających się obciążeń treningowych i stresorów związanych z zawodami, wywołuje krytyczny poziom zmęczenia, przeciążenie fizycznego i psychicznego, a nawet przetrenowania. W takich sytuacjach zawodnik traci zdolność do osiągania zaplanowanych celów treningowych i zawodowych.

Niezbędnym elementem podstaw teorii treningu sportowego i metodyki trenowania sportowca stanowią zasady treningu. Nie należy uważać ich za oddzielną kwestię, wchodzą one w integralną część koncepcji treningu, mimo tego nierzadko analizuje się je odrębnie. Przyczyną szczegółowej odrębnej analizy zasad treningowych jest chęć lepszego rozumienia ich podstaw teoretycznych. Poprawne zastosowanie zasad treningu pozwala zbudować doskonałe programy treningowe i wyszkolić znakomitych sportowców (Bompa, Haff, 2010).

Ważnym elementem w ułożeniu planu treningowego jest wybór rodzaju obciążeń. Istnieją 3 rodzaje obciążeń: standardowe, liniowe, krokowe.

Obciążanie standardowe (standard loading) polega na stosowaniu podobnych obciążeń treningowych w całym okresie przygotowawczym (Bompa, Haff, 2010). Regularnie stosowane w okresie przygotowawczym obciążenie standardowe skutkuje ulepszeniem wyników najczęściej w pierwotnej fazie tego okresu. Zdaniem niektórych współczesnych teoretyków treningu ten wzorzec obciążeń nie jest optymalny. W dłuższym okresie lepszą poprawę wyników można uzyskać stosując stopniowe narastanie obciążenia, rozkład obciążania łączonego i rozkładu mikrocykli sumowanych (Plisk, Stone, 2003).

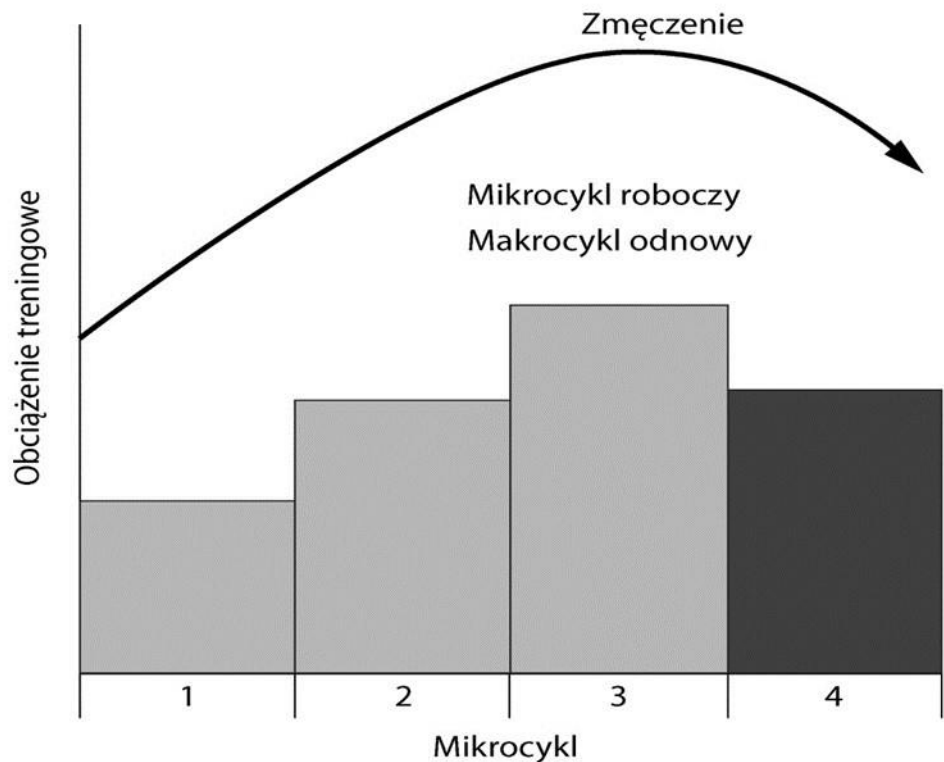
Drugim rodzajem obciążeń treningowych jest *obciążanie liniowe (linear loading)*. Według jego twórców (Hellebrandt, Houtz, 1956), wyniki będą coraz lepsze jedynie wówczas, gdy w treningu sportowiec wykorzystuje swe maksymalne możliwości. Obciążenie powinno stale narastać i przez cały czas być wyższe niż normalnie stosowane (Plisk, Stone, 2003). Powinno prowadzić to do rozkładu obciążeń, którego odwzorowaniem jest linia stale wznosząca się wraz z upływem czasu. Stosowanie przez dłuższy okres obciążenie liniowych skutkuje wysokim prawdopodobieństwem przetrenowania, wypalenia i zwiększa ryzyko kontuzji. Naukowcy podkreślają konieczność stosowania obciążenia liniowego jedynie w krótkich okresach czasu (Halson i in., 2002; Coutts, Wallace, Slattery, 2007).

Tradycyjnym wzorcem periodyzacji jest rozkład *obciążania krokowego (step loading)*. Umożliwia on stopniowe zwiększanie obciążenia na przemian z okresami odciążania (Bompa, Haff, 2010). Rozkład ten nazywany jest klasycznym (tradycyjnym) wzorcem periodyzacji (Plisk, Stone, 2003). W tym rozkładzie stosowany jest falowy przyrost obciążeń treningowych (Zatsiorsky, Kraemer, 2006; Stone i in., 2007). Aby wywołać widoczną adaptację, zalecane jest stosowanie tego samego obciążenia podczas kilku jednostek treningowych, z uwagi na fakt, iż bodźce dostarczane podczas pojedynczej jednostki mogą być niewystarczające. Najczęściej w całym mikrocyklu realizowane są jednostki treningowe z wykorzystaniem tych samych obciążeń, a dopiero w następnym mikrocyklu stosowane są większe obciążenia treningowe.

Klasycznym rozkładem obciążenia treningowego jest rozkład według zasady 3:1, który jest przedstawiony na rycinie 4. Zawiera on trzy mikrocykle z narastającym obciążeniem, po których następuje mikrocykl odciążenia (Bompa, Haff, 2010). Zmniejszane obciążenia w okresie czwartym umożliwia odnowę biologiczną i zapobiega przeciążeniu organizmu.

Odnowa wynikająca z obniżenia obciążenia treningowego, przygotowuje zawodnika do ponowienia obciążeń w kolejnej serii mikrocykli (Melby, Scholl, Edwards, Bullough, 1993).

Wiele dowodów świadczy o zasadności bloków trwających od dwóch do sześciu tygodni, zwykle czterech) (Zatsiorsky, Kraemer, 2006). Bardzo wysoki poziom zmęczenia u zawodnika po trzecim mikrocyklu wymaga obniżenia obciążenia w czwartym, a w uzasadnionych przypadkach dodawany jest drugi mikrocykl odnowy (3:2).



Rycina 1. Rozkład obciążania w stosunku 3:1 (Według Stone, Stone, Sands, 2007)

Przy stosowaniu większej liczby kroków wzrost obciążenia wydłuża czas potrzebny na odciążenie (np. rozkład obciążeń według zasady odciążenia 4:2). W niektórych sytuacjach można ułożyć plan treningowy dla młodych zawodników wykorzystując zasadę 2:1 (dwa mikrocykle narastającego obciążenia, jeden mikrocykl odnowy).

Objętość treningu

Objętość jest kluczowym składnikiem treningu, ponieważ wynikają z niej najważniejsze uwarunkowania osiągnięć (fizycznych, technicznych i taktycznych) sportowca.

Objętość treningu składa się z następujących elementów:

- liczba powtórzeń ćwiczenia lub składnika technicznego, jakie zawodnik wykonał w określonym czasie;
- przebyta odległość lub łączny ciężar w treningu oporowym (łączny ciężar = zestaw ćwiczeń \times liczba powtórzeń \times opór w kG);
- czas trwania treningu (Bompa, Haff, 2010).

Uproszczone sformułowanie definicji objętości określa mianem „łączna ilość czynności wykonanych w trakcie treningu”. Ponadto objętość można definiować jako „sumę pracy wykonanej w trakcie jednostki treningowej lub fazy treningu” (Bompa, Haff, 2010). Całkowita objętość treningu powinna być systematycznie mierzona i kontrolowana. Od rodzaju aktywności fizycznej zależy doprecyzowanie oceny objętości treningu.

W treningu oporowym lub w podnoszeniu ciężarów miernikiem jest łączny ciężar (łączny ciężar = zestaw ćwiczeń \times liczba powtórzeń \times opór w kG) (Plisk, Stone, 2003; Stone, Stone, Sands, 2007), kilogramy bądź tony (Ajan, Baroga, 1988). Nie należy rozpatrywać same ćwiczenia jako miernik wykonanej pracy (Stone i in., 2007).

W czynnościach takich jak ćwiczenie lekkoatletyczne (Leutshenko, Berestovskaya, 2000), rzuty piłką baseballową (Lyman i in., 2001) czy ćwiczenia plymetryczne (Luebbbers in., 2003) do obliczenia objętości można wykorzystywać liczbę ćwiczeń. W większości dyscyplin sportowych wspólną miarą wydaje się czas, choć właściwym pomiarem objętości mogą być połączone czynniki czasu i odległości (np. przebiegnięcie półmaratonu w 1 godz. 45 min) (Bompa, Haff, 2010).

Można wyróżnić dwa rodzaje objętości (warunek obliczenia - czas). Pierwszym rodzajem objętości jest objętość względna (*relative volume*), która odnosi się do łącznej ilości czasu, jaki drużyna bądź grupa sportowców poświęca na trening w trakcie określonej fazy treningu lub jednostki treningowej. Objętość względna nie zawiera bowiem informacji o ilości pracy wydatkowanej przezeń w jednostce czasu i niewiele informuje o pracy pojedynczego zawodnika. Lepszą metodą oceny objętości pracy pojedynczego zawodnika jest

objętość bezwzględna (*absolute volume*). Jest ona miarą ilości pracy wykonanej przez pojedynczego zawodnika w jednostce czasu (Bompa, Haff, 2010).

Ze wzrostem poziomu wytrenowania zawodnika, rośnie również potrzeba treningu o coraz większej objętości, aby pobudzić adaptację niezbędną do poprawy wyników sportowych (Zatsiorsky, Kraemer, 2006; Stone i in., 2007). Z badań Plisk i Stone (2003) wykazano, iż zawodnicy bardziej zaawansowani, mogą wytrzymać jednostkę treningową o istotnie większej objętości niż mniej zaawansowani. Dla rozwoju zawodnika uprawiające gry zespołowe, a także dyscypliny siłowe (lub wymagające mocy) i «tlenowe» przyrost objętości jest niezmiernie ważny.

Istnieje duża ilość skutecznych metod zwiększenia objętości treningowej zawodnika, w szczególności:

- zwiększenie objętości w jednostce treningowej;
- zwiększenie częstości treningów;
- zastosowanie obu tych metod równocześnie (Bompa, Haff, 2010).

Zdaniem Stone i O'bryant (1987) proces treningowy powinien mieć na celu dążenie do osiągnięcia maksimum możliwości sportowca poprzez podwyższenie częstości treningów, lecz nie powodując przetrenowania. Najistotniejszym czynnikiem określającym objętość w planie treningowym jest zdolność zawodnika do odnowy po treningu o danej objętości (Plisk, Stone, 2003).

Według Plisk i Stone (2003) zawodnik profesjonalny może wytrzymać większe objętości treningowe, gdyż odnowa biologiczna następuje u niego szybciej (Plisk, Stone, 2003; Bompa, Haff, 2010).

Intensywność treningu

Intensywność treningu jest również istotną zmienną treningową opisującą jakościowy element pracy wykonanej przez zawodnika. Intensywność treningu jest funkcją pobudzenia nerwowo-mięśniowego (Haff, Whitley, Potteiger, 2001). Im więcej pracy wykona zawodnik w jednostce czasu, tym wyższa jest intensywność (Stone, Stone i Sands, 2007). Ponadto wyższa intensywność (tzn. wyższe obciążenia zewnętrzne, większy wydatek mocy) wymaga większego pobudzenia (Haff i in. 2001). Intensywność treningu zależy od uprawianej dyscypliny sportu, rodzaju wykonywanych ćwiczeń, szybkości wykonania ćwiczeń, obciążenia zewnętrznego i poziomu zmęczenia (Bompa, Haff, 2010).

W ćwiczeniach wymagających pokonania oporu zewnętrznego jako miarę obciążenia przeważnie przyjmuje się moc. W treningu wytrzymałości szybkościowej, szybkości lub zwinności intensywność wyrażana jest w kategoriach maksymalnej szybkości ruchu: rozwijana moc (najczęściej mierzona w watach), liczba kroków na minutę lub metry w sekundę. Do obliczania intensywności gry w sportach zespołowych może być stosowany wyznacznik możliwości wysiłkowych jakim jest tętno, a mianowicie: procentowy poziom tętna maksymalnego (od ang. *maximal heart rate*, HRmax), tętna w odniesieniu do progu beztlenowego lub średniego tętna (Gabbett 2005; Bompa, Haff, 2010).

Zgodnie z podziałem przedstawionym w tabeli 1, intensywność będzie uważana za bardzo niską, jeżeli ćwiczenia będą wykonywane z oporem poniżej 50% HRmax. Taki trening może mieć charakter regeneracyjny. Wysiłek w przedziale 50-70% HRmax cechuje się niską intensywnością, rozwija wytrzymałość i przygotowuje organizm do wysiłków wielogodzinnych. Według Olex-Zarychty (2009) minimalna intensywność ćwiczeń niezbędna do spowodowania znaczących zmian adaptacyjnych w układzie krążenia i oddychania zawiera się w przedziale 55-65% HRmax indywidualnych możliwości wysiłkowych. Trening średniej intensywności poprawia wytrzymałość tlenową i cechuje się wysiłkiem w przedziale 70-80% HRmax. Zdaniem Olex-Zarychty (2009) zwiększenie intensywności ćwiczeń do 70-85% HRmax powoduje szybszy wzrost wydolności organizmu i stymulację mechanizmów adaptacyjnych ustroju. Intensywność będzie uważana za dużą, jeżeli ćwiczenia będą wykonywane z oporem w przedziale 80-90% HRmax. Trening przy takim obciążeniu wspomaga wzrost wydolności, poprawia wytrzymałość tlenową, przygotowuje układ krążenia i oddychania do ciężkiego wysiłku.

Zwiększenie intensywności ćwiczeń powyżej granicy 85% maksymalnych możliwości wysiłkowych powoduje włączanie się beztlenowych mechanizmów produkcji energii, pojawia się gwałtownie dyskomfort w czasie ćwiczeń i oznaki zmęczenia (Olex-Zarychta, 2009).

Trening z maksymalną intensywnością wykonywany z obciążeniem w przedziale 90-100% HRmax. Ten rodzaj treningu wspomaga wzrostu wydolności fizycznej i rozwija wytrzymałość szybkościową, jak również opiera się w zwiększeniu maksymalnej mocy. Trening z ponadmaksymalną intensywnością wykonywany z obciążeniem ponad 105% HRmax prawdopodobnie wymaga izometrycznej lub ekscentrycznej pracy mięśni (Bompa, Haff, 2010).

Metody ilościowe są ważne przy pomiarach intensywności treningu. Intensywność treningu może być określana jako procentowa część najlepszego wyniku (Hooper i in., 1995). W ćwiczeniach wykonywanych z dużą szybkością lub wymagających pokonania oporu najlepszy wynik odpowiada najwyższej intensywności.

Tabela 1. Skala intensywności w ćwiczeniach szybkościowych i siłowych

Zakres intensywności	Procent najlepszego wyniku	Intensywność
6	>100	ponadmaksymalna
5	90-100	maksymalna
4	80-90	duża
3	70-80	średnia
2	50-70	niska
1	<50	bardzo niska

Intensywnością należy manipulować, więc ostrożnie dostosować ją do rodzaju zajęć i poziomu wytrenowania sportowców (Zuzda, Latosiewicz, 2010). Plan treningowy powinien zawierać różne struktury intensywności w fazach rocznego rozkładu treningów, szczególnie na poziomie mikrocykli (Bompa, Haff, 2010). Warto pamiętać, że wraz ze zwiększaniem tempa, spada dokładność wykonania elementów ćwiczenia i rośnie ryzyko urazu (Zuzda, Latosiewicz, 2010).

Indywidualizacja jest podstawowym wymogiem współczesnego treningu i odgrywa kluczową rolę w zapewnieniu skuteczności planu treningowego. Sztab szkoleniowy stosując indywidualizację przy układaniu planu treningowego powinien uwzględnić: doświadczenie zawodnika, możliwości uczenia się, jego potencjał, uwarunkowania fizyczne i zdolności.

Obciążenie powinno wynikać z proporcji między objętością a intensywnością treningu, fazy planu rocznego, poziomu rozwoju danego sportowca i jego zdolności do wytrzymania wysiłku treningowego. Przy odpowiednim dawkowaniu obciążeń, pobudza się właściwe odpowiedzi fizjologiczne i osiąga poprawę wykonania zadania sportowego. Kontrola obciążenia treningowego powinna składać się z analizy obciążenia zewnętrznego i wewnętrznego.

Obciążenie zewnętrzne to wysiłek fizyczny wykonany przez sportowca podczas jednostki treningowej. Obciążenie zewnętrzne wynika z intensywności i objętości jednostki treningowej oraz obejmuje zależności między intensywnością i objętością bodźców treningowych. Sztab szkoleniowy powinien monitorować te czynniki i rejestrować dane na temat to co zostało wykonano w trakcie treningu.

Obciążenie wewnętrzne wywołuje indywidualne reakcje organizmu (fizjologiczne i psychiczne), pojawiające się na zastosowanie obciążenia zewnętrznego. Wielkość i intensywność obciążenia wewnętrznego są bezpośrednim skutkiem obciążenia zewnętrznego stosowanego w planie treningowym (Bompa, Haff, 2010). Warto pamiętać, że stosowanie tego samego obciążenia zewnętrznego nie zawsze wywołuje te same reakcje organizmu. Obciążenie wewnętrzne można kontrolować za pomocą poziomu zmęczenia doznawanego przez zawodnika. Odpowiedź wewnętrzną można ocenić kompleksowo.

Wielu autorów w swoich badaniach wykazało, iż większe obciążenie pracą wymaga więcej czasu na regenerację, by wrócić do odpowiedniego poziomu gotowości do wykonania kolejnych ćwiczeń (Zatsiorsky, Kraemer, 2006). Na odnowę sportowca wpływa żywienie (Burke, Deakin, 2000), stan wytrenowania sportowca (Zatsiorsky, Kraemer, 2006), sposoby odnowy (Barnett, 2006), jak również wiek kalendarzowy (Skurvydas, Dudoniene, Kalvenas i Zuoza, 2002). Pełna odnowa po jednostce treningowej nie jest konieczna, by przystąpić do następnego treningu.

Adaptacja i superkompensacja

Kluczowym zadaniem sportowca jest zdolność adaptacji do obciążeń treningowych i w trakcie zawodów. Dobrze ułożony i zrealizowany plan treningowy skutkuje wysokim poziomem sportowym. Zawodnik w tym czasie stara się dostosować swój organizm do konkretnych wymogów uprawianej dyscypliny sportowej. Wyższy potencjał sportowy jest rezultatem lepszego dostosowania fizjologii sportowca do procesu treningowego. Dlatego pobudzenie procesów adaptacyjnych w celu poprawienia sprawności fizycznej należy do kluczowych zadań planu treningowego.

Poprawa wyników sportowych możliwa jest tylko wówczas, gdy sztab szkoleniowy przestrzega następujących zasad:

- *zwiększanie bodźca (obciążenia treningowego) ⇒ adaptacja, poprawa sprawności*

W przypadku gdy obciążenie pozostaje na stałym poziomie, adaptacja przebiega w początkowym etapie treningu, co może prowadzić do okresu zastoju bez dalszej poprawy wyników sportowych:

- *niedostatek bodźca* ⇒ *zastój, brak poprawy*

W przypadku nadmiernie wysokich lub zbyt zmiennych bodźców, zawodnik może okazać się niezdolnym do adaptacji. Dochodzi wtedy do dostosowania niewłaściwego, czyli maladaptacji:

- *nadmierny bodziec* ⇒ *maladaptacja* ⇒ *spadek sprawności* (Bompa, Haff, 2010).

W celu pobudzenia skutecznej adaptacji a tym samym podwyższenia sprawności fizycznej sportowca, trening powinien być ukierunkowany na stopniowe i systematyczne zwiększanie bodźca treningowego. Najlepsza adaptacja zawodnika do wymogów planu treningowego zależy również od zmian bodźców treningowych polegających na urozmaiconych ćwiczeniach.

Adaptacja treningowa zdaniem Bompy i Haffa (2010) jest sumą przemian wywołanych systematycznie powtarzaniem ćwiczeniami. Zmiany fizjologiczne i morfologiczne zachodzące w trakcie wykonywania określonych czynności podczas procesu treningowego uwarunkowane są zmiennymi treningowymi. Korzystny wpływ treningu fizycznego zachodzi tylko wtedy, gdy obciąża organizm sportowca w taki sposób, że wywołuje adaptację. Przy niewystarczająco ambitnym wyzwaniu fizjologicznym, trudno osiągnąć lepszą adaptację. Natomiast przy nadmiernym obciążeniu treningowym, na przykład oddziałującym przez zbyt długi czas może wystąpić przetrenowanie, a nawet dojść do poważnych urazów.

Wynikiem treningu jest zjawisko zwane superkompensacją (znane też pod nazwą prawa superkompensacji Weigerta). Jest to zależność między pracą a odnową. Superkompensacja prowadzi do ulepszenia zdolności opanowania pobudzenia metabolicznego i neuropsychologicznego przed zawodami (Bompa, Haff, 2010).

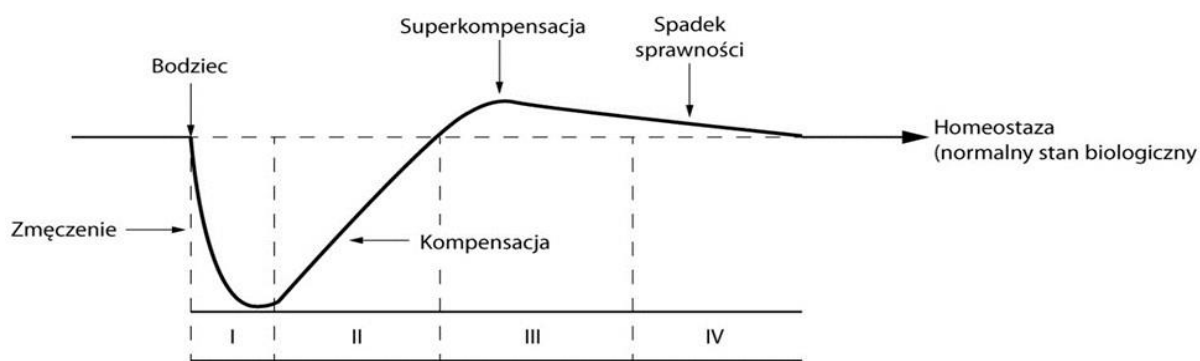
Podczas procesu treningowego sportowiec poddany jest bodźcom zmieniającym jego stan fizjologiczny. Reakcje fizjologiczne mogą dotyczyć istotnych zmian nerwowo-mięśniowych (Garrandes i in., 2007), hormonalnych (Goto, Higashiyama, Ishii, Takamatsu, 2005), sercowo-naczyniowych (McArdle, Katch, Katch, 2007) i metabolicznych (Tesch i in. 1998; Febbraio, Dancey, 1999; Parolin i in., 1999). Tego typu reakcje fizjologiczne wywołane treningiem mogą być kontrolowane przez sztab szkoleniowy poprzez zmienne treningowe. Wyraźniejsza odpowiedź fizjologiczna na trening wynika z większej intensywności, objętości lub czasu trwania jednostki treningowej.

Ostra reakcja fizjologiczna na trening przejawia się niezdolnością do świadomego rozwijania lub utrzymywania siły maksymalnej (Michaut i in., 2003; Nicol, Avela, Komi, 2006;

Garrandes i in., 2007) oraz narastającym zmęczeniem (Macintosh, Rassier, 2002; Davis i in., 2003). W okresie po wysiłku fizycznym może nastąpić między innymi wzrost poziomu kortyzolu we krwi (Ahtiainen i in., 2003), obniżenie poziomu glikogenu w mięśniach (Haff i in., 2003) oraz zmniejszenie zapasu fosfokreatyny (Hirvonen, Rehunen, Rusko, Harkonen, 1987).

Gwałtowny spadek krzywej homeostazy łączy się z obniżoną wydolnością zawodnika w wyniku zmęczenia spowodowanego wysiłkiem fizycznym (ryc. 2). Stopniowy i powolny powrót do normalnego stanu biologicznego (pierwotnego) określany jest jako okres kompensacji.

Wiele czynników wpływa na okres kompensacji, między innymi: wykorzystywane techniki odnowy, typ skurczów mięśniowych wykonywanych w treningu (Michaut i in., 2003), stan odżywienia sportowca (Burke, 1997) i stopień wytrenowania (Garrandes i in., 2007). Okres kompensacji wynosi od kilku godzin do kilku dni (Nicol, Avela, Komi, 2006). W przypadku dostatecznie długiego czasu między jednostkami treningowymi, o dużej intensywności, organizm usuwa objawy zmęczenia i całkowicie odtwarza zapasy substratów energetycznych, co umożliwia przejście do superkompensacji.



Rycina 2. Cykl superkompensacji w jednostce treningowej (według N. Yakovleva, 1967)

Wyższy poziom homeostatyczny wpływa korzystnie na możliwości treningowe i sprawność fizyczną sportowca każdorazowo, gdy następuje zjawisko superkompensacji.

Według Bompuy i Haff'a (2010) superkompensacja stanowi podstawę wzrostu sprawności zawodnika, będącego wynikiem adaptacji organizmu do obciążenia (bodźca treningowego) oraz uzupełnienia zapasów glikogenu.

5. Problem badawczy w świetle literatury światowej

Proces dochodzenia do mistrzostwa sportowego może trwać od kilka do kilkunastu lat. Długoterminowy plan szkolenia składający się z planów krótkoterminowych jest kluczowym elementem tego procesu i wyznacza przebieg rozwoju kariery zawodnika. Głównym celem planowania jest systematyczny rozwój sportowca (Słomiński, Nowacka, 2017). Kontrola planu szkolenia, która umożliwia analizę efektywności treningu, odgrywa fundamentalną rolę w procesie dochodzenia do mistrzostwa sportowego. W planie szkoleniowym powinno być uwzględnione systematyczne testowanie, będące integralną częścią indywidualnej kontroli słabych i mocnych stron badanego. Profesjonalne podejście do procesu treningowego piłkarskiego wymaga monitorowania i analizowania postępów zawodnika podczas cykli treningowych, jak również i w meczach. Sztab szkoleniowy powinien mieć do dyspozycji narzędzia, pozwalające na zapisywanie i przechowywanie danych dotyczących oceny stanu wytrenowania piłkarza.

Głównym celem treningu jest poprawa umiejętności sportowych zawodnika w rezultacie jego osiągnięć (Bompa, Haff, 2010). Dążąc do wysokiej efektywności treningu, trzeba zmierzać w kierunku jego optymalizacji, wypracowania rozwiązań najlepszych, najskuteczniejszych, zasadnych i ekonomicznych (Czerwiński, 2014). Mając na uwadze stale wzrastający poziom rywalizacji sportowej i istotny wzrost obciążeń startowych, poszukuje się nowych metod i narzędzi pozwalających optymalizować proces szkolenia sportowego (Gołaś, 2023). Aby osiągnąć podstawowy cel w rozwoju sportowca, którym jest uzyskanie jak najlepszego wyniku wskutek stosowania odpowiedniego bodźca treningowego, wszystkie składniki planu treningowego muszą pozostawać w zgodzie z koncepcją specyfiki treningu (Bompa, Haff, 2010). Odpowiednie przygotowanie planu szkoleniowego pozwala uniknąć przypadkowych i nieprzemyślanych działań (Słomiński, Nowacka, 2017). Skuteczność planu treningowego zależy w głównej mierze od wiedzy i doświadczenia sztabu szkoleniowego oraz zastosowanych metod badawczych (Bompa, Haff, 2009; Sozański, Czerwiński, Sadowski, 2015). Profesjonalne planowanie, stosowanie nowoczesnych metod treningowych oraz wiedza i obiektywna ocena stanu wytrenowania zawodnika stanowią punkt wyjścia do osiągnięcia mistrzostwa sportowego (Ljach, Witkowski, 2004). Głównym wyznacznikiem poziomu gry drużyny piłkarskiej są umiejętności zawodników - suma tych umiejętności nadaje drużynie rangę i świadczy o jej klasie. Im są one na wyższym poziomie, tym wyższy jest poziom gry (Smolarz, Napierała, Cieślicka, 2013). Warto pamiętać, że forma zawodnika zmienia się w

zależności od fazy treningu i jego rodzaju, a także stresu odczuwanego w okresie treningowym (Bompa, Haff, 2010).

Sprawność fizyczna ogólna jest bardzo ważnym aspektem gry w piłkę nożną (Miller, Remiszewska, Brojek, 2008). Podstawowym kryterium przydatności piłkarza do zespołu jest jego sprawność działania w różnych sytuacjach gry. Zawodnik jest tym lepszy, im w coraz trudniejszych sytuacjach potrafi skutecznie osiągnąć wyznaczone cele (Szwarc, 2008).

Podczas treningu oraz meczu zawodnik pokonuje opór zewnętrzny, którego źródłem może być siła grawitacji, mokra murawa, wiatr oraz przeciwnik w grach kontaktowych. W warunkach meczowych zawodnik nie tylko musi wykonać daną czynność ruchową szybko i dynamicznie, ale także powtórzyć ją wielokrotnie. Przykładem może być kilkadziesiąt startów do piłki lub przeciwnika w piłce nożnej lub 200-300 wyskoków w siatkówce lub koszykówce (Zajac, Chmura, 2016).

Chociaż piłka nożna to sport zespołowy, każdy zawodnik na boisku działa indywidualnie i ma różne zadania do wykonania podczas gry. Zadania te, związane są głównie z pozycją i funkcją zajmowaną na boisku przez poszczególnych zawodników - inne będzie miał bramkarz, a inne napastnik czy obrońca. Tym samym, każdy zawodnik może reprezentować różny poziom poszczególnych zdolności motorycznych. Jednak założono, że tak jak wszyscy zawodnicy tworzą drużynę, tak i suma ich zdolności motorycznych określa poziom przygotowania całego zespołu (Miller i in., 2018).

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 odchyień 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 podczas pojedynków główkowych (Chelly i in., 2009) oraz istotny aspekt w grze bramkarza. Niektórzy badacze zwrócili uwagę, że kształtowanie skoczności wyraźnie zaniedbywano w procesie treningu polskich zawodników gier zespołowych (Radzińska, Starosta, 2002). Ten fakt potwierdza ilościowa i procentowa analiza porównawcza strzałów Legii Warszawa w meczach grupy mistrzowskiej sezonu 2015/2016 ze względu na technikę uderzeń. Uderzenia głową stanowią jedynie 12,2% uderzeń wykorzystanych do strzałów zakończonych bramką, wykazują mniejszą skuteczność niż uderzenia prostym podbiciem (17,1%). Strzały głową stanowią mniejszy procent zdobytych bramek niż podczas wyżej wymienionych Mistrzostw Świata w RPA w 2010 roku. Należy wziąć pod uwagę, że nie wszystkie bramki mogły paść z wyskoku.

W literaturze badań najczęściej były analizowane efekty treningowe wywołane przez dwie lub trzy sesje treningowe (Kotzamanidis i in., 2005; Impellizzeri i in., 2008; Bogdanis i in., 2009; Bogdanis i in., 2011). Programy treningowe najczęściej obejmują okres od 4 do 12 tygodni (Gorostiaga i in., 2004; Thomas, French, Hayes, 2009; Chelly i in., 2009; Sedano, Matheu, Redondo, Cuadrado, 2011; Silva i in., 2015) i przeprowadzone są w różnym okresie czasowym, najczęściej przed sezonem (Maio Alves, Rebelo, Abrantes, Sampaio, 2010; Ronnestad i in., 2011) lub w jego trakcie (Mujika, Santisteban, Castagna, 2009; Jovanovic, Sporis, Omrcen, Fiorentini, 2011).

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, García, 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, García, 2013), jak również skoczności (Loturco i in., 2015; Gozdowski i in., 2019).

W pozycjach naukowych udowodniono istotną korelację pomiędzy mocą mięśniową a szybkością (Silva-Junior i in., 2011; Hernández i García, 2013; Loturco i in., 2015; Gravina i in., 2017; Hoppe i in., 2017), pomiędzy mocą mięśniową a skocznością (Gorwa i in., 2007; Chelly i in., 2010; Gajewski i in., 2018; Gozdowski i in., 2019), jak również pomiędzy szybkością a skocznością (Silva-Junior i in., 2011; Köklü i in., 2015). Z literatury przedmiotu wynika bardzo silna korelacja pomiędzy generowaną mocą wyskoku pionowego z miejsca z zamachem (*CMJ*) a generowaną mocą biegową (sprint na 30 m) (Silva-Junior i in., 2011), a także pomiędzy sprintem (30 m) a wyskokiem pionowym z miejsca z zamachem (*CMJ*) piłkarzy nożnych (Köklü i in., 2015). Reasumując, z wyników wyżej wymienionych badań można stwierdzić, iż piłkarz posiadający większą moc kończyn dolnych powinien wygrywać pojedynki z przeciwnikiem (przy odpowiednim przygotowaniu technicznym) oraz wyróżniać się na tle innych zawodników pod kątem szybkości i skoczności.

W związku z powyższym przygotowanie szybkościowo-siłowe jest podstawą w piłce nożnej (gdzie przeważają eksplozywne czynności ruchowe) a jego wysoki poziom determinuje zwycięstwo. Wykorzystanie umiejętności techniczno-taktycznych w dużej mierze uzależnione jest od holistycznego przygotowania motorycznego zawodnika (Różycki, 2015).

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 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 Bompuy i Haff'a) w zimowym okresie przygotowawczym ukierunkowanym na rozwój mocy mięśniowej.

Innowacyjność pracy polega 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 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. 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.

6. Cel pracy, pytania i hipotezy badawcze

Celem pracy jest analiza wpływu treningu siłowego na moc kończyn dolnych, szybkość lokomocyjną i skoczność piłkarzy nożnych.

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

- 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?

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.

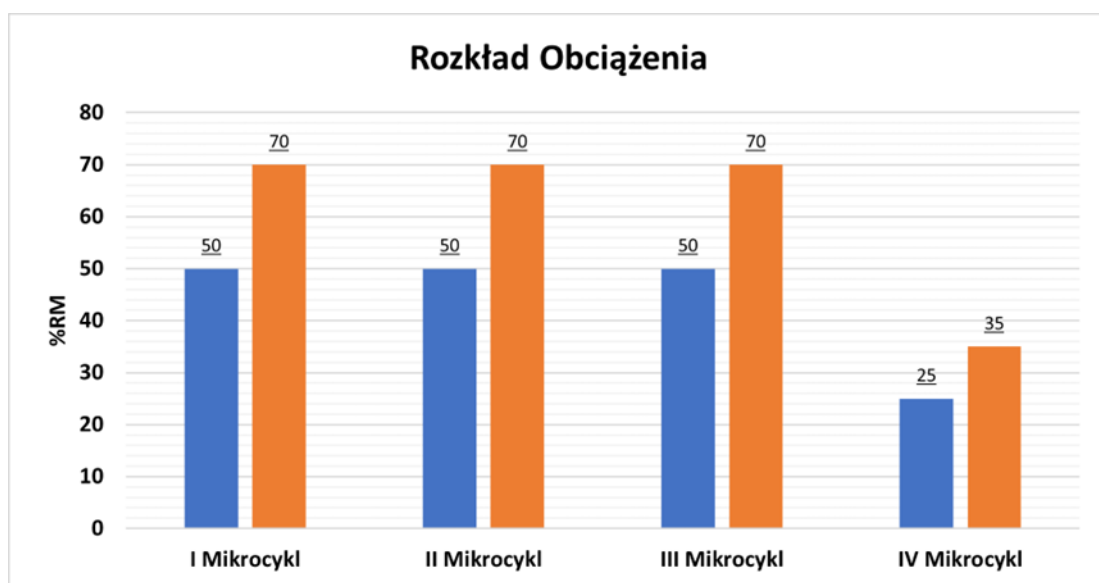
6.1. Materiał badawczy

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 w okresie po zakończeniu rozgrywek ligowych rundy jesiennej (po przerwie świąteczno-noworocznej). 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 3 razy w mikrocyklu siedmiodniowym (tab. 2). Makrocykl przygotowawczy z zastosowanym rozkładem obciążenia 3:1 trwał cztery tygodnie (wykres 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 2. Mikrocykl łączący kilka czynników treningu

Budowa mikrocyklu							
Godzina	Poniedziałek	Wtorek	Środa	Czwartek	Piątek	Sobota	Niedziela
9:00	Siła	Wyrzymałość Tlenowa	Siła	Siła	T. Piłkarski	Sparing	Wolne
17:00	T. Piłkarski	T. Piłkarski	T. Piłkarski	T. Piłkarski	Wolne	Wolne	Wolne



Wykres 1. Rozkład obciążeń treningowych dla makrocyklu przygotowawczego

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 3. 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 ze 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).

6.2. Procedury badawcze

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 analizy masy i składu ciała zawodników z wykorzystaniem analizatora *InBody 370*. Pomiary były wykonywane w standardowych warunkach, w godzinach rannych (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 (*FFM*) i nawodnienie (*TBW*).

Przed głównymi sesjami pomiarowymi został również przeprowadzony pomiar siły maksymalnej w celu określenia wartości 1 RM dla poszczególnych ćwiczeń: wyciskanie na maszynie (obunóż oraz jednonóż) z wykorzystaniem przyrządu *Keiser Leg Press A420* i przysiad obunóż oraz 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:

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

Wykorzystując wartość 1 RM obliczono wielkość obciążenia zewnętrznego zastosowanego w ćwiczeniach siłowych (60% 1RM dla ćwiczeń obunóż, 50% 1RM dla ćwiczeń jednonóż).

Drugi etap został przeprowadzony po tygodniu adaptacyjnym. Polegał na pomiarze szybkości, wysokości pionowego z miejsca z zamachem ramion (*CMJ*), a także mocy maksymalnej (1 RM) dla dwóch ćwiczeń siłowych: wyciskanie nóg na maszynie (obunóż oraz jednonóż) z wykorzystaniem przyrządu *Keiser Leg Press z modulem diagnostycznym A420* oraz przysiad obunóż i jednonóż z wykorzystaniem przyrządu *Keiser Air Squat z modulem diagnostycznym A300*. Pomiary były wykonywane w 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: rozbieganie, 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 i wykonywanie ćwiczeń według indywidualnych potrzeb zawodników. Następnie wykonano test szybkości zawodników na odcinku 30 m (na hali).

- 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 składa się z 8 bezprzewodowych fotokomórek ustawionych w odległości 5 m na odcinkach 5 m, 10 m, 20 m, 30 m oraz bezprzewodowego pilota umożliwiającego natychmiastowy odczyt i wydruk danych. Zawodnicy z wyznaczonego miejsca wykonywali 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 jedenóż. Przyrząd umożliwił pomiar siły

i mocy mięśniowej niezależnie dla obu kończyn dolnych z jednoczesną rejestracją szybkości uzyskania tych zmiennych. Wykorzystanie przyrządu *Keiser Leg Press z modulem diagnostycznym A420* (ryc. 3) umożliwia pomiar zmiennych w całym zakresie ruchu (moc maksymalna [W], poziom siły maksymalnej (1 RM) i poziom siły, w której została uzyskana moc maksymalna [N], szybkość reakcji [s]). Uzyskane zmienne: moc kończyn dolnych (wyciskanie obunóż [60% 1RM] [W], wyciskanie jednonóż KDP [50% 1RM] [W], wyciskanie jednonóż KDL [50% 1RM] [W]).

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. Test ten jest standaryzowanym protokołem pomiarowym firmy *Keiser*.

W przypadku niedoszacowania wartości 1 RM protokół pomiarowy uwzględnił dodatkowe 1-2 powtórzenia weryfikacyjne. Test 10 RM rozpoczynał się odliczaniem czasu na wyświetlaczu użytkownika wtedy, gdy wartość osiągała «0». Urządzenie automatycznie zwiększało opór średnio o 10% wartości RM i zaczynało odliczać czas do następnego powtórzenia. Czas przerwy pomiędzy pierwszymi powtórzeniami był relatywnie krótki i wydłużał się wraz ze wzrostem oporu. Aby zapobiec przewidywaniu momentu zareagowania na bodziec, wpływający czas po 5 sekundzie został wyświetlany na panelu jako myślík. Faza ekscentryczna nie była brana pod uwagę (KEISER, 2013).

Ponieważ moc wyrażona została w wartościach uzyskanych z uwzględnieniem beztłuszczowej masy ciała (*FFM* – ang. *fat-free mass*), obliczona została według wzoru:

$$FFM = TBM - FM$$

gdzie:

FFM to beztłuszczowa masa ciała,

TBM to całkowita masa ciała,

FM to masa tłuszczowa (Thomas, Holden i Chezem, 2012).



Rycina 3. Urządzenie Keiser Leg Press z modulem diagnostycznym A420

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 wyprostów nóg z przysiadu do pozycji stojącej (przysiad obunóż) na 60% 1RM oraz jednonóż na 50% 1RM. Na urządzeniu *Keiser Air Squat* z modulem diagnostycznym A300 (ryc. 4) zawodnicy wykonywali po 5 prób dynamicznego wyprostów nóg z przysiadu do pozycji stojącej. Po każdej próbie rejestrowano wartość mocy kończyn dolnych w watach (W). Uzyskane zmienne: moc kończyn dolnych (wyciskanie obunóż [60% 1RM] [W], wyciskanie jednonóż KDP [50% 1RM] [W], wyciskanie jednonóż KDL [50% 1RM] [W]). Przyrząd *Keiser Air Squat* z modulem diagnostycznym A300 pomaga rozwijać zdolność do generowania siły, szybkości i mocy bardziej efektywnie, niż przy użyciu wolnych

ciężarów. Samoregulujące się naramienniki, szeroka podstawa pozwalają zapobiec urazom kolan (KEISER, 2020).



Rycina 4. Urządzenie Keiser Air Squat z modulem diagnostycznym A300

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.

6.3 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 Greenhousa-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).

7. WYNIKI BADAŃ

Analizę wyników badań podzielono na cztery podpunkty: wyciskanie, przysiad, wyskok pionowy z miejsca z zamachem ramion (*CMJ*) oraz szybkość lokomocyjna.

7.1. Podstawowe statystyki opisowe, analiza wariancji - wyciskanie

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

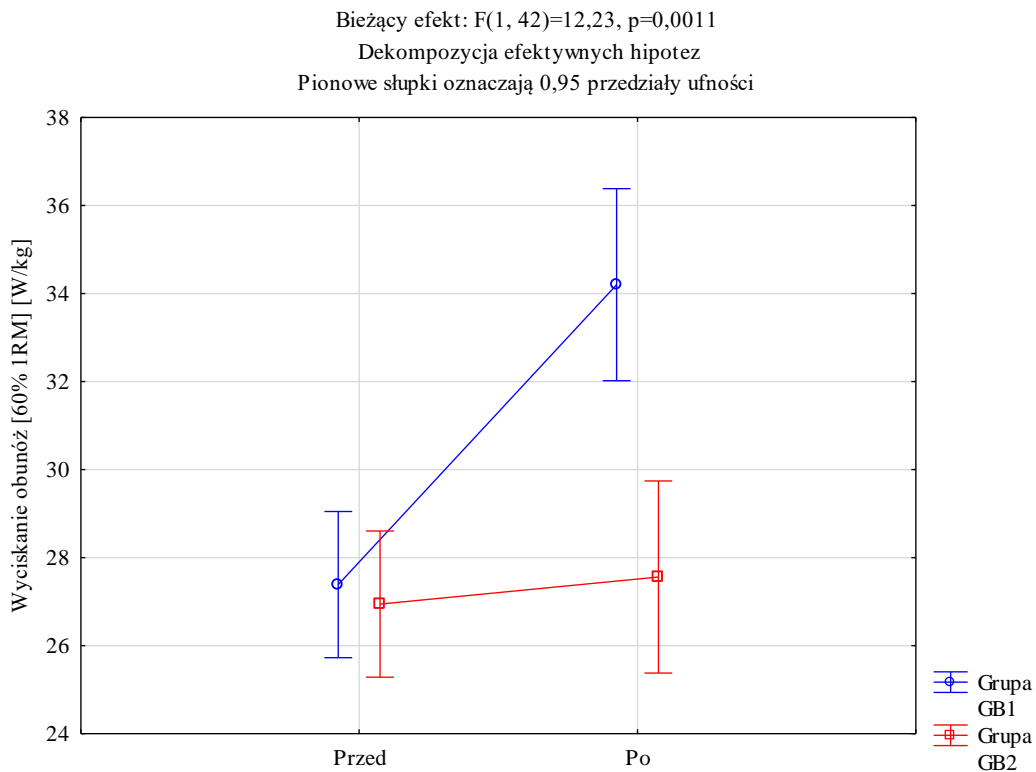
Tabela 4. Parametry opisowe i normalność rozkładu badanych zmiennych, podczas pomiaru diagnostycznego w grupach GB1 i GB2 przed i po interwencji treningowej – wyciskanie

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

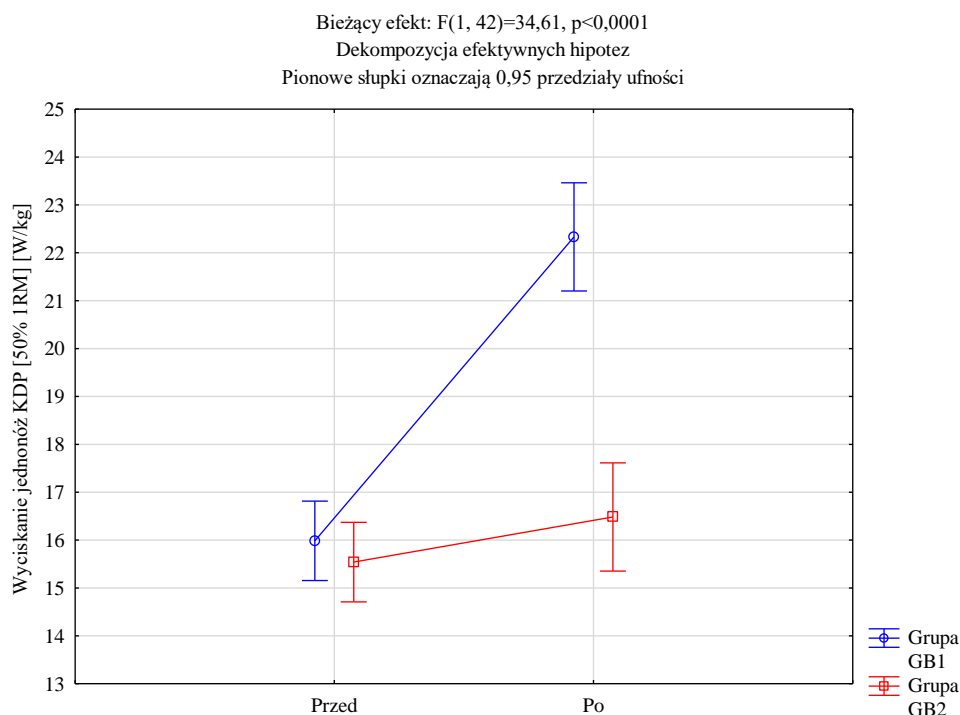
Analiza wyników zawartych w tabeli 4 dała podstawy do stwierdzenia w przypadku wszystkich zmiennych braku podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej o normalności rozkładu analizowanych zmiennych $p\text{ NR} > 0,05$. A zatem do dalszych analiz można zastosować analizę wariancji z powtarzanymi pomiarami. 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 5.



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

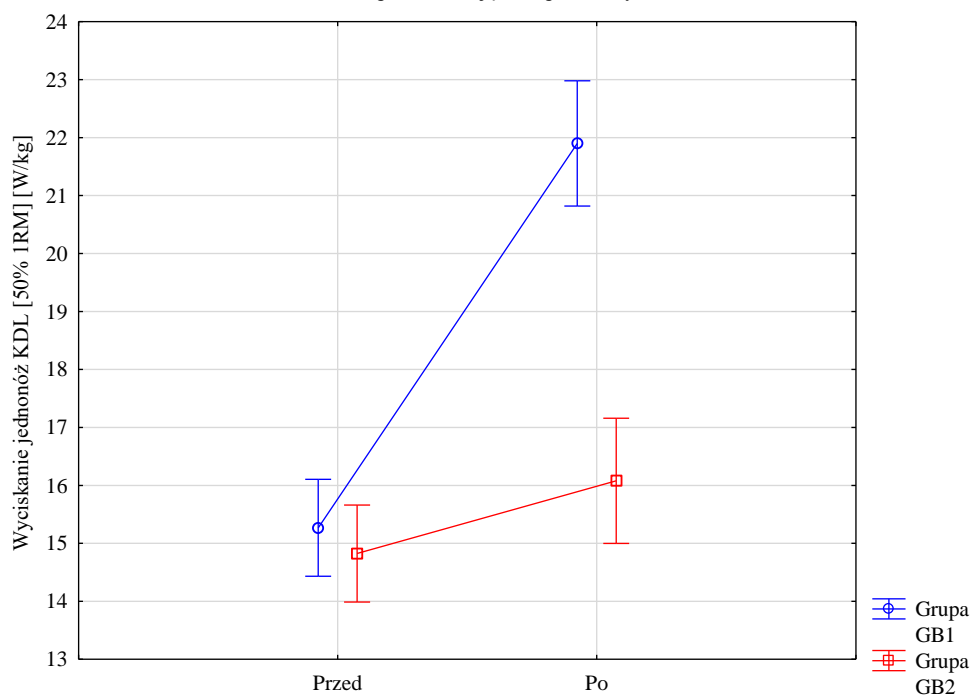
W oparciu o analizę wariancji dla zmiennej Wyciskanie jednonóż KDP [50% 1RM] [W/kg] stwierdzono istotne różnice $F=34,61; p<0,0001$ oraz dużą siłę efektu $\eta^2=0,45$. Testy wielokrotnych porównań wykazały, że istotne różnice wystąpiły pomiędzy wynikami przed i po w grupie GB1 $p=0,0002$ (istotny statystycznie 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 6.



Rycina 6. 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 7.

Bieżący efekt: $F(1, 42)=41,41; p<0,0001$
Dekompozycja efektywnych hipotez
Pionowe słupki oznaczają 0,95 przedziały ufności



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

7.2. Podstawowe statystyki opisowe, analiza wariancji – przysiad

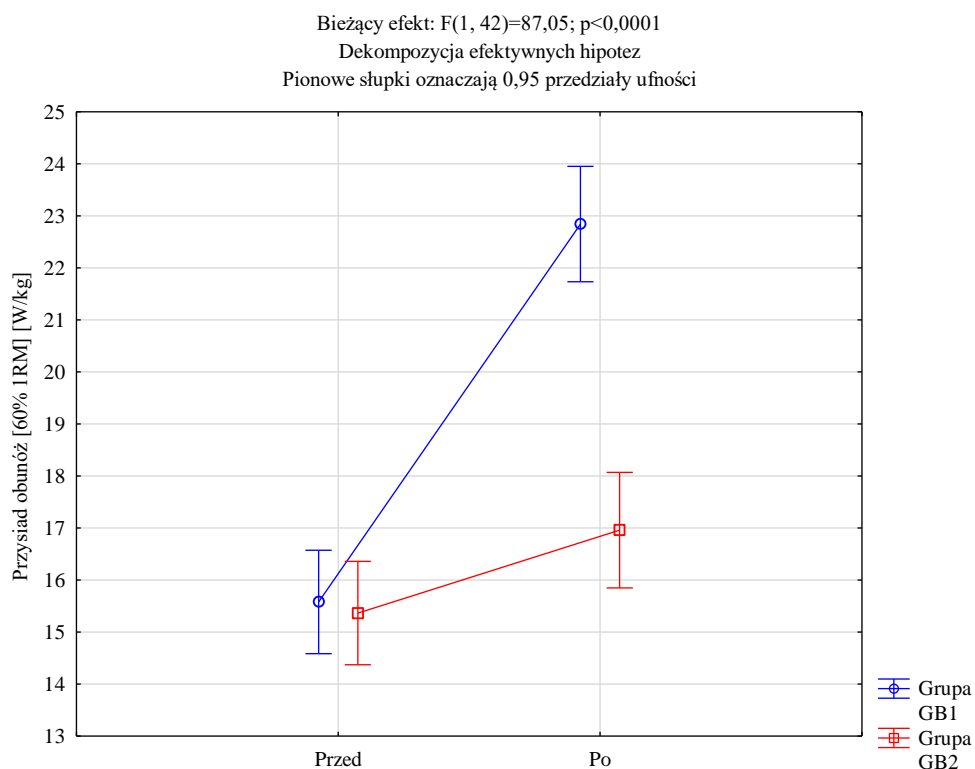
Analogicznie analizy przeprowadzono dla przysiadu.

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

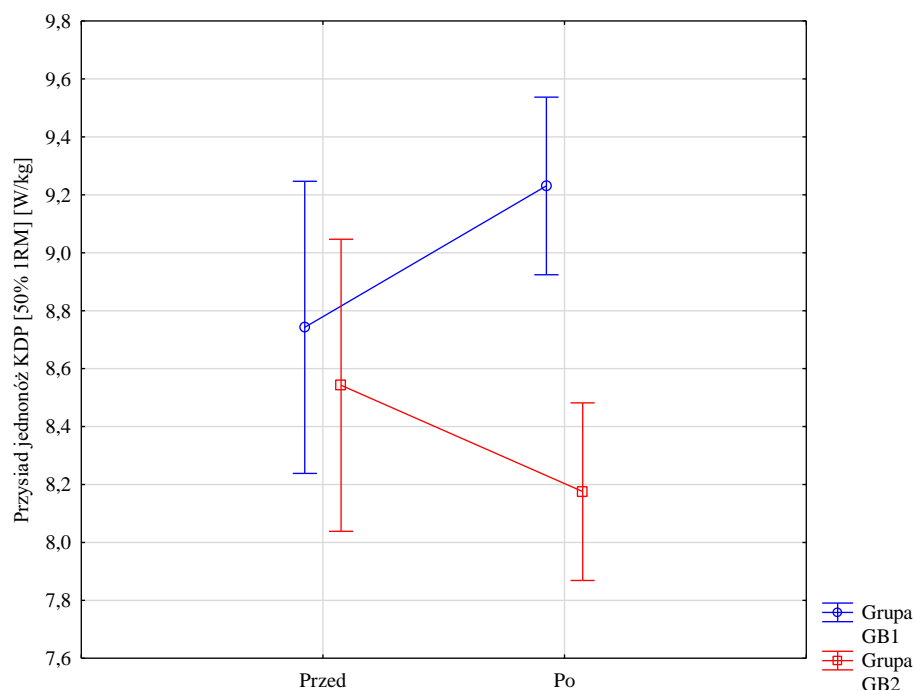
Na podstawie wyników zawartych w tabeli 5 można stwierdzić, że w przypadku wszystkich zmiennych jest brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej o normalności rozkładu analizowanych zmiennych $p\text{ NR} > 0,05$. A zatem do dalszych analiz można zastosować analizę wariancji z powtarzanimi pomiarami. 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 8.



Rycina 8. Porównanie wartości średnich mocy oraz przedziałów ufności dla przysiadu obunóz 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 9.

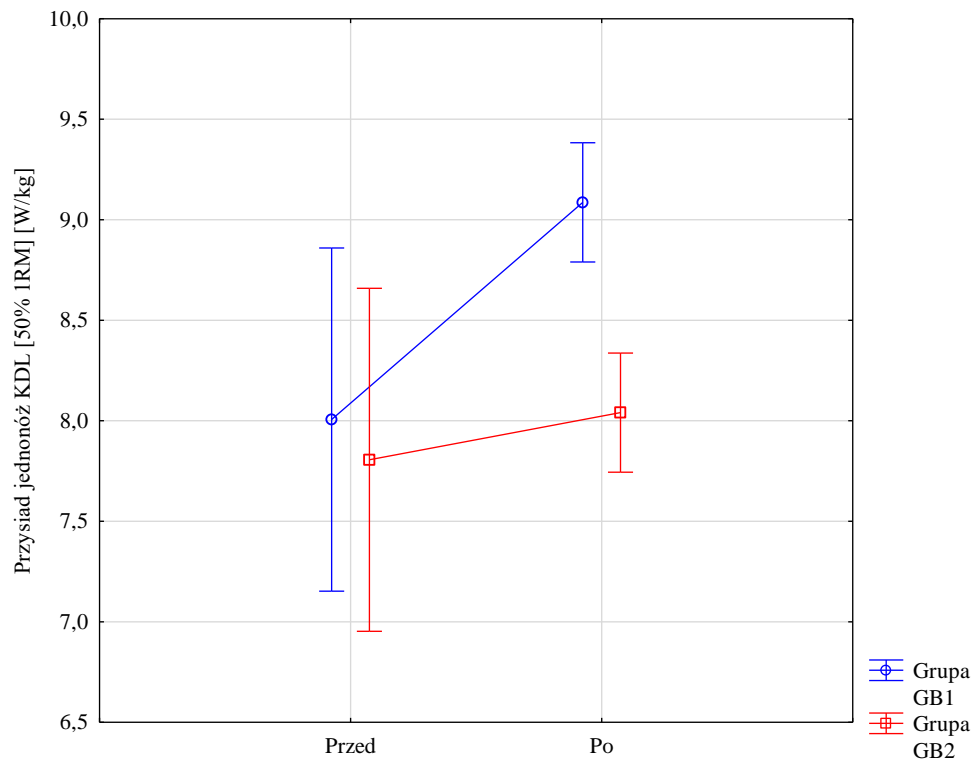
Bieżący efekt: $F(1, 42)=4,34; p=0,04$
Dekompozycja efektywnych hipotez
Pionowe słupki oznaczają 0,95 przedziały ufności



Rycina 9. 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 10, 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 10. Porównanie wartości średnich mocy oraz przedziałów ufności dla przysiadu jednonóż kończyna lewa w analizowanych grupach przed i po treningu

7.3. 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).

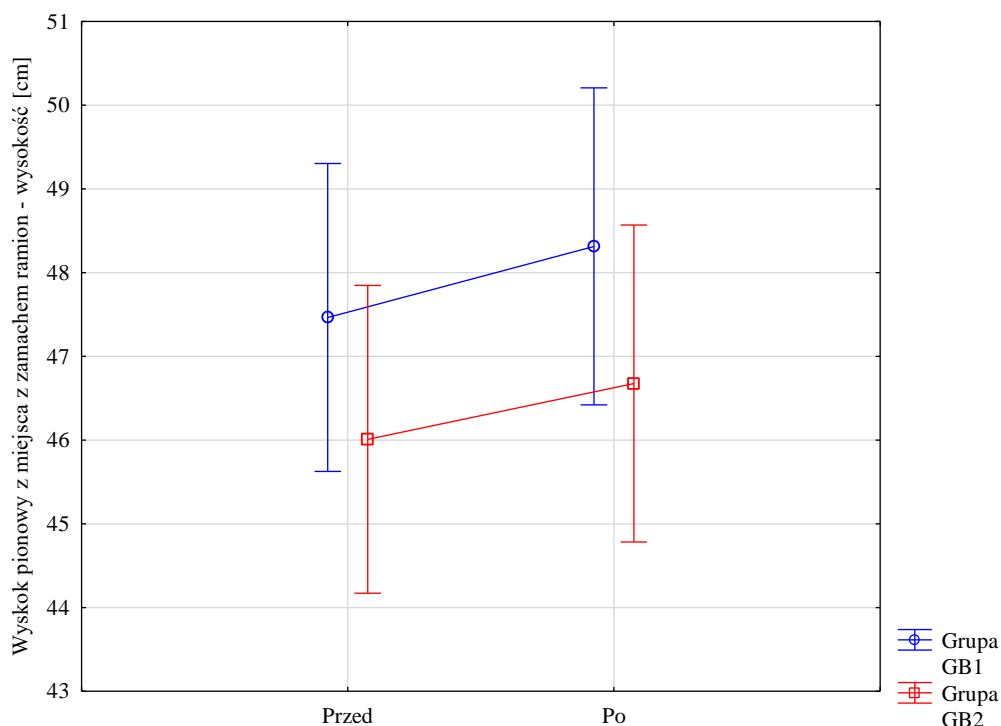
Tabela 6. Parametry opisowe i normalność rozkładu badanych zmiennych, podczas pomiaru diagnostycznego w grupach GB1 i GB2 przed i po interwencji treningowej - CMJ

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 11 na której widać wzrost wyników po przeprowadzonym treningu, ale był on zbyt mały, żeby różnice były istotne statystycznie.

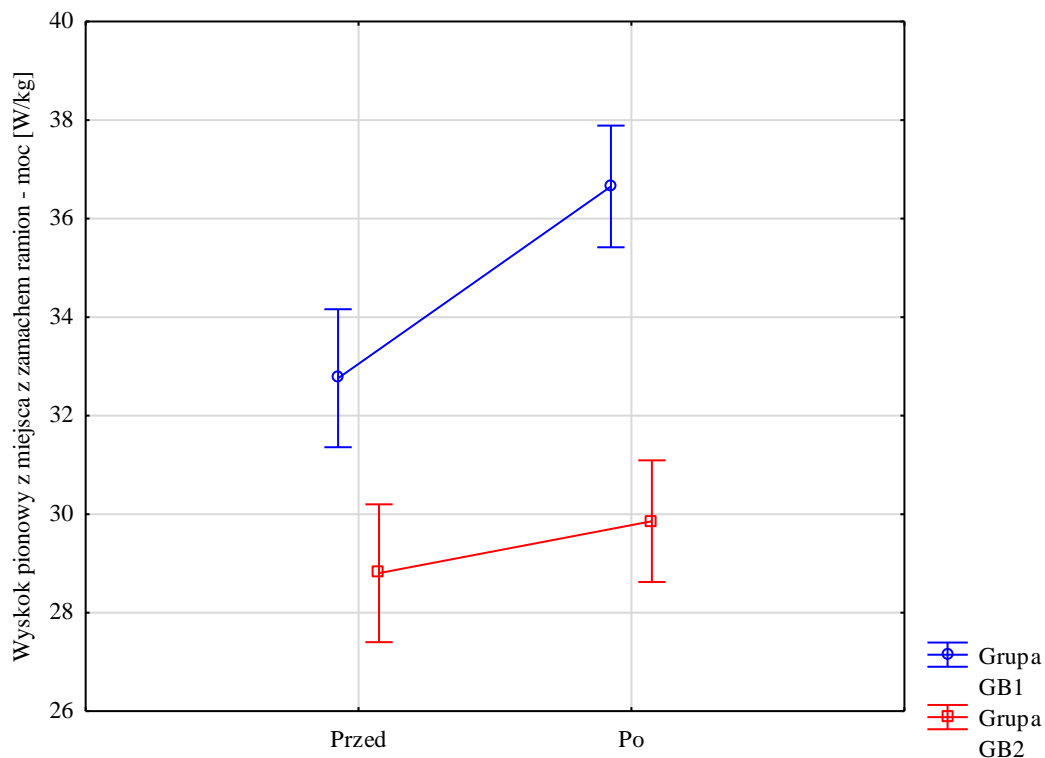
Bieżący efekt: $F(1, 42)=0,11$; $p=0,74$
Dekompozycja efektywnych hipotez
Pionowe słupki oznaczają 0,95 przedziały ufności



Rycina 11. 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 12.

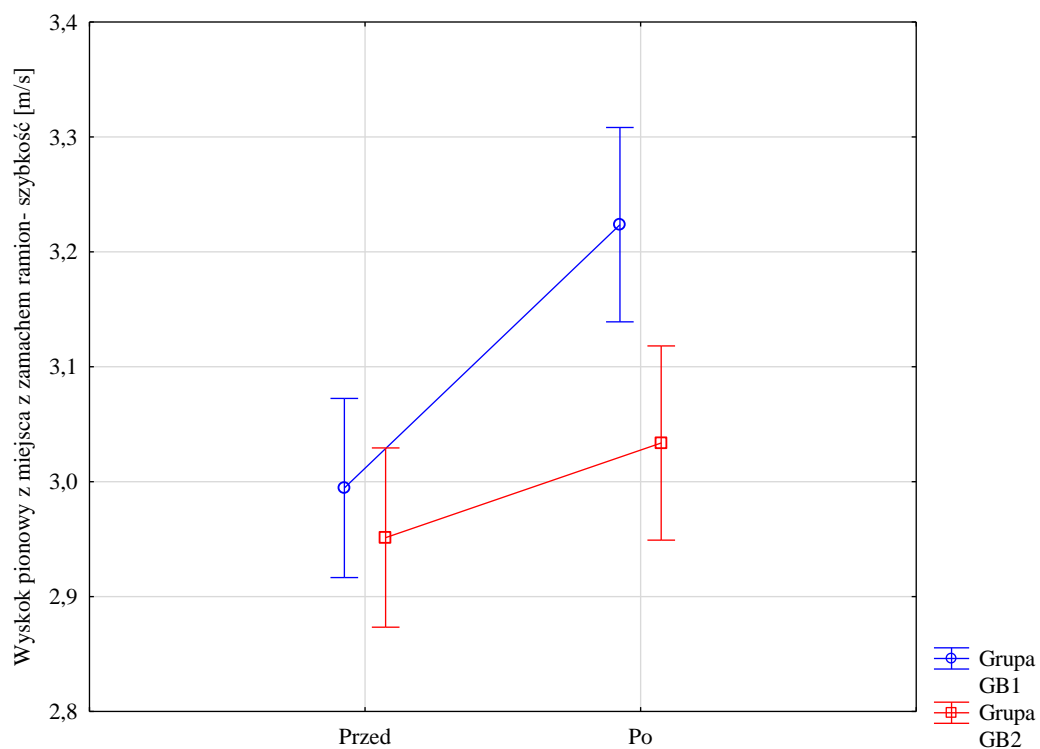
Bieżący efekt: $F(1, 42)=44,20; p<0,0001$
 Dekompozycja efektywnych hipotez
 Pionowe słupki oznaczają 0,95 przedziały ufności



Rycina 12. 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 13.

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



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

7.4. Podstawowe statystyki opisowe, analiza wariancji – szybkość lokomocyjna

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

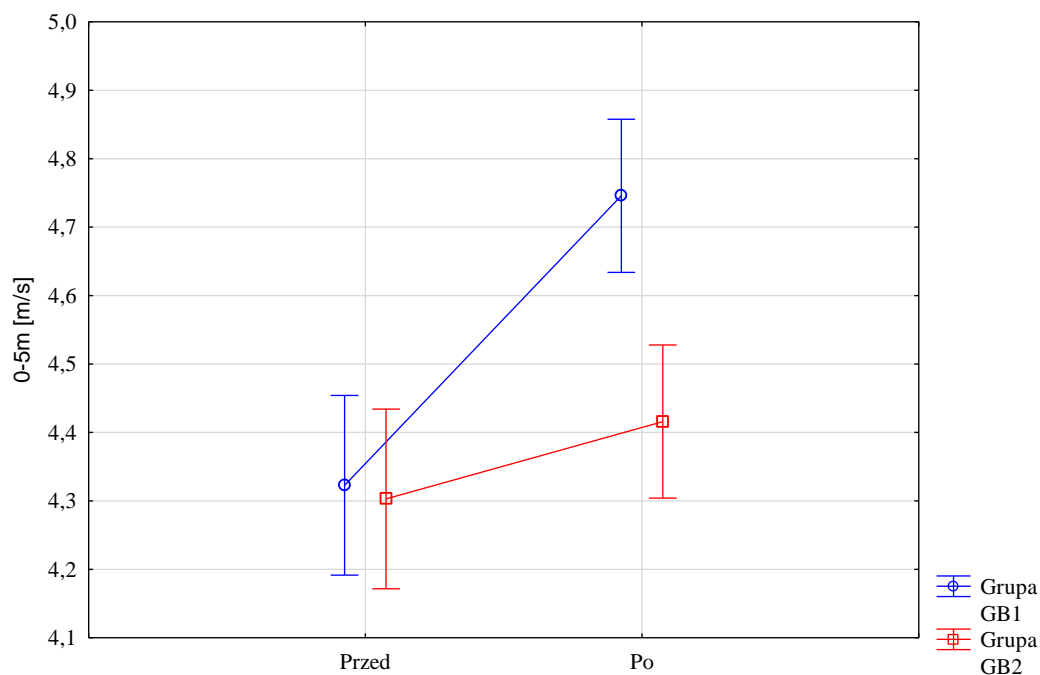
Tabela 7. Parametry opisowe i normalność rozkładu badanych zmiennych, podczas pomiaru diagnostycznego w grupach GB1 i GB2 przed i po interwencji treningowej - szybkość

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 $p_{NR} > 0,05$. 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 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 14.

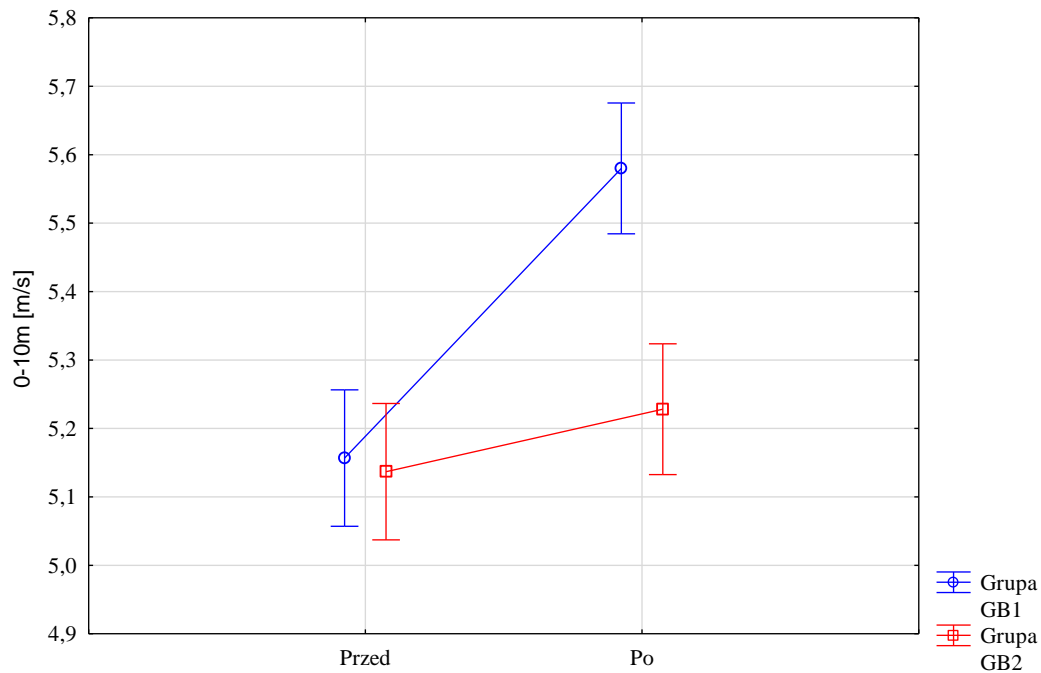
Bieżący efekt: $F(1, 42)=6,34; p=0,016$
Dekompozycja efektywnych hipotez
Pionowe słupki oznaczają 0,95 przedziały ufności



Rycina 14. 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 pomiędzy wynikami przed i po w grupie GB1 $p=0,0001$ (istotny statystycznie 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 15.

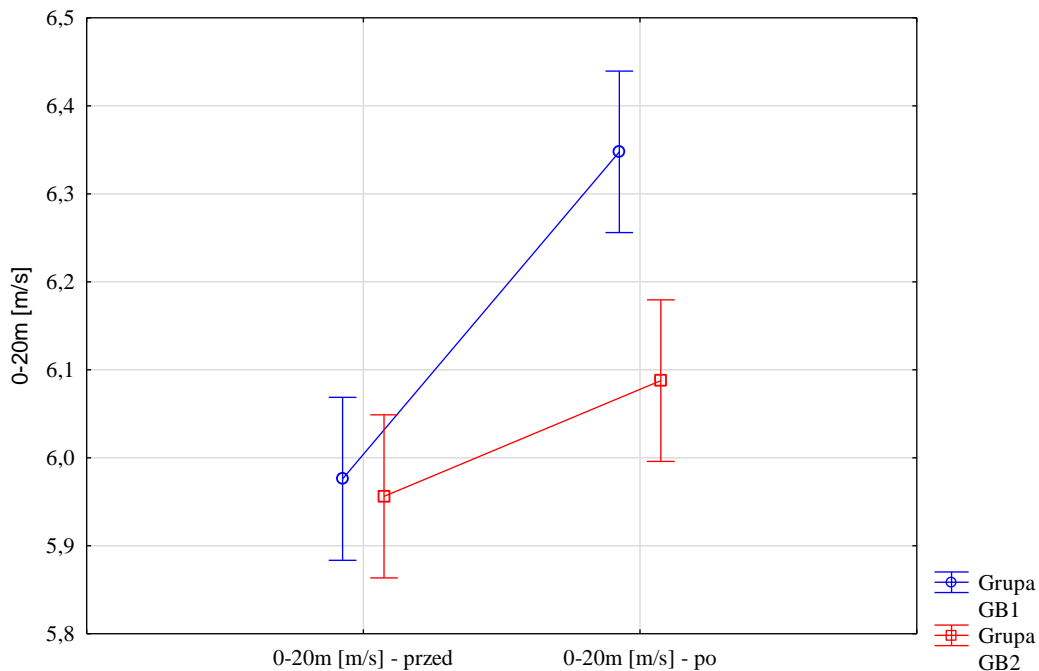
Bieżący efekt: $F(1, 42)=10,78; p=0,002$
Dekompozycja efektywnych hipotez
Pionowe słupki oznaczają 0,95 przedziały ufności



Rycina 15. 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 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 16.

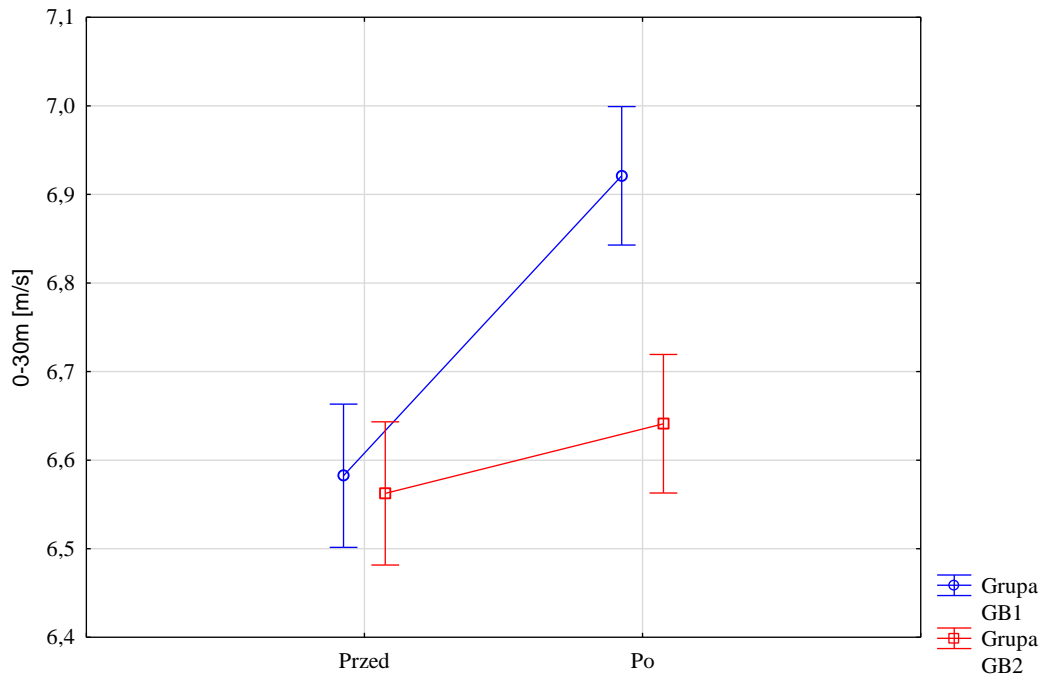
Bieżący efekt: $F(1, 42)=7,58; p=0,008$
Dekompozycja efektywnych hipotez
Pionowe słupki oznaczają 0,95 przedziały ufności



Rycina 16. 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 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 17.

Bieżący efekt: $F(1, 42)=7,98; p=0,007$
Dekompozycja efektywnych hipotez
Pionowe słupki oznaczają 0,95 przedziały ufności



Rycina 17. Porównanie wartości średnich oraz przedziałów ufności dla szybkości 0-30m [m/s] w analizowanych grupach przed i po treningu

8. Dyskusja

W piłce nożnej fundamentalnym elementem jest kształtowanie odpowiedniego poziomu mocy mięśniowej, jaką uzyskuje zawodnik (Sieroń i in., 2017) ze względu, iż moc mięśniowa kończyn dolnych jest potrzebna praktycznie w każdym elemencie gry w piłkę nożną (np. przyśpieszenie, prowadzenie piłki, wślizg, zwód i drybling). Należy zaznaczyć, że szybkość obok siły i wytrzymałości jest jedną z najważniejszych zdolności motorycznych współczesnego piłkarza. Odgrywa ona wiodącą rolę w skutecznym prowadzeniu gry tak w obronie, jak i w ataku oraz w bezpośrednich pojedynkach z przeciwnikiem. Z kolei wysoki poziom skoczności jest szczególnie ważny dla zawodników uprawiających dyscyplinę o charakterze siłowo-szybkościowym (Radzińska, Starosta, 2002). W piłce nożnej jest to wyznacznik sprawności fizycznej podczas pojedynków główkowych (Chelly i in., 2009) oraz istotny aspekt w grze bramkarza. Niektórzy badacze zwrócili uwagę na fakt, że kształtowanie skoczności wyraźnie zaniedbywano w procesie treningu polskich zawodników gier zespołowych (Radzińska, Starosta, 2002).

Istnieje bogata literatura przedmiotu dotycząca badań mocy kończyn dolnych piłkarzy nożnych (Quagliarella i in., 2011; Pietraszewski i in., 2015; Gravina i in., 2017; Hoppe i in., 2017; Manson i in., 2021). Na podstawie licznych badań empirycznych powstało wiele hipotez określających czynniki wpływające na wiodącą i rozstrzygającą zdolność o końcowym wyniku meczu (szybkość) oraz na uzupełniającą (skoczność) w piłce nożnej (Loturco i in., 2015; Gajewski i in., 2018). W nawiązaniu do tych publikacji naukowych w niniejszej pracy uwzględniono wyniki tych badań oraz rozszerzono i uszczegółowiono problem badawczy. Uzasadnieniem podjęcia niniejszych badań było 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. Należy zaznaczyć, że w literaturze światowej opisane zostały badania uwzględniające jednocześnie wyżej wymienione aspekty, lecz z zastosowaniem innych procedur badawczych.

Celem niniejszej dysertacji była analiza wpływu treningu siłowego na moc kończyn dolnych, szybkość lokomocyjną i skoczność piłkarzy nożnych. W pracy dokonano pomiarów mocy szczytowej, generowanej przez zawodników podczas wykonywania ćwiczeń siłowych, a mianowicie, wyciskanie obunóż i jednonóż, przysiad obunóż i jednonóż, a także zmierzono ich szybkość lokomocyjną na odcinkach 5 m, 10 m, 20 m, 30 m oraz skoczność (*CMJ*). Pomiar

zostały przeprowadzone dwukrotnie (przed okresem przygotowawczym oraz po jego zakończeniu).

Trening siłowy stał się jedną z najpopularniejszych aktywności fizycznych w celu zwiększenia siły i mocy mięśniowej, wytrzymałości oraz hipertrofii mięśniowej. Dla kompletnego, bezpiecznego i efektywnego treningu niezwykle ważne jest zrozumienie zależności zmiennych treningowych takich jak: intensywność, liczba serii, przerwa wypoczynkowa między seriami i różnorodność ćwiczeń (de Salles i in., 2009). Według Duziak (2022) ćwiczenia powinny być dobierane tak, aby angażowały maksymalną ilość grup mięśniowych w trakcie wykonywania zadań. W literaturze przedmiotu istnieje wiele publikacji naukowych na temat metod i rodzajów treningów sportowych wpływających na wyniki. Lloyd (2016) porównał skuteczność 6-tygodniowych interwencji treningowych z wykorzystaniem różnych rodzajów treningów (tradycyjny trening siłowy, trening mieszany, trening plyometryczny) na wyniki sprintu i skoków u chłopców przed i po szczytowej prędkości wzrostu (ang. *Peak Height Velocity, PHV*). Grupy eksperymentalne uczestniczyły w programach treningowych dwa razy w tygodniu przez 6 tygodni. Przyspieszenie, maksymalna prędkość biegu, wysokość wyskoku z przysiadu i wskaźnik rozwoju siły zostały zebrane przed i po interwencji. Wszystkie grupy trenujące osiągnęły znaczne postępy w pomiarach sprintu i skoków, niezależnie od trybu treningu oporowego i wieku.

Powszechnie stosowanym narzędziem do określenia względnych obciążeń w celu dodania intensywności programu treningowego oraz do oceny zmian siły mięśni w trakcie treningu siłowego jest rzetelny test maksymalnego obciążenia dla pojedynczego powtórzenia (1 RM) (Verdijk, van Loon, Meijer, Savelberg, 2009; Ritti-Dias i in., 2013). Verdijk i in. (2009) wnioskuje, że test 1 RM stanowi ważny sposób oceny siły mięśni kończyn dolnych i górnych (Nascimento i in., 2017) u młodych i starszych mężczyzn oraz kobiet.

W niniejszej dysertacji zastosowano strategię zmienności w treningu siłowym opartą na różnicowaniu intensywności treningu. Istnieje wiele metod i rodzajów treningów w celu rozwijania siły mięśniowej, które różnią się intensywnością: trening oporowy o wysokiej intensywności (>70% 1RM), trening oparty na niskiej prędkości ukierunkowany na siłę (Verkhoshansky, Lazarev, 1989; Verkhoshansky Y., Verkhoshansky N., 2011), trening oporowy o niskiej intensywności (<30% 1RM), trening opartej na dużej prędkości

ukierunkowany na szybkość (McBride, Triplett-McBride, Davie, Newton, 2002), trening oporowy o umiarkowej intensywności (50–70% 1RM) oraz trening opartej na dużej prędkości (Izquierdo i in., 2002; Kawamori, Haff, 2004).

Niniejsza dysertacja zawiera szereg elementów nowości, a mianowicie, porównanie wyników treningu (po okresie przygotowawczym, trwającym cztery tygodnie) z zastosowaniem obciążenia zewnętrznego 50-60% 1RM z rezultatami treningu z obciążeniem zewnętrznym 70-80% 1RM u piłkarzy nożnych. 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). Według Tate (2018) zastosowane obciążenie zewnętrzne w treningu nie może być maksymalnym i powinno mieścić się w przedziale od 50% 1RM do 75% 1RM. W niniejszej dysertacji była zastosowana metoda powtórzeniowa, która jest metodą uniwersalną, ponieważ można za jej pomocą kształtować wszystkie zdolności motoryczne. Wykorzystując tę metodę zazwyczaj występuje stała i wysoka intensywność ćwiczeń wraz z optymalną przerwą wypoczynku (Dudziak, 2022).

Innowacyjność pracy polega także na zastosowaniu oryginalnej kombinacji ćwiczeń w treningu siłowym w trakcie okresu przygotowawczego (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*) oraz nowej kombinacji ćwiczeń sprawdzających te zmienne (wyciskanie obunóż i jednonóż na urządzeniu *Keiser Leg Press z modulem diagnostycznym A420* oraz przysiad obunóż i jednonóż na urządzeniu *Keiser Air Squat z modulem diagnostycznym A300*; sprint na odcinkach 5 m, 10 m, 20 m, 30 m z wykorzystaniem systemu fotokomórek *Microgate Witty*; wyskok pionowy z miejsca z zamachem ramion (*CMJ*) przy użyciu platformy dynamometrycznej *ForceDecks Dual Force Plate System*) 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 in., 2010; Balsalobre-Fernández i in., 2016), wyciskanie sztangi leżąc *Bench Press* (Christou i in., 2006; Marques i in., 2007; Castillo i in., 2012; Nascimento i in., 2017; Bakirova i in., 2019; Wilk i in., 2019), wykroki z sztangą na barkach *Barbell Lunge* (Lloyd i in. 2016; Suarez-Arrones i in. 2019; Wu, Tsai, Liang i Chang, 2020), podciąganie na drążku nachwytem i podchwytem *Pull ups* (Johnson i in. 2009; Leslie i Comfort, 2013) oraz podpór przodem na przedramionach z wykorzystaniem taśmy (w podwieszeniu) *Plank* (Cortell-Tormo i in. 2017; Calatayud i in. 2017; Choi, Kim i Cynn, 2021).

Przysiad (*Back squat*) jest jednym z najczęściej stosowanych ćwiczeń oporowych dla poprawienia kondycji zdrowotnej ze względu na jego biomechaniczne i nerwowo-mięśniowe podobieństwa do szerokiej gamy zajęć sportowych i codziennych (Ayers, DeBeliso, Sevene, Adams, 2016; Kompf, Arandjelović, 2017). W pracach naukowych przysiad z sztangą na barkach *Back Squat (High Bar)* jest najczęściej badaną odmianą przysiadu (Gene-Morales, 2020). Badania te uwzględniały różne aspekty związane z tym ćwiczeniem. Główną zaletą przysiadu z sztangą na barkach jest zaangażowanie dużej ilości grup mięśniowych. W badaniach naukowych wykazano aktywność mięśnia obszernego bocznego, obszernego przyśrodkowego i prostego uda (Eliassen i in., 2018; Korak i in., 2018; Delgado i in., 2019) oraz mięśnia dwugłowego uda (Andersen i in., 2014). Ponadto zaobserwowano pracę mięśnia pośladkowego (Caterisano i in., 2002; McCurdy i in., 2014), ścięgna mięśnia podkolanowego (Andersen i in., 2014; Delgado i in., 2019) i mięśnia brzuchatego łydki (Aspe i Swinton, 2014; da Silva i in., 2017). Eliassen, Saeterbakken i van den Tillaar (2018) przeprowadzili badania nad porównaniem aktywności mięśni podczas wykonywania przysiadu z sztangą jedno- a obunóż z identycznym obciążeniem zewnętrznym u doświadczonych uczestników treningu oporowego. Z badań wynika, że wykonywanie przysiadów jedno- a obunóż z niewielkim obciążeniem stymuluje podobną wielkość aktywności mięśni ścięgna podkolanowego, mięśnia brzuchatego łydki, mięśnia biodrowego i mięśni brzucha oraz mniej obciąża kręgosłup. Autorzy sugerują stosowanie przysiadów jedno- a obunóż dla osób z bólem dolnego odcinka kręgosłupa lędźwiowo-krzyżowego i osób zapisanych na programy rehabilitacyjne po zerwaniu więzadeł krzyżowych przednich (*ACL*). Stanowi to ponad 50% wszystkich kontuzji kolana.

Przysiad z sztangą na barkach był również badany pod innym kątem. Ayers i in. (2016) zbadali dwa rodzaje chwytów podczas przysiadu z sztangą, wpływających na moc mięśniową (wysokość wyskoku), siłę oraz szybkość wśród zawodniczek akademickich. W eksperymencie zbadano zarzut sztangi znad kolan na obręcz barkową (ang. *the Hang Clean, HC*) oraz rwanie sztangi znad kolan nad głowę (ang. *the Hang Snatch, HS*). Zawodniczki (*NCAA Division I*) wykonywały trening dwa razy w tygodniu przez sześć tygodni, po trzy powtórzenia z obciążeniem zewnętrznym 80-85% 1RM. W wyniku badań nie wykazano istotnych statystycznie różnic pomiędzy pierwszą techniką chwytu a drugą w parametrach mocy (wysokości wyskoku), siły mięśniowej i szybkości.

Wyciskanie sztangi leżąc (*Bench Press*) od lat cieszy się dużym zainteresowaniem wśród różnych grup społecznych w celu poprawy wydajności nerwowo-mięśniowej lub zwiększenia gęstości masy kostnej (Padulo, Subramanian, Spurling, Jenness, 2015). Wyciskanie sztangi leżąc służy do wzmacniania mięśni górnej części ciała, głównie klatki piersiowej, barków i ramion (Kompf, Arandjelovic, 2017). W badaniach naukowych wykazano silną aktywność mięśnia naramiennego w pełnym zakresie ruchu, ze znacznym wzrostem przed i po *sticking point* (czyli w zakresie ruchu, którego pokonanie jest zdecydowanie trudniejsze w porównaniu do pozostałej części wysiłku) (van den Tillaar, Ettema, 2010; Król, Gołaś, Sobota, 2010; Kompf, Arandjelovic, 2017). W wyciskaniu sztangi leżąc *sticking point* występuje zaraz po oderwaniu sztangi od klatki piersiowej. Podczas wyciskania sztangi leżąc zaobserwowano również wzrost aktywności mięśnia trójgłowego ramienia (Król, Gołaś, Sobota, 2010; van den Tillaar, Saeterbakken, 2012).

Przysiady i wykroki z sztangą są często stosowane w ćwiczeniach wzmacniających mięśnie i terapeutycznych (Wu i in., 2020). W badaniach Wu i in. (2020) nad wpływem urządzeń na aktywację mięśni w przysiadzie i wyroku wzięło udział dziewiętnastu zdrowych, aktywnych mężczyzn, bez historii urazów kończyn dolnych. Każdy uczestnik wykonał 10 powtórzeń przysiadu w 5 warunkach: bez obciążenia, z sztangą, z hantlami, z kamizelką z obciążeniem i z *Kettlebelem* (w przyrządzie tym środek ciężkości nie jest rozłożony równomiernie) oraz 10 powtórzeń wyroku w 4 warunkach: bez obciążenia, z sztangą, z hantlami i kamizelką z obciążeniem. Wykazano, iż aktywacja mięśni w warunkach obciążenia była znacznie wyższa niż w warunkach bez obciążenia w przysiadzie i wyroku. Nie stwierdzono istotnej różnicy w aktywacji mięśni między sztangą, hantlami i *Kettlebell* podczas wyroku. Ponadto aktywność mięśnia czworogłowego i ścięgna podkolanowego była znacznie wyższa w wyroku niż w przysiadzie.

Podciąganie na drążku wąskim nachwytem *Pull ups* (mniej więcej na szerokość barków) wpływa na wzmocnienie mięśni pleców oraz aktywuje mięsień dwugłowy ramienia (biceps), ramienny i ramiennie-promieniowy. Leslie i Comfort (2013) przeprowadzili badania czy szerokość uchwytu i pozycja rąk wpływa na aktywność mięśni podczas podciągania. Z badań wynika, że podciąganie na drążku wąskim nachwytem zwiększa aktywność mięśnia czworobocznego dolnego i mięśnia podgrzebieniowego. Natomiast z badań Signorile, Zink i Szwed (2002) oraz Lusk, Hale i Russell (2010) wynika również zwiększona aktywność mięśnia najszerzego grzbietu. Warto jednak pamiętać, że jeśli dążymy do równomiernej rozbudowy mięśni, powinniśmy podciągać się zarówno podchwytem jak i nachwytem. Ćwiczenia statyczne („deska”) rozwijają wytrzymałość siłową (Trzaskoma, 2016). Trening core skupia się na mięśniach środka ludzkiego ciała. Jego zadaniem jest zapewnienie stabilności, tak aby ciało mogło funkcjonować w najlepszych, najbardziej ergonomicznych i wydajnych warunkach. Dobra stabilizacja i silny „core” daje możliwość bycia mobilnym. Warto pamiętać, że miednica spełnia niezwykle ważną rolę z punktu widzenia statyki oraz dynamiki ciała, ponieważ łączy kręgosłup z kończynami dolnymi. Dobra stabilizacja kompleksu lędźwiowo-miedniczno-biodrowego stanowi pewną podstawę, na której może być budowana aktywność fizyczna (Lech, Grymel-Kulesza, 2017).

Podpór przodem na przedramionach *Plank* zapewnia aktywność nerwowo-mięśniową (Calatayud i in., 2017), stabilizuje ludzkie ciało i stanowi ochronę kręgosłupa podczas ruchu. Calatayud i in. (2017) przeprowadzili badania nad aktywnością mięśni tułowia podczas różnych pozycji „deski”. Podczas eksperymentu oceniano wpływ podporów na przedramionach bilateralnych i unilateralnych na aktywność mięśni tułowia. W badaniu wzięło udział dwudziestu studentów uniwersytetów, którzy wykonywali cztery różne rodzaje ćwiczeń w podporze na przedramionach: plank w pozycji przodem (bilateralny), plank z unoszeniem ramion i nóg (unilateralny), plank w pozycji przodem (bilateralny) z wykorzystaniem taśmy (w podwieszeniu), plank z unoszeniem ramion i nóg (unilateralny) z wykorzystaniem taśmy (w podwieszeniu). Sygnały elektromiografii rejestrowano dla górnego mięśnia prostego brzucha (*UP ABS*), dolnego mięśnia prostego brzucha (*LOW ABS*), mięśnia skośnego zewnętrznego (*OBLIQ*) i prostownika grzbietu w części lędźwiowej (*LUMB*). Nie stwierdzono

różnic pomiędzy ćwiczeniami dla aktywności mięśni dla górnego mięśnia prostego brzucha, dolnego mięśnia prostego brzucha i mięśnia skośnego zewnętrznego. Zastosowanie plank w pozycji przodem (bilateralny) z wykorzystaniem taśmy (w podwieszeniu) najbardziej aktywuje mięsień prostownika grzbietu w części lędźwiowej (20% rejestrowanego podczas maksymalnego skurczu izometrycznego, MVIC), natomiast plank w pozycji przodem (bilateralny) wykazał najniższą aktywność (11% MVIC).

Warto pamiętać, że niewłaściwy upadek podczas meczu (np. z powodu faulu, zderzenia z przeciwnikiem, potknięcia) może przyczynić się do doznania poważnej kontuzji, co potwierdzają badania przeprowadzone wśród piłkarzy nożnych, które wykazały, że 31% urazów spowodowanych jest nieprawidłowym upadkiem. Najczęściej występują urazy kręgosłupa, stawu skokowego, stawu barkowego, nadgarstka, łokcia, głowy i szyji. Nie tylko zawodnicy z pola, lecz również bramkarze często nabawiają się kontuzji spowodowanych niewłaściwym upadkiem, które wykluczają ich na wiele tygodni. Dlatego niezwykle istotnym jest wykonywanie ćwiczeń stabilizacyjnych (np. podpor przodem na przedramionach *Plank*) które wzmacniają mięśnie głębokie.

Atutem niniejszej dysertacji stanowiła wyselekcjonowana grupa zawodowych piłkarzy, grających w drugiej pod względem hierarchii lidze polskiej, reprezentujących zbliżony poziom sportowy z minimum 4-letnim stażem treningowym w danej lidze i w przedziale wiekowym od 22 do 28 lat.

Kolejnym atutem badań jest wykorzystanie najnowszej generacji urządzeń pomiarowych, zapewniających dokładność pomiarów i zapobiegających urazom kończyn dolnych. Przyrządy te cechuje także wysoka trafność i rzetelność pomiarowa, jak również umożliwiają zachowanie identycznych warunków do przeprowadzenia prób testowych dla każdego z badanych piłkarzy. Warto zwrócić uwagę, że precyzyjny pomiar zaawansowanym sprzętem pozwala również odpowiednio dobrać obciążenia zewnętrzne i optymalnie zaplanować trening.

W praktyce treningu sportowego system fotokomórek *Microgate Witty* jest szeroko stosowany dla oceny, kontroli i optymalizacji potencjału motorycznego sportowca (między innymi do pomiarów szybkości lokomocyjnej w sprintach) w różnych dyscyplinach sportowych: tenis (np. *Real Club de Tenis Barcelona*), hokej (*Rangers NY*, *Penguins* (ang. *National Football League, NHL*)), rugby (Reprezentacja narodowa Włoch w rugby, reprezentacja narodowa Francji w rugby, *Benetton Treviso*), siatkówka (*Novara*, *Trento*, *Perugia*), koszykówka (*Virtus Bologna*, *Toronto Raptors* (ang. *National Basketball*

Association, NBA). Ponadto system fotokomórek wykorzystywany jest poprzez czołowe związki piłki nożnej (np. *Football Federation Australia, Norwegian Football Association, Belgian Football Association*), elitarne piłkarskie kluby sportowe (np. *FC Inter, AC Milan, Chelsea, Liverpool, Tottenham, Manchester City, FC Real Madrid, Eintracht Frankfurt*, włoską serię A, europejskie kluby sportowe), jak również przez lekkoatletyczne związki sportowe (*Chinese Athletic Association, C.O.N.I, Rome/Formia*), laboratoria na uczelniach (*Katedralskole (Viborg, Dania); Universität der Bundeswehr München, Universität Potsdam, Universität Kassel, Köln, Nürnberg (Niemcy); Salzburg (Austria), Cardiff (Walia), Edinburgh (Szkocja), Bologna, Włochy*), jednostki wojskowe (*Comando per la Formazione, Specializzazione e Dottrina dell'esercito, Włochy*) oraz centra olimpijskie i inne (*U.S. Olympic Training Centers, Nike, New Balance Puerto Rico (USA); CAR Sierra Nevada, Hiszpania*).

System fotokomórek *Microgate Witty* jest również wykorzystywany jako precyzyjne narzędzie pomiarowe podczas badań naukowych w piłce nożnej (Erikoğlu Orer i in., 2016; Joo, 2016; Ramos-Campo i in., 2016; García i Peña, 2017; Sánchez-Sánchez i in., 2018; Hernandez-Davo, Moreno-Perez, Moreno, 2022), hokeju (Brunner i in., 2016), judo (Cuk i in., 2016), korzykówka (Gonzalo-Skok i in., 2017), siatkówka (Horička i Šimonek, 2016), jak również wśród osób niewytrenowanych (Santos, Jimenez, Sampaio, Leite, 2017; Larsen i in., 2017; Gonzalo-Skok i in., 2017).

Użycie platformy dynamometrycznej *ForceDecks Dual Force Plate System* firmy VALD w niniejszej pracy posłużyło do sprawdzenia poziomu skoczności i mocy kończyn dolnych zawodników różnych dyscyplin sportowych. Podczas eksperymentu badano wysokość (cm), moc (W) i szybkość wyskoku (m/s). Z urządzenia korzysta na bieżąco ponad 120 drużyn Unii Europejskich Związków Piłkarskich (ang. *Union of European Football Associations, UEFA*), 26 klubów amerykańsko-kanadyjskiej ligi koszykarskiej (*NBA*), 22 drużyn największej zawodowej ligi futbolu amerykańskiego (*NFL*), ponad 35 szpitali ortopedycznych, ponad 100 klinik zdrowia, ponad 30 jednostek wojskowych, ponad 150 prywatnych ośrodków, ponad 70 związków sportowych, ponad 85 drużyn najwyższego poziomu futbolu uniwersyteckiego w Stanach Zjednoczonych (ang. *National Collegiate Athletic Association, NCAA*), 20 drużyn najważniejszej amerykańskiej ligi baseballu (ang. *Major League Baseball, MLB*) oraz

20 drużyn najwyższej w hierarchii klasy męskich ligowych rozgrywek piłkarskich w Anglii (ang. *Premier League, EPL*).

Pomiar generowanej mocy mięśniowej kończyn dolnych odbył się również na dwóch pneumatycznych urządzeniach firmy Keiser (*Keiser A300 Leg Press z modulem diagnostycznym A420, Keiser Air Squat z modulem diagnostycznym A300*). Urządzenia te umożliwiają precyzyjny dobór obciążenia do wykonywanego przez zawodnika ćwiczenia. Zapewniają bieżący pomiar i ustalenie maksymalnych wartości badanych parametrów, a także kontrolę precyzji ruchu. Ponad 80% najlepszych profesjonalnych drużyn sportowych na świecie trenuje na urządzeniach *Keiser*, w tym drużyny baseballowe, mistrzowie piłki nożnej z czołowych przedstawicieli piłki nożnej na świecie, kilku mistrzów futbolu amerykańskiego i olimpijczycy. Z urządzeń korzysta szereg instytucji od Narodowej Agencji Aeronautyki i Przestrzeni Kosmicznej (*NASA*) po siły specjalne amerykańskiej marynarki (*United States Navy SEALs*) oraz eksperci medyczni i specjaliści rehabilitacji, a także główne siłownie (np. *LA Fitness, USA*). Urządzenia firmy *Keiser* brały udział w ponad 80 recenzowanych i opublikowanych badaniach naukowych dotyczących treningu siłowego.

Istotą niniejszej pracy było założenie, że moc mięśniowa może pozytywnie wpływać na poprawę szybkości (Loturco i in., 2015; Gravina i in., 2017; Hoppe i in., 2017) oraz skoczności (Gajewski i in., 2018; Gozdowski i in., 2019). W pozycjach naukowych udowodniono istotną korelację pomiędzy mocą mięśniową a szybkością (Silva-Junior i in., 2011; Loturco i in., 2015; Gravina i in., 2017; Hoppe i in., 2017), pomiędzy mocą mięśniową a skocznością (Gorwa i in., 2007; Chelly i in., 2010; Gajewski i in., 2018; Gozdowski i in., 2019), jak również pomiędzy szybkością a skocznością (Silva-Junior i in., 2011; Köklü i in., 2015). Z literatury przedmiotu wynika bardzo silna korelacja pomiędzy generowaną mocą wyskoku pionowego z miejsca z zamachem (*CMJ*) a generowaną mocą biegową (sprint na 30 m) (Silva-Junior i in., 2011), a także pomiędzy sprintem (30 m) a wyskokiem pionowym z miejsca z zamachem (*CMJ*) piłkarzy nożnych (Köklü i in., 2015). Podsumowując, na poprawę szybkości oraz skoczności zawodników wpływa wiele aspektów, między innymi płeć, poziom sportowy, zastosowane obciążenie zewnętrzne, przerwa wypoczynkowa, rodzaj ćwiczenia.

W literaturze przedmiotu istnieje wiele publikacji na temat kształtowania mocy mięśniowej. Najwyższe wartości tempa narastania mocy mięśniowej dla kończyn dolnych są rozległe i wynoszą od 45 do 85% 1RM (Siegel i in., 2002; Izquierdo i in., 2002; Drozd, 2020). Rozległość wyników zależy w szczególności od doświadczenia zawodników, stażu treningowego oraz rodzaju ćwiczeń (np. wielostawowych lub izolowanych, bilateralnych lub

unilateralnych) (Baker i in., 2001; Doan i in. 2002; Kawamori i Haff, 2004; Soriano, Jiménez-Reyes, Rhea, Marín, 2015). Literatura wskazuje, że zarówno ćwiczenia wielostawowe jak i izolowane są skuteczne w zwiększaniu siły mięśniowej (Tarpenning i in., 2001). Ćwiczenia wielostawowe (np. przysiady z sztangą na barkach, wykroki z sztangą na barkach, wyciskanie sztangi leżąc) uważane są za najskuteczniejsze w zwiększaniu ogólnej siły mięśniowej, ponieważ umożliwiają podniesienie większego ciężaru (American College of Sports Medicine, 2009) oraz wywołują większą poprawę siły i wytrzymałości w treningu oporowym, niż ćwiczenia jednostawowe (Dourado, Vieira, Boullosa i Bottaro, 2022).

Natomiast ćwiczenia jednostawowe (np. uginanie ramion podchwytem, wspięcia na palcach stojąc) stosowane w celu wyizolowania określonych grup mięśniowych (Hass, Feigenbaum i Franklin, 2001) mają mniejszy wpływ na zwiększanie ogólnej siły mięśniowej. W literaturze przedmiotu istotny wzrost 1 RM zaobserwowano w treningu siłowym również podczas wykonywania ćwiczeń bilateralnych (Kotzamanidis i in., 2005; Chelly i in., 2009; Ronnestad, 2011) oraz ćwiczeń unilateralnych (Kotzamanidis i in., 2005). Z analizy nad optymalnym obciążeniem treningowym dla rozwijania siły i mocy mięśniowej przeprowadzonej przez Kawamori i Haff (2004) wynika, że obciążenia zewnętrzne dla osób nie wytrenowanych, z wykorzystaniem ćwiczeń izolowanych, dla kończyn górnych zazwyczaj są mniejsze 30-50% 1RM, niż dla osób dobrze wytrenowanych, z wykorzystaniem ćwiczeń wielostawowych, dla kończyn dolnych, dla których obciążenia zewnętrzne mają tendencje być większymi 45-70% 1RM. Wnioski te potwierdza również praca badawcza Izquierdo i in. (2002), w której moc szczytowa dla kończyn górnych odnotowana była w przedziale od 30 do 45% 1RM, a moc szczytowa dla kończyn dolnych przy wyższych obciążeniach zewnętrznych od 45 do 60% 1RM w zależności od badanej grupy sportowej.

W niniejszej pracy pomiary mocy szczytowej kończyn dolnych zostały wykonane z obciążeniem 60% 1RM dla obunóż (wyciskanie i przysiad) oraz 50% 1RM (wyciskanie i przysiad) dla jednonóż, którego stosowność użycia potwierdza się również w literaturze badań (Ronnestad, 2011; Sánchez-Medina, González-Badillo, 2011; Helgerud, Rodas, Kemi, Hoff, 2011; Loturco i in., 2013; Gołaś i in., 2016; Wilk i in., 2019). Test mocy szczytowej był przeprowadzony przed badaniami właściwymi w celu określenia 1 RM. Z badań przeprowadzonych przez da Silva i in. (2015) w aspekcie optymalnego procentowego

obciążenia zewnętrznego do generowania maksymalnej mocy mięśniowej z uwzględnieniem poziomu sportowego wykazano, iż obciążenie zewnętrzne wynoszące 60% 1RM, wywołuje istotne różnice w generowaniu wyższej wartości mocy mięśniowej wśród sportowców zawodowych i amatorów.

W badaniach Drozda (2020) nad wpływem wielkości obciążenia zewnętrznego na szybkość reakcji i poziom mocy kończyn dolnych zawodników mieszanych sztuk walki wykazano, że zawodnicy zaawansowani podczas wyciskania uzyskiwali moc szczytową przy obciążeniu zewnętrznym 50% 1RM dla kończyny wykroczonej i 60% 1RM dla zakroczonej (w kategorii wagowej 66-70 kg). W kategorii wagowej 77-84 kg uzyskano moc szczytową przy obciążeniu zewnętrznym 60% 1RM, natomiast w kategorii powyżej 93 kg moc szczytowa wynosiła dla kończyny wykroczonej 60% 1RM, a dla zakroczonej 70% 1RM. Zawodnicy średnio zaawansowani osiągnęli najwyższe wartości mocy szczytowej przy obciążeniu zewnętrznym 60% 1RM dla kończyny wykroczonej i 30% 1RM dla zakroczonej (w kategorii 66-70 kg).

W kategorii wagowej 77-84 kg i powyżej 93 kg uzyskano moc szczytową przy obciążeniu zewnętrznym 60% 1RM. Autor wywnioskował, że podczas wyciskania można osiągnąć moc szczytową przy obciążeniu zewnętrznym 60% 1RM.

Podczas wykonywania przysiadu i półprzysiadu można uzyskać moc szczytową przy obciążeniu zewnętrznym 50-60% 1RM (Izquierdo i in., 2002; Cormie i in., 2007). Zdaniem innych autorów zastosowanie obciążenia zewnętrznego dla przysiadu i półprzysiadu około 50 1RM wywołuje przyrost mocy mięśniowej w przedziale od 21 do 51,7% (Rønnestad, 2011; Helgerud, 2011; Loturco i in., 2013).

W niniejszej dysertacji podczas okresu przygotowawczego wykorzystany został protokół treningowy stosowany 3 razy w tygodniu przez cztery tygodnie. Zastosowaną długość okresu potwierdza przegląd badań treningów siłowych Silva i in. (2015), w których zaobserwowano poprawę 1 RM u dobrze wyszkolonych piłkarzy po zastosowaniu okresów przygotowawczych od 4 do 12 tygodni. Protokół treningowy składał się z czterech serii, przy pięciu powtórzeniach ćwiczeń. Według Thomasson i Comfort (2012) podczas wykonania przysiadu tylnego (*Back Squat*) stosowanie 4-6 powtórzeń pomaga osiągnąć moc szczytową nie wywołując zmęczenia. Natomiast podczas wykonywania przysiadu z wyskokiem z obciążeniem równym 60% 1RM, należy wykonać 5 powtórzeń, aby zminimalizować zmęczenie i zapewnić utrzymanie prędkości i mocy. W literaturze przedmiotu stosowanie pięciu powtórzeń uważano za optymalną liczbę powtórzeń w treningu siłowym (Reeves, Narici, Maganaris, 2003).

Przerwa wypoczynkowa pomiędzy seriami jest ważną zmienną, która może mieć wpływ na bezpieczeństwo i skuteczność programu treningowego (de Salles i in., 2009). W niniejszej dysertacji przerwa pomiędzy seriami wynosiła 3 minuty, stosowność, której jest uzasadniona w literaturze przedmiotu (Kraemer i in., 1991; Smilios, Piliandis, Karamouzis, Tokmakidis, 2003; de Salles i in., 2009; Nascimento i in., 2017; Prestes i in., 2019; Serrano-Ramon, Cortell-Tormo, Bautista, 2022). De Salles i in. (2009) przeprowadzili przegląd badań nad przerwą wypoczynkową pomiędzy seriami w treningu siłowym. Badania wykazały, że podczas treningu z obciążeniami od 50% do 90% 1RM, przerwa wypoczynkowa wynosząca 3-5 minut między seriami pozwala na większą liczbę powtórzeń w zestawach ćwiczeń, jak również powoduje większy wzrost siły bezwzględnej dzięki zwiększonej intensywności i objętości treningu. Ponadto wykazano wyższy poziom siły mięśniowej w zestawach ćwiczeń w seriach z 3-minutową lub 5-minutową przerwą pomiędzy seriami w porównaniu z 1-minutową przerwą wypoczynkową. Niektóre eksperymenty wykazały, że podczas badania siły maksymalnej, 1-minutowa przerwa w odpoczynku może być wystarczającą między ponawianymi próbami, jednak z punktu widzenia psychologicznego i fizjologicznego, stosowanie 3-5-minutowych przerw wypoczynkowych może być bezpieczniejsze i bardziej wiarygodne.

Na szczególną uwagę zasługują badania Kraemer i in. (1991) nad odpowiedzią endogennych hormonów przy wykorzystaniu dwóch protokołów w treningu oporowym. Protokół pierwszy polegał na obciążeniu 5 RM z 3-minutową przerwą wypoczynkową, podczas gdy protokół drugi składał się z obciążenia 10 RM z 1-minutową przerwą wypoczynkową. Wykazano, iż oba protokoły rozwijają siłę mięśniową, jednak protokół drugi jest bardziej zalecany dla kulturystów w celu zwiększenia hipertrofii mięśniowej. Wyniki te potwierdzone są również badaniami Smilios i in. (2003) według których zalecanym sposobem na wywołanie hipertrofii mięśniowej jest zastosowanie krótkich przerw wypoczynkowych wynoszących od 1 do 2 minut. Według tych badań przerwa wypoczynkowa wynosząca od 3 do 5 minut jest wymagana dla uzyskania siły maksymalnej (dłuższa przerwa wynosząca od 5 do 8 minut ma na celu zwiększenie siły).

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. Wyniki badań potwierdzone zostały w pracy naukowej Drozda (2020), z których wynika, że zawodnicy MMA generują moc maksymalną przy obciążeniu 50-70% 1RM, zarówno dla dolnej kończyny zakroczej jak i wykroczej. W aspekcie mocy szczytowej w grupie zawodników średnio zaawansowanych odnotowano moc maksymalną w granicach 50% 1RM. Natomiast w pozostałych grupach, z uwzględnieniem poziomu sportowego, wartość szczytowa mocy wyniosła 60% 1RM.

Izquierdo i in. (2002) przeprowadzili badania nad porównaniem wpływu długotrwałego treningu na siłę maksymalną oraz moc kończyn górnych i dolnych u sportowców uprawiających różne dyscypliny sportowe. W badaniu wzięło udział 70 osób: sztangiści (n=11), piłkarze ręczni (n=19), amatorzy kolarstwa szosowego (n=18), biegacze średniodystansowi (n=10) oraz grupa kontrolna dopasowana wiekowo (n=12). Badani w trakcie 12-tygodniowego treningu wykonywali półprzysiad i wyciskanie na ławce leżąc przy obciążeniach od 30-100% 1RM. Z badań tych wynika, że moc szczytowa podczas wykonywania półprzysiadu była odnotowana przy obciążeniu zewnętrznym 60% 1RM dla piłkarzy ręcznych, biegaczy średniodystansowych oraz grupy kontrolnej dopasowanej wiekowo.

Baker, Nance i Moore (2001) przeprowadzili badania w celu określenia obciążenia, które wywołuje moc szczytową podczas wyciskania na ławce z podrzutem (*Bench Press Throws*) u dobrze wyszkolonych sportowców z wykorzystaniem oporu 40, 50, 60 70 i 80 kg. Wykazano, iż moc szczytowa była odnotowana przy obciążeniu zewnętrznym 55% 1RM, natomiast zakres od 46 do 62% również pozwalał na utrzymywanie wysokiego poziomu mocy mięśniowej.

Analizując poziom szybkości lokomocyjnej i skoczności 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. Zatem właściwym wydaje się, aby odnieść się do pracy Rodríguez-Rosell (2020), który zbadał wpływ utraty prędkości podczas treningu oporowego na wydajność nerwowo-mięśniową. Protokół badawczy składał się z trzech programów treningu oporowego różniących się wielkością utraty prędkości (ang. *Volume loss*,

VL) zastosowanej w każdym zestawie ćwiczeń (10%, 30% lub 45%). Dokonano pomiarów siły mięśniowej, wysokości *CMJ*, sprintu i zmiennych badań elektromiograficznych. Wykazano, że trening oporowy z obciążeniami 55-70% 1RM charakteryzujący się małą utratą prędkości (VL10%) wywołuje bardzo skuteczny bodziec treningowy. Zapewnia on przyrost siły i większą poprawę wydajności nerwowo-mięśniowej związanej ze skokiem pionowym (*CMJ*) i sprintem w porównaniu z treningami polegającymi na stosowaniu większej utraty prędkości (VL30%, VL45%). Z badań wynika, że zastosowanie w treningu oporowym znacznie mniejszych obciążeń 55–70% 1RM wywołuje podobną lub nawet większą poprawę wyników podczas skoku pionowego (*CMJ*) i sprintu (większą wydajność nerwowo-mięśniową) niż użycie większych obciążeń (Pareja-Blanco, Rodriguez-Rosell, Sanchez-Medina, 2017; Rodriguez-Rosell i in., 2020; Pareja-Blanco, Alcazar, Sánchez-valdepeñas i in., 2020). Trening oporowy z obciążeniem większym niż 75–80% 1RM uważany jest za niezbędny warunek dla maksymalnego przyrostu siły, podczas gdy wykonywanie serii ćwiczeń do upadku mięśniowego wiąże się z większą hipertrofią (Kraemer, Ratamess, 2004; Bird, Tarpenning Marino, 2005). Do analogicznych wniosków doszedł Bird i in. (2005) z których wynika, że umiarkowane obciążenia (50–70% 1RM) stanowią skuteczniejszy bodziec niż duże obciążenia (większe niż 80% 1RM) dla poprawy wyników podczas wysokości pionowego (*CMJ*) i sprintu w różnych dyscyplinach sportowych (Seitz i in., 2014; Mora-Custodio i in., 2016).

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 wysokości pionowego z miejsca z zamachem ramion, szybkość wykonania wysokości, sprint na odcinkach 5m, 10m, 20m, 30m. Można było również zaobserwować pewien trend rosnący wyników w wysokości wysokości 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 jednonóż kończyna prawa), lecz nieistotny statystycznie. Również z

badania Dourado i in. (2022) nad przebiegiem czasowym regeneracji obrzęku mięśni w obrębie mięśnia czworogłowego uda oraz wydolności funkcjonalnej po zastosowaniu ćwiczeń jedno- (unilateralnych) i obunóż (bilateralnych) wynika, że podczas wykonania wyciskania obunóż i jedno- z obciążeniem zewnętrznym 70-90% 1 RM nie zaobserwowano poprawy wyników w wysokości i mocy wyskoku.

Według analizy Trzaskomy Z. i Trzaskomy, Ł. (2001) nad zmianami siły, prędkości i mocy podczas pokonywania różnych wartości oporu zewnętrznego w warunkach koncentrycznych wynika, że w drugiej strefie średniego oporu zewnętrznego (mocy maksymalnej) moc jest największa. Optymalna wartość mocy szczytowej, siły i prędkości osiągnięta jest w zakresie od 50 do 70% 1RM, osiągając maksimum przy 60% 1RM. W trzeciej strefie dużego oporu moc „siłowa”, to znaczy moc rozwijana przy dużych wartościach siły i małych prędkościach maleje wraz ze wzrostem wielkości oporu zewnętrznego w zakresie powyżej 70% 1RM. Warto dodać, że według Trzaskomy Z. i Trzaskomy, Ł. (2001) pierwsza strefa małego oporu, moc rozwijana przy małych wartościach siły i dużych prędkościach („moc szybkościowa”) jest mniejsza od mocy maksymalnej i nie jest stosowana w okresach przygotowawczych.

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 jedno- (kończyna prawa), wyciskanie jedno- (kończyna lewa), przysiad obunóż, przysiad jedno- (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: 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.

Przeprowadzone badania nie wyczerpują problematyki związanej z wpływem obciążenia zewnętrznego na poziom mocy mięśniowej, szybkości lokomocyjnej oraz skoczności, dlatego warto je poszerzyć uwzględniając, między innymi parametr wydolności aerobowej lub zwinności i ich korelacje z poszczególnymi zmiennymi na różnych wartościach obciążenia zewnętrznego. W przyszłości należałoby uwzględnić także pozycje zajmowane

przez piłkarzy nożnych na boisku oraz zbadać asymetrię kończyn dolnych. Warto podkreślić, że ważnym aspektem rozważań nad motorycznością zawodnika jest koordynacja ruchowa, a mianowicie, zdolności synchronizacji różnych ruchów i ich dynamiczna precyzja (Kostiukow, 2010).

Zasadniczym elementem jest symetryczne rozwijanie u piłkarzy siły zarówno mięśni prostujących, jak i zginających kończyny dolne i górne (Trzaskoma, 2020). W poprawnej technice biegu ważnym aspektem jest mocny tylny i przedni wymach i równocześnie mocna naprzemianstronna praca kończyn górnych (Maćkała, 2015). Kończyny górne oprócz biegu odgrywają także istotną rolę podczas walki w powietrzu, zastawiania przeciwnika, gry ciałem, uderzeń piłki (zamach) i w głównej mierze w grze bramkarza (np. podczas wrzutu piłki ręką, odbiciu piłki, piąstkowaniu, wypchnięciu piłki nad poprzeczkę lub obok słupka, przy chwytach piłki bez upadku lub z upadkiem). Dlatego w przyszłości należałoby przeprowadzić badania uwzględniające również wpływ mocy kończyn górnych na szybkość lokomocyjną oraz skoczność. Uważam te aspekty pomogą w przyszłości przyczynić się do zbudowania optymalnego modelu mistrzowskiego piłkarza nożnego.

Zastosowanie oryginalnej kombinacji zestawu ćwiczeń w treningu siłowym, wykorzystanie najnowszej generacji urządzeń pomiarowych oraz nowej kombinacji ćwiczeń sprawdzających te zmienne mogą jednocześnie posłużyć jako narzędzia monitorowania mocy mięśniowej, szybkości oraz skoczności i być wykorzystane przez sztab trenerski w procesie przygotowawczym. Cel badań został zrealizowany a uzyskane wyniki z przeprowadzonych w dysertacji analiz, potwierdzają zasadność metody porównania treningów siłowych w okresie przygotowawczym piłkarzy nożnych.

Zdaniem autorki zastosowane w dysertacji innowacyjne podejście do badań nad określeniem metody treningu siłowego, która bardziej wpływa na poprawę wyników mocy mięśniowej, szybkości lokomocyjnej i skoczności u piłkarzy nożnych w okresie przygotowawczym z pewnością przyczyni się do opracowania optymalnego modelu mistrzowskiego piłkarza nożnego.

9. Wnioski

Na podstawie zebranych w toku badań wyników dotyczących analizy wpływu treningu siłowego na moc kończyn dolnych, szybkość lokomocyjną i skoczność piłkarzy nożnych, rezultaty badań niniejszej dysertacji pozwoliły sformułować następujące wnioski, które stanowią jednocześnie odpowiedzi na postawione pytania badawcze oraz potwierdzają sformułowane wcześniej hipotezy:

- 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.

Streszczenie

Współczesna piłka nożna odznacza się coraz większą dynamiką poczynąń zawodników na boisku w aspektach motorycznym i techniczno-taktycznym (Grycmann i Szyngiera, 2017). W nowoczesnej piłce nożnej istotne znaczenie odgrywają wysiłki krótkotrwałe (np. wyskoki, nagłe kilkumetrowe zrywy, zmiany tempa i kierunku biegu, błyskotliwe wślizgi, szybkie wykonanie zwodów, efektowne dryblingi) i ich ilość wykonywanych z maksymalną (sprinty z piłką lub bez piłki) i wysoką intensywnością (np. kontratak) podczas meczów piłkarskich (Chmura, 2001; Andrzejewski i in. 2015). W związku z tym, przygotowanie szybkościowo-siłowe jest podstawą w piłce nożnej, gdzie przeważają eksplozywne czynności ruchowe, a jego wysoki poziom determinuje zwycięstwo.

Profesjonalne planowanie, stosowanie nowoczesnych metod treningowych oraz wiedza i obiektywna ocena stanu wytrenowania zawodnika stanowią punkt wyjścia do osiągnięcia mistrzostwa sportowego (Ljach i Witkowski, 2004). Głównym wyznacznikiem poziomu gry drużyny piłkarskiej są umiejętności zawodników - suma tych umiejętności nadaje drużynie rangę i świadczy o jej klasie. Im są one na wyższym poziomie, tym wyższy jest poziom gry (Smolarz, Napierała i Cieślicka, 2013). Odpowiednie przygotowanie motoryczne (wysoki poziom siły i mocy mięśniowej) zwiększa bezpieczeństwo gry i może zminimalizować szansę doznania urazu przez zawodnika (Widuchowski J. i Widuchowski W. 2005; Garlicki i in. 2006; Korpanty i in. 2017).

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 odchyleń w jednostkach wymiernych (Szwarc, 2020). Optymalizacja szkolenia, w tym doskonalenie metod badawczych wynika ze wzrastających wymogów w zakresie przygotowania motorycznego w piłce nożnej. Wdrożenie sprawdzonych, 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 i Newton, 2005; Argus, Nicholas, Keogh, Hopkins, 2013). W piłce nożnej moc mięśniowa kończyn dolnych przejawia się praktycznie w każdym elemencie gry (np. przyspieszenie, hamowanie, prowadzenie piłki, podanie i przyjęcie piłki, strzał, wślizg, zwód, drybling). W związku z powyższym w piłce nożnej fundamentalnym elementem jest kształtowanie odpowiedniego poziomu mocy mięśniowej, jaką uzyskuje zawodnik (Sieroń i in. 2017).

Aby poprawić stopień wytrenowania zawodnika w treningu siłowym są wykorzystywane różne rodzaje ćwiczeń (np. 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 i in. 2016).

W pozycjach naukowych udowodniono istotną korelację pomiędzy mocą mięśniową a szybkością (Silva-Junior i in., 2011; Hernández i in., 2013; Loturco i in., 2015; Gravina i in., 2017; Hoppe i in., 2017), pomiędzy mocą mięśniową a skocznością (Gorwa i in. 2007; Chelly i in. 2010; Gajewski i in. 2018; Gozdowski i in. 2019), jak również pomiędzy szybkością a skocznością (Silva-Junior i in. 2011; Köklü i in. 2015). Z literatury przedmiotu wynika bardzo silna korelacja pomiędzy generowaną mocą wyskoku pionowego z miejsca z zamachem (*CMJ*) a generowaną mocą biegową (sprint na 30 m) (Silva-Junior i in. 2011), a także pomiędzy sprintem (30 m) a wyskokiem pionowym z miejsca z zamachem (*CMJ*) piłkarzy nożnych (Köklü i in. 2015). Podsumowując, na poprawę szybkości oraz skoczności zawodników wpływa wiele aspektów, między innymi płeć, poziom sportowy, zastosowane obciążenie zewnętrzne, przerwa wypoczynkowa, rodzaj ćwiczenia.

Zasadniczym celem pracy była analiza wpływu treningu siłowego na moc kończyn dolnych, szybkość lokomocyjną i skoczność piłkarzy nożnych. Materiał badawczy stanowiła wyselekcjonowana grupa piłkarzy ($n = 56$), grających w drugiej pod względem hierarchii lidze polskiej, reprezentujących zbliżony poziom sportowy z minimum 4-letnim stażem treningowym w danej lidze i w przedziale wiekowym od 22 do 28 lat. Badania zostały przeprowadzone w Pracowni Siły i Mocy Mięśniowej AWF Katowice oraz na Wielofunkcyjnej Hali AWF Katowice.

Niniejsza dysertacja polega na zastosowaniu strategii zmienności w treningu siłowym opartej na różnicowaniu intensywności treningu. Praca 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

zewnątrznym 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.

Innowacyjność pracy polega 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 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.

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.

Podczas eksperymentu dokonano pomiarów mocy szczytowej, generowanej przez zawodników w trakcie wykonywania ćwiczeń siłowych (wyciskanie nogami i przysiad) oraz zmierzono ich szybkość lokomocyjną na odcinkach (5 m, 10 m, 20 m, 30 m) i skoczność (*CMJ*). Pomiary zostały przeprowadzone przed okresem przygotowawczym oraz po jego zakończeniu.

Wyniki analiz badań prezentowanych w dysertacji wskazują, że wykonywanie treningu z zastosowaniem obciążenia zewnętrznego 50-60% 1RM w okresie przygotowawczym jest bardziej skuteczną metodą, wpływającą na poprawę wyników w zakresie generowanej przez piłkarzy nożnych mocy, szybkości lokomocyjnej oraz skoczności, niż zastosowanie treningu z obciążeniem zewnętrznym 70-80% 1RM.

Przeprowadzone badania nie wyczerpują problematyki związanej z wpływem obciążenia zewnętrznego na poziom mocy mięśniowej, szybkości lokomocyjnej oraz skoczności, dlatego warto poszerzyć badania uwzględniając między innymi parametr wydolności aerobowej lub zwinności i ich korelacje z poszczególnymi zmiennymi na różnych wartościach obciążenia zewnętrznego. W przyszłości należałoby uwzględnić także pozycje zajmowane przez piłkarzy nożnych na boisku, zbadać asymetrię kończyn dolnych oraz wpływ mocy kończyn górnych na szybkość lokomocyjną i skoczność.

Zastosowanie oryginalnej kombinacji zestawu ćwiczeń w treningu siłowym, wykorzystanie najnowszej generacji urządzeń pomiarowych oraz oryginalnej kombinacji ćwiczeń sprawdzających te zmienne mogą jednocześnie posłużyć jako narzędzia monitorowania mocy mięśniowej, szybkości oraz skoczności i być wykorzystanym przez sztab trenerski w procesie przygotowawczym. Cel badań został zrealizowany a uzyskane wyniki z przeprowadzonych w dysertacji analiz, potwierdzają zasadność metody porównania treningów siłowych w okresie przygotowawczym piłkarzy nożnych.

Zdaniem autorki zastosowane w dysertacji innowacyjne podejście do badań nad treningiem siłowym wpływającym na moc kończyn dolnych, szybkość lokomocyjną i skoczność piłkarzy nożnych z pewnością przyczyni się opracowania optymalnego modelu mistrzowskiego piłkarza nożnego.

Summary

Actions of contemporary football players on a pitch are characterized by the growing dynamics in kinetic, technical and tactical aspects (Grycmann and Szyngiera, 2017). Short-term actions and their amount when they are made with the maximum (sprints with a ball or without a ball) and high intensity (for example, counter-attack) during football matches are of great importance in contemporary football (Chmura, 2001; Andrzejewski et al., 2015). Therefore, speed and strength preparation are important in football where explosive kinetic activities dominate, and its high level determines victory.

Professional planning, contemporary training methods, knowledge and objective evaluation of how well a player is trained are the starting point to win the championship (Ljach and Witkowski, 2004). Skills of players are the main indicator of a football team level – a sum of these skills makes a team's position and shows its class. The higher they are, the higher the game level is (Smolarz, Napierała and Cieślicka, 2013). An appropriate kinetic preparation (the high level of strength and muscle power) increases safety of a game and can minimise a chance a player will be hurted (Widuchowski J. and Widuchowski W. 2005; Garlicki et al., 2006; Korpanty et al., 2017).

The growing level of requirements set in football makes many trainers expect that objective criteria for evaluating how skillful a player is will be worked out. These criteria enable comparing achieved results to standard values and defining the number of deviations in measuring units. The optimising of a training, including research methods, is a result of growing demands regarding kinetic preparation in football. New, tested research methods can influence the increase of kinetic abilities efficiency.

An ability of a player to generate the greatest power is considered a factor which determines success in sports (including football) which require an optimal relations between strength and speed (Baker i Newton, 2005; Argus, Nicholas, Keogh, Hopkins, 2013). In football, muscle power of lower limbs displays in almost each element of a game (for example, speed up, braking, ball handling, ball passing and receiving, shot, tackle, dribble). In relation to the above-mentioned, the principle element of football is forming an appropriate level of muscle power which a player gains (Sieroń et al., 2017).

To make a player more trained, different kinds of exercises (for example, multi-joint or isolated, bilateral or unilateral), combinations of external loads (depending on a training stage and its kind) are used to improve kinetic tasks (for example, jumps, sprint running, change of direction) in a strength training (Silva et al., 2015).

Scientists have proved the important correlation between muscle power and speed (Silva-Junior et al., 2011; Hernández i Garcia, 2013; Loturco et al., 2015; Gravina et al., 2017; Hoppe et al., 2017), between muscle power and jumping ability (Gorwa et al., 2007; Chelly et al., 2010; Gajewski et al., 2018; Gozdowski et al., 2019), as well as between speed and jumping ability (Silva-Junior et al., 2011; Köklü et al., 2015). Scientific works have shown the strong correlation between generated power of a vertical jump out of a place with swing (*CMJ*) and generated running power (sprint of 30 m) (Silva-Junior et al., 2011), as well as between sprint (30 metres) and a vertical jump out of a place with swing in football (Köklü et al., 2015). It has been observed that effective activities of football players have become much more dynamic which results in a bigger number of short-term efforts made with high intensity (for example, counter-attack) and the maximum intensity (for example, sprints with a ball or without a ball). To sum up, many aspects – among others, gender, a sport level, used external load, a recreational break, a kind of exercise – influence how players' speed and jumping ability are improved.

The main goal of the work was analysis of the impact of strength training on the power of the lower limbs, the locomotive speed and jumping ability of footballers. The research material was a selected group of footballers ($n = 56$) who play in the second Polish league and who represent the similar sport level with at least 4 years of training experience in the league and in the age group 22-28 years old. The researches were conducted in the Workshop of Strength and Muscle Power at the AWF Katowice and at the Multi-purposed Hall of AWF Katowice.

The thesis has showed how to use the strategy of changeability in a strength training which is based on differentiated intensity of a training. The work is focused on comparing two strength differentiated trainings which have been differentiated in the terms of external loads: a training with an external load 50-60% 1RM and a training with an external load 70-80% 1RM. The research problem was to define the difference between the first and the second group in the terms of the power test results, jumping ability and locomotive speed after the 4-weeks macrocycle in the winter preparation period aimed at the development of muscle power.

The innovation of the work is the original combination of exercises in a strength training (*Back Squat (High Bar), Bench Press, Barbell Lunge, Pull ups, TRX Plank*) during the preparation period and the new combination of exercises which check the variables (two-legged and one-legged pressing; two-legged and one-legged squat; sprint of 5 m, 10 m, 20 m, 30 m; power, height of a vertical jump out of a place with swing (*CMJ*) to improve speed and jumping parameters.

The strong side of the researches is the use of the latest measuring devices generation which ensure the accuracy of measures and preventing injuries of lower limbs (a measurement system of photocells *Microgate Witty*, a dynamometric *ForceDecks Dual Force Plate System*, a device *Keiser Leg Press with a diagnostic module A420*, a device *Keiser Air Squat with a diagnostic module A300*). These devices are characterised by the high relevance and measuring accuracy. Also, they enable keeping the same conditions for testing every one of the researched footballers.

Measures of the biggest power generated by footballers during strength exercises (leg press and squat) were taken and their locomotive speed at 5 m, 10 m, 20 m, 30 m and jumping ability were measured during the experiments. Measures were taken before the preparation period and after it.

The results of the research analyse in the dissertation show that a training with external load 50-60% 1RM during a preparation period is a more effective method to improve power, locomotive speed and jumping ability generated by footballers much more than a training with external load 70-80% 1RM.

The researches don't study the whole range of problems connected with influence an external load has on a level of muscle power, locomotive speed and jumping ability, therefore it is worth broadening researches and taking into account a parameter of aerobic capacity or agility and their correlation with certain variables in relation to different values of an external load. In the future, it would be worth taking into account positions footballers take on a pitch, studying asymmetry of lower limbs and influence of upper limbs power on locomotive speed and jumping ability.

Using an original combination of exercise set in a strength training, using the newest generation of measurement devices and an original combination of exercises which check these

variables can be tools for monitoring muscle power, speed and jumping ability and be used by trainers during a preparation proces at the same time. The research goal has been achieved; the gained results of the analyses conducted in the thesis confirm that the method of comparing strength trainings during a preparation proces for footballers is correct.

The author believes the innovative approach to research on strength training, that influence on lower limbs power, locomotive speed and jumping ability of footballers is certainly important for creating an optimal model of a masterful footballer.

Bibliografia

Druki zwarte i źródła elektroniczne

1. Ahtiainen, J. P., Pakarinen, A., Kraemer, W. J., Häkkinen, K. (2003). Acute hormonal and neuromuscular responses and recovery to forced vs maximum repetitions multiple resistance exercises. *International Journal of Sports Medicine*, 24(6), s. 410-418.
2. Ajan, T., Baroga, L. (1988). *Weightlifting: Fitness for All Sports*. Budapest: International Weightlifting Federation.
3. 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.
4. Andersen, V., Fimland, M. S., Brennsset, O., Haslestad, L. R., Lundteigen, M. S., Skalleberg, K., Saeterbakken, A. H. (2014). Muscle activation and strength in squat and Bulgarian squat on stable and unstable surface. *International journal of sports medicine*, 35(14), s. 1196–1202.
5. Andrzejewski, M., Chmura, J., Pluta, B., Strzelczyk, R., Kasprzak, A. (2013). Analysis of Sprinting Activities of Professional Soccer Players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(8), s. 2134-2140.
6. 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.
7. 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.
8. Aspe, R. R., Swinton, P. A. (2014). Electromyographic and kinetic comparison of the back squat and overhead squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(10), s. 2827-2836.
9. Ayers, J. L., DeBeliso, M., Sevene, T. G., Adams, K. J. (2016). Hang cleans and hang snatches produce similar improvements in female collegiate athletes. *Biology of sport*, 33(3), s. 251–256.
10. Babbie, E. (2003). *Badania społeczne w praktyce*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.

11. Baechle, T. R., Earle, R. W., Wathen, D. (2008). Resistance training. W: T. R. Baechle, R. W. Earle (red.), *Essentials of Strength Training and Conditioning* (s. 381-412). Champaign, IL: Human Kinetics.
12. Baker, D., Nance, S., Moore, M. (2001). The load that maximizes the average mechanical power output during explosive bench throws in highly trained athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), s. 20-24.
13. 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.
14. 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.
15. 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.
16. Bangsbo, J. (1999). *Sprawność fizyczna piłkarza. Naukowe podstawy treningu*. Warszawa: Centralny Ośrodek Sportu.
17. Bangsbo, J., Mohr, M., Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Science*, 24(7), s. 665-674.
18. Barnett, A. (2006). Using recovery modalities between training sessions in elite athletes: does it help? *Sports Medicine*, 36(2), s. 781-796.
19. Barabasz, Z., Zadarko, E., Huzarski, M., Ozimek, M. (2011). Ocena poziomu wybranych motorycznych zdolności kondycyjnych 11-letnich chłopców na przykładzie kadry wojewódzkiej podkarpackiego związku piłki nożnej. *Antropomotoryka*, 54, s. 59-67.
20. Barros, R. M. L., Misuta, M. S., Menezes, R. P., Figueroa, P. J., Moura, F. A., Cunha, R. A., Neucimar, J. L. (2007). Analysis of the distances covered by first division Brazilian soccer players obtained with an automatic tracking method. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 6(2), s. 233-242.
21. Bergier, J., Nowicki, P. (2008). Symetria i asymetria strzałów na bramkę w Mistrzostwach Europy w Piłce Nożnej 2004. *Rozprawy Naukowe*, 2, s. 167-177.
22. Bird, S. P., Tarpinning, K. M., Marino, F. E. (2005). Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 35(10), s. 841–851.

23. Bogdanis, G. C., Papaspyrou, A., Souglis, A., Theos, A., Sotiropoulos, A., Maridaki, M. (2009). Effects of hypertrophy and a maximal strength training programme on speed, force and power of soccer players. W: T. Reilly, F. Korkusuz (red.), *Science and Football VI. The proceedings of the sixth world congress on science and football* (s. 290-295). New York: Routledge.
24. Bogdanis, G. C., Papaspyrou, A., Souglis, A. G., Theos, A., Sotiropoulos, A., Maridaki, M. (2011). Effects of Two Different Half-Squat Training Programs on Fatigue During Repeated Cycling Sprints in Soccer Players. *Journal of strength and conditioning research*, 25(7), s. 1849-1856.
25. Bompa, T. O., Haff, G. (2009). *Periodization: Theory and Methodology of Training*. Champaign, IL: Human Kinetics.
26. Bompa, T. O., Haff, G. (2010). *Periodyzacja: teoria i metodyka treningu*. Warszawa: Biblioteka Trenera.
27. Bompa, T. O., Zając, A., Waśkiewicz, Z., Chmura, J. (2013). *Przygotowanie Sprawnościowe w Zespołowych Grach Sportowych*. Katowice: Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach.
28. Bosquet, L., Montpetit, J., Arvisais, D., Mujika, I. (2007). Effects of tapering on performance: a meta-analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(8), s. 1358-1365.
29. Bradley, P. S., Sheldon, W., Wooster, B., Olsen, P., Boanas, P., Krstrup, P. (2009). High intensity running in English FA Premier League soccer matches. *The Journal of Sports and Science*, 27(2), s. 159-168.
30. Bradley, P. S., Mascio, M. (2013). Evaluation of the most intense high intensity running period in English FA premier league soccer matches. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(4), s. 909-915.
31. Brunner, R., Maffiuletti, N. A., Casartelli, N.C., Bizzini, M., Sutter, R., Pfirrmann, C. W. (2016). Prevalence and functional consequences of femoroacetabular impingement in young male ice hockey players. *The American Journal of Sports Medicine*, 44(1), s. 46-53.
32. Bulera, M., Dembna, T. (1994). Poziom sprawności motorycznej dzieci przedszkolnych sześciolletnich i uczniów w młodszym wieku szkolnym. *Zeszyty Naukowe Wyższej szkoły pedagogicznej w Bydgoszczy. Studia Pedagogiczne*, 29(11), s. 145-156.

33. 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.
34. Burke, L. M. (1997). Nutrition for post-exercise recovery. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 29(1), s. 3-10.
35. Burke, L., Deakin, V. (2000). *Clinical Sports Nutrition*. Roseville, Australia: McGrawHill.
36. Buśko, K., Szulc, A., Kołodziejczyk, M. (2014). Comparison of the height of jump and maximal power of the lower limbs using coaching and laboratory tests in volleyball. *Journal of Health Sciences*, 4(13), s. 201-206.
37. 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.
38. 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.
39. Caterisano, A., Moss, R. F., Pellingier, T. K., Woodruff, K., Lewis, V. C., Booth, W., Khadra, T. (2002). The effect of back squat depth on the EMG activity of 4 superficial hip and thigh muscles. *Journal of strength and conditioning research*, 16(3), s. 428-432.
40. Chaciński, P. (2016). *Znaczenie i wpływ ćwiczeń funkcjonalnych w przygotowaniu motorycznym młodych piłkarzy nożnych*. Praca licencjacka. Wyższa Szkoła Edukacja w Sporcie. Instytut Sportu i Rekreacji w Warszawie.
41. 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.
42. 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.
43. Chmura, J. (2001). *Szybkość w piłce nożnej*. Katowice: Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki.

44. Chmura, J. (2016). Piłka nożna. W: A. Zając, J. Chmura (red.), *Współczesny system szkolenia w zespołowych grach sportowych* (s. 25-59). Katowice: Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki.
45. 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.
46. 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.
47. Cieślarczyk, M. (2006). *Metody, techniki i narzędzia badawcze oraz elementy statystyki stosowane w pracach magisterskich i doktorskich*. Warszawa: Akademia Obrony Narodowej.
48. Clark, R. A., Bryant, A. L., Humphries, B. (2008). An examination of strength and concentric work ratios during variable range of motion training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(5), s. 1716-1729.
49. Cormie, P., McCaulley, G. O., Triplett, N. T., McBride, J. M. (2007). Optimal loading for maximal power output during lower-body resistance exercises. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(2), s. 340–349.
50. 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.
51. Coutts, A. J., Wallace, L. K., Slattery, K. M. (2007). Monitoring changes in performance, physiology, biochemistry, and psychology during overreaching and recovery in triathletes. *International Journal of Sports Medicine*, 28(2), s. 125-134.
52. Cuk, Š., Bratić, M., Mučibabić, M (2016). The motor potential of young judokas in Slovenia. *Physical Education and Sport*, 14(2), s. 297-305.
53. Czerwiński, J. (2014). *Piłka ręczna. Wybrane elementy teorii i treningu*. Warszawa: Związek Piłki Ręcznej w Polsce.

54. Čoh, M., Babić, V., Maćkała, K. (2010) Biomechanical, neuromuscular and methodical aspects of running speed development. *Journal of Human Kinetics*, 26, s. 73-81.
55. da Silva, B. V., Simim, M. A., Marocolo, M., Franchini, E., & da Mota, G. R. (2015). Optimal load for the peak power and maximal strength of the upper body in Brazilian Jiu-Jitsu athletes. *Journal of strength and conditioning research*, 29(6), s. 1616–1621.
56. da Silva, J. J., Schoenfeld, B. J., Marchetti, P. N., Pecoraro, S. L., Greve, J. M. D., Marchetti, P. H. (2017). Muscle Activation Differs Between Partial and Full Back Squat Exercise With External Load Equated. *Journal of strength and conditioning research*, 31(6), s. 1688–1693.
57. Davis, J. M., Zhao, Z., Stock, H. S., Mehl, K. A., Buggy, J., & Hand, G. A. (2003). Central nervous system effects of caffeine and adenosine on fatigue. *American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology*, 284(2), s. 399–404.
58. Delavier, F. (2010). *Strength Training Anatomy. Third edition*. Champaign IL: Human Kinetic.
59. Delgado, J., Drinkwater, E. J., Banyard, H. G., Haff, G. G., Nosaka, K. (2019). Comparison between Back Squat, Romanian Deadlift, and Barbell Hip Thrust for Leg and Hip Muscle Activities During Hip Extension. *Journal of strength and conditioning research*, 33(10), s. 2595–2601.
60. de Salles, B. F., Simão, R., Miranda, F., Novaes, J. da S., Lemos, A., Willardson, J. M. (2009). Rest interval between sets in strength training. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 39(9), s. 765–777.
61. Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, 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.
62. Di Salvo, V., Gregson, W., Atkinson, G., Tordoff, P., Drust, B. (2009). Analysis of High Intensity Activity in Premier League Soccer. *International Journal of Sport Medicine*, 30(3), s. 205-212.
63. Doan, B. K., Newton, R. U., Marsit, J. L., Triplett-McBride, N. T., Koziris, L. P., Fry, A. C., Kraemer, W. J. (2002). Effects of increased eccentric loading on bench press 1RM. *Journal of strength and conditioning research*, 16(1), s. 9–13.
64. Dourado, M.A., Vieira, D.C., Boullosa, D., Bottaro, M. (2022). Different time course recovery of muscle oedema within the quadriceps femoris and functional performance after single- vs multi-joint exercises. *Biology of Sport*, 40(3), s. 767-774.
65. Drabik, L., Sobol, E. (2022). *Słownik języka polskiego PWN*. Warszawa: PWN.

66. Drodz, M. (2020). *Wpływ wielkości obciążenia zewnętrznego na czas reakcji i poziom generowanej mocy kończyn dolnych zawodników mieszanych sztuk walki (MMA). Rozprawa doktorska.* Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach.
67. Dudziak, T. (2022). *Trening zdrowotny realizowany metodą obwodową a skład ciała i wydolność fizyczna dzieci z nadwagą i otyłością w wieku 9-11 lat. Rozprawa doktorska.* Akademia Wychowania Fizycznego i Sportu Im. Jędrzeja Śniadeckiego w Gdańsku.
68. Eliassen, W., Saeterbakken, A. H., van den Tillaar, R. (2018). Comparison of bilateral and unilateral squat exercises on barbell kinematics and muscle activation. *International journal of sports physical therapy*, 13(5), s. 871–881.
69. Erikoğlu, Orer, G., Arslan, E. (2016). The relationships among acceleration, agility, sprinting ability, speed dribbling ability and vertical jump ability in 14-year-old soccer players. *Journal of Sports and Physical Education*, 3(2), s. 29-34.
70. Emery, C. A., Meeuwisse, W. H. (2006). Risk factors for injury in indoor compared with outdoor adolescent soccer. *American Journal of Sports Medicine*, 34(10), s. 1636-1642.
71. Febbraio, M. A., Dancy, J. (1999). Skeletal muscle energy metabolism during prolonged, fatiguing exercise. *Journal of Applied Physiology*, 87(6), s. 2341-2347.
72. Frankfort-Nachmias, C., Nachmias, D. (2001). *Metody badawcze w naukach społecznych.* Poznań: Zysk i S-ka.
73. Gabbett, T. J. (2005). Science of rugby league football: a review. *Journal of Sports Sciences*, 23(9), s. 961-976.
74. 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.
75. García, F., Peña, J. (2017). Effect of 8 weeks of plyometric and resisted sled sprint training on vertical jump and sprint performances of amateur football players. *Kronos 15(2)*. Pobrane z: <https://g-se.com/efectos-de-8-semanas-de-entrenamiento- pliometricoy-entrenamiento-resistido-mediante-trineo-en-el-rendimiento-de-saltovertical-yesprint-en-futbolistas-amateurs-2192-sa-I585ac28f85824> (dostępny: 04.11.2022).

76. Garlicki, J., Dorazil-Dudzik, M., Wordliczek, J., Przewłocka, B. (2006). Effect of intraarticular tramadol administration in the rat model of knee joint inflammation. *Pharmacological Reports*, 58(5), s. 672-679.
77. Garrandes, R., Colson, S. S., Pensini, M., Legros, P. (2007). Time course of mechanical and neuromuscular characteristics of cyclists and triathletes during a fatiguing exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 28(2), s. 148-156.
78. Gene-Morales, J., Flandez, J., Juesa, A., Gargallo, P., Minana, I., Colado, J. C. (2020). A systematic review on the muscular activation on the lower limbs with five different variations of the squat exercise. *Journal of Human Sport and Exercise*, 15(4), s. 1277-1299.
79. Gil, S. M., Gil, J., Ruiz, F., Irazusta, A., Irazusta, J. (2007). Physiological and anthropometric characteristics of young soccer players according to their playing position: Relevance for the selection process. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), s. 438-445.
80. Gołaś, A., Zając, A. (2016). Diagnostyka potencjału siły i mocy mięśniowej.
W: A. Zając., J. Chmura (red.), *Współczesny System Szkolenia w Zespołowych Grach Sportowych* (s. 259-269). Katowice: Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki.
81. Gołaś, A., Maszczyk, A., Zając, A., Mikołajec, K., Stastny, P. (2016). Optimizing post activation potentiation for explosive activities in competitive sports. *Journal of Human Kinetics*, 10(52), s. 95-106.
82. Gołaś, A. (2023). *Recenzja rozprawy doktorskiej pt. „Wpływ treningu siłowego na moc kończyn dolnych, szybkość lokomocyjną i skoczność piłkarzy nożnych”*. Katowice: Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki.
83. Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Valero-Campo, C., Berzosa, C., Bataller, A. V., Arjol-Serrano, J. L. (2017). Eccentric-overload training in team-sport functional performance: constant bilateral vertical versus variable unilateral multidirectional movements. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(7), s. 951-958.
84. Gorostiaga, E. M., Izquierdo, M., Ruesta, M., Iribarren, J., Gonzalez-Badillo, J. J., Ibanez, J. (2004). Strength training effects on physical performance and serum hormones in young soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, 91(5-6), s. 698-707.
85. Gorwa, J., Dworak, L. B., Kabaciński, J., Murawa M. (2007). Biomechaniczna charakterystyka siły i mocy zespołów mięśniowych kończyn dolnych tancerek zawodowych baletu klasycznego. *Aktualne Problemy Biomechaniki*, 1, s. 21-28.

86. Gorwa, J., Kabaciński, J., Murawa, M., Mączyński, J., Dworak, L. B. (2017). Parametry wysokości pionowej a wartości momentów siły mięśniowej kończyn dolnych tancerzy zawodowych. *Aktualne Problemy Biomechaniki*, 13, s. 21-28.
87. Goto, K., Higashiyama, M., Ishii, N., Takamatsu, K. (2005). Prior endurance exercise attenuates growth hormone response to subsequent resistance exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 94(3), s. 333-338.
88. Gozdowski, P., Żak, M., Czyżnieliwski, F., Ostrowski, K., Rasek, J. (2019). Analiza zdolności szybkościowych piłkarzy nożnych w drużynach ekstraklasy i zespołów ligowych. W: A. Markowski, A. Macko (red.), *Zdrowie w pojęciu biomedycznym* (s. 57-68). Kraków: *Krakowska Wyższa Szkoła Promocji Zdrowia*.
89. Gozdowski, P., Żak, M., Wojdała, G., Papła, M., Królikowska, P. (2019). Analiza porównawcza wysokości wysokości (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*.
90. 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.
91. Grycmann, P., Szyngiera, W. (2017). *Nowoczesne nauczanie i doskonalenie gry w piłkę nożną*. Katowice: Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach.
92. 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.
93. Haff, G. G., Whitley, A., Potteiger, J. A. (2001). A brief review: explosive exercises and sports performance. *National Strength and Conditioning Association*, 23(3), s. 13-20.
94. Haff, G. G., Lehmkuhl, M. J., McCoy, L. B., Stone, M. H. (2003). Carbohydrate supplementation and resistance training. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1), s. 187-196.

95. Haff, G. G., Nimphius, S. (2012). Training Principles for Power. *Strength and Conditioning Journal*, 34(6), s. 2-12.
96. Halson, S. L., Bridge, M. W., Meeusen, R., Busschaert, B., Gleeson, M., Jones, D. A., Jeukendrup, A. E. (2002). Time course of performance changes and fatigue markers during intensified training in trained cyclists. *Journal of Applied Physiology*, 93(3), s. 947-956.
97. Hass, C. J., Feigenbaum, M. S., Franklin, B. A. (2001). Prescription of resistance training for healthy populations. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 31(14), s. 953–964.
98. 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(2), s. 148-156.
99. Helgerud, J., Rodas, G., Kemi, O.J., Hoff, J. (2011). Strength and endurance in elite football players. *International Journal of Sports Medicine*, 32(9), s. 677–82.
100. Hellebrandt, F. A., Houtz, S. (1956). Mechanisms of muscle training in man: experimental demonstration of the overload principle. *The Physical Therapy Review*, 36(6), s. 371-383.
101. 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.
102. Hernández-Davó, J. L, Moreno-Pérez, V., Moreno, P. (2022) Effects of playing 1 vs 3 matches in a one-week period on physical performance in young soccer players. *Biology of Sport*, 39(4), s. 819–823.
103. Hirvonen, J., Rehunen, S., Rusko, H., Harkonen, M. (1987). Breakdown of high-energy phosphate compounds and lactate accumulation during short supramaximal exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 56(3), s. 253-259.
104. Hooper, S. L., Mackinnon, L. T., Howard, A., Gordon, R. D., Bachmann, A. W. (1995). Markers for monitoring overtraining and recovery. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 27(1), s. 106-112.
105. Hoppe, M. W., Baumgart, Ch., Slomka, 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.
106. Horička, P., Šimonek, J. (2016). Vzťah bežeckej a reaktívnej agility a vybraných rýchlostných ukazovateľov v športových hráčoch. *Studia Kinanthropologica*, 18(3), s. 269-278.

107. Jastrzebski, Z., Radziminski, L., Dargiewicz, R., Jaskulska, E., Barnat, W., Rompa, P. (2013). Generic versus specific sprint training in young soccer players. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 5(3), s. 191-198.
108. Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Martino, F., Fiorini, S., Wisloff, U. (2008). Effect of plyometric training on sand versus grass on muscle soreness and jumping and sprinting ability in soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 42(1), s. 42-46.
109. Iversen, V. M., Mork, P. J., Vasseljen, O., Bergquist, R., & Fimland, M. S. (2017). Multiple-joint exercises using elastic resistance bands vs. conventional resistance-training equipment: A cross-over study. *European Journal of Sport Science*, 17(8), s. 973-982.
110. Izquierdo, M., Hakkinen, K., Gonzalez-Badillo, J. J., Ibanez, J., Gorostiaga, E. M. (2002). Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *The European Journal of Applied Physiology*, 87(3), s. 264-271.
111. 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.
112. Joo, C. H. (2016). The effects of short-term detraining on exercise performance in soccer players. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 12(1), s. 54-59.
113. Jovanovic, M., Sporis, G., Omrcen, D., Fiorentini, F. (2011). Effects of speed, agility, quickness training method on power performance in elite soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), s. 1285–1292.
114. Joseliani, D. M. (1956). Skoczność i jej rozwijanie. *Kultura Fizyczna*, 11, s. 845-849.
115. Kalinowski, P., Bezler, A., Kubiak, R., Zaporowski, T., Szczepankiewicz, M., Konarski, J.M. (2017). Efektywność a szybkość startowa młodych piłkarzy nożnych klubu Berliner TSC. *Aktywność ruchowa ludzi w różnym wieku*, 34(2), s. 95-103.
116. Kawamori, N., Haff, G. G. (2004). The optimal training load for the development of muscular power. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), s. 675-84.
117. Kmiecik, K. (2020). Biomechaniczna analiza struktury pełnego przysiadu ze sztangą na barkach. *Rozprawa doktorska*. Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach.

118. Kökklü, Y., Alemdaroğlu, U., Özkan, A., Koz, M., i Ersöz, G. (2015). The relationship between sprint ability, agility, and vertical jump performance in young soccer players. *Science and Sports*, 30(1), s. 1-5.
119. Kompf, J., Arandjelović, O. (2017). The Sticking Point in the Bench Press, the Squat, and the Deadlift: Similarities and Differences, and Their Significance for Research and Practice. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 47(4), s. 631–640.
120. Korak, J. A., Paquette, M. R., Fuller, D. K., Caputo, J. L., & Coons, J. M. (2018). Muscle Activation Patterns of Lower-Body Musculature Among 3 Traditional Lower-Body Exercises in Trained Women. *Journal of strength and conditioning research*, 32(10), s. 2770–2775.
121. Korpanty, J., Kulesa-Mrowiecka, M., Kopański, Z., Furmanik, F., Ptak, W., Tabak, J., Kilian, T. (2017). Fizjoprofilaktyka w urazach narciarskich. *Journal of Clinical Healthcare*, 4, s. 56-59.
122. Kotzamanidis, C., Chatzopoulos, D., Michailidis, C., Papaiakovou, G., Patikas, D. (2005). The effect of a combined high-intensity strength and speed training program on the running and jumping ability of soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), s. 369–375.
123. Kraemer, W. J., Gordon, S. E., Fleck, S. J., Marchitelli, L. J., Mello, R., Dziados, J. E., Friedl, K., Harman, E., Maresh, C., Fry, A. C. (1991). Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. *International journal of sports medicine*, 12(2), 228–235.
124. Kraemer, W. J., Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(4), s. 674–688.
125. Król, H., Gołaś, A., Sobota, G. (2010). Complex analysis of movement in evaluation of flat bench press performance. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 12(2), s. 93–79.
126. Kwasek, B. (2018). Ocena zmian zdolności skocznościowych u 15-letnich dziewcząt uczęszczających do szkoły ABIS Łódź. Пинск: Полесский государственный университет, 3, s. 28-30.
127. Larsen, M. N., Nielsen, C. M., Ørntoft, C., Randers, M. B., Helge, E. W., Madsen, M. (2017). Fitness effects of 10-month frequent low-volume ball game training or interval running for 8–10-year-old school children. *BioMed Research International*. Article IDe2719752.
128. Lasocki, A. (1998). *Podstawowe wiadomości o treningu lekkoatletycznym*. Łomianki: SPORTPRESS.

129. 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), s. 2118-2123.
130. Lech, A., Grymel-Kulesza, E. (2017). *Trening stabilizacji kompleksu-łędźwiowo-miedniczno-biodrowego jako terapia bólu odcinka łędźwiowego kręgosłupa. Opis przypadku*. Gdańsk: Wyższa Szkoła Zarządzania.
131. Le Gall, F., Carling, C., Reilly, T. (2008). Injuries in young elite female soccer players: an 8-season prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, 36(2), s. 276-284.
132. Leininger, R. E., Knox, C. L., Comstock, R. D. (2007). Epidemiology of 1.6 million pediatric soccer related injuries presenting to United States emergency departments from 1990 to 2003. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(2), s. 288-294.
133. 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.
134. Leutshenko, A. V., Berestovskaya (2000). The main elements in the planning of training for elite discus throwers. W: J. Jarver (red.), *The Throws: Contemporary Theory, Technique, and Training* (s. 106-108). MountainView, CA: Tafnews Press.
135. Lipińska, M., Michalski, R. (2011). Zmiany mocy i skoczności u siatkarek w okresie przygotowawczym. *Aktualne Problemy Biomechaniki*, 5, s. 75-88.
136. Ljach, W., Witkowski, Z. (2004). *Koordynacyjne zdolności motoryczne w piłce nożnej*. Warszawa: Centralny Ośrodek Sportu.
137. 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.
138. Loturco, I., Ugrinowitsch, C., Tricoli, V., Pivetti, B., Roschel, H. (2013). Different loading schemes in power training during the preseason promote similar performance improvements in Brazilian elite soccer players. *Journal of strength and conditioning research*, 27(7), s. 1791–1797.

139. Loturco, I., Nakamura, F. Y., Kobal, 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.
140. Luebbers, P. E., Potteiger, J. A., Hulver, M. W., Thyfault, J. P., Carper, M. J., Lockwood, R. H. (2003). Effects of plyometric training and recovery on vertical jump performance and anaerobic power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), s. 704-709.
141. Lusk, S. J., Hale, B. D., Russell, D. M. (2010). Grip width and forearm orientation effects on muscle activity during the lat pull-down. *Journal of strength and conditioning research*, 24(7), s. 1895–1900.
142. Lyman, S., Fleisig, G. S., Waterbor, J. W., Funkhouser, E. M., Pulley, L., Andrews, J. R., Osinski, E. D., Roseman, J. M. (2001). Longitudinal study of elbow and shoulder pain in youth baseball pitchers. *Medicine & Science in Sports & Exercises*, 33(11), s. 1803-1810.
143. Macintosh, B. R., Rassier D. E. (2002). What is fatigue? *Canadian Journal of Applied Physiology*, 27, s. 42-55.
144. Maćkała, K. (2015). *Skuteczność ćwiczeń dynamicznych w aspekcie kształtowania maksymalnej prędkości biegowej*. Autoreferat. Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu.
145. Maio Alves, J. M., Rebelo, A. N., Abrantes, C., Sampaio, J. (2010). Short-term effects of complex and contrast training in soccer players' vertical jump, sprint, and agility abilities. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(4), s. 936–941.
146. *Mała Encyklopedia Sportu* (1984). L. Bednarski (red.). Warszawa: Sport i Turystyka.
147. 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.
148. Marciniak, A., Lewandowski, J. (2014). Szybkość biegu 16-letniej młodzieży w aspekcie uwarunkowań somatycznych oraz motorycznych. *Rocznik Lubulski*, 40(2), s. 65-77.
149. Markovic, G., Jukic, I., Milanovic, D., Metikos, D. (2007). Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), s. 543-549.
150. 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.

151. Mayntz, R., Holm, K., Hübner, P. (1985). *Wprowadzenie do metod socjologii empirycznej*. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe.
152. Mazur-Różycka, J. (2017). Comparison of biomechanical parameters obtained during various types of vertical jumps in volleyball and basketball players. *Journal of Education, Health and Sport*, 7(7), s. 304-310.
153. McArdle, W. D., Katch, F. J., Katch, V. L. (2007). *Exercise Physiology: Energy, Nutrition and Human Performance. Sixth Edition*. Baltimore: Lippincott, Williams & Wilkins.
154. McBride, J. M., Triplett-McBride, T., Davie, A., Newton, R. U. (2002). The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *Journal of strength and conditioning research*, 16(1), s. 75-82.
155. 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.
156. Melby, C., Scholl, C., Edwards, G., Bullough, R. (1993). Effect of acute resistance exercise on postexercise energy expenditure and resting metabolic rate. *The Journal of Applied Physiology*, 75(4), s. 1847-1853.
157. Michaut, A., Pousson, M., Millet, G., Belleville, J., Van Hoecke, J. (2003). Maximal voluntary eccentric, isometric and concentric torque recovery following a concentric isokinetic exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 24(1), s. 51-56.
158. Miller, J. F., Remiszewska, M., Brojek, A. (2018). Sprawność fizyczna zawodników trenujących piłkę nożną w kategorii młodzika (12-13 lat). *Roczniki Naukowe Wyższej Szkoły Wychowania Fizycznego i Turystyki w Białymstoku*, 3(25), s. 25-32.
159. Mohr, M., Krstrup, P., Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 21(7), s. 519-528.
160. Mohr, M., Krstrup, P., Bangsbo, J. (2005). Fatigue in soccer: A brief review. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), s. 593-599.
161. Mora-Custodio, R., Rodríguez-Rosell, D., Pareja-Blanco, F., Yañez-García, J. M., & González-Badillo, J. J. (2016). Effect of Low- vs. Moderate-Load Squat Training on Strength, Jump and Sprint Performance in Physically Active Women. *International journal of sports medicine*, 37(6), 476–482.

162. Mujika, I., Padilla, S. (2003). Scientific bases for precompetition tapering strategies. *Medicine & science in sports & exercise*, 35(7), s. 1182-1187.
163. Mujika I., Santisteban J., Castagna C. (2009). In-season effect of short-term sprint and power training programs on elite junior soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(9), s. 2581–2587.
164. Muniroglu, S. (2005) The effects of the speed function on some technical elements in soccer. *The Sport Journal*, 8(3), s. 21-26.
165. Nascimento, M. A., Ribeiro, A. S., Padilha, C. S., da Silva, D. R., Mayhew, J. L. (2017). Reliability and smallest worthwhile difference in 1RM tests according to previous resistance training experience in young women. *Biology of Sport*, 34(3), s. 279–285.
166. Newton, R. U, Dugan, E. (2002). Application of Strength Diagnosis. *Strength and Conditioning Journal*, 24(5), s. 50-59.
167. Nicol, C., Avela, J., Komi, P. V. (2006). The stretch-shortening cycle: a model to study naturally occurring neuromuscular fatigue. *Sports Medicine*, 36(11), s. 977-999.
168. Nuzzo, J. L., Anning, J. H., Scharfenberg, J. M. (2011). The reliability of three devices used for measuring vertical jump height. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(9), s. 2580-2590.
169. Olex-Zarychta D. (2009). *Fitness. Teoretyczne i metodyczne podstawy prowadzenia zajęć*. Katowice: Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki.
170. Ortega, F. B., Artero, E. G., Ruiz, J. R., Vicente-Rodriguez, G., Bergman, P., Hagströmer, M., Ottevaere, C., Nagy, E., Konsta, O., Rey López, J. P. (2008). Reliability of health-related physical fitness tests in European adolescents. The HELENA Study. *International Journal of Obesity*, 32(5), s. 49-57.
171. Osiński, W. (2000). *Antropomotoryka*. Poznań: Akademia Wychowania Fizycznego w Poznaniu.
172. O'Toole, M. L. (1998). Overreaching and overtraining in endurance athletes. W: R. B. Kreider, A.C. Fry, M. L. O'Toole (red.), *Overtraining in Sport* (s. 3-18). Champaign, IL: Human Kinetics.
173. Padulo, W.V., Subramanian, P., Spurling, A., Jenness, J. (2015). Risk of fall (RoF) intervention by affecting visual egocenter through gait analysis and yoked prisms. *NeuroRehabilitation*, 37(2), s. 305-314.
174. Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., Yáñez-García, J. M., Morales-Alamo, D., Pérez-Suárez, I., Calbet, J. A. L.,

- González-Badillo, J. J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 27(7), s. 724–735.
175. Pareja-Blanco, F., Alcazar, J., Sánchez-Valdepeñas, J., Cornejo-Daza, P. J., PiquerasSanchiz, F., Mora-Vela, R., Sánchez-Moreno, M., Bachero-Mena, B., Ortega-Becerra, M., Alegre, L. M. (2020). Velocity Loss as a Critical Variable Determining the Adaptations to Strength Training. *Medicine and science in sports and exercise*, 52(8), s. 1752–1762.
176. Parolin, M. L., Chesley, A., Matsos, M. P., Spriet, L. L., Jones, N. L., Heigenhauser G. J. (1999). Regulation of skeletal muscle glycogen phosphorylase and PDH during maximal intermittent exercise. *American Journal of Physiology*, 277(5), s. E890-E900
177. Pietraszewski, B., Siemieński, 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.
178. Plisk, S. S., Stone, M. H. (2003). Periodization strategies. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(6), s. 19-37.
179. Prajzner, A. (2022). Wybrane wskaźniki wielkości efektu w badaniach psychologicznych. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio J, Paedagogia- -Psychologia*, 35(4), s. 139–157.
180. Prestes, J., A Tibana, R., de Araujo Sousa, E., da Cunha Nascimento, D., de Oliveira Rocha, P., F Camarço, N., Frade de Sousa, N. M., Willardson, J. M. (2019). Strength and Muscular Adaptations After 6 Weeks of Rest-Pause vs. Traditional Multiple-Sets Resistance Training in Trained Subjects. *Journal of strength and conditioning research*, 33(1), s. 113–121.
181. 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.
182. Radzińska, M., Starosta, W. (2002). *Znaczenie, rodzaje i struktura skoczności oraz jej uwarunkowania*. Gorzów: Międzynarodowe Stowarzyszenie Motoryki Sportowej.
183. Ramos-Campo, D. J., Rubio-Arias, J. A., Carrasco-Poyatos, M., Alcaraz, P. E. (2016). Physical performance of elite and subelite Spanish female futsal players. *Biology of Sport*, 33(3), s. 297-304.

184. Rampinini, E., Coutts, A. J., Castagna, C., Sassi, R., Impellizzeri, F. M. (2007). Variation in top level soccer match performance. *International Journal of Sports Medicine*, 28(12), s. 1018-1024.
185. Reeves, N.D., Narici, M.V., Maganaris, C.N. (2003). Strength training alters the viscoelastic properties of tendons in elderly humans. *Muscle Nerve*, 28(1), s. 74-81.
186. Reilly, T., Drust, B., Clarke, N. (2008). Muscle Fatigue During Soccer Match-Play. *Sports Medicine*, 38(5), s. 357-367.
187. Rippetoe, M., Baker, A., Bradford S. (2019). *Programowanie treningu siłowego. Kontynuacja książki „Zacznij od siły”*. Łódź: Galaktyka.
188. Ritti-Dias, R. M., Avelar, A., Meneses, A. L., Salvador, E. P., Silva, D. R. P., Cyrino, E. S. (2013). Segurança, reprodutibilidade, fatores intervenientes e aplicabilidade de testes de 1-RM. *Motriz*, 19, s. 231-242.
189. Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, J. M., Mora-Custodio, R., Pareja-Blanco, F., Ravelo-García, A. G., Ribas-Serna, J., González-Badillo, J. J. (2020). Velocity-based resistance training: impact of velocity loss in the set on neuromuscular performance and hormonal response. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 45(8), s. 817–828.
190. Ronnestad, B. R., Nymark, B. S., Raastad, T. (2011). Effects of in-season strength maintenance training frequency in professional soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(10), s. 2653–2660.
191. Rouissi, M., Chtara, M., Owen, A., Burnett, A., Chamari, K. (2017). Change of direction ability in young elite soccer players: determining factors vary with angle variation. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(7-8), s. 960-968.
192. 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.
193. Rynkiewicz, M., Rynkiewicz, T. (2019). Ocena stanu bieżącego sportowców z wykorzystaniem wyników pomiaru skoczności na przykładzie elitarnych kajakarzy maratończyków. *Aktywność ruchowa ludzi w różnym wieku*, 41(1), s. 55-62.
194. Saez de Villarreal, E., Requena, B., (2013). Enhancing sprint and strength performance: combined versus maximal power, traditional heavy-resistance and plyometric training. *The Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(2), s. 146-150.

195. Sánchez-Medina, L., González-Badillo, J. (2011). Velocity Loss as an Indicator of Neuromuscular Fatigue during Resistance Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(9), s. 1725–1734.
196. Sánchez-Sánchez, J., Rodríguez-Fernández, A., Petisco, C., Ramirez-Campillo, R., Martínez, C., Nakamura F.Y. (2018). Effects of different post-activation potentiating warm-ups on repeated sprint ability in soccer players from different competitive levels. *Journal of Human Kinetics*, 61, s. 189-197.
197. Santos, S., Jiménez, S., Sampaio, J., Leite, N. (2017). Effects of the Skills4Genius sports-based training program in creative behavior. *PLOS One*, 12(2): e0172520.
198. Sedano, S., Matheu, A., Redondo, J.C., Cuadrado, G. (2011). Effects of plyometric training on explosive strength, acceleration capacity and kicking speed in young elite soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 51(1), s. 50–58.
199. Seitz, L. B., Reyes, A., Tran, T. T., Saez de Villarreal, E., & Haff, G. G. (2014). Increases in lower-body strength transfer positively to sprint performance: a systematic review with meta-analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 44(12), s. 1693–1702.
200. Serrano-Ramon, J. M., Cortell-Tormo, J. M., Bautista, I. (2022). Acute effects of different external compression with blood flow restriction on force-velocity profile during squat and bench press exercises. *Biology of Sport*, 40(1), s. 209–216.
201. Siegel, J.A., Gilders, R.M., Staron, R.S., Hagerman, F.C. (2002). Human muscle power output during upper- and lower-body exercises. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(2), s. 173-178.
202. Sieroń, A., Gomola, D., Pietraszewska, J. (2017). Evaluation of football players' power during a maturation period by use the RAST test. *Journal of Education, Health and Sport*, 7(7), s. 57-70.
203. Signorile, J. F., Zink, A. J., Szwed, S. P. (2002). A comparative electromyographical investigation of muscle utilization patterns using various hand positions during the lat pull-down. *Journal of strength and conditioning research*, 16(4), s. 539–546.
204. 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).

205. Silva-Junior, C. J., Palma, A., Pereira-Junior, P. P., Barroso, R. C. L., Abrantes-Junior, R. C., Barbosa, M. A. M., Costa, P. (2011). Relationship between the sprint and vertical jumps' power in young soccer players. *Motricidade*, 7(4), s. 5-13.
206. Silvestre, R., Kraemer, W. J., West, C., Judelson, D. A., Spiering, B. A., Vingren, J. L. (2006). Body composition and physical performance during a National Collegiate Athletic Association Division I men's soccer season. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), s. 962-970.
207. Skurvydas, A., Dudoniene, V., Kalvenas, A., Zuoza, A. (2002). Skeletal muscle fatigue in long-distance runners, sprinters and untrained men after repeated drop jumps performed at maximal intensity. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 12(1), s. 34-39.
208. Słomiński, P., Nowacka, A. (2017). Ocena stanu wytrenowania pływaka na podstawie wyników testu progresywnego o narastającej prędkości pływania. *Roczniki Naukowe Wyższej Szkoły Wychowania Fizycznego i Turystyki w Białymstoku*, 1(19), s. 33-44.
209. Smilios, I., Pilianidis, T., Karamouzis, M., Tokmakidis, S. P. (2003). Hormonal responses after various resistance exercise protocols. *Medicine and science in sports and exercise*, 35(4), s. 644-654.
210. Smolarz, P., Napierała, M., Cieślicka, M. (2013). Stan cech somatycznych i sprawność ogólna trzynastoletnich piłkarzy z KS „Legia” Chełmża i GLZS „Start” Warlubie. *Journal of Health Sciences*, 3(16), s. 209-230.
211. Soriano, M. A., Jiménez-Reyes, P., Rhea, M. R., Marín, P. J. (2015). The Optimal Load for Maximal Power Production During Lower-Body Resistance Exercises: A Meta-Analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 45(8), s. 1191-1205.
212. Soroka, A. (2013). Sprawność działania zespołów w Mistrzostwach Świata RPA 2010 z uwzględnieniem systemów gry. *Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*, 42, s. 29-35.
213. Sozański, H., Śledziwski, D. (1993). *Podstawy teorii treningu*. Warszawa: Resortowe Centrum Metodyczno – Szkoleniowe Kultury Fizycznej i Sportu.
214. Sozański, H. (1995). Skoczność w przygotowaniu sprawnościowym sportowca. W: T. Starzyński, H. Sozański (red.), *Trening skoczności. Atlas ćwiczeń* (s. 7-9). Warszawa: Resortowe centrum metodyczno-szkoleniowe kultury fizycznej i sportu.
215. Sozański, H., Czerwiński, J., Sadowski J. (2015). *Podstawy teorii i technologii treningu sportowego*. Warszawa: Akademia Wychowania Fizycznego w Warszawie.

216. Staniak, Z., Buško, K., Sitkowski, D., Domaradzki, D., Nosarzewski, J., Karpiłowski, B. (2005). Zmiany parametrów siłowo-szybkościowych kończyn dolnych u piłkarzy nożnych pod wpływem treningu w okresie przygotowawczym. W: A. Kuder, K. Perkowski, D. Śledziewski (red.), *Kierunki doskonalenia treningu i walki sportowej – Diagnostyka* (s. 118-121). Warszawa: Akademia Wychowania Fizycznego w Warszawie.
217. Stankiewicz, B., Cieślicka, M. (2013). Wpływ treningu na wydolność beztlenową na podstawie wybranych testów wśród zawodników III-ligowego zespołu piłki nożnej. *Międzynarodowa Konf. „Jakość w sporcie” ekonomia, zarządzanie, kultura fizyczna, pedagogika, prawo, nauki o zdrowiu*, Toruń, 6-8 XI, s. 23-24.
218. Starosta, W., Kukuła, A., Rynkiewicz, T. (2011). Skuteczność wykonania podstawowych działań technicznych przez czołowych prawy i leworęcznych zawodników Polskiej Ligi Siatkówki w porównaniu z czołową światową. *Roczniki Naukowe Wyższej Szkoły Wychowania Fizycznego i Turystyki w Białymstoku*, 7, s. 117-120.
219. Starzyński, T., Sozański, H. (1995). *Trening skoczności. Atlas ćwiczeń*. Warszawa: Resortowe centrum metodyczno-szkoleniowe kultury fizycznej i sportu.
220. Stępień, P., Jastrzębski, Z. K., Mikołajewski, R., Radziwiński, Ł., Wnorowski, K. (2013). Trening szybkości lokomocyjnej i siły eksplozywnej w piłce nożnej. W: Z. Jastrzębski (red.), *Teoria i praktyka wychowania fizycznego i sportu* (s. 9-23). Łódź: Wyższa Szkoła Sportowa.
221. Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., Wisloff, U. (2005). Physiology of soccer: An update. *Sports Medicine*, 35(6), s. 501-536.
222. Stone, M. H., O'Bryant, H. O. (1987). *Weight Training: A Scientific Approach*. Edina, MN: Burgess.
223. Stone, M. H., Stone, M. E., Sands, W.A. (2007). *Principles and Practice of Resistance Training*. Champaign, IL: Human Kinetics.
224. Stone, M. H., O'Bryant, H. O., McCoy, L., Coglianese, R., Lehmkuhl, M., Schilling, B. (2003). Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(1), s. 140-147.
225. Struzik, A., Pietraszewski, B. (2010). Badanie zależności między statycznym momentem siły a wysokością skoku pionowego z zamachem ramion (CMJ) przy użyciu nowoczesnych urządzeń pomiarowych. *Acta Bio-Optica et Informatica Medica*, 4(16), s. 346-350.

226. Suarez-Arrones, L., Lara-Lopez, P., Maldonado, R., Torreno, N., De Hoyo, 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.
227. Szwarc, A. (2008). *Gra jeden przeciwko jednemu*. Olecko: Wszechnica Mazurska.
228. Szwarc, A. (2020). *Testy sprawności fizycznej dla młodych piłkarzy*. Pomorski Związek piłki nożnej.
229. Śledziwski, D., Kuder, A., Hubner-Woźniak, E. (2005). Kompleksowa kontrola potencjału motorycznego profesjonalnych piłkarzy nożnych. W: Kuder, A., Perkowski K., Śledziwski, D. (red.), *Kierunki doskonalenia treningu i walki sportowej – Diagnostyka* (s. 69-73). Warszawa: Akademia Wychowania Fizycznego w Warszawie.
230. Tarpinning, K. M., Wiswell, R. A., Hawkins, S. A., Marcell, T. J. (2001). Influence of weight training exercise and modification of hormonal response on skeletal muscle growth. *Journal of science and medicine in sport*, 4(4), s. 431–446.
231. Tate, (2018). *Elitefts bench manual* (e-book).
232. Tesch, P. A., Ploutz-Snyder, L. L., Ystrom, L., Castro, M., Dudley, G. (1998). Skeletal muscle glycogen loss evoked by resistance exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 12(2), s. 67-73.
233. Thomas, K., French, D., Hayes, P. R. (2009). The effect o two plyometric training techniques on muscular power and agility in youth soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), s. 332–335.
234. Thomas, A., Holden, J., Chezem, J. (2012). Body Composition and Energy Expenditure Changes during Weight Loss: An Exploratory Study. *Food and Nutrition Sciences*, 3(2), s. 153-156.
235. Thomasson, M. L., Comfort, P. (2012). Occurrence of fatigue during sets of static squat jumps performed at a variety of loads. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(3), s. 677-683.
236. Trzaskoma, Z., Trzaskoma, Ł. (2001). *Kompleksowe zwiększanie siły mięśniowej sportowców*. Warszawa: COS.
237. Trzaskoma, Z. (2016). *Aktualne problemy w procesie zwiększania siły i mocy sportowców*. Warszawa: Instytut Sportu – PIB.
238. Trzaskoma, Z. (2020). *Power Junior. System kompleksowego zwiększania siły mięśniowej i mocy 15-18-letnich piłkarzy nożnych*. Warszawa: Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie.

239. Turner, A., Walker, S., Stenbridge, M., Coneyworth, P., Reed, G., Birdsey, L., Barter, P., Moody, J. (2011). A Testing Battery for the Assessment of Fitness in Soccer Players. *Strength and Conditioning Journal*, 33(5), s. 29-39.
240. van den Tillaar, R., Ettema, G. (2010). The “sticking period” in a maximum bench press. *Journal of Sports Sciences*, 28(5), s. 529–535.
241. van den Tillaar, R., Saeterbakken, A. T. (2012). The sticking region in three chest-press exercises with increasing degrees of freedom. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(11), s. 2962–2969.
242. Verdijk, L. B., van Loon, L., Meijer, K., Savelberg, H. H. (2009). One-repetition maximum strength test represents a valid means to assess leg strength in vivo in humans. *Journal of sports sciences*, 27(1), s. 59–68.
243. Verkhoshansky, Y., Lazarev, V. (1989). Principles of planning speed and strength/speed endurance training in sports. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 11(2), s. 58–61.
244. Verkhoshansky, Y., Verkhoshansky, N. (2011). *Special Strength Training Manual for Coaches*. Rome: Vekhoshansky SSTM.
245. Weineck, J. (1994). Wie verbessere ich die Schnelligkeit. *Fussballtraining*, 3, s. 8-18.
246. Widuchowski, J., Widuchowski, W. (2005). Urazy i obrażenia narządu ruchu w sporcie. *Medicina Sportiva*, 9, s. 281-292.
247. Wilk, M., Gołaś, A., Zając, A. (2016). Trening siły mięśniowej – klasyczne i nowe koncepcje metodyki treningu oporowego. W: A. Zając, J. Chmura (red.), *Współczesny System Szkolenia w Zespołowych Grach Sportowych* (s. 271-309). Katowice: Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach.
248. Wilk, M., Gepfert, M., Krzysztofik, M., Gołaś, A., Mostowik, A., Maszczyk, A., Zając, A. (2019). The Influence of Grip Width on Training Volume During the Bench Press with Different Movement Tempos. *The Journal of Human Kinetics*, 68, s. 49–57.
249. Wilson, J. (2021). *Odwrócona piramida. Historia taktyki piłkarskiej*. Kraków: Wydawnictwo SQN.
250. Wong, P., Hong, Y. (2005). Soccer injuries in lower extremities. *British Journal of Sports Medicine*, 39(8), s. 473-482.

251. 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.
252. Yakovlev, N. (1967). *Sports biochemistry*. Leipzig: Deutche Hochschule für Körperkultur.
253. Zając, A., Chmura, J. (2016). *Współczesny System Szkolenia w Zespołowych Grach Sportowych*. Katowice: Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach.
254. Zatsiorsky, V. M., Kraemer, W. J. (2006). *Science and Practice of Strength Training*. Champaign, IL: Human Kinetics.
255. Zuzda, J., Latosiewicz, R. (2010). Zasady i komponenty treningu rekreacyjnego - regulacja intensywności rekreacyjnych ćwiczeń systemu Step Reebok. *Economy and Management*, 2, s. 111-126.

Źródła internetowe:

1. RK, (2018). *Najszybszy piłkarz świata. Ronaldo poza podium*. Pobrane z: <https://tvn24.pl/programy/mbappe-najszybszym-pilkarzem-swiata-ronaldo-poz-podium-ra850314-2581159> (05.07.2022).
2. The Football Arena, (2021). *Ugandan Defender, Bevis Mugabi jumped 262cm in air to score for Scottish club*. Pobrane z: <https://www.facebook.com/thefootballarenaa/posts/ugandan-defender-bevis-mugabi-jumped-262cm-in-air-to-score-for-scottish-club-mot/28880249647529> (04.08.2021).
3. ONET, (2019). *Skok Ronaldo był imponujący, ale w przeszłości szybował jeszcze wyżej*. Pobrane z: <https://przegladSPORTOWY.onet.pl/pilka-nozna/bundesliga/niesamowity-skok-cristiano-ronaldo-w-przeszlosci-skakal-wyzej/sjn9w86> (05.08.2021).
4. Dobosz, M. (2019). *Ronaldo skacze jak w NBA*. Pobrane z: <https://przegladSPORTOWY.onet.pl/pilka-nozna/serie-a/cristiano-ronaldo-znowu-zachwyca-skacze-jak-w-nba/259458q> (19.12.2019).
5. GwiazdyBasketu, (2013). *Kadour Ziani: Dunker legenda, największy wyskok na świecie*. Pobrane z: <https://www.gwiazdybasketu.pl/kadour-ziani-dunker-legenda-najwiekszy-wyskok-na-swiecie/> (20.12.2019).
6. Betterway, (2020). *Rola ćwiczeń asymetrycznych w treningu piłkarskim*. Pobrane z: <https://betterway.com.pl/blog/rola-cwiczen-asymetrycznych-w-treningu-pilkarskim/> (02.01.2020).
7. Ekstraklasa, (2020). *Statystyki*. Pobrane z: <https://www.ekstraklasa.org/statystyki> (11.09.2022).
8. KEISER, (2013). *KEISER A420. Operations and Maintenance Manual Rev X*. Pobrane z:

<https://d1xdq93s712gxs.cloudfront.net/media/A420-Manual-Rev-X.pdf> (01.09.2019).

9. KEISER, (2020). *KEISER THE MACHINE*. Pobrane z: <https://keiser.es/wp-content/uploads/2021/03/CATALOGO-GENERAL-KEISER-USA.pdf> (02.09.2019).

Spis rycin

Rycina 1. Rozkład obciążania w stosunku 3:1 (Według Stone, Stone i Sands,	27
Rycina 2. Cykl superkompensacji w jednostce treningowej (według N. Yakovleva, 1967)	34
Rycina 3. Urządzenie Keiser Leg Press z modułem diagnostycznym A420	47
Rycina 4. Urządzenie Keiser Air Squat z modułem diagnostycznym A300	48
Rycina 5. Porównanie wartości średnich mocy oraz przedziałów ufności dla wyciskania obunóż w analizowanych grupach przed i po treningu.....	51
Rycina 6. Porównanie wartości średnich mocy oraz przedziałów ufności dla wyciskania jednonóż kończyzna prawa w analizowanych grupach przed i po treningu.....	52
Rycina 7. Porównanie wartości średnich mocy oraz przedziałów ufności dla wyciskania jednonóż kończyzna lewa w analizowanych grupach przed i po treningu.....	53
Rycina 8. Porównanie wartości średnich mocy oraz przedziałów ufności dla przysiadu obunóż w analizowanych grupach przed i po treningu.....	55
Rycina 9. Porównanie wartości średnich mocy oraz przedziałów ufności dla przysiadu obunóż w analizowanych grupach przed i po treningu.....	56
Rycina 10. Porównanie wartości średnich mocy oraz przedziałów ufności dla przysiadu jednonóż kończyzna lewa w analizowanych grupach przed i po treningu.....	57
Rycina 11. Porównanie wartości średnich wysokości [cm] oraz przedziałów ufności dla wyskoku pionowego w analizowanych grupach przed i po treningu.....	59
Rycina 12. Porównanie wartości średnich mocy względnej [W/kg] oraz przedziałów ufności dla wyskoku pionowego w analizowanych grupach przed i po treningu.....	60
Rycina 13. Porównanie wartości średnich szybkości [m/s] oraz przedziałów ufności dla wyskoku pionowego w analizowanych grupach przed i po treningu.....	61
Rycina 14. Porównanie wartości średnich oraz przedziałów ufności dla szybkości 0-5m [m/s] w analizowanych grupach przed i po treningu.....	63
Rycina 15. Porównanie wartości średnich oraz przedziałów ufności dla szybkości 0-10m [m/s] w analizowanych grupach przed i po treningu.....	64
Rycina 16. Porównanie wartości średnich oraz przedziałów ufności dla szybkości 0-20m [m/s] w analizowanych grupach przed i po treningu.....	65
Rycina 17. Porównanie wartości średnich oraz przedziałów ufności dla szybkości 0-30m [m/s] w analizowanych grupach przed i po treningu.....	66

Spis tabel

Tabela 1. Skala intensywności w ćwiczeniach szybkościowych i siłowych	31
Tabela 2. Mikrocykl łączący kilka czynników treningu	42
Tabela 3. Parametry treningu siłowego	43
Tabela 4. Parametry opisowe i normalność rozkładu badanych zmiennych, podczas pomiaru diagnostycznego w grupach GB1 i GB2 przed i po interwencji treningowej - wyciskanie	50
Tabela 5. Parametry opisowe i normalność rozkładu badanych zmiennych, podczas pomiaru diagnostycznego w grupach GB1 i GB2 przed i po interwencji treningowej - przysiad	54
Tabela 6. Parametry opisowe i normalność rozkładu badanych zmiennych, podczas pomiaru diagnostycznego w grupach GB1 i GB2 przed i po interwencji treningowej - <i>CMJ</i>	58
Tabela 7. Parametry opisowe i normalność rozkładu badanych zmiennych, podczas pomiaru diagnostycznego w grupach GB1 i GB2 przed i po interwencji treningowej – szybkość.....	62

Spis wykresów

Wykres 1. Rozkład obciążeń treningowych dla makrocyklu przygotowawczego	42
---	----