

**Akademia Wychowania Fizycznego**

**im. Jerzego Kukuczki w Katowicach**

**Paulina Królikowska**

**WPLYW UKIERUNKOWANEGO TRENINGU OPOROWEGO MIĘŚNI  
PRZYWODZICIELI I ODWODZICIELI KOŃCZYN DOLNYCH NA ZDOLNOŚCI  
SZYBKOŚCIOWO-SIŁOWE U KOSZYKARZY**

**Rozprawa na stopień doktora nauk o kulturze fizycznej**

**PROMOTOR:**

dr hab. Artur Gołaś prof. AWF Katowice

**KATOWICE 2024**

## Spis treści

|  |    |
|--|----|
| 1. WPROWADZENIE.....   | 3  |
| 2. PRZYGOTOWANIE SPRAWNOŚCIOWE ZAWODNIKA W KOSZYKÓWCE.....   | 5  |
| 3. CHARAKTERYSTYKA SIŁY I MOCY MIĘŚNIOWEJ .....  | 8  |
| 3.1. Elementy metodyki treningu siły mięśniowej .....  | 11 |
| 3.2. Metody treningu siły mięśniowej.....  | 13 |
| 4. ISTOTA MIĘŚNI PRZYWODZICIELI I ODWODZICIELI KOŃCZYN DOLNYCH W<br>TRENINGU KOSZYKARZY .....                | 15 |
| 4.1. Charakterystyka grupy mięśni przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych .....                        | 17 |
| 4.2. Stabilność stawu biodrowego .....   | 19 |
| 5. PROBLEM BADAWCZY W ŚWIETLE LITERATURY .....   | 20 |
| 6. CEL PRACY, PYTANIA BADAWCZE I HIPOTEZA BADAWCZA .....   | 23 |
| 7. MATERIAŁY I METODY BADAWCZE .....   | 24 |
| 7.1. Charakterystyka badanych.....   | 24 |
| 7.2. Sesja wstępna – ocena siły maksymalnej (1RM).....   | 26 |
| 7.3. Sesja eksperymentalna.....  | 27 |
| 7.4. Interwencja treningowa .....  | 29 |
| 7.5. Metody i narzędzia pomiarowe.....   | 33 |
| 7.6. Narzędzia analizy statystycznej .....   | 34 |
| 8. WYNIKI BADAŃ.....   | 35 |
| 8.1. Analiza wyników różnicy w poziomie siły względnej pomiędzy grupami kontrolną a<br>eksperymentalną ..... | 35 |
| 8.2. Analiza wyników dla zmiennej bieg 5m [s].....   | 44 |
| 9. DYSKUSJA .....  | 46 |
| 10. WNIOSKI .....  | 51 |
| 11. WERYFIKACJA HIPOTEZY, IMPLIKACJE DLA PRAKTYKI.....   | 52 |
| 12. STRESZCZENIE.....  | 53 |
| 13. SUMMARY.....   | 54 |
| 14. PIŚMIENNICTWO .....  | 55 |
| SPIS TABEL.....  | 63 |
| SPIS RYCIN.....  | 64 |
| WYKAZ SKRÓTÓW .....  | 65 |

# 1. WPROWADZENIE

Niezwykłe szybki rozwój nauk o sporcie i treningu sportowym, wraz z prowadzeniem licznych badań dotyczących wpływu wysiłku fizycznego na organizm człowieka, przyczynił się do ewolucji procesu szkolenia sportowego oraz pojawienia się innowacyjnych koncepcji treningowych. Z powodu rosnącej komercjalizacji i dążenia do osiągnięcia maksymalnych wyników sportowych, badacze zaczęli opracowywać nowatorskie narzędzia i metody treningowe, skoncentrowane na rozwoju potencjału motorycznego. Zaliczają się do nich m.in. siła i moc mięśniowa, szybkość, zwinność, sprawność koordynacyjna oraz wytrzymałość tlenowa i beztlenowa (Trzaskoma i Trzaskoma 2001). Rozwój wiedzy w dziedzinie sportu w znaczący sposób przyczynił się do wzrostu poziomu sprawności współczesnych sportowców, którzy obecnie osiągają wyniki, które wcześniej uważano za nieosiągalne. W dzisiejszym sporcie o zwycięstwie decydują niewielkie różnice osiągnięte przez zawodników. Zdolności ludzkie są stale przekraczane, a nowe rekordy świata na nowo ustanawiane. Aby osiągać wybitne wyniki, niezbędny jest dobrze zaplanowany proces treningowy, który ma na celu doskonalenie umiejętności specyficznych dla danej dyscypliny sportu i zawodnika. Głównym celem zawodników profesjonalnych jest maksymalizacja wyników, dlatego też wykorzystuje się różnorodne modele treningowe w celu optymalizacji techniki sportowej. Aby osiągnąć wysoką sprawność fizyczną, konieczne są regularne, stopniowo zwiększające się i optymalne dla danego osobnika obciążenia treningowe, które poprawią możliwości fizjologiczne i sprawność sportowca. Siła mięśniowa jest jednym z kluczowych elementów motorycznych człowieka. Definiuje się ją jako zdolność do przewycięzania zewnętrznego oporu lub przeciwdziałania mu poprzez wysiłek mięśniowy (Trzaskoma i Trzaskoma, 2001). Ogólne i ukierunkowane rozwijanie siły mięśniowej stanowi punkt wyjścia, podczas gdy kształtowanie siły specjalnej pozwala na odpowiednie wdrożenie jej w technice sportowej (Montgomery i wsp., 2010).

W dyscyplinach sportowych, gdzie dominują eksplozywne czynności ruchowe, kluczowym czynnikiem determinującym sukces jest poziom przygotowania szybkościowo - siłowego. Zdolności motoryczne zarówno kondycyjne jak i koordynacyjne oraz część wyszkolenia indywidualnego bez piłki - takie jak równowaga dynamiczna, krok odstawno dostawny, szybkie zmiany kierunku, nagłe zatrzymania wymagają szybkiego przeniesienia ciężaru ciała na podpierającą kończynę dolną w celu przemieszczenia ciała w dowolnym kierunku. Podczas zadań wymagających przenoszenia ciężaru ciała (np. wykroki boczne, krok odstawno dostawny), mięśnie odwodziciele i przywodziciele kończyn dolnych wydają się

mieć kluczowe znaczenie dla kontrolowania tych czynności ruchowych (Francis i wsp., 2018; Lanza i wsp., 2020). Stwierdzono również, istotną rolę tych mięśni w kontrolowaniu ćwiczeniach oporowych takich jak przysiady czy wypady z obciążeniem (Stastny i wsp., 2015). Aktywność grupy mięśni przywodzicieli kończyn dolnych podczas sprintów może wskazywać, że są one również odpowiedzialne za stabilizację stawu biodrowego i mają związek z napinaniem pachwin i urazami, które mogą w tym obrębie wystąpić (Matsuo i in., 2019). Mimo pojawienia się wielu rzetelnych badań naukowych dotyczących treningu oporowego, nadal istnieją kontrowersje związane z przygotowaniem siłowym zawodników gier zespołowych. Wielu trenerów, zwłaszcza w dyscyplinach zespołowych, traktuje trening oporowy jako mniej istotny, twierdząc, że może prowadzić do nadmiernego "usztywnienia" i zmniejszenia „czucia piłki” w grze. Obecnie panuje jednak nowoczesne spojrzenie, które koncentruje się na treningu oporowym jako narzędziu umożliwiającym znaczną poprawę przygotowania sprawnościowego zawodników oraz jako elementu funkcjonalnego, który działa profilaktycznie i wspomaga proces rehabilitacji (Kraemer i Fleck, 2014). W ostatnich latach trening siły mięśniowej stał się nieodłączną częścią procesu przygotowania sprawnościowego w większości dyscyplin sportowych. Kluczem dla efektywności treningu siły mięśniowej jest precyzyjne uwzględnienie i dostosowanie wszystkich elementów metodyki treningowej do zamierzonego celu. Elementy te obejmują m.in. tempo wykonywania ćwiczeń, liczbę powtórzeń, liczbę serii, obciążenie zewnętrzne, czas przerwy wypoczynkowej między seriami, charakter pracy mięśniowej, wybór ćwiczeń oraz kolejność ich realizacji. Wartość stosowanego obciążenia zewnętrznego stanowi jedno z kluczowych determinantów adaptacji treningowej, dlatego szczególnie istotne jest jego uwzględnienie podczas planowania treningu siły mięśniowej (Baechle i wsp., 2008).

W dostępnej literaturze naukowej brakuje precyzyjnych publikacji dotyczących zaleceń dotyczących treningu oporowego przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych w kontekście poprawy wyników w testach sprawności, zmniejszeniu asymetrii mięśniowych oraz ogólnej korelacji między siłą izometryczną mięśni a wysiłkami dynamicznymi. Poprzez przeprowadzenie odpowiednich analiz i badań, niniejsza praca ma na celu dostarczenie informacji, które mogą być przydatne w dalszym rozwoju wiedzy na temat treningu oporowego mięśni przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych oraz jego wpływu na poruszanie się lateralne w koszykówce.

## 2. PRZYGOTOWANIE SPRAWNOŚCIOWE ZAWODNIKA W KOSZYKÓWCE

Koszykówka to jedna z najbardziej dynamicznych dyscyplin sportu uprawianych na całym świecie zarówno w aspekcie wyczynowym, jak i w rekreacji ruchowej (Deitch i wsp., 2006). Charakteryzuje się akcjami obejmującymi sprinty, rzuty, podania, zbiórki i bloki (Gottlieb i wsp., 2016), ruchy boczne, wysoki i lądowania, przeplatane częstymi i nagłymi zmianami kierunku oraz zatrzymania i przyspieszenia podczas biegu (Cherni i wsp., 2019; Thorborg i wsp., 2010, 2011). Oznacza to, że koszykarze potrzebują odpowiedniego poziomu sprawności, aby jak najlepiej wykorzystać potencjał szybkości, siły i mocy mięśniowej oraz sprawności koordynacyjnej do osiągnięcia sukcesu w tej dyscyplinie sportowej (Delextrat i Cohen, 2008). Wiele kluczowych akcji wykonywanych przez koszykarzy w grze opiera się na ruchach lateralnych (sprinty i zmiany kierunku), ruchach pionowych (rzuty z wysokości i zbiórki) oraz kombinacjach tych ruchów w obu płaszczyznach, głównie podczas rzutów do kosza i blokowania rzutu (Gottlieb i wsp., 2016). Te ruchy o wysokiej intensywności są zwykle wykonywane z krótkimi przerwami wypoczynkowymi przez cały mecz (Gottlieb i wsp., 2016). Na poziomie elitarnym, w oficjalnym meczu, zawodnicy zazwyczaj wykonują wiele krótkich przyspieszeń i zwolnień, blisko 1000 zmian tempa i kierunku ruchu. Ustalono również, że 30% czasu gry zawodnicy poruszają się na boki, wykorzystując defensywny krok odstawno-dostawny, średni dystans poruszania bokiem waha się od 1- 4 metrów (Drinkwater i wsp., 2008). Jak wspomniano powyżej, charakterystyka koszykówki wymaga od zawodników wysokiego poziomu zdolności motorycznych takich jak siła i moc mięśniowa oraz szybkość i zwinność (McInnes i in., 1995). W związku z tym programy treningu siłowego koszykarzy powinny koncentrować się na rozwijaniu wydajności ruchów eksplozywnych (Stojanović i wsp., 2018). Prawie 80% sprintów w koszykówce odbywa się na dystansach od 2 do 5 m (Attene i wsp., 2015). Większość interwencji o charakterze oporowym w treningu koszykarzy dotyczy prostowników stawu kolanowego lub zginaczy i prostowników stawu skokowego. W interwencjach tych wykorzystuje się zarówno ćwiczenia w warunkach izometrycznych jak i plajometryczne, a najczęściej badaną zmienną zależną jest wyskok dosiężny, skok w dal z miejsca lub bieg sprinterski na krótkim dystansie 5 lub 10 metrów (Attene i wsp., 2015). Zdarza się, iż do oceny efektywności interwencji treningowych wykorzystywane są biegi wahadłowe, które częściowo odzwierciedlają specyfikę poruszania się w koszykówce.

Zawodnicy pełniący rolę rozgrywających i skrzydłowych pokonują znacznie większe odległości i wykonują więcej sprintów w trakcie meczu w porównaniu do zawodników środkowych. Zawodnicy rozgrywający skupiają się na szybkości i zwinności, podczas gdy skrzydłowi muszą dodatkowo rozwijać skoczność i siłę eksplozywną. Natomiast dla zawodników środkowych dominujące znaczenie mają masa i siła mięśniowa, co umożliwia walkę o pozycję w strefie podkoszowej (Bompa i Carrera, 2005). Koncentracja na rozwijaniu umiejętności związanych z szybkością startową, przyspieszeniem, zdolnością do szybkiego zatrzymywania się oraz zmianą kierunku biegu jest istotne z uwagi na to, że w koszykówce większość sprintów odbywa się na krótkich dystansach i ściśle wiąże się to ze stabilizacją miednicy. Te elementy są niezwykle istotne dla koszykarzy, ponieważ umożliwiają im efektywne wykorzystanie swojej szybkości, jednocześnie utrzymując równowagę i umożliwiając płynne przejście do kolejnego przyspieszenia w dowolnym kierunku (Bompa i wsp., 2013). W koszykówce występuje znaczna różnorodność tempa akcji zarówno w ataku, jak i w obronie. Zawodnicy, w zależności od swojej pozycji na boisku, pokonują średnio od 3500 do 6100 metrów w trakcie meczu. Zawodnicy NBA (National Basketball Association) pokonują w trakcie meczu od 3 do 4 km, ze średnim tempem 14,5 km/h (Bompa i wsp., 2013). Należy zwrócić uwagę, że oprócz biegu w linii prostej lub poruszania się najczęściej krokiem odstawno-dostawnym w bok, występuje również około 1000 zmian tempa i kierunku biegu (Stojanović i wsp., 2018).

Jednym z najważniejszych aspektów sprawności w koszykówce, co potwierdzają liczne badania (Lockie i wsp., 2013; Loturco i wsp., 2018, 2022) jest szybkość zmiany kierunku poruszania się, czyli COD (change of direction). Szybkość zmiany kierunku (COD) stanowi determinantę osiągnięć sportowych w różnych dyscyplinach sportu (Sheppard & Young, 2006; Spiteri i wsp., 2014). Zdolność ta ma duże znaczenie w przypadku koszykówki, gdzie zawodnicy często muszą wykonywać gwałtowne przyspieszenia i hamowania z nagłymi zmianami kierunku na ograniczonej powierzchni boiska (Scanlan i wsp., 2014).

Zmiany kierunku biegu następują średnio co 3 s, w sumie zawodnicy wykonują około 800 zmian kierunku w czasie jednego meczu i 70 sprintów których w 90% długość wynosi od 3 do 5 metrów (Sugiyama i wsp., 2021). Ocena sprawności specjalnej zawodników koszykówki jest istotnym aspektem monitorowania procesu szkolenia sportowego, a różnorodne metody oceny, takie jak pro-agility shuttle test, T-test, Illinois Test zostały zasugerowane do oceny zdolności szybkości zmiany kierunku biegu oraz zwinności u koszykarzy (Chaabene i wsp., 2020). T-test obejmuje cztery zmiany kierunku biegu na łączną odległość 20 metrów, natomiast Illinois test posiada również liczne zmiany kierunku biegu oraz kilka skrętów ze zmianą

kierunku o 180 °. Opinie naukowców i trenerów różnią się w kwestii udziału poszczególnych zdolności w umiejętności zmiany kierunku. Większość z nich jednak uwzględnia elementy siły kończyn dolnych, mocy oraz szybkości liniowej (Sassi i wsp., 2009; Wen i wsp., 2018). W badaniu przeprowadzonym przez Scanlan i wsp., (2021) wykazano, że wyniki w T-teście są wymagające i w dużej mierze zależą od różnych cech związanych z mocą, takich jak odległość w skoku w dal z miejsca, względną siłą szczytową podczas testu zmodyfikowanego martwego ciągu (Isometric Midthigh Pull), siłą względną generowaną podczas wykonania wyskoku dosiężnego (CMJ) oraz czasem uzyskanym w biegu po linii prostej na 10 metrów. Dodatkowo połowa dystansu pokonywanego podczas T-testu jest wykonywana krokiem odstawno-dostawnym „slide step”, brakuje badań nad związkiem tego elementu poruszania z siłą mięśni przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych. Biorąc pod uwagę konkretne wymagania związane z poruszaniem się krokiem odstawno-dostawnym (slide step), który występuje w ćwiczeniach związanych z grą w obronie oraz wyodrębnieniu istoty pracy grupy mięśni przywodzicieli i odwodzicieli kończyny dolnej, test poruszania się krokiem odstawno-dostawnym na odcinku 5 metrów będzie bardziej rzetelny. Zważywszy na częste zmiany kierunku i duże obciążenia podczas biegu (Taylor i wsp., 2017), zawodnicy są narażeni na zwiększone ryzyko urazów biodra i pachwiny. Wykazano, że urazy przywodziciela stanowią 21,8% wszystkich urazów biodra wśród koszykarzy (Patel i wsp., 2020). Przegląd najczęstszych urazów mięśni przywodzicieli kończyn dolnych w lidze NBA (Patel i wsp., 2020) wykazał, że urazy pachwiny i przywodzicieli kończyn dolnych często przyczyniają się do kontuzji i obniżenia sprawności zawodników. Poprawa stabilizacji miednicy pozwala na bardziej efektywne generowanie siły mięśniowej przez wszystkie mięśnie stawu biodrowego (Blazevich, 2000)

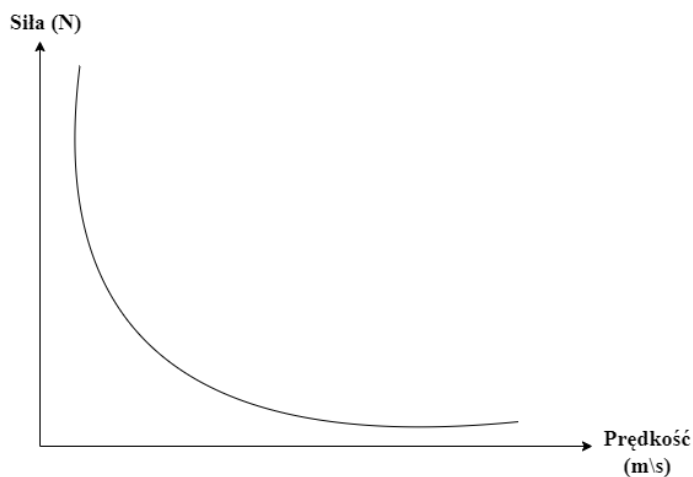
### **3. CHARAKTERYSTYKA SIŁY I MOCY MIĘŚNIOWEJ**

Wielu ekspertów uznaje wysoki poziom siły mięśniowej za kluczowy czynnik determinujący sukces w grach zespołowych, sportach walki oraz innych dyscyplinach sportowych, w których szybkość i rozwijana moc mięśniowa mają istotne znaczenie dla końcowego wyniku (Bompa i Buzzichelli, 2018; McBride i wsp., 2003). Istnieje szerokie spektrum literatury naukowej oraz liczne badania empiryczne, które dostarczają dowodów potwierdzających wpływ generowanej siły mięśniowej na osiągnięte rezultaty w różnorodnych dyscyplinach sportowych.

Maksymalna wartość generowanej siły mięśniowej zależy od szeregu czynników, takich jak: liczba i synchronizacja jednostek motorycznych, częstotliwość generowania potencjałów czynnościowych, wykorzystanie cyklu rozciągnięcie-skurcz (CR-S), stopnia hamowania nerwowo-mięśniowego, przekroju poprzecznego mięśnia oraz proporcji włókien szybko i wolno kurczliwych (FT/ST). Siła mięśniowa jest określana jako zdolność układu nerwowo-mięśniowego do generowania siły fizycznej wystarczającej do pokonania oporów zewnętrznych (Stone i wsp., 2007). Kraemer i Fleck (2014) dodają, że siła ta jest wytwarzana podczas określonego ruchu i przy określonej prędkości. Istnieje wyraźna zależność między siłą mięśniową a szybkością ruchu. Zwiększenie przyspieszenia ciała i osiągnięcie wysokich prędkości wymaga większej siły, jednak zwiększenie obciążenia zewnętrznego prowadzi do spadku prędkości. W literaturze (Kawamori i Haff, 2004; McBride i wsp., 2002; Paddon-Jones i wsp., 2001), przedstawiono graficzne zależności między siłą a prędkością w postaci krzywej siła-prędkość (Ryc.1)



Wykorzystanie treningu oporowego, który jest odpowiednio dostosowany do określonych parametrów siły oraz prędkości ruchu, prowadzi do różnorodnych adaptacji i może wpływać na kształtowanie tej krzywej. Zwiększenie siły mięśniowej może wynikać zarówno z jednoczesnego wzrostu masy i przyśpieszenia, jak i z oddzielnej poprawy każdej z tych składowych osobno (Zatsiorsky i wsp., 2020). Efekty treningu oporowego, przy użyciu dużych obciążeń zewnętrznych, różnią się od efektów treningu o charakterze eksplozywnym (Kawamori i Haff, 2004).



Ryc. 1 Wykres zależności wielkości siły i prędkości ruchu (Kawamori i Haff, 2004)

Program treningowy, który skupia się na pokonywaniu wysokich obciążeń (>85% 1RM), może wpływać na kształtowanie krzywej siła prędkość w obszarze dużych wartości siły, prowadząc do wzrostu napięcia mięśniowego przy zachowaniu stałej szybkości skurczu. Natomiast trening oporowy z zastosowaniem ćwiczeń eksplozywnych może zmieniać przebieg krzywej w obszarze wysokich wartości prędkości, gdzie kluczową rolę odgrywa wzrost prędkości skurczu mięśniowego oraz proporcjonalny wzrost napięcia mięśniowego (Bompa i Buzzichelli, 2018). Siłę mięśniową można również określić jako moment siły generowany przez mięsień w pojedynczym, maksymalnym, izometrycznym skurczu bez ograniczenia jego trwania (Enoka, 2008). W metodologii treningu siły mięśniowej w różnych dyscyplinach sportowych wprowadzono koncepcję siły mięśniowej maksymalnej i względnej. Maksymalna siła mięśniowa odnosi się do najwyższej wartości siły, jaką może rozwinąć układ nerwowo-mięśniowy w trakcie maksymalnego skurczu wolicjonalnego (Bompa i Buzzichelli, 2018). Siła mięśniowa względna jest ilorazem maksymalnej siły mięśniowej i masy ciała zawodnika (Zajac i wsp., 2009).

W większości dyscyplin sportowych dąży się do rozwoju względnej siły mięśniowej, ponieważ wzrost masy ciała może niekorzystnie wpływać na tempo i technikę wykonania ruchu. W dyscyplinach, które wymagają dynamicznego przemieszczenia ciała w przestrzeni, rozwój siły mięśniowej musi nastąpić bez lub z minimalnym wzrostem masy ciała (Zajac i wsp., 2009). Trzy czynniki wpływające na siłę mięśniową to potencjał mięśniowy, wykorzystanie tego potencjału przez zawodnika i poziom techniki wykonywanej czynności ruchowej. Potencjał mięśniowy odnosi się do sumy sił generowanych potencjalnie przez poszczególne grupy mięśniowe zaangażowane w daną czynność ruchową. Zawodnik musi umiejętnie wykorzystać ten potencjał, a dodatkowo ważnym czynnikiem jest poziom techniki, z jaką wykonuje się daną czynność ruchową (Bompa i Buzzichelli, 2018).

### 3.1. Elementy metodyki treningu siły mięśniowej

Precyzyjne określenie wielu elementów wpływających na efektywność treningu siły mięśniowej wiąże się z odpowiednim planowaniem tej formy wysiłku fizycznego. Indywidualne dostosowanie tych elementów do każdego zawodnika jest kluczowe. Środki treningowe, czyli ćwiczenia fizyczne, stanowią podstawowy składnik pracy treningowej. Proces adaptacji polega na precyzyjnym planowaniu różnorodnych ćwiczeń, dostosowanych do potrzeb poszczególnych zawodników i dyscyplin sportowych. Istotne jest również uwzględnienie zgodności struktury ruchu z formami charakterystycznymi dla danej dyscypliny lub konkurencji sportowej. W badaniach będących przedmiotem dysertacji trening siły mięśniowej koncentruje się na ćwiczeniach ukierunkowanego przygotowania siłowego, które wpływają zarówno na powierzchowne jak i głębokie grupy mięśniowe. Maksymalne zbliżenie ćwiczeń treningowych do form aktywności występujących w danej dyscyplinie sportowej jest istotne i powinno wynikać z analizy ruchu charakterystycznego dla poszczególnych dyscyplin sportu. Wybór ćwiczeń fizycznych powinien być bezpośrednio podyktowany praktycznymi potrzebami danej dyscypliny sportowej. W ostatnich etapach okresu przygotowawczego, ćwiczenia te powinny odzwierciedlać konkretne formy aktywności, które pojawiają się podczas rywalizacji sportowej (Earle, 2006). Kolejnym istotnym aspektem treningu siły mięśniowej jest objętość treningowa, która określa liczbę sesji treningowych przeprowadzanych w określonym czasie, najczęściej w ramach mikrocyklu. Wykonanie pełnego cyklu ruchowego ćwiczenia, począwszy od początkowej fazy ruchu aż do końcowej, jest definiowane przez liczbę powtórzeń. Jednak samo określenie ilości powtórzeń nie jest wystarczające do oceny efektów treningowych, gdyż nie uwzględnia obciążenia zewnętrznego. Badania naukowe wykazały, iż osoby posiadające przewagę włókien szybkokurczliwych (FT) są w stanie wykonać średnio od 4 do 5 powtórzeń z obciążeniem zewnętrznym równym 80% jednego powtórzenia maksymalnego (1RM – *one repetition maximum*). Z kolei osoby z przewagą włókien wolnokurczliwych (ST) są w stanie wykonać nawet do 11 powtórzeń przy tym samym procentowym obciążeniu 1RM (Zając i wsp., 2009). Wykazano, że najlepszym wskaźnikiem określającym wartość maksymalnej siły mięśniowej jest obciążenie zewnętrzne, z którym dana osoba może wykonać 10 powtórzeń (100% siły maksymalnej - PM), co odpowiada wartości 75% 1RM. W ramach jednego ćwiczenia, seria obejmuje określoną liczbę sekwencyjnie wykonanych powtórzeń, trwającą aż do momentu zakończenia tego ćwiczenia

(Fleck i Kraemer, 2014). Choć seria jest ważnym elementem planowania treningu, nie ma tak bezpośredniego wpływu na efektywność treningową jak liczba powtórzeń czy obciążenie zewnętrzne. Parametr ten zależy od całkowitej liczby ćwiczeń wykonywanych w jednej jednostce treningowej (Zajac i wsp., 2009). Nieodzownym elementem zależnym od celu jaki w ramach treningu ma zostać osiągnięty jest czas przerwy wypoczynkowej. W największym stopniu jest on zależny od wielkości stosowanego obciążenia zewnętrznego, a im wartość tego obciążenia jest większa, to przyjmuje się, że przerwa wypoczynkowa jest dłuższa. Ostatnim i równie ważnym elementem w kształtowaniu siły i mocy mięśniowej jest tempo wykonywanego ćwiczenia. Odnosi się ono do szybkości, z jaką wykonywane są poszczególne fazy danego ćwiczenia. Obejmuje czas trwania zarówno fazy ekscentrycznej, fazy izometrycznej jak i koncentrycznej a w praktyce ma duże znaczenia dla osiągnięcia zamierzonego efektu treningowego wpływając na czas trwania napięcia mięśniowego.

### 3.2. Metody treningu siły mięśniowej

Trening siły mięśniowej jest istotną składową procesy kształtowania formy sportowej u zawodników różnych dyscyplin. Kluczowym aspektem treningu siły mięśniowej jest odpowiednie planowanie i programowanie procesu treningowego, aby na odpowiednich etapach adaptacji treningowej osiągnąć pożądane efekty. Wzrost objętości treningowej oraz zwiększenie siły i mocy mięśniowej są obserwowane w wyniku procesu adaptacji treningowej, a zakres tych zmian jest zależny od wielkości dostarczanych bodźców treningowych. W każdej dyscyplinie sportowej istnieją unikalne wymagania dotyczące treningu siły mięśniowej, które muszą odpowiadać fizjologicznym potrzebom poszczególnych faz treningowych. Metody treningowe muszą być dynamicznie dostosowywane do zmieniających się etapów przygotowania sportowego. Istnieje wiele różnych koncepcji rozwoju siły mięśniowej, które trener świadomie wprowadza w celu maksymalizacji efektywności treningu. Kluczowe jest dostosowanie tych metod do specyfiki danej dyscypliny sportowej oraz indywidualnych cech zawodnika. Cele treningowe mogą być zróżnicowane i obejmować wzrost siły mięśniowej, hipertrofię, wytrzymałość siłową i siłę eksplozywną. Poprawa koordynacji nerwowo-mięśniowej zależy od odpowiednio dawkowanego bodźca treningowego, zastosowanego obciążenia zewnętrznego oraz tempa wykonywanych czynności.

Wśród różnych metod treningu siły mięśniowej możemy wyróżnić metodę kulturystyczną, której głównym celem jest zwiększenie hipertrofii mięśniowej lub osiągnięcie odpowiedniej definicji mięśniowej. Choć stosowanie tej metody prowadzi również do wzrostu siły mięśniowej, nie jest ona tak istotna jak w przypadku treningu metodą ciężkoatletyczną, w której stosowane są obciążenia submaksymalne, maksymalne a nawet supramaksymalne (powyżej 100% 1RM). Metoda ciężkoatletyczna obejmuje metodę maksymalnych obciążeń oraz metodę ekscentryczną i przeznaczona jest do zwiększania siły maksymalnej (Bompa i Carrera, 2005). Metoda ta w największym stopniu umożliwia poprawę koordynacji nerwowo-mięśniowej, co prowadzi do zwiększenia liczby zaangażowanych jednostek motorycznych podczas skurczu.

Trening oparty na metodzie ekscentrycznej, jako jedyny system treningowy, umożliwia stosowanie obciążenia zewnętrznego przekraczającego 100% 1RM (supramaksymalnego). W metodzie tej główne zadanie ćwiczącego polega na wydłużeniu czasu trwania fazy ekscentrycznej lub zastosowania technik akcentujących tę fazę ruchu.

Trening plajometryczny to metoda treningu siły, koncentrująca się na wykonywaniu dynamicznych i eksplozywnych czynności ruchowych, które opierają się na cyklu rozciągnięcie-skurcz. Głównym założeniem tego treningu jest wykorzystanie zdolności mięśni i ścięgien do gromadzenia energii sprężystej podczas fazy rozciągania i wykorzystania jej w fazie koncentrycznej.

Metoda treningu obwodowego polega na wykonywaniu serii kilku ćwiczeń o złożonym charakterze dla różnych grup mięśniowych w jednym cyklu treningowym. Celem treningu metodą obwodową jest angażowanie dużej ilości grup mięśniowych i stymulacja układu krążeniowo-oddechowego.

Metoda wysokiej intensywności treningu siły - H.I.T (*High Intensity Training*) polega na przeprowadzaniu krótkich, intensywnych i ekstremalnie wymagających sesji treningowych. Jej głównym założeniem jest skoncentrowanie się na wykonaniu jednego, maksymalnego lub submaksymalnego wysiłku w każdym ćwiczeniu, przy minimalnej liczbie powtórzeń.

Trening siłowy w warunkach izometrycznych to specjalna technika treningu, w której mięśnie są utrzymywane w stałym napięciu, ale nie dochodzi do zmiany ich długości (Zajac i wsp., 2009). Trening hipertrofii funkcjonalnej stanowi optymalny kompromis między budowaniem masy mięśniowej a rozwijaniem siły. Główną korzyścią tej metody jest poprawa koordynacji nerwowo-mięśniowej, czyli zdolności organizmu do szybkiego rekrutowania włókien mięśniowych zwłaszcza typu II. Poprzez rozwijanie odpowiednich napięć mięśniowych w optymalnych pozycjach dla pracujących mięśni, zwiększamy efektywność pracy mięśniowej podczas treningu wzorców ruchowych, przy zachowanej prawidłowej technice wykonywania ćwiczeń. Taki trening ma na celu zwiększenie hipertrofii mięśniowej w sposób, który przynosi korzyści w praktycznych aspektach ruchowych związanych z daną dyscypliną sportową.

#### **4. ISTOTA MIĘŚNI PRZYWODZICIELI I ODWODZICIELI KOŃCZYN DOLNYCH W TRENINGU KOSZYKARZY**

Szybkie starty w linii prostej, gwałtowne zatrzymania, krok odstawno-dostawny typu „slide step”, oraz obroty są kluczowymi aspektami zarówno w kontekście działań obronnych, jak i ofensywnych w koszykówce. Wspomniane elementy ruchowe są uzupełniane przez zwinność zawodnika, czyli szybką oraz skoordynowaną pracę rąk i nóg. Aby zmaksymalizować efektywność i ekonomiczność poruszania, zawodnicy powinni zachować obniżoną pozycję, jednocześnie maksymalizując kontakt ich stóp z podłożem.

Zmiany kierunku w koszykówce są rezultatem przemieszczenia środka ciężkości w zamierzoną stronę, połączonego z kolejnymi ruchami kończyn dolnych. Ten proces obejmuje stałe napięcie mięśniowe oraz wykorzystanie sił ekscentrycznych, koncentrycznych oraz siły w warunkach izometrycznych podczas dynamicznych akcji meczowych. W kontekście działań obronnych, gracze wykorzystują krok odstawno-dostawny, charakteryzujący się rozstawieniem szerokim stóp i ramion oraz obniżoną pozycją ciała. Skuteczność tego ruchu zależy głównie od intensywnego odepchnięcia stopy tylnej, generującego przesunięcie ciała do przodu. Krok ciągnięcia i ślizgu, wykonany stopą tylną, pozwala na szybki powrót do pozycji wyjściowej. Warto zauważyć, że są to krótkie kroki o długości 0,3 do 0,6 metra (Krause & Nelson, 2019).

Różnorodność technik i strategii poruszania się w koszykówce stanowi istotny element doskonalenia gry zarówno w kontekście ataku, jak i obrony. Szybkie zmiany kierunku bez posiadania piłki, służące uzyskaniu przewagi pozycyjnej lub stworzeniu możliwości otrzymania podania, noszą nazwę „cutting”. Z kolei technika „v-cut” opisuje sytuację, w której gracz wykonuje szybkie ruchy w kształcie litery V, aby skutecznie uniknąć obrońcy. Natomiast „sliding” to podstawowa technika obronna, polegająca na szybkim przesuwaniu się bokiem w stronę atakującego, utrzymując jednocześnie pozycję obronną (Krause & Nelson, 2019).

W kontekście częstych zmian kierunku i dużych obciążeń w koszykówce, sportowcy są narażeni na większe ryzyko urazów w obszarze biodra i pachwiny. Badania wykazują, że urazy mięśni przywodzących stanowią 21,8% wszystkich urazów biodra w tej dyscyplinie sportu. Analiza najczęstszych urazów mięśni przywodzicieli wśród zawodników National Basketball Association (NBA) wskazuje, że urazy pachwiny i mięśni przywodzicieli często prowadzą do absencji meczowej, ograniczenia czasu gry i obniżenia wydajności

sportowców (Patel i in., 2020). Stworzenie stabilnej podstawy miednicy pozwala efektywniej generować siłę przez wszystkie mięśnie obręczy biodrowej. Na podstawie dotychczasowych badań naukowych można stwierdzić, iż grupa mięśni przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych wykazuje znaczącą aktywność mięśniową podczas sprintów i zmian kierunku poruszania się, co wskazuje na ich istotną rolę w stabilizacji stawu biodrowego, oraz ma związek z urazami i nadmiernymi napięciami w pachwinach. W związku z tym, wzmocnienie tej grupy mięśniowej oraz wyrównanie asymetrii może skutecznie zapobiegać kontuzjom w tym obszarze (Harøy i wsp., 2019; Tyler i wsp., 2002; Yasuda i wsp., 2019). Niestabilność miednicy spowodowana osłabieniem mięśni obręczy biodrowej ogranicza zdolność do generowania siły poziomej podczas fazy kontaktu stóp z podłożem podczas sprintu, co może ograniczać możliwości uzyskiwania wyższych prędkości biegu (Blazevich, 2000).

Według badań istnieje sugerowana rola mięśnia przywodziciela wielkiego, który pełni funkcję ważnego prostownika biodra, oraz innych mięśni tej grupy (mięsień grzebieniowy, m. smukły, przywodziciel krótki i długi), które mogą pełnić funkcję zginaczy biodra (Neumann, 2010) i odgrywają istotną rolę podczas sprintu (Watanabe i wsp., 2000; Yasuda i wsp., 2019).



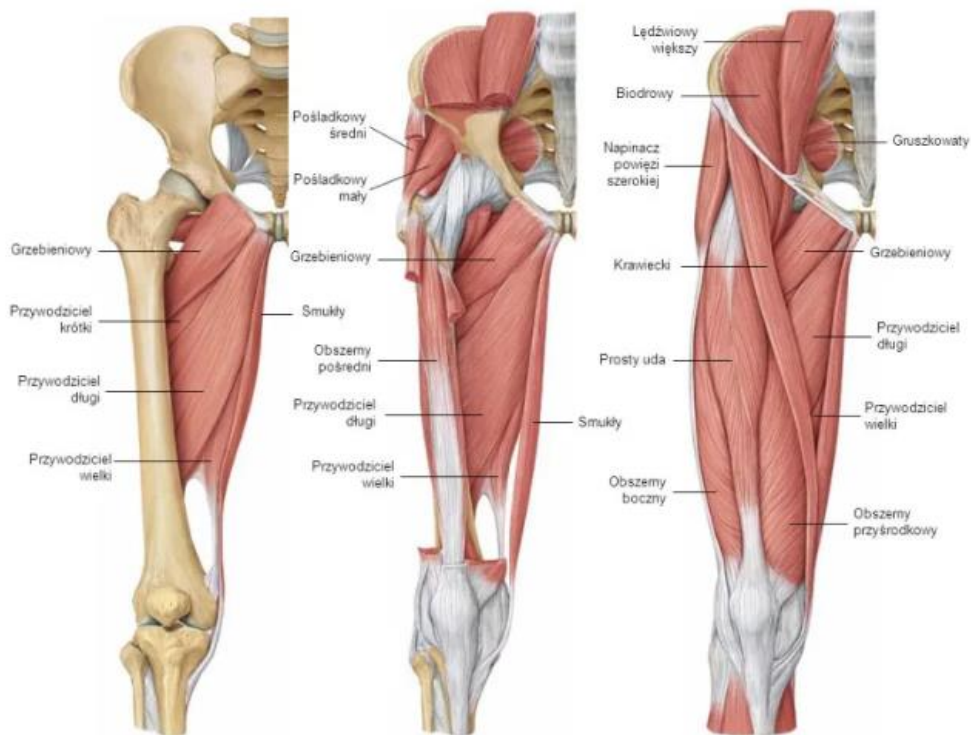
## 4.1. Charakterystyka grupy mięśni przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych

Grupa mięśni wzdłuż wewnętrznej części uda jest określana jako grupa mięśni przywodzicieli. Składa się ona z sześciu mięśni i obejmuje mięsień (mm.) grzebieniowy (łac. pectineus), mm. przywodziciel długi (łac. adductor longus), mm. przywodziciel krótki (łac. adductor brevis), mm. przywodziciel wielki (łac. adductor magnus), mm. smukły (łac. gracilis) i mm. zasłaniacz zewnętrzny (łac. obturator externus) (Ignasiak, 2015).

Wszystkie mięśnie przywodziciela są unerwione przez nerw zasłonowy, za wyjątkiem mm. grzebieniowego, który otrzymuje impulsy ruchowe z nerwu udowego. Mięśnie te mają swoje początkowe przyczepy w okolicy pachwinowej w różnych punktach spojenia łonowego, a końcowe wzdłuż środkowej części kości udowej. Głównym działaniem tej grupy mięśni jest przywodzenie uda w otwartym łańcuchu kinematycznym i ustabilizowanie kończyny dolnej w zamkniętym łańcuchu kinematycznym. Każdy mięsień może również np. pomóc w zgięciu i rotacji kości udowej. Z danych literaturowych wynika, iż najbardziej narażony na urazy jest mm. przywodziciel długi ze względu na brak mechanicznej równowagi, może zwiększać podatność na przeciążenie (Nicholas i Tyler, 2002).

Do grupy mięśni odwodzicieli możemy zaliczyć mm. pośladkowy wielki (łac. gluteus maximus), mm. pośladkowy średni (łac. gluteus medius), mm. pośladkowy mały (łac. gluteus minimus), napinacz powięzi szerokiej (łac. tensor fasciae latae), mm. prosty uda (łac. rectus femoris). Mięśnie odwodziciele stawu biodrowego (Abd): mięsień napinacz powięzi szerokiej, mięsień pośladkowy średni i mięsień pośladkowy mniejszy odwodzą i przyśrodkowo obracają udo. Działanie tych mięśni pomaga stabilizować miednicę i przeciwdziałać działaniu bocznych rotatorów uda, głównie mm. pośladkowego wielkiego (Blazevich, 2000).

Zakres ruchu odwodzenia w pozycji stojącej wynosi  $50^{\circ}$ , a ruchu przywodzenia  $30^{\circ}$ . Większy zakres ruchu odwodzenia uzyskamy w pozycji zgięcia stawu biodrowego, gdyż ta pozycja rozluźnia więzadło biodrowo-udowe. Ruchy odwodzenia hamowane są przede wszystkim przez więzadło pachwinowe oraz łonowo biodrowe. Ruchy przywodzenia natomiast hamowane są przez pasmo poprzeczne więzadła biodrowo-udowego oraz więzadła kości udowej, dlatego zakresy ruchu są różne w zależności od pozycji wyjściowej.



Ryc. 2 Anatomia grupy mięśni przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych.

U "zdrowych" sportowców siła przywodzicieli stanowi około 95% siły odwodzicieli, podczas gdy u zawodników z kontuzją przywodziciela jest to około 78%. Stosunek siły przywodzicieli do siły odwodzicieli może być również wykorzystywany przez trenerów do podejmowania decyzji dotyczących interwencji wzmacniających, które mają na celu zmniejszenie dysproporcji siły tych grup mięśniowych (Rodriguez, 2020). W jednym z badań (Nicholas i Tyler, 2002) stwierdzono, że przedsezonowe wzmocnienie mięśni bioder u zawodowych hokeistów, którzy mieli stosunek siły przywodzicieli do siły odwodzicieli mniejszy niż 80%, prowadziło do zmniejszenia częstości występowania kontuzji przywodziciela w porównaniu z poprzednim sezonem. Trenerzy powinni stale monitorować wskaźniki siły mięśniowej, w tym stosunek siły mięśni przywodzicieli do siły odwodzicieli kończyn dolnych, nie tylko w okresie przedstartowym, ale także przez cały okres startowy. W dostępnym piśmiennictwie zaproponowano (Wollin i wsp., 2018) metodę wczesnego wykrywania i regularnego comiesięcznego monitorowania wskaźników siły mięśniowej jako środka prewencji wtórnej. Zauważono istotną poprawę wskaźników siły od okresu przedsezonowego, a największy wzrost zaobserwowano w drugim miesiącu okresu przygotowawczego. Ta metoda umożliwiła rutynowe badanie zawodników i odpowiednie reagowanie na ich potrzeby przez cały sezon.

## 4.2. Stabilność stawu biodrowego

W układzie ruchu człowieka istnieją wybrane grupy mięśni, które pełnią kluczową rolę w stabilizacji, zwłaszcza podczas skomplikowanych czynności ruchowych, gdzie duży zakres ruchu w stawach wymaga doskonałej stabilności. Przykładem takiego stawu jest staw biodrowy. Małe grupy mięśniowe, takie jak mięśnie pośladkowe średnie, odgrywają istotną rolę w stabilizacji i utrzymaniu optymalnej postawy ciała podczas dynamicznego ruchu. Jeżeli ich funkcja zostanie zaburzona w kontekście relacji między długością a napięciem, może to prowadzić do ograniczenia ich działania, negatywnie wpływając na mechanikę ruchu oraz zakłócając prawidłowe wzorce ruchowe. Może to również prowadzić do kompensacyjnej aktywacji innych mięśni synergistycznych. Zmiana relacji między długością a napięciem mięśni zginających i prostujących biodro odgrywa kluczową rolę w mechanice ruchu sportowca oraz strategiach ruchowych związanych z aktywacją mięśni odpowiedzialnych za generowanie siły podczas odbicia czy przyspieszenia.

Stabilność jest kluczowym elementem zarówno w statycznych, jak i dynamicznych sytuacjach kontrolowania ciała. Kilka czynników, takich jak koordynacja nerwowo-mięśniowa, wytrzymałość mięśniowa, siła i funkcjonalny zakres ruchu, wpływa na osiągnięcie optymalnej stabilności. Podczas wykonywania technik koszykarskich, takich jak zmiana kierunku i kozłowanie, istotne jest utrzymanie odpowiedniego ustawienia kończyny względem tułowia, obniżenie środka ciężkości oraz pełna kontrola nad piłką. Wysoka umiejętność w tym elemencie zależy od połączenia pracy ekscentrycznej, koordynacji mięśniowej i zdolności do generowania sił w fazie przyspieszenia. To połączenie decyduje o wyższych umiejętnościach jednego zawodnika w porównaniu z drugim (Bompa i in. 2013). Mięśnie tułowia i miednicy odgrywają istotną rolę w efektywnym przekazywaniu sił reakcji z podłoża na wyższe partie ciała w sposób harmonijny i dostosowany do danej czynności ruchowej. W dynamicznych warunkach na boisku, zawodnik musi mieć pełną kontrolę nad swoim ciałem, aby przewidywać rozwój sytuacji i właściwie reagować na niespodziewane zdarzenia, które mogą się pojawić w trakcie gry.

## 5. PROBLEM BADAWCZY W ŚWIETLE LITERATURY

W dotychczasowej literaturze temat związany z badaniem siły grupy mięśni przywodzicieli i odwodzicieli w dużej mierze dotyczy między innymi oceny wpływu objętości treningowej na możliwości uzyskiwane podczas biegu (Yasuda i wsp., 2019), siły ekscentrycznej i koncentrycznej w implikacjach klinicznych po urazach (Thorborg i wsp., 2010, 2011) oraz ocenie poziomu tej siły u zawodników z bólem pachwiny (Marušič i Šarabon, 2022). Większość doniesień naukowych związanych z grupą mięśni przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych koncentruje się na urazowości oraz predykcji siły mięśniowej po urazie.

Obszar badań wpływu siły mięśniowej na poprawę wyników sportowych w dyscyplinach, w których mięśnie przywodzące kończynę dolną są szczególnie ważne dla stabilizacji miednicy podczas wysiłku (Karatrantou i wsp., 2019) oraz w protokołach treningowych dla monitorowania prewencji urazu jest nadal poddawany weryfikacji naukowej. Związek mięśni kulszowo-goleniowych, mięśnia czworogłowego i mięśnia pośladkowego wielkiego z wynikiem sportowym podczas sprintu był szeroko analizowany pod kątem wielkości i siły mięśniowej kończyn dolnych (Alemdaroğlu, 2012; Sugisaki i wsp., 2017; Yasuda i wsp., 2019). Z badań elektromiograficznych (Montgomery i wsp., 1994) wynika, że funkcją grupy mięśni przywodzicieli może być nie tylko ruch przywodzenia i bocznej rotacji kończyny dolnej, ale także przyczyniają się one do ruchu prostowania i zgięcia biodra podczas biegu sprinterskiego.

Istnieje zależność między czasem uzyskiwanym w sprincie na dystansie 100m a proporcją przekroju mięśni przywodzicieli w stosunku do masy ciała (Yasuda i wsp., 2019). Wyniki te sugerują, że przywódca krótki może przyczynić się do lepszych możliwości podczas biegu sprinterskiego u zawodniczek w ruchu zgięcia i rotacji wewnętrznej uda. Odnosząc się do innych dyscyplin sportu, gdzie występują ruchy takie jak zmiana kierunku biegu, uderzenie piłki wewnętrzną częścią stopy, częste hamowania i przyspieszenia, duży udział odgrywają mięśnie przywodzące kończyn dolnych. W piłce nożnej jest to zależne od pozycji zawodnika na boisku (Karatrantou i wsp., 2019). Contreras-Diaz i wsp. (2023) badali siłę ekscentryczną i koncentryczną przywodzicieli oraz odwodzicieli kończyn dolnych u zawodników grających na różnych pozycjach. Stwierdzili, że obrońcy cechują się większą siłą ekscentryczną niż napastnicy i pomocnicy w piłce nożnej. W obecnej literaturze próżno jest szukać konkretnych parametrów siły w warunkach izometrycznych w protokołach treningowych dla grupy mięśni przywodzicieli i odwodzicieli w odniesieniu do prewencji

urazów oraz dla optymalnej stabilizacji bioder podczas różnego rodzaju wysiłków. Królikowska i wsp. (2023) w swojej pracy wskazuje związek między siłą izometryczną przywodzicieli i odwodzicieli stawu biodrowego, biegiem w linii prostej oraz podczas zmian kierunku biegu u koszykarzy. Jednym z ograniczeń tego badania jest to, że oceniano tylko bieg ze zmianą kierunku pod kątem  $90^\circ$  i 20-metrowy bieg po linii prostej w stosunku do uzyskanej siły w warunkach izometrycznych. W związku z tym zależności te mogą być odmienne w odniesieniu do siły dynamicznej. Stąd, przyszłe badania powinny uwzględniać związek między siłą mięśni przywodzicieli i odwodzicieli a różnymi kątami zmian kierunku (nie tylko  $90^\circ$ ) oraz powinny uwzględniać poruszanie wielokierunkowe np. bieg krokiem odstawno-dostawnym. Badania Królikowskiej i wsp. (2023) potwierdzają udział mięśni odwodzicieli w biegu ze zmianą kierunku oraz krokiem odstawno dostawnym w koszykówce, który jest istotny w akcjach defensywnych i zajmuje on około 30% czasu gry (Drinkwater i wsp., 2008). Przywodziciele i odwodziciele bioder są odpowiedzialne za utrzymanie stabilnej miednicy podczas różnych dynamicznych ruchów (Blazevich, 2000). Miednica pełni centralną rolę siły w warunkach izometrycznych tych mięśni, i zapobiega niepożądanym ruchom bocznym lub rotacyjnym, co jest istotne dla utrzymania stabilnej pozycji podczas wykonywania wielopłaszczyznowych czynności ruchowych w sporcie (Jones i Dos'Santos, 2023). Grupa mięśni przywodzicieli i odwodzicieli bioder jest również odpowiedzialna za efektywne przekazywanie sił mięśniowych generowanych przez górną część ciała na dolną część ciała i odwrotnie. Wzmacnianie siły w warunkach izometrycznych tych mięśni pomaga w poprawie transferu sił, co z kolei prowadzi do większej stabilności, kontroli ruchu i optymalizacji techniki sportowej (Monteagudo i De Albornoz, 2022). Poprawa siły w warunkach izometrycznych, jak i zmniejszenie różnicy w poziomie siły pomiędzy kończynami podczas biegu może przekładać się na większą moc, szybkość, stabilność i kontrolę ruchu, co z kolei może wpływać na lepsze wyniki sportowe. Uzasadnione wydaje się więc uzupełnienie braków w tym zakresie. Regularna ocena kliniczna siły przywodzenia kończyn dolnych może pomóc w identyfikacji zawodników, którzy mogą być narażeni na zwiększone ryzyko odniesienia kontuzji pachwiny (Crow i wsp., 2010). Dostępna literatura wykazała, że asymetrie w sile mięśniowej między kończynami  $\sim 10\%$  obniżają wysokość wyskoku oraz ograniczają szybkość zmiany kierunku poruszania się w grach zespołowych. Zmniejszenie tych różnic może sprzyjać poprawie wyników sportowych (Schiltz i wsp., 2009). Dlatego głównym celem niniejszej pracy jest ocena wpływu treningu oporowego przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych na czas w teście sprawności specjalnej w poruszaniu się krokiem odstawno-dostawnym oraz na poziom siły w warunkach

izometrycznych. Wyniki niniejszych badań mogą dostarczyć zawodnikom i trenerom istotnych informacji do skutecznego planowania treningu, z myślą o optymalizacji osiągnięć sportowych i prewencji kontuzji ponieważ większość ćwiczeń wykonywanych jest w płaszczyźnie strzałkowej, brakuje przygotowania sprawnościowego w aspekcie poruszania się w płaszczyźnie bocznej i poprzecznej.

## **6. CEL PRACY, PYTANIA BADAWCZE I HIPOTEZA BADAWCZA**

Uwzględniając powyższe rozważania, dotychczasową wiedzę oraz zauważając w niej pewne ograniczenia, celem pracy jest określenie wpływu treningu oporowego mięśni przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych na czas w teście sprawności specjalnej w poruszaniu się krokiem odstawno-dostawnym na dystansie 5 metrów w koszykówce oraz poziom siły mięśniowej. Realizację tak sformułowanego celu badań sprowadzono do poszukiwania odpowiedzi na poniższe pytania:

1. Jak zmienia się siła w warunkach izometrycznych przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych po ukierunkowanym 4 tygodniowym okresie treningu oporowym?
2. Jak zmienia się poziom siły w warunkach izometrycznych pomiędzy kończynami mięśni przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych po ukierunkowanym 4 tygodniowym okresie treningu oporowego?
3. Jaki wpływ na czas w poruszaniu się krokiem odstawno-dostawnym ma ukierunkowany 4 tygodniowy trening oporowy?

Sformułowano także hipotezę badawczą, która brzmi następująco i została zweryfikowana podczas badań empirycznych.

Specyficzny trening oporowy skierowany na mięśnie przywodzące i odwodzące kończyny dolne, zwiększa ich poziom siły w warunkach izometrycznych i istotnie wpływa na poprawę poruszania się krokiem odstawno-dostawnym u koszykarzy.

## 7. MATERIAŁY I METODY BADAWCZE

### 7.1. Charakterystyka badanych

W badaniach wzięło udział 20 zawodników koszykówki (1 liga), których losowo podzielono na 10 osobową grupę eksperymentalną oraz 10 osobową grupę kontrolną. Dobór do badań miał charakter celowy, obejmował osoby z doświadczeniem w koszykówce na poziomie seniorskim oraz w treningu siły mięśniowej (minimum 5 lat). Kryterium włączenia był brak przebytych urazów i schorzeń układu ruchu w obrębie kończyn dolnych przez ostatnie pół roku od momentu rozpoczęcia eksperymentu, wiek ( $\geq 21$  lat) oraz płeć (M). Główną metodą badawczą była metoda eksperymentalna oraz metoda obserwacji bezpośredniej. Charakterystyka badanych została przedstawiona w tabeli 1.

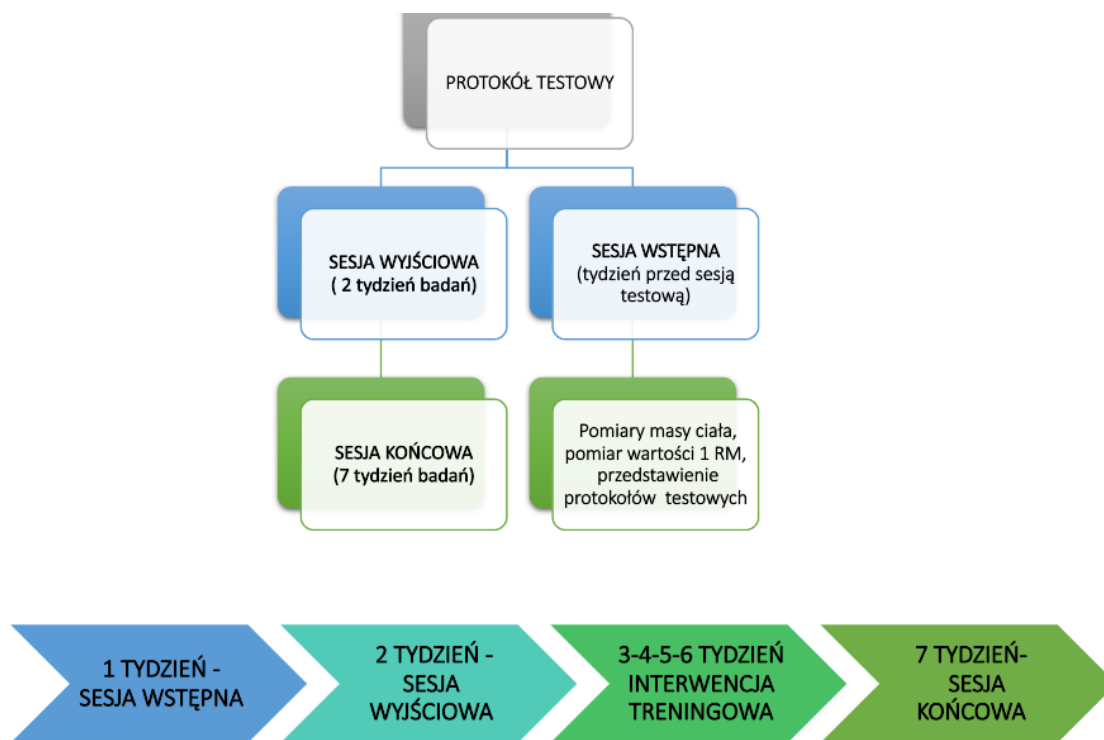
Tab. 1 Charakterystyka badanych.

| Wiek [lata]    | Masa ciała [kg] | Wysokość ciała [cm] | Staż treningowy [lata] |
|----------------|-----------------|---------------------|------------------------|
| $21 \pm 6$ lat | $95 \pm 10$ kg  | $185 \pm 15$ cm     | min. 5 lat             |

Próby testowe zostały przeprowadzone w Laboratorium Siły i Mocy Mięśniowej oraz na Hali Sportowej Akademii Wychowania Fizycznego w Katowicach. Na 48 godzin przed eksperymentem, zawodnicy zostali poinformowani, aby nie wykonywali żadnego treningu oporowego. Zawodnikom został przedstawione protokoły testowe, przebieg badań i wynikające z niego korzyści oraz ewentualne zagrożenia. Badani wyrazili pisemną zgodę na udział w projekcie, wiedząc, że mogą wycofać się w dowolnym momencie jego trwania. Kolejność podejścia zawodników do testów była randomizowana oraz powtarzana po okresie treningowym. Dodatkowo każdy z badanych w grupie eksperymentalnej wykonywał sesje testowe pojedynczo w celu uniknięcia rywalizacji z pozostałymi uczestnikami badania. Protokół badań został zaakceptowany przez Uczelnianą Komisję Bioetyczną ds. Badań Naukowych Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach (03/2021), a wszystkie procedury były zgodne z zasadami etyki standardu Deklaracji Helsińskiej, 2013.



Cały eksperyment włączając w tym sesje wstępną, sesje wyjściową, interwencje treningową oraz sesję końcową, trwał siedem tygodni (Ryc.3)



Ryc. 3 Protokół testowy badań.

Zarówno grupa kontrolna jak i eksperymentalna brała udział w sesji wstępnej oraz wyjściowej i końcowej. Grupa kontrolna nie brała udziału w czterotygodniowym ukierunkowanym treningu oporowym dla przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych.

## 7.2. Sesja wstępna – ocena siły maksymalnej (1RM)

Na dwa tygodnie przed interwencją treningową odbyła się sesja wstępna, w której zostały wykonane pomiary: masy ciała oraz testy jednego powtórzenia maksymalnego (1RM) w przywodzeniu i odwodzeniu kończyn dolnych, w których przedstawione były protokoły testowe badań (Ryc.3).

Przed przystąpieniem do pomiarów 1 RM, odbyła się standaryzowana rozgrzewka, składająca się z jazdy na cykloergometrze (5 min w celu podniesienia temperatury ciała), stretchingu dynamicznego oraz badani wykonywali kilka ćwiczeń funkcjonalnych na kończyny górne i dolne z akcentem na grupy mięśni przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych, by dodatkowo przygotować te partie mięśniowe do wysiłku. Rozgrzewka przed testem 1 RM siły mięśni przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych, składała się z 2-3 serii po 20,15,10 powtórzeń na odwodzenie i przywodzenie ze wzrastającym obciążeniem, następnie odbył się test jednego powtórzenia maksymalnego (1RM, gdzie osoby badane wykonywały serię powtórzeń maksymalnych, w taki sposób by ich ilość mieściła się w przedziale 3-8 powtórzeń maksymalnych). Na ich podstawie zgodnie z protokołem Saeterbakken i wsp. (2011) wyliczono wartości jednego powtórzenia maksymalnego (1RM) z którym każdy zawodnik wykonywał testy pomiarowe.

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

(Saeterbakken i wsp., 2011).

### 7.3. Sesja eksperymentalna

Na 48 h przed eksperymentem badani zostali poinformowani, aby nie wykonywali ćwiczeń oporowych. Testy wykonywane były o tej samej porze dnia (10:00-12:00). Uczestnicy badania wykonali zgodnie z randomizacją w losowej kolejności dwie sesje pomiarowe:

1. Test siły w warunkach izometrycznych przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych;
2. Test sprawności specjalnej – poruszanie się krokiem odstawno-dostawny na odcinku 5 metrów.

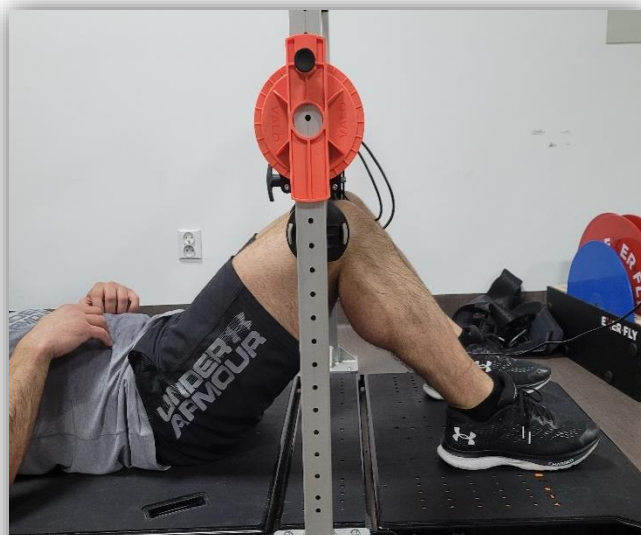
Dodatkowo każdy z badanych wykonywał sesje eksperymentalne pojedynczo w celu uniknięcia rywalizacji z pozostałymi uczestnikami badania. Randomizacja została przeprowadzona za pomocą generatora [www.calculatorsoup.com](http://www.calculatorsoup.com). Procedura standaryzowanej rozgrzewki przed sesją eksperymentalną była taka sama jak przed sesją wstępną. Badani rozpoczynając każdą próbę zostali poinformowani o przyjęciu prawidłowej pozycji wyjściowej, przy testach siły w warunkach izometrycznych : leżenie na plecach z nogami ugiętymi w stawie biodrowym pod kątem 45° (Coughlan i wsp., 2014). Kąt zgięcia w stawie weryfikowany był goniometrem (Ryc.5). Wysokość ramy z czujnikami była dostosowana do każdego zawodnika indywidualnie. Kłykcie przyśrodkowe oraz boczne stawu kolanowego znajdowały się pomiędzy czujnikami (częstotliwość próbkowania 50Hz), a ustawienie stóp było równoległe. Uczestnicy otrzymali słowne polecenie wykonania pojedynczej próby przy około 80% maksymalnego wysiłku, po którym nastąpiła 3 minutowa przerwa wypoczynkowa. W następnej kolejności wykonano dwie maksymalne próby z 3 minutową przerwą wypoczynkową pomiędzy testami przywodzenia i odwodzenia. Zawodnicy zostali poproszeni o dociskanie kłykci przyśrodkowych a następnie bocznych kości udowej na czujnikach przez pięć sekund z maksymalną siłą. Przy teście sprawności specjalnej zawodnicy rozpoczęli próbę w postawie rozkroczonej bokiem do kierunku ruchu, nogi ugięte w stawach kolanowych z ramionami lekko ugiętymi w bok w układzie dynamicznym w czasie poruszania się. Stopa startowa umieszczona 20 cm przed pierwszą bramką pomiaru czasu, aby zapobiec przedwczesnemu uruchomieniu bramki startowej (Ryc.4).

W pozycji startowej zawodników ważne było aby środek ciężkości był obniżony i nie został on zaburzony podczas poruszania się we właściwej technice poprzez



Ryc. 4 Test sprawności specjalnej w poruszaniu się krokiem odstawno-dostawnym na odcinku 5 metrów.

odstawienie i dostawienie stopy na tę samą odległość, inicjacja ruchu ślizgowego „slide step” wykonywanego podczas gry. Zawodnicy startowali na sygnał i poruszali się krokiem odstawno dostawnym na dystansie 5 metrów z maksymalną prędkością, fotokomórki znajdowały się na początku i na końcu dystansu. Wyhamowanie prędkości następowało za drugą bramką pomiarową. Badani wykonywali dwie próby na każdą nogę. Rozpoczynając raz lewą, raz prawą kończyną dolną a pomiędzy każdym biegiem zastosowano 3 minutową przerwę wypoczynkową. Pomiedzy pierwszą a drugą sesją pomiarową, stosowano 5 minutową przerwę wypoczynkową. Do analizy uwzględniono lepszy wynik z dwóch prób.



Ryc. 5 Test siły w warunkach izometrycznych przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych.

## 7.4. Interwencja treningowa

Po zakończeniu sesji wstępnej oraz testowej grupa eksperymentalna rozpoczęła realizację czterotygodniowego ukierunkowanego treningu oporowego na przywodziciele i odwodziciele kończyn dolnych na urządzeniu Versa Hip Abductor/Adductor (Matrix, Cottage Grove, USA). Pozycja początkowa oraz końcowa podczas wykonania ćwiczenia na odwodzenie i przywodzenie kończyn dolnych na urządzeniu były indywidualnie dostosowywane do możliwości zakresu ruchu zawodnika, tak aby nie powodowały dolegliwości bólowych.

(Ryc.6-9)



Ryc. 6 Pozycja początkowa w ćwiczeniu odwodzenia kończyn dolnych na urządzeniu Versa Hip Adductor/Abductor.



Ryc. 7 Pozycja końcowa w ćwiczeniu odwodzenia kończyn dolnych na urządzeniu Versa Hip Adductor/Abductor.



Ryc. 8 Pozycja początkowa w ćwiczeniu przywodzenia kończyn dolnych na urządzeniu Versa Hip Adductor/Abductor.



Ryc. 9 Pozycja końcowa w ćwiczeniu przywodzenia kończyn dolnych na urządzeniu Versa Hip Adductor/Abductor.

Sesja eksperymentalna rozpoczęła się po przeprowadzeniu rozgrzewki przed główną częścią treningu siły mięśniowej zawodników. W trakcie całego okresu badawczego grupa kontrolna oraz grupa eksperymentalna wykonywała trening funkcjonalny dwa razy w tygodniu z akcentem na wydłużenie fazy ekscentrycznej, którego wykonywanie odbywało się pod nadzorem ich trenera. Ćwiczenia te realizowano na półsztangach, zwracając szczególną uwagę na kontrolę fazy opuszczania ciężaru. W przeciwieństwie do grupy eksperymentalnej, grupa kontrolna nie uczestniczyła w dodatkowej sesji treningowej – ukierunkowanego treningu oporowego na grupę mięśni przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych. Zawodnicy z tej grupy ograniczali się jedynie do treningu siły mięśniowej, prowadzonego przez tego samego trenera przygotowania motorycznego.

Tab. 2 Układ mikrocyklu badanych zawodników w okresie przygotowawczym.

| PONIEDZIAŁEK                          | WTOREK   | ŚRODA                               | CZWARTEK  | PIĄTEK               | SOBOTA           | NIEDZIELA      |
|---------------------------------------|--|-------------------------------------|---|----------------------|------------------|----------------|
| TRENING<br>KONDYCYJNY +<br>MOTORYCZNY | TRENING SIŁY<br>MIĘŚNIOWEJ                         | TRENING<br>TECHNICZNO-<br>TAKTYCZNY | TRENING SIŁY<br>MIĘŚNIOWEJ                              | TRENING<br>TAKTYCZNY | MECZ<br>KONTROLY | DZIEŃ<br>WOLNY |
|                                       | TRENING<br>OBRONY<br>ZESPOŁOWEJ I<br>INDYWIDUALNEJ |                                     | TRENING RZUTÓW<br>INDYWIDUALNYCH<br>ORAZ<br>ZESPOŁOWYCH |                      |                  |                |

Plan treningowy przedstawiał się następująco: jednostka treningowa odbywała się dwa razy w tygodniu (wtorek i czwartek) przed jednostką główną treningu oporowego, składała się z 6 serii po 10 powtórzeń dla przywodzicieli i odwodzicieli z oporem wynoszącym 60% 1RM, dostosowanym indywidualnie do każdego zawodnika z przerwą wypoczynkową trwającą 2 minuty pomiędzy seriami. Progresja obciążeń obejmowała wzrost liczby powtórzeń o 2 powtórzenia tygodniowo w porównaniu do poprzedniego tygodnia dla przywodzenia i odwodzenia. W procesie planowania treningu zastosowano zmodyfikowaną metodę hipertrofii mięśniowej ograniczając czas trwania interwencji, a tym samym ograniczając efekt hipertrofii, a w większym stopniu ukierunkowując cel na poprawę kontroli nerwowo-mięśniowej. Badania oraz interwencja treningowa zostały przeprowadzone w okresie przygotowawczym rocznego cyklu treningowego. Zawodnicy w tym okresie wykonywali ponadto trzy jednostki treningowe o charakterze techniczno-taktycznym, dwa treningi oporowe opisane powyżej oraz mecz kontrolny raz w tygodniu.



## **7.5. Metody i narzędzia pomiarowe**

W badaniach zostały wykorzystane urządzenia do pomiaru siły w warunkach izometrycznych Hip Strength Testing System (Vald Performance, Albion, Australia), o wysokiej wiarygodności współczynnika korelacji wewnątrzklasowej (ICC) na poziomie 0,94 (Ryan i wsp., 2019). Czasy rejestrowano elektronicznie za pomocą fotokomórek z podwójną wiązką (Swift Performance Equipment, Lismore, Australia), pomiary wartości 1 RM (one repetiton maximum -1RM) oraz cała interwencja treningowa wykonana została na urządzeniu Versa Hip Abductor/Adductor (Matrix, Cottage Grove, USA).

## 7.6. Narzędzia analizy statystycznej

W badaniach ocenom poddano zmienne o charakterze ilościowym (skala ilorazowa). 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 oraz zweryfikowano normalności rozkładów analizowanych zmiennych przy pomocy testu Lillieforsa. Jednorodność wariancji zweryfikowano przy pomocy testu Levene'a. Do weryfikacji istotności różnic zastosowano wieloczynnikową analizę wariancji z powtarzanymi pomiarami. W toku analiz zweryfikowano założenia o sferyczności, czyli homogeniczności macierzy wariancji-kowariancji różnic między wszystkimi możliwymi parami grup w analizie wariancji z powtarzanymi pomiarami – przy pomocy testu Mauchleya.

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  $\eta^2$ . Siła efektu była klasyfikowana jako słaba, gdy  $\eta^2$  należała do przedziału 0,01-0,059; przeciętna 0,06-0,137 oraz duża  $>0,137$  (Cohen 1988). Wszystkie analizy wykonano przy pomocy pakietu Statistica 13.3. Dla wszystkich analiz przyjęto poziom istotności równy 0,05.

## 8. WYNIKI BADAŃ

### 8.1. Analiza wyników różnicy w poziomie siły względnej pomiędzy grupami kontrolną a eksperymentalną

Analizę wyników badań podzielono na dwa podpunkty: analizę dla obliczonych różnic w poziomie siły względnej dla kończyn (lewa-prawa) i pomiędzy grupami eksperymentalną i kontrolną - grupa\*przed-po oraz grupa\*kończyna dolna\*przed-po.

Tab. 3 Podstawowe statystyki opisowe dla analizowanych zmiennych.

| Grupa           | Zmienna                 | M     | Min   | Max    | SD   | Sk    | Ku    | p<br>Lilleforsa |
|-----------------|-------------------------|-------|-------|--------|------|-------|-------|-----------------|
| Eksperymentalna | Masa Ciała (kg) - przed | 89,32 | 74,80 | 100,30 | 8,74 | -0,13 | -1,31 | 0,31            |
|                 | R-Add-K [%] - przed     | 5,97  | 0,23  | 11,14  | 3,60 | -0,20 | -0,91 | 0,75            |
|                 | R-Abb-K [%] - przed     | 2,85  | 0,41  | 8,58   | 2,58 | 0,52  | 1,19  | 0,15            |
|                 | Masa Ciała (kg) - po    | 90,10 | 74,90 | 101,90 | 9,66 | -0,13 | -1,47 | 0,20            |
|                 | R-Add-K [%] - po        | 6,10  | 0,80  | 15,88  | 3,97 | 0,47  | 1,30  | 0,14            |
|                 | R-Abb-K [%] - po        | 4,65  | 1,24  | 9,45   | 2,48 | 0,46  | -0,10 | 0,75            |
| Kontrolna       | Masa Ciała (kg) - przed | 87,70 | 78,80 | 100,00 | 7,90 | 0,36  | -1,29 | 0,26            |
|                 | R-Add-K [%] - przed     | 6,93  | 1,84  | 20,85  | 5,75 | 1,16  | 3,52  | 0,09            |
|                 | R-Abb-K [%] - przed     | 8,83  | 0,51  | 15,84  | 5,23 | -0,39 | -1,23 | 0,52            |
|                 | Masa Ciała (kg) - po    | 88,72 | 79,50 | 102,30 | 8,19 | 0,46  | -1,15 | 0,33            |
|                 | R-Add-K [%] - po        | 4,93  | 0,33  | 22,14  | 6,24 | 1,22  | 8,40  | 0,09            |
|                 | R-Abb-K [%] - po        | 7,61  | 1,60  | 14,98  | 4,76 | 0,21  | -1,04 | 0,51            |

M - średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe; Sk – skośność; Ku – kurtoza; p Lilleforsa – prawdopodobieństwo testowe dla testu normalności rozkładu Lilleforsa

R-Add-K [%] - różnica poziomu siły względnej pomiędzy lewą a prawą stroną w przywodzeniu;

R-Abb-K [%] - różnica poziomu siły względnej pomiędzy lewą a prawą stroną w odwodzeniu

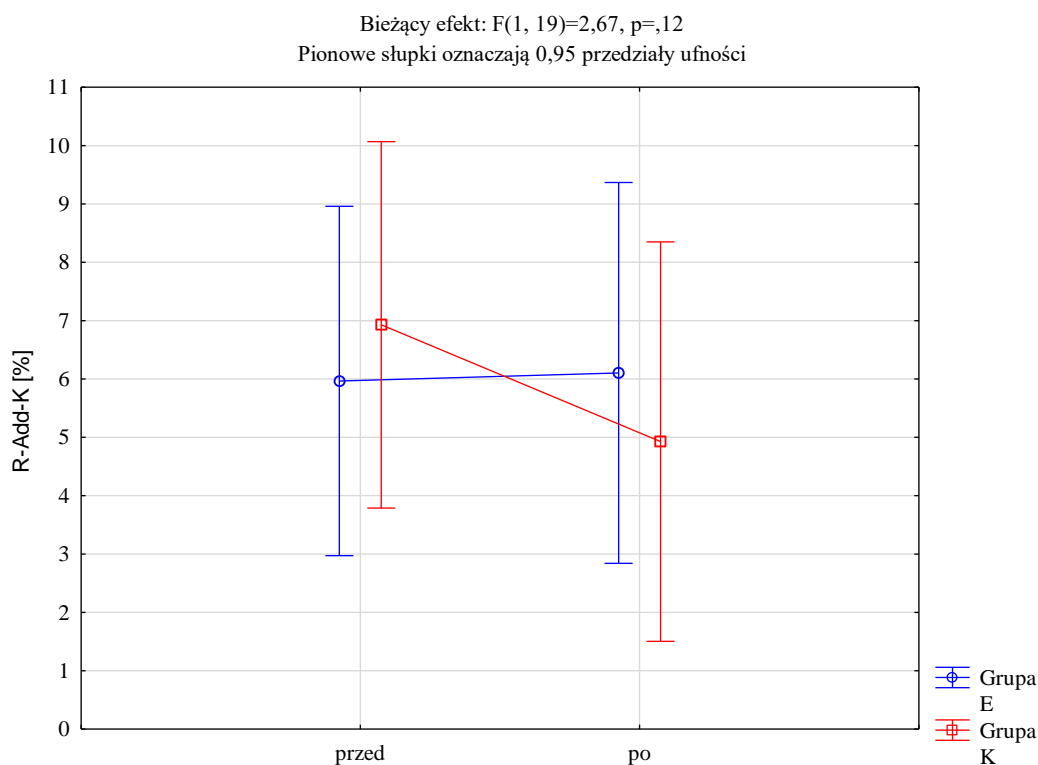
Analiza wyników przedstawionych w tabeli 3 nie dostarczyła podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej dotyczącej normalności rozkładu badanych zmiennych ( $p > 0,05$ ). Nie stwierdzono podstaw do odrzucenia hipotezy o jednorodności wariancji analizowanych zmiennych. Na tej podstawie możliwe jest przeprowadzenie dalszych analiz przy użyciu analizy wariancji z powtarzanymi pomiarami.

Tab. 4 Analiza wariancji z powtarzanymi pomiarami – dla zmiennej R-Add-K [%].

| Efekt            | F     | p    | Eta-kwadrat cząstkowe |
|------------------|-------|------|-----------------------|
| Grupa            | 0,001 | 0,96 | 0,001                 |
| Przed- Po        | 2,02  | 0,17 | 0,10                  |
| Przed- Po *Grupa | 2,67  | 0,12 | 0,12                  |

F- wynik testu Fishera; p – prawdopodobieństwo testowe dla testu Fishera; Eta-kwadrat cząstkowe – siła efektu; R-Add- K - różnica poziomu siły względnej przywodzicieli

Analiza nie dała podstaw do stwierdzenia istotnych różnic dla efektów głównych oraz ich interakcji  $p > 0,05$ .



Ryc. 10 Porównanie wyników dla zmiennej R-Add-K [%] ze względu na grupę kontrolną i eksperymentalną.

Tab. 5 Analiza wariancji z powtarzaniem pomiarów – dla zmiennej R-Abb-K [%].

| Efekt            | F    | p    | Eta-kwadrat cząstkowe |
|------------------|------|------|-----------------------|
| Grupa            | 7,81 | 0,01 | 0,29                  |
| Przed- Po        | 0,24 | 0,63 | 0,01                  |
| Przed- Po *Grupa | 6,62 | 0,02 | 0,26                  |

F- wynik testu Fishera; p – prawdopodobieństwo testowe dla testu Fishera; Eta-kwadrat cząstkowe – siła efektu; R-Abb-K – różnica poziomu siły względnej odwodzicieli .

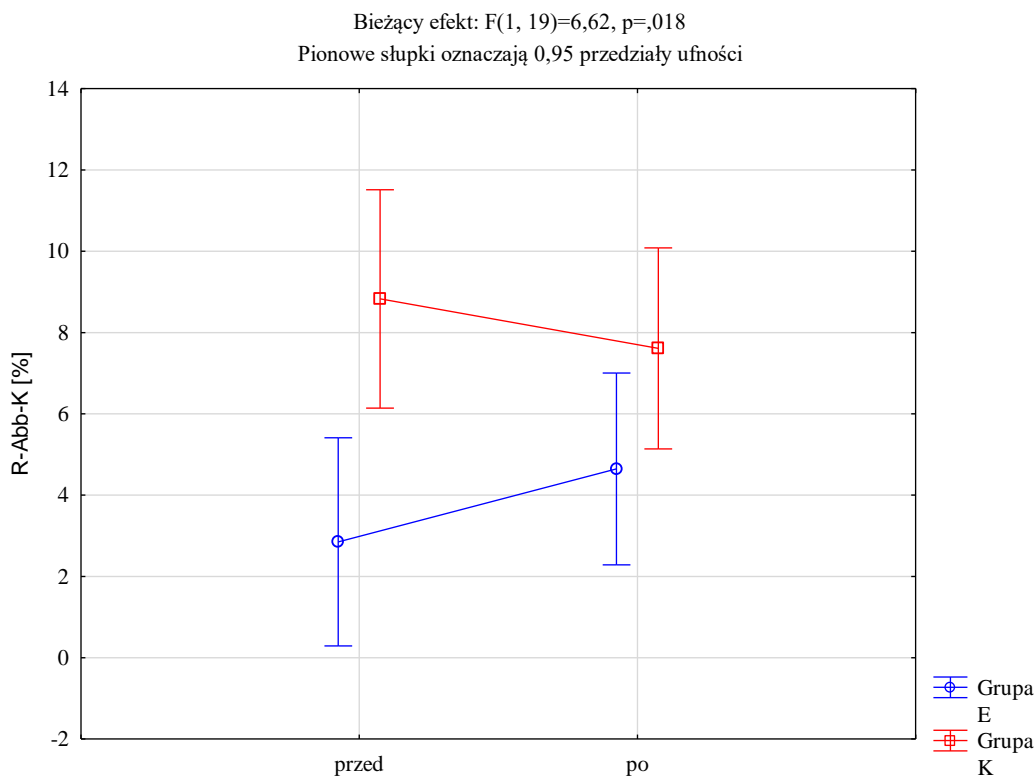
Analiza wariancji pozwoliła na stwierdzenie istotnych różnic dla efektu głównego grupa  $p=0,01$  oraz dla interakcji przed-po\*grupa  $p=0,02$ . Aby stwierdzić pomiędzy którymi grupami były istotne różnice zastosowano testy wielokrotnych porównań post-hoc Tukeya.

Tab. 6 Test HSD Tukeya R-Abb-K [%].

| Nr podkl. | Grupa | R1                  | {1}<br>2,85 | {2}<br>4,65 | {3}<br>8,83 | {4}<br>7,61 |
|-----------|-------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1         | E     | R-Abb-K [%] - przed |             | 0,15        | 0,01        | 0,049       |
| 2         | E     | R-Abb-K [%] - po    | 0,15        |             | 0,09        | 0,33        |
| 3         | K     | R-Abb-K [%] - przed | 0,01        | 0,09        |             | 0,49        |
| 4         | K     | R-Abb-K [%] - po    | 0,049       | 0,33        | 0,49        |             |

Abb – K – siła względna odwodzicieli; E – grupa eksperymentalna; K – grupa kontrolna

Analiza wyników wykazała istotne różnice pomiędzy grupą kontrolną a eksperymentalną przed przeprowadzeniem eksperymentu ( $p=0,01$ ). Ponadto, istotne różnice zaobserwowano w grupie kontrolnej przed i po eksperymencie oraz w grupie eksperymentalnej w odniesieniu do różnicy poziomu siły względnej pomiędzy lewą a prawą kończyną dolną w odwodzeniu ( $p=0,049$ ).



Ryc. 11 Porównanie wyników dla zmiennej R-Abb-K [%] ze względu na grupę kontrolną i eksperymentalną.

W dalszej analizie przeprowadzono obliczenia podstawowych statystyk opisowych, uwzględniając grupę badanych oraz nogi badanych.

Tab. 7 Podstawowe statystyki opisowe dla analizowanych zmiennych grupa eksperymentalna.

| Kończyna<br>Dolna | Zmienna                | M    | Min  | Max  | SD   | Sk    | Ku    | P<br>Lilleforsa |
|-------------------|------------------------|------|------|------|------|-------|-------|-----------------|
| Lewa              | Add - K [N/kg] - przed | 4,17 | 2,14 | 5,80 | 1,01 | -0,61 | 0,83  | 0,60            |
|                   | Abb - K [N/kg] - przed | 4,26 | 3,52 | 5,52 | 0,60 | 0,94  | 0,59  | 0,41            |
|                   | BIEG 5 M [s] - przed   | 1,29 | 1,20 | 1,38 | 0,06 | -0,22 | -1,56 | 0,22            |
|                   | Add - K [N/kg] - po    | 5,03 | 3,57 | 6,78 | 1,05 | 0,03  | -0,73 | 0,52            |
|                   | Abb - K [N/kg] - po    | 4,87 | 3,62 | 6,54 | 0,85 | 0,34  | 0,07  | 0,81            |
|                   | BIEG 5 M [s] - po      | 1,24 | 1,14 | 1,32 | 0,06 | -0,13 | -1,13 | 0,63            |
| Prawa             | Add - K [N/kg] - przed | 4,42 | 2,37 | 6,17 | 1,01 | -0,47 | 1,11  | 0,57            |
|                   | Abb - K [N/kg] - przed | 4,23 | 3,22 | 5,43 | 0,62 | 0,47  | 0,37  | 0,92            |
|                   | BIEG 5 M [s] - przed   | 1,28 | 1,17 | 1,43 | 0,07 | 0,37  | 0,35  | 0,54            |
|                   | Add - K [N/kg] - po    | 5,34 | 3,85 | 7,10 | 1,02 | 0,19  | -0,69 | 0,83            |
|                   | Abb - K [N/kg] - po    | 4,95 | 3,44 | 6,71 | 0,91 | 0,23  | 0,19  | 0,94            |
|                   | BIEG 5 M [s] - po      | 1,23 | 1,16 | 1,34 | 0,06 | 0,56  | -0,72 | 0,55            |

M - średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe; Sk – skośność; Ku – kurtoza; p Lilleforsa – prawdopodobieństwo testowe dla testu normalności rozkładu Lilleforsa; Add- K - siła względna przywodzicieli; Abb – K – siła względna odwodzicieli

Analiza wyników przedstawionych w tabeli 7 wskazała, że dla wszystkich zmiennych nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej dotyczącej normalności rozkładu tych zmiennych, ( $p > 0,05$ ). To oznacza, że można zastosować analizę wariancji z powtarzanimi pomiarami do dalszych analiz.

Tab. 8 Podstawowe statystyki opisowe dla analizowanych zmiennych grupa kontrolna.

| Kończyna Dolna | Zmienne                | M    | Min  | Max  | SD   | Sk    | Ku    | P<br>Lilleforsa |
|----------------|------------------------|------|------|------|------|-------|-------|-----------------|
| Lewa           | Add - K [N/kg] - przed | 3,82 | 3,03 | 4,90 | 0,71 | 0,59  | -1,23 | 0,11            |
|                | Abb - K [N\kg] - przed | 3,76 | 2,24 | 5,22 | 0,89 | 0,02  | -0,35 | 0,96            |
|                | BIEG 5 M [s] - przed   | 1,35 | 1,30 | 1,45 | 0,04 | 1,19  | 2,21  | 0,12            |
|                | Add - K [N/kg] - po    | 4,15 | 3,25 | 5,12 | 0,71 | 0,26  | -1,49 | 0,19            |
|                | Abb - K [N\kg] - po    | 3,81 | 2,31 | 5,29 | 0,90 | 0,04  | -0,44 | 0,98            |
|                | BIEG 5 M [s] - po      | 1,35 | 1,29 | 1,40 | 0,03 | -0,19 | -0,15 | 0,81            |
| Prawa          | Add - K [N/kg] - przed | 4,09 | 3,20 | 5,10 | 0,66 | 0,57  | -0,94 | 0,23            |
|                | Abb - K [N\kg] - przed | 4,07 | 2,60 | 5,75 | 0,88 | 0,34  | 0,65  | 0,97            |
|                | BIEG 5 M [s] - przed   | 1,33 | 1,24 | 1,42 | 0,06 | 0,15  | -1,05 | 0,72            |
|                | Add - K [N/kg] - po    | 4,37 | 3,29 | 5,31 | 0,70 | 0,24  | -1,19 | 0,20            |
|                | Abb - K [N\kg] - po    | 4,11 | 2,72 | 5,78 | 0,89 | 0,26  | 0,16  | 0,94            |
|                | BIEG 5 M [s] - po      | 1,32 | 1,23 | 1,39 | 0,05 | -0,36 | 0,11  | 0,67            |

M -średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe; Sk – skośność; Ku – kurtioza; p Lilleforsa – prawdopodobieństwo testowe dla testu normalności rozkładu Lilleforsa; Add- K - siła względna przywodzicieli; Abb – K – siła względna odwodzicieli

Analiza wyników zawartych w tabeli 8 pozwoliła na stwierdzenie w przypadku wszystkich zmiennych braku podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej o normalności rozkładu analizowanych zmiennych  $p > 0,05$ . A zatem do dalszych analiz można zastosować analizę wariancji z powtarzanymi pomiarami.

W kolejnych etapach zastosowano wieloczynnikową analizę wariancji z powtarzanymi pomiarami.



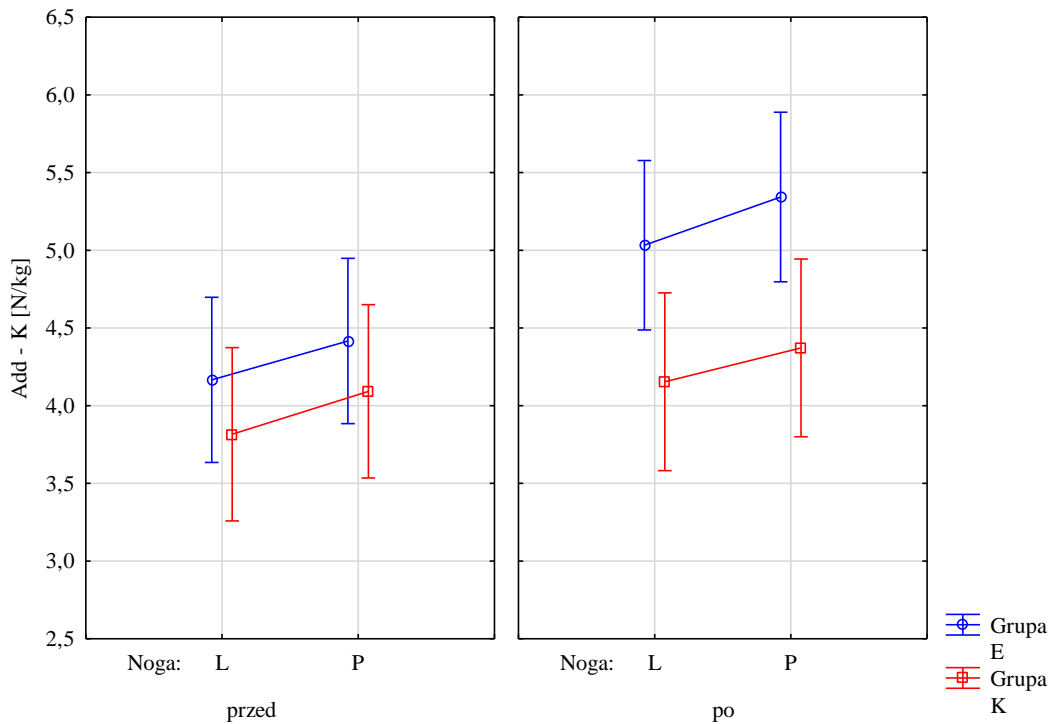
Tab. 9 Analiza wariancji z powtarzаныmi pomiarami dla zmiennej Add - K [N/kg].

|                               | F      | p       | Eta-kwadrat cząstkowe |
|-------------------------------|--------|---------|-----------------------|
| Kończyna dolna                | 0,99   | 0,33    | 0,03                  |
| Grupa                         | 5,70   | 0,022   | 0,13                  |
| Kończyna dolna*Grupa          | 0,001  | 0,950   | 0,001                 |
| PRZED-PO                      | 81,55  | <0,0001 | 0,68                  |
| PRZED-PO*Kończyna dolna       | 0,0001 | 0,994   | 0,001                 |
| PRZED-PO*Grupa                | 19,41  | <0,0001 | 0,34                  |
| PRZED-PO*Kończyna dolna*Grupa | 0,20   | 0,659   | 0,01                  |

F- wynik testu Fishera; p – prawdopodobieństwo testowe dla testu Fishera; Eta-kwadrat cząstkowe – siła efektu; Add- K - siła względna przywódcy

Analiza wariancji wykazała istotne różnice dla efektu głównego grupy ( $p = 0,022$ ), interakcji przed-po ( $p < 0,0001$ ) oraz interakcji przed-po\*grupa ( $p < 0,0001$ ). W celu określenia istotnych różnic pomiędzy poszczególnymi grupami zastosowano testy wielokrotnych porównań post-hoc Tukeya.

Bieżący efekt:  $F(1, 38)=,19, p=,66$   
Pionowe słupki oznaczają 0,95 przedziały ufności



Ryc. 12 Porównanie wyników dla zmiennej Add - K [N/kg] ze względu na grupę kontrolną i eksperymentalną oraz kończynę dolną.

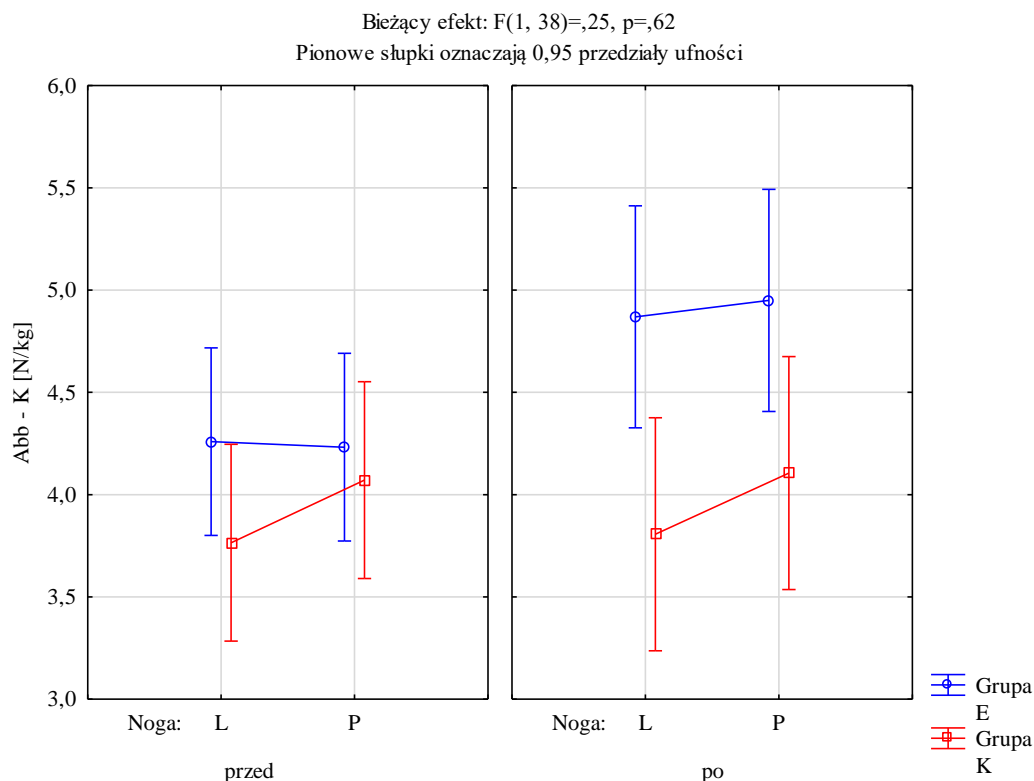
Wyniki analizy wskazały na istotne statystycznie różnice przed i po treningu zarówno w grupie kontrolnej, jak i eksperymentalnej ( $p < 0,001$ ). W obu grupach zaobserwowano istotnie statystycznie wyższe wyniki po zakończeniu eksperymentu dla zmiennej dotyczącej różnicy poziomu siły względnej pomiędzy lewą a prawą kończyną dolną w przywodzeniu.

Tab. 10 Analiza wariancji z powtarzаныmi pomiarami dla zmiennej Abb - K [N/kg].

| Efekt                         | F            | p                 | Eta-kwadrat cząstkowe |
|-------------------------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| Kończyna dolna                | 0,44         | 0,51              | 0,011                 |
| Grupa                         | <b>6,68</b>  | <b>0,014</b>      | <b>0,15</b>           |
| Kończyna dolna*Grupa          | 0,31         | 0,58              | 0,008                 |
| PRZED-PO                      | <b>37,98</b> | <b>&lt;0,0001</b> | <b>0,50</b>           |
| PRZED-PO*Kończyna dolna       | 0,20         | 0,60              | 0,005                 |
| PRZED-PO*Grupa                | <b>30,20</b> | <b>&lt;0,0001</b> | <b>0,43</b>           |
| PRZED-PO*Kończyna dolna*Grupa | 0,25         | 0,62              | 0,007                 |

F- wynik testu Fishera; p – prawdopodobieństwo testowe dla testu Fishera; Eta-kwadrat cząstkowe – siła efektu; Abb – K – siła względna odwodzicieli

Analiza wariancji wykazała istotne statystycznie różnice dla efektu głównego grupy ( $p = 0,014$ ), interakcji przed-po ( $p < 0,0001$ ) oraz interakcji przed-po\*grupa ( $p < 0,0001$ ). W celu określenia istotnych różnic pomiędzy poszczególnymi grupami, przeprowadzono testy wielokrotnych porównań post-hoc z zastosowaniem testu Tukeya.



Ryc. 13 Porównanie wyników dla zmiennej Abb - K [N/kg] ze względu na grupę kontrolną i eksperymentalną oraz kończynę dolną.

Stwierdzono istotne statystycznie różnice jedynie w przypadku grupy eksperymentalnej, zarówno przed jak i po eksperymencie ( $p = 0,0001$ ). Dodatkowo, w grupie eksperymentalnej po przeprowadzeniu eksperymentu zaobserwowano istotnie wyższe wyniki w zakresie różnicy poziomu siły względnej pomiędzy lewą a prawą kończyną dolną w odwodzeniu.

## 8.2. Analiza wyników dla zmiennej bieg 5m [s]

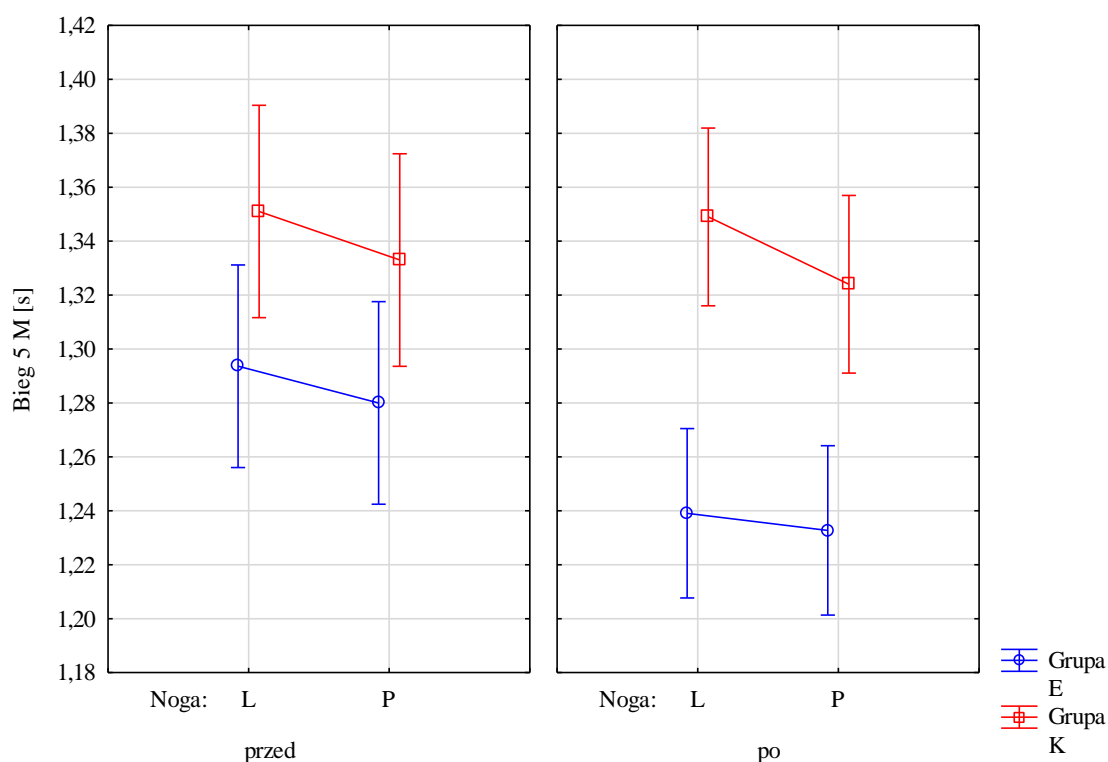
Tab. 11 Analiza wariancji z powtarzanimi pomiarami dla zmiennej BIEG 5 M [s].

| Efekt                         | F      | p       | Eta-kwadrat cząstkowe |
|-------------------------------|--------|---------|-----------------------|
| Kończyna dolna                | 0,89   | 0,35    | 0,023                 |
| Grupa                         | 21,64  | <0,0001 | 0,36                  |
| Kończyna dolna*Grupa          | 0,12   | 0,73    | 0,003                 |
| PRZED-PO                      | 29,64  | <0,0001 | 0,44                  |
| PRZED-PO*Kończyna dolna       | 0,0001 | 0,99    | 0,0001                |
| PRZE D-PO*Grupa               | 19,206 | <0,0001 | 0,336                 |
| PRZED-PO*Kończyna dolna*Grupa | 0,47   | 0,50    | 0,012                 |

F- wynik testu Fishera; p – prawdopodobieństwo testowe dla testu Fishera; Eta-kwadrat cząstkowe – siła efektu;

Analiza wariancji wykazała istotne statystycznie różnice dla efektu głównego grupy ( $p < 0,0001$ ), interakcji przed-po ( $p < 0,0001$ ) oraz interakcji przed-po\*grupa ( $p < 0,0001$ ). W celu identyfikacji istotnych różnic pomiędzy poszczególnymi grupami przeprowadzono testy wielokrotnych porównań post-hoc przy użyciu testu Tukeya.

Bieżący efekt:  $F(1, 38)=,47, p=,495$   
Pionowe słupki oznaczają 0,95 przedziały ufności



Ryc. 14 Porównanie wyników dla zmiennej BIEG 5 M [s] ze względu na grupę kontrolną i eksperymentalną oraz kończynę dolną.

Wyniki analizy wykazały istotne statystycznie różnice przed i po w przypadku grupy eksperymentalnej ( $p = 0,0002$ ). Zaobserwowano, że po przeprowadzeniu eksperymentu wyniki w teście biegu na 5 metrów były istotnie statystycznie niższe, co sugeruje poprawę osiągniętej wydajności w tej grupie.

## 9. DYSKUSJA

Celem pracy było określenie wpływu treningu oporowego przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych na zdolności szybkościowo-siłowe u koszykarzy. Analizowano wpływ czterotygodniowej interwencji treningowej na czas oraz poziom siły mięśniowej w teście sprawności specjalnej w poruszaniu się krokiem odstawno-dostawnym na odcinku 5 metrów. Jednym z nowatorskich aspektów niniejszych badań jest stwierdzenie, iż wzmocnienie siły mięśni przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych ma wpływ na skrócenie czasu w teście sprawności specjalnej w poruszaniu się krokiem odstawno-dostawnym na odcinku 5 metrów w koszykówce, zwiększenie siły mięśniowej badanych grup oraz zmniejszenie różnicy w poziomie siły mięśniowej mięśni odwodzących kończynę dolną.

Problemy z przywodzicielami i odwodzicielami kończyn dolnych to bardzo powszechne urazy występujące w zespołowych grach sportowych, w których rywalizacja obejmuje gwałtowne przyspieszenia i hamowania oraz nagłe zmiany kierunku poruszania się. W piłce nożnej, koszykówce i hokeju, ból w obrębie mięśni przywodzących i odwodzących kończyny dolne należy do trzech najczęściej występujących urazów. Urazy związane z przywodzicielami i odwodzicielami, charakteryzują się trudnością w zdiagnozowaniu, długim okresem rekonwalescencji, i są obarczone wysokim ryzykiem ponownej kontuzji (Moreno i wsp. 2022). Około jedna trzecia graczy, którzy doznali urazów grupy mięśni przywodzicieli podczas sezonu, ponownie doświadczyła urazów na początku kolejnego sezonu. Najczęściej identyfikowanymi czynnikami ryzyka wystąpienia powyższych problemów jest niski poziom siły mięśniowej w tych grupach oraz nadmiernie zmniejszony stosunek siły mięśni przywodzących kończyny dolne w stosunku do poziomu siły mięśni odwodzących kończyny dolne. Dodatkowo w literaturze autorzy zwracają uwagę na asymetrię w poziomie siły mięśniowej między kończynami dolnymi, jako możliwy czynnik ryzyka wystąpienia urazów (Marušič i Šarabon, 2022). Autorzy wskazują, iż różnica w sile mięśni przywodzących i odwodzących kończyny dolne nie powinna przekraczać 10–15%, jednak wartości odniesienia dla poziomu siły mięśni odwodzicieli i przywodzicieli oraz stosunku tych sił nie zostały jeszcze ustalone. W dysertacji przedstawiono wyniki wartości poziomu siły mięśni przywodzących i odwodzących kończyny dolne. Wyniki te są szczególnie przydatne dla osób zajmujących się profilaktyką urazów i rehabilitacją w klubach koszykarskich, ponieważ mogą oni te wartości porównać do swoich zawodników i tym samym ograniczyć ryzyko urazów tych grup mięśniowych. Zawodnicy ze znacznie niższym poziomem siły mięśni przywodzących i odwodzących kończyny dolne odnieśliby ogromne korzyści stosując prosty protokół

ukierunkowanego treningu oporowego. W literaturze dotyczącej zespołowych gier sportowych badania dotyczące futbolu australijskiego wskazują zmniejszoną siłę w warunkach izometrycznych przywodzicieli w tygodniach poprzedzających wystąpienie urazu w tej grupie mięśniowej (Crow i wsp. 2010). Zawodowi hokeiści z niższym poziomem siły mięśniowej przywodzicieli o 20% w porównaniu do poziomu siły odwodzicieli kończyn dolnych byli 17 razy bardziej narażeni na urazy w tej grupie mięśni (Tyler i wsp. 2001). Autorzy Ci donoszą, iż osłabienie mięśni przywodzicieli kończyn dolnych samo w sobie lub w połączeniu z silniejszą grupą mięśni odwodzących kończyny dolne jest związane z częstszym występowaniem urazów w tej grupie mięśniowej u piłkarzy nożnych. Niemniej jednak, biorąc pod uwagę obecną wiedzę, trudno jest ustalić, w jaki sposób trening w trakcie sezonu wpływa na poziom siły w warunkach izometrycznych mięśni przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych. Badania (Yasuda i wsp., 2019) wykazały, że istnieje związek między czasem sprintu na 100 metrów a stosunkiem przekroju mięśni przywodzicieli do masy ciała. Wyniki sugerują, że mięsień przywodziciel krótki może poprawiać wydajność sprinterską zawodniczek poprzez ruchy zgięcia i rotacji wewnętrznej uda. W innych dyscyplinach sportowych, gdzie występują zmiany kierunku biegu, uderzenia piłki wewnętrzną częścią stopy, częste hamowania i przyspieszenia, mięśnie przywodzące kończyny dolne odgrywają kluczową rolę. Specyficzne poruszanie się w grach zespołowych a szczególnie w koszykówce łączy element sprintu liniowego z przechodzeniem do kroku odstawno-dostawnego, którym porusza się zawodnik w pozycji obronnej i po odegraniu piłki przechodzi z powrotem do kroku biegowego przodem lub tyłem. Wiele kluczowych ruchów wykonywanych przez koszykarzy podczas gry opiera się na poruszaniu lateralnym (sprinty i zmiany kierunku), ruchach pionowych (jak rzuty z wysokości i zbiórki) oraz ich kombinacjach, zwłaszcza podczas rzutów do kosza i blokowania rzutów (Gottlieb i wsp., 2016). Te intensywne ruchy są wykonywane przez zawodników z krótkimi przerwami wypoczynkowymi przez cały mecz (Gottlieb i wsp., 2016). Stwierdzono również, że aż 30% czasu gry koszykarze spędzają poruszając się bokiem, wykonując defensywne kroki odstawno-dostawne, przy średnim dystansie przemieszczania się bokiem w zakresie od 1 do 4 metrów (Drinkwater i wsp., 2008). Jak już wspomniano, specyfika koszykówki wymaga od zawodników wysokiej sprawności motorycznej, w tym siły i mocy mięśniowej, szybkości i zwinności (McInnes i wsp., 1995). W związku z tym programy treningowe dla koszykarzy powinny skupiać się na doskonaleniu wydajności ruchów eksplozywnych (Stojanović i wsp., 2018). Prawie 80% sprintów w koszykówce odbywa się na dystansach od 2 do 5 metrów (Attene i wsp., 2015). Temat związany z treningiem oporowym koszykarzy dotyczy prostowników lub zginaczy stawu kolanowego. W ramach tych interwencji wykorzystuje się

zarówno ćwiczenia izometryczne, jak i plajometryczne, a najczęściej badanymi zmiennymi zależnymi są wyskoki dosiężne, skoki w dal z miejsca lub sprinty na krótkim dystansie 5 lub 10 metrów (Attene i in., 2015). Analizując dotychczasowe badania, uważam, że temat mojej dysertacji jest innowacyjny i dotyczy ważnego aspektu lateralnego poruszania się, którego badań jest relatywnie mało.

Ukierunkowany trening oporowy dla przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych wykazuje istotny wpływ na poprawę wyników w wysiłkach dynamicznych oraz zdolnościach szybkościowo-siłowych w koszykówce. Wyniki badań potwierdziły istotny przyrost siły względnej grupy odwodzicieli pomiędzy lewą a prawą kończyną dolną tylko w grupie, która realizowała oporowy trening interwencyjny ( $p < 0,001$ ), w porównaniu z grupą kontrolną. Natomiast dla zmiennej dotyczącej poziomu siły względnej pomiędzy kończyną dolną lewą a prawą w przywodzeniu, analiza również wykazała istotną statystycznie różnicę zarówno dla grupy kontrolnej jak i eksperymentalnej. Zaobserwowano, że po przeprowadzeniu czterotygodniowego treningu oporowego, wyniki w grupie eksperymentalnej w porównaniu do grupy kontrolnej w teście poruszania się krokiem odstawno-dostawnym na dystansie 5 metrów, były istotnie statystycznie niższe ( $p = 0,0002$ ), co sugeruje poprawę osiągniętej sprawności w tej grupie. Pierwsze trzy tygodnie ukierunkowanego treningu oporowego przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych poprawia koordynację nerwowo-mięśniową, natomiast dopiero w piątym i szóstym tygodniu zachodzą zmiany strukturalne w mięśniach.

Postęp w sprawności specjalnej w poruszaniu się krokiem odstawno-dostawnym jest zaskakująco dużo ~5%, natomiast można to tłumaczyć tym, że zawodnicy rozpoczynali okres przygotowawczy oraz byli po 3 miesięcznej przerwie w rocznym cyklu treningowym. W związku z tym progres jest relatywnie duży, który może się później obniżać lub stabilizować, celem trenerów odpowiedzialnym za przygotowanie motoryczne jest, aby w sezonie przygotowawczym podnieść sprawność zawodników, przez okres startowy stabilizować i monitorować oraz kontrolować ich wytrenowanie.

Większość badań naukowych dotyczących przywodzicieli oraz odwodzicieli kończyn dolnych skupia się na analizie urazowości oraz przewidywaniu siły po urazie. Badania nad wpływem ćwiczeń oporowych na poprawę osiągnięć sportowych w dyscyplinach, gdzie przywodziciele kończyn dolnych odgrywają szczególną rolę w stabilizacji miednicy podczas wysiłku sportowego (Karatrantou i wsp., 2019), oraz w protokołach treningowych mających na celu monitorowanie prewencji urazów, nadal należą do rzadkości. Uzasadnieniem podjęcia niniejszych badań była ograniczona ilość danych dotyczących zależności siły przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych na wysiłki dynamiczne w poruszaniu lateralnym.



Chang i współautorzy (2009), badali związek grupy przywodzicieli kończyn dolnych z prędkością jazdy na łyżwach. Elektromiografię powierzchniową (EMG) i kinematykę kończyn dolnych mierzono przy trzech prędkościach jazdy 3,33 m/s (wolna), 5,00 m/s (średnia) i 6,66 m/s (szybka). Mięsień przywodziciel wielki wykazywał nieproporcjonalnie większy wzrost szczytowej aktywacji mięśnia i znacznie przedłużoną aktywację przy zwiększonej prędkości. Aby dostosować się do zwiększonego tempa kroku przy wyższych prędkościach jazdy na łyżwach, tempo odwodzenia stawu biodrowego znacznie wzrosło wraz z aktywacją przywodziciela wielkiego wskazując na większą jego pracę. Doniesienia te podkreślają funkcjonalne znaczenie mięśni przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych w wynikach jazdy na łyżwach, co może wskazywać, iż w ruchach bocznych, ta grupa mięśniowa również będzie miała istotne znaczenie. Dodatkowo większe zaangażowanie mięśniowe może mieć wpływ na ewentualne większe ryzyko urazów przy poruszaniu się z większą prędkością. Aktywność przywodzicieli kończyn dolnych jest również potwierdzona w takich ruchach jak kopnięcie piłki wewnętrzną częścią stopy w piłce nożnej. Badania wykazują, że mięsień przywodziciel wielki znacząco przyczynia się do wyżej opisanego ruchu oraz wykazuje zwiększoną aktywność tego mięśnia w nodze postawnej wraz ze wzrostem prędkości piłki przed jej uderzeniem (Watanabe i wsp., 2020). Wyniki uzyskane w dysertacji jednoznacznie wskazują poprawę siły w warunkach izometrycznych przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych oraz skrócenie czasu w tescie sprawności specjalnej (krok odstawno-dostawnym na dystansie 5 metrów) u zawodników koszykówki. Te wyniki są zgodne z wcześniejszymi badaniami przeprowadzonymi przez Królikowską i wsp. (2023) gdzie analizowano związek między siłą w warunkach izometrycznych przywodzicieli i odwodzicieli kończyny dolnej a biegiem w linii prostej oraz zmianą kierunku biegu u koszykarzy. Badania te potwierdzają znaczący wkład odwodzicieli w efektywność biegu ze zmianą kierunku oraz w poruszaniu krokiem odstawno-dostawnym, które pełnią kluczową rolę w działaniach defensywnych i stanowią około 30% czasu gry, zgodnie z badaniami Drinkwatera i wsp. (2008). Próżno szukać doniesień naukowych gdzie siła w warunkach izometrycznych przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych jest korelowana z dynamicznymi wysiłkami. Temat ten jest wystarczająco opisany w dostępnym piśmiennictwie. Dominguez i wsp. (2022), analizowali wpływ siły odwodzicieli i przywodzicieli kończyn dolnych na równowagę dynamiczną i biomechanikę stawu skokowego u koszykarek. Wyniki tej analizy wykazały, że zarówno siła odwodzicieli, jak i przywodzicieli, koreluje z równowagą i ruchomością stawu skokowego. Ponadto, stwierdzono, iż tylko siła odwodzicieli kończyn dolnych miała istotny związek z wynikami testu Y-balance.

Opublikowano wiele badań naukowych dotyczących zapobieganiu urazom przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych oraz wpływu siły tych mięśni na profilaktykę urazową (Nicholas i Tyler, 2002; Tasheva i wsp., 2019; Lavoie-Gagne i wsp., 2021; Werner i wsp., 2019; Farrell i wsp., 2023; McHugh i wsp., 2023,). Według Gafnera i wsp. (2018) osłabienie siły odwodzicieli kończyn dolnych, prowadzi do utraty kontroli postawy, co jest czynnikiem zwiększającym ryzyko skręceń stawu skokowego. W badaniu przeprowadzonym przez Yasudę i wsp. (2019) wykazano, że istnieje zależność między czasem sprintu na dystansie 100 metrów a proporcją przekroju poprzecznego mięśni przywodzicieli do masy ciała. Wyniki te sugerują, że przywodziciel krótki może wpływać na efektywność sprintu u zawodniczek poprzez ruchy zgięcia i rotacji wewnętrznej uda. Natomiast w innym badaniu, przeprowadzonym przez Karatrantou i wsp. (2019) zauważono, że w dyscyplinach, w których występują takie ruchy jak zmiana kierunku biegu, uderzanie piłki wewnętrzną częścią stopy, częste hamowania i przyspieszenia, znaczącą rolę odgrywają mięśnie przywodziciele bioder. Badanie przeprowadzone przez Dos'Santos i Jones (2023) wykazało, że silne mięśnie przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych są kluczowe w zapobieganiu niepożądanym ruchom bocznym lub rotacyjnym. Wykazano, iż poziom siły w warunkach izometrycznych odgrywa istotną rolę w utrzymaniu stabilnej pozycji podczas wykonywania skomplikowanych ruchów sportowych. Wyniki przedstawione w dysertacji mają pewne ograniczenia, takie jak zbyt krótki czas interwencji treningowej, który nie można było wydłużyć z uwagi na krótki okres przygotowawczy zawodników do sezonu. Dodatkowo badania w przyszłości powinny być uzupełnione o większą ilość testów poruszania wielokierunkowego oraz analizę struktury wewnętrznej ruchu (analiza aktywności mięśniowej) w celu określenia zaangażowania pracujących mięśni.

## 10. WNIOSKI

Analizując zgromadzone dane empiryczne dotyczące wpływu treningu oporowego na zdolności szybkościowo-siłowe u koszykarzy, udało się sformułować następujące wnioski:

1. Czterotygodniowy ukierunkowany trening oporowy w grupie koszykarzy istotnie wpływa na zwiększenie siły mięśniowej przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych.
2. Po okresie czterotygodniowego ukierunkowanego treningu oporowego w grupie koszykarzy w obrębie odwodzicieli i przywodzicieli kończyn dolnych zmniejszyła się różnica w poziomie siły mięśniowej mięśni odwodzących, a zwiększyła się w grupie mięśni przywodzących.
3. Czterotygodniowy ukierunkowany trening oporowy w grupie koszykarzy istotnie poprawia wynik poruszania się krokiem odstawno-dostawnym na dystansie 5m.

Główna hipoteza badawcza, którą założyłam została zweryfikowana i potwierdzona. Zważywszy, iż procentowa ocena dysproporcji siły mięśniowej była w przedziale nie wielkim, nie obliczano wskaźnika asymetrii zgodnie z obowiązującymi wzorcami. Efekt interwencji treningowej skierowanej na przywodziciele i odwodziciele kończyn dolnych, prawdopodobnie byłby bardziej ewidentny w przypadku interwencji dziesięcio, dwunasto tygodniowej, ponieważ po takim czasie przy częstotliwości treningowej 2 razy w tygodniu, zauważa się istotne zmiany nerwowo-mięśniowe w koordynacji oraz zmiany hipertroficzne. Zostanie to uwzględnione jako kierunek przyszłych badań. Niestety czas trwania tej interwencji był ograniczony planami treningowymi zespołu pierwszoligowego, który pozwolił tylko na tak krótką interwencję, w przypadku dłuższej interwencji można byłoby dodatkowo zmodyfikować objętość i intensywność treningową.

## **11. WERYFIKACJA HIPOTEZY, IMPLIKACJE DLA PRAKTYKI**

Implikacje praktyczne do pracy doktorskiej dotyczącej wpływu ukierunkowanego treningu oporowego przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych na sprawność specjalną oraz zmiany w poziomie siły mięśniowej przedstawiają się następująco:

### **1. Wpływ treningu oporowego na sprawność specjalną:**

- Ukierunkowany czterotygodniowy trening oporowy przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych istotnie wpłynął na skrócenie czasu w testach poruszania się na dystansie 5m krokiem odstawno-dostawnym

### **2. Poziom siły w odwodzeniu i przywodzeniu kończyn dolnych:**

- Przeprowadzona interwencja treningowa, korzystanie wpływa na zwiększenie siły względnej mięśni odwodzicieli i przywodzicieli kończyn dolnych, jednocześnie zmniejszając różnicę w poziomie siły odwodzicieli pomiędzy kończynami.

### **3. Praktyczne znaczenie dla prewencji urazów:**

- Trening oporowy przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych może wpłynąć pozytywnie na profilaktykę urazów związanych z tą grupą mięśniową. Regularne ćwiczenia oporowe prowadzą do zwiększenia względnej siły tych mięśni oraz do wyrównania poziomu siły w warunkach izometrycznych pomiędzy kończynami. Dzięki temu, trening ten może skutecznie zmniejszyć ryzyko wystąpienia urazów, poprawiając równowagę siłową i stabilność funkcjonalną kończyn dolnych.

### **4. Zalecenia treningowe:**

- Praktycy sportowi i trenerzy mogą wykorzystać wyniki niniejszych badań do projektowania planów treningowych z uwzględnieniem dodatkowego ukierunkowanego programu ćwiczeń oporowych skierowanych na przywodziciele i odwodziciele kończyn dolnych, włączając krótki czas interwencji treningowej w swój plan roczny.

## 12.STRESZCZENIE

**Cel badania:** Wpływ ukierunkowanego treningu siłowego przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych na zmiany sprawności specjalnej w koszykówce oraz na zmiany w poziomie siły mięśniowej.

**Metody:** W badaniach wzięło udział 20 zawodników koszykówki - 10 zawodników w grupie eksperymentalnej (wiek:  $21 \pm 6$  lat; waga:  $95 \pm 10$  kg; wzrost:  $185 \pm 15$  cm; staż treningowy: min. 5 lat) oraz 10 zawodników w grupie kontrolnej. Protokół badawczy składał się z sesji zapoznawczej w której przeprowadzono pomiary 1 RM m. przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych oraz dokonano pomiarów masy ciała. W sesji eksperymentalnej przeprowadzono testy siły w warunkach izometrycznych oraz test sprawności specjalnej - poruszanie się krokiem odstawno-dostawnym na dystansie 5m. Badania zostały powtórzone po czterotygodniowym okresie ukierunkowanego treningu siły mięśniowej.

**Wyniki:** Analiza wariancji (ANOVA) wykazała istotne różnice pomiędzy grupą kontrolną a eksperymentalną przed i po eksperymencie dla zmiennej dotyczącej różnicy siły względnej odwodzicieli pomiędzy lewą a prawą kończyną dolną. Wyniki analizy wskazały na istotne statystycznie różnice dla siły względnej przywodzicieli przed i po treningu zarówno w grupie kontrolnej, jak i eksperymentalnej ( $p < 0,001$ ). W obu grupach zaobserwowano istotnie statystycznie wyższe wyniki po zakończeniu eksperymentu dla zmiennej dotyczącej różnicy poziomu siły względnej pomiędzy lewą a prawą stroną w przywodzeniu. Natomiast dla siły względnej odwodzicieli, zauważono istotnie wyższe różnice jedynie w przypadku grupy eksperymentalnej pomiędzy lewą a prawą kończyną dolną, przed i po czterotygodniowym treningu oporowym ( $p = 0,0001$ ). Czas w teście sprawności specjalnej również był istotnie statystycznie niższy ( $p = 0,0002$ ).

**Wnioski:** Zastosowanie czterotygodniowego ukierunkowanego treningu oporowego przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych istotnie wpłynie na skrócenie czasu w teście sprawności specjalnej (poruszani się krokiem odstawno-dostawnym na odcinku 5 m), zwiększa siłę względną mięśni odwodzicieli i przywodzicieli kończyn dolnych, jednocześnie zmniejszając różnicę w poziomie siły odwodzicieli pomiędzy kończynami.

**Słowa kluczowe:** Trening siłowy; przywodziciele; odwodziciele; test sprawności specjalnej.

### 13.SUMMARY

**Title:** The Effects of Lower Extremity Adductor and Abductor Resistance Training on Changes in Muscular Strength and Specific Basketball Fitness.

**Objective:** The aim of this study was to investigate the impact of adductor and abductor resistance training on changes in performance in specific tests in basketball players, as well as changes in muscle strength.

**Methods:** Twenty basketball players participated in the study - 10 in the control group and 10 in the experimental group (age:  $21 \pm 6$  years; weight:  $95 \pm 10$  kg; height:  $185 \pm 15$  cm; training experience: minimum 5 years). The research protocol consisted of an introductory session, during which measurements of 1RM adductor and abductor strength, body weight measurements and an experimental session were conducted. The experimental session included tests for maximal isometric strength and special fitness tests - 5-meter sidestep test.

**Results:** Analysis of variance (ANOVA) revealed significant differences between the control and experimental groups before and after the intervention for the variable of relative abductor strength difference between the left and right lower extremities. The results indicated significant statistical differences for relative adductor strength before and after training in both the control and experimental groups ( $p < 0.001$ ). In both groups, significantly higher results were observed after the experiment for the variable of relative adductor strength difference between the left and right side in adduction. However, for relative abductor strength, significantly higher differences were observed only in the experimental group between the left and right lower extremities before and after four weeks of training ( $p = 0.0001$ ). The time in the specific fitness test was also significantly lower ( $p = 0.0002$ ).

**Conclusion:** The implementation of a four-week targeted adductor and abductor muscle strength training significantly reduced the time in the specific fitness test and increased abductor and adductor strength.

**Keywords:** Strength training; adductors; abductors; fitness tests.

## 14. PIŚMIENNICTWO

- Alemdaroğlu, U. (2012). The Relationship Between Muscle Strength, Anaerobic Performance, Agility, Sprint Ability and Vertical Jump Performance in Professional Basketball Players. *Journal of Human Kinetics*, 31, 149–158. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0016-6>
- Attene, G., Laffaye, G., Chaouachi, A., Pizzolato, F., Migliaccio, G. M., & Padulo, J. (2015). Repeated sprint ability in young basketball players: One vs. two changes of direction (Part 2). *Journal of Sports Sciences*, 33(15), 1553–1563. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.996182>
- Baechle, T. R., Earle, R. W., & Association (U.S.), N. S. & C. (2008). *Essentials of Strength Training and Conditioning*. Human Kinetics.
- Blazevich, A. J. (2000). Optimizing Hip Musculature For Greater Sprint Running Speed: Strength and Conditioning Journal, 22(2), 22. <https://doi.org/10.1519/00126548-200004000-00007>
- Bompa T., Zając A., Waśkiewicz Z., Chmura J.: (2013). *Przygotowanie sprawnościowe w zespołowych grach sportowych*. AWF Katowice.
- Bompa T., Carrera M. (2005). *Periodization training for sports*, Human Kinetics, Publishers, Champaign IL.
- Bompa, T. O., & Buzzichelli, C. (2018). *Periodization: Theory and Methodology of Training*. Human Kinetics.
- Chaabene, H., Prieske, O., Moran, J., Negra, Y., Attia, A., & Granacher, U. (2020). Effects of Resistance Training on Change-of-Direction Speed in Youth and Young Physically Active and Athletic Adults: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 50(8), 1483–1499. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01293-w>
- Chang, R., Turcotte, R., & Pearsall, D. (2009). Hip adductor muscle function in forward skating. *Sports Biomechanics*, 8(3), 212–222. <https://doi.org/10.1080/14763140903229534>
- Cherni, Y., Jlid, M. C., Mehrez, H., Shephard, R. J., Paillard, T., Chelly, M. S., & Hermassi, S. (2019). Eight Weeks of Plyometric Training Improves Ability to Change Direction and Dynamic Postural Control in Female Basketball Players. *Frontiers in Physiology*, 10. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2019.00726>

- Cohen, A.R.; Metzl, J.D. (b.d.). Sports-specific concerns in the young athlete: Basketball: Pediatric Emergency Care.
- Contreras-Díaz, G., Chiroso-Ríos, L. J., Chiroso-Ríos, I., Riego-Ruiz, A., Intelangelo, L., Tuesta-Roa, M., Morales-Zúñiga, J., & Jerez-Mayorga, D. (2023). Dynamometric Strength Profile of Hip Muscles in Youth Soccer Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(2), 1291. <https://doi.org/10.3390/ijerph20021291>
- Crow, J. F., Pearce, A. J., Veale, J. P., VanderWesthuizen, D., Coburn, P. T., & Pizzari, T. (2010). Hip adductor muscle strength is reduced preceding and during the onset of groin pain in elite junior Australian football players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(2), 202–204. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.03.007>
- Delextrat, A., & Cohen, D. (2008). Physiological Testing of Basketball Players: Toward a Standard Evaluation of Anaerobic Fitness. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(4), 1066. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181739d9b>
- Domínguez-Navarro, F., Benitez-Martínez, J. C., Ricart-Luna, B., Cocolí-Suárez, P., Blasco-Igual, J. M., & Casaña-Granell, J. (2022). Impact of hip abductor and adductor strength on dynamic balance and ankle biomechanics in young elite female basketball players. *Scientific Reports*, 12(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07454-3>
- Drinkwater, E. J., Pyne, D. B., & McKenna, M. J. (2008). Design and interpretation of anthropometric and fitness testing of basketball players. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 38(7), 565–578. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838070-00004>
- Earle, R.W. (2006). Weight training exercise prescription. *Essentials of Personal Training Symposium Workbook*. Lincoln.
- Enoka, R. M. (2008). *Neuromechanics of Human Movement*. Human Kinetics.
- Farrell, S. G., Hatem, M., & Bharam, S. (2023). Acute Adductor Muscle Injury: A Systematic Review on Diagnostic Imaging, Treatment, and Prevention. *The American Journal of Sports Medicine*, 03635465221140923. <https://doi.org/10.1177/03635465221140923>



- Francis, P., Gray, K., & Perrem, N. (2018). The Relationship Between Concentric Hip Abductor Strength and Performance of the Y-Balance Test (YBT). *International Journal of Athletic Therapy and Training*, 23(1), 42–47. <https://doi.org/10.1123/ijatt.2017-0003>
- Gafner, S. C., Hoevel, V., Punt, I. M., Schmid, S., Armand, S., & Allet, L. (2018). Hip-abductor fatigue influences sagittal plane ankle kinematics and shank muscle activity during a single-leg forward jump. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 43, 75–81. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2018.09.004>
- Gottlieb, R., Eliakim, A., Shalom, A., Iacono, A. D., & Meckel, Y. (2016). Improving Anaerobic Fitness in Young Basketball Players: Plyometric vs. Specific Sprint Training. *Journal of Athletic Enhancement*, 2014. <https://doi.org/10.4172/2324-9080.1000148>
- Ignasiak, Z. (2015). *Anatomia układu ruchu* (Wyd. 2., dodr). Edra Urban & Partner.
- Jones, P., & Dos'Santos, T. (2023). *Multidirectional Speed in Sport: Research to Application* (1. wyd.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003267881>
- Karatrantou, K., Gerodimos, V., Katsareli, E., Manouras, N., Ioakimidis, P., & Famisis, K. (2019). Strength Profile of Hip Abductor and Adductor Muscles in Youth Elite Soccer Players. *Journal of Human Kinetics*, 66(1), 31–41. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0069>
- Kawamori, N., & Haff, G. G. (2004). The Optimal Training Load for the Development of Muscular Power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(3), 675.
- Krause, J., & Nelson, C. (2019). *Basketball skills & drills* (Fourth Edition). Human Kinetics.
- Królikowska, P., Rodak, P., Papla, M., Grzyb, W., & Gołaś, A. (2023). Analysis of the adductors and abductors' maximum isometric strength on the level of speed and agility in basketball players. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 15(1). <https://www.balticsportscience.com/journal/vol15/iss1/3>
- Lanza, M. B., Addison, O., Ryan, A., & Gray, V. (2020). Hip Abductors And Adductors Explosive Capacity Correlate With Step Reaction Time In Older Adults: 676 May 27 1:00 PM - 1:10 PM. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 52(7S), 177. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000675408.49023.bf>

- Lockie, R. G., Schultz, A. B., Callaghan, S. J., Jeffriess, M. D., & Berry, S. P. (2013). Reliability and Validity of a New Test of Change-of-Direction Speed for Field-Based Sports: The Change-of-Direction and Acceleration Test (CODAT). *Journal of Sports Science & Medicine*, 12(1), 88–96.
- Loturco, I., Nimphius, S., Kobal, R., Bottino, A., Zanetti, V., Pereira, L. A., & Jeffreys, I. (2018). Change-of direction deficit in elite young soccer players: The limited relationship between conventional speed and power measures and change-of-direction performance. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 48(2), 228–234. <https://doi.org/10.1007/s12662-018-0502-7>
- Loturco, I., Pereira, L. A., Reis, V. P., Abad, C. C. C., Freitas, T. T., Azevedo, P. H. S. M., & Nimphius, S. (2022). Change of Direction Performance in Elite Players From Different Team Sports. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(3), 862–866. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003502>
- Marušič, J., & Šarabon, N. (2022). Hip adduction and abduction strength in youth male soccer and basketball players with and without groin pain in the past year. *PloS One*, 17(10), e0275650. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0275650>
- Matsuo, A., Mizutani, M., Nagahara, R., Fukunaga, T., & Kanehisa, H. (2019). External mechanical work done during the acceleration stage of maximal sprint running and its association with running performance. *Journal of Experimental Biology*, jeb.189258. <https://doi.org/10.1242/jeb.189258>
- McBride, J. M., Triplett-McBride, T., Davie, A. J., Abernethy, P. J., & Newton, R. U. (2003). Characteristics of titin in strength and power athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 88(6), 553–557. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0733-y>
- 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. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 16(1), 75.
- McHugh, M. P., Nicholas, S. J., & Tyler, T. F. (2023). Adductor Strains in Athletes. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 18(2), 288–292. <https://doi.org/10.26603/001c.72626>

- McInnes, S. E., Carlson, J. S., Jones, C. J., & McKenna, M. J. (1995). The physiological load imposed on basketball players during competition. *Journal of Sports Sciences*, 13(5), 387–397. <https://doi.org/10.1080/02640419508732254>
- Monteagudo, M., & De Albornoz, P. M. (2022). Foot and Ankle Biomechanics Gait Analysis. W E. Wagner Hirschfeld & P. Wagner Hirschfeld (Red.), *Foot and Ankle Disorders* (s. 3–23). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-95738-4\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-95738-4_1)
- Montgomery, P. G., Pyne, D. B., & Minahan, C. L. (2010). The physical and physiological demands of basketball training and competition. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(1), 75–86. <https://doi.org/10.1123/ijsp.5.1.75>
- Montgomery, W. H., Pink, M., & Perry, J. (1994). Electromyographic Analysis of Hip and Knee Musculature During Running. *The American Journal of Sports Medicine*, 22(2), 272–278. <https://doi.org/10.1177/036354659402200220>
- Neumann, D. A. (2010). Kinesiology of the hip: A focus on muscular actions. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 40(2), 82–94. <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3025>
- Nicholas, S. J., & Tyler, T. F. (2002). Adductor Muscle Strains in Sport. *Sports Medicine*, 32(5), 339–344. <https://doi.org/10.2165/00007256-200232050-00005>
- Ophelie Lavoie-Gagne 1, Nabil Mehta 1, Sumit Patel 1, Matthew R Cohn 1, Enrico Forlenza 1, Benedict U Nwachukwu 2, Brian Forsythe 1. (b.d.). Adductor Muscle Injuries in UEFA Soccer Athletes: A Matched-Cohort Analysis of Injury Rate, Return to Play, and Player Performance From 2000 to 2015—PubMed. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35146028/>
- Paddon-Jones, D., Leveritt, M., Lonergan, A., & Abernethy, P. (2001). Adaptation to chronic eccentric exercise in humans: The influence of contraction velocity. *European Journal of Applied Physiology*, 85(5), 466–471. <https://doi.org/10.1007/s004210100467>
- Patel, B. H., Okoroa, K. R., Jildeh, T. R., Lu, Y., Baker, J. D., Nwachukwu, B. U., Foster, M. G., Allen, A. A., & Forsythe, B. (2020). Adductor injuries in the National Basketball Association: An analysis of return to play and player performance from 2010 to 2019. *The Physician and Sportsmedicine*, 48(4), 450–457. <https://doi.org/10.1080/00913847.2020.1746978>

- Rodriguez, R. (2020). Measuring the Hip Adductor to Abductor Strength Ratio in Ice Hockey and Soccer Players: A Critically Appraised Topic. *Journal of Sport Rehabilitation*, 29(1), 116–121. <https://doi.org/10.1123/jsr.2018-0250>
- Ryan, S., Kempton, T., Pacecca, E., & Coutts, A. J. (2019). Measurement Properties of an Adductor Strength-Assessment System in Professional Australian Footballers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(2), 256–259. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0264>
- Saeterbakken, A. H., Van Den Tillaar, R., & Fimland, M. S. (2011). A comparison of muscle activity and 1-RM strength of three chest-press exercises with different stability requirements. *Journal of Sports Sciences*, 29(5), 533–538. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.543916>
- Sassi, R. H., Dardouri, W., Yahmed, M. H., Gmada, N., Mahfoudhi, M. E., & Gharbi, Z. (2009). Relative and Absolute Reliability of a Modified Agility T-test and Its Relationship With Vertical Jump and Straight Sprint. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1644–1651. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b425d2>
- Scanlan, A. T., Tucker, P. S., & Dalbo, V. J. (2014). A Comparison of Linear Speed, Closed-Skill Agility, and Open-Skill Agility Qualities Between Backcourt and Frontcourt Adult Semiprofessional Male Basketball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(5), 1319–1327. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000276>
- Scanlan, A. T., Wen, N., Pyne, D. B., Stojanović, E., Milanović, Z., Conte, D., Vaquera, A., & Dalbo, V. J. (2021). Power-Related Determinants of Modified Agility T-test Performance in Male Adolescent Basketball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(8), 2248–2254. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000003131>
- Schiltz, M., Lehance, C., Maquet, D., Bury, T., Crielaard, J.-M., & Croisier, J.-L. (2009). Explosive Strength Imbalances in Professional Basketball Players. *Journal of Athletic Training*, 44(1), 39–47. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-44.1.39>
- Sheppard, J. M., & Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 919–932. <https://doi.org/10.1080/02640410500457109>

- Spiteri, T., Nimphius, S., Hart, N. H., Specos, C., Sheppard, J. M., & Newton, R. U. (2014). Contribution of Strength Characteristics to Change of Direction and Agility Performance in Female Basketball Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(9), 2415–2423. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000547>
- Stojanović, E., Stojiljković, N., Scanlan, A. T., Dalbo, V. J., Berkelmans, D. M., & Milanović, Z. (2018). The Activity Demands and Physiological Responses Encountered During Basketball Match-Play: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 48(1), 111–135. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0794-z>
- Stone, M. H., Stone, M., & Sands, W. A. (2007). *Principles and Practice of Resistance Training*. Human Kinetics.
- Sugisaki. (b.d.). Associations Between Individual Lower-Limb Muscle Volumes and 100-m Sprint Time in Male Sprinters—PubMed.
- Sugiyama, T., Maeo, S., Kurihara, T., Kanehisa, H., & Isaka, T. (2021). Change of Direction Speed Tests in Basketball Players: A Brief Review of Test Varieties and Recent Trends. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3, 645350. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.645350>
- Tasheva, R., Mitrev, G., & Basketball Club „Rilski Sportist”, Samokov, Bulgaria. (2019). EFFECT OF HIP ADDUCTORS ON BASKETBALL PLAYERS BALANCE. *Journal of Applied Sports Sciences*, 1(July), 85–90. <https://doi.org/10.37393/jass.2019.01.8>
- Taylor, J. B., Wright, A. A., Dischiavi, S. L., Townsend, M. A., & Marmon, A. R. (2017). Activity Demands During Multi-Directional Team Sports: A Systematic Review. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 47(12), 2533–2551. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0772-5>
- Thorborg, K., Petersen, J., Magnusson, S. P., & Hölmich, P. (2010). Clinical assessment of hip strength using a hand-held dynamometer is reliable. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(3), 493–501. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.00958.x>
- Thorborg, K., Serner, A., Petersen, J., Madsen, T. M., Magnusson, P., & Hölmich, P. (2011). Hip Adduction and Abduction Strength Profiles in Elite Soccer Players: Implications for Clinical Evaluation of Hip Adductor Muscle Recovery After Injury. *The American Journal of Sports Medicine*, 39(1), 121–126. <https://doi.org/10.1177/0363546510378081>

- Trzaskoma Z., Trzaskoma Ł. (b.d.). Kompleksowe zwiększanie siły mięśniowej sportowców. (Biblioteka Trenera, Warszawa, 2001).
- Watanabe i wsp. (2018). Electromyographic analysis of hip adductor muscles in soccer instep and side-foot kicking: *Sports Biomechanics*: Vol 19, No 3.
- Watanabe N, Enomoto Y, Ohyama Byun K, Kano Y, Yasui T, Miyashita K, et. al. (2000). Relationship between hip strength and sprint running performance in sprinters. *Taiikugaku Kenkyu. :Health and Sport Sciences*. 2000;45(4):520–529. *Japan Journal of Physical Education*, 520–529.
- Wen, N., Dalbo, V. J., Burgos, B., Pyne, D. B., & Scanlan, A. T. (2018). Power Testing in Basketball: Current Practice and Future Recommendations. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(9), 2677–2691. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002459>
- Werner, J., Hägglund, M., Ekstrand, J., & Waldén, M. (2019). Hip and groin time-loss injuries decreased slightly but injury burden remained constant in men’s professional football: The 15-year prospective UEFA Elite Club Injury Study. *British Journal of Sports Medicine*, 53(9), 539–546. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097796>
- William, K. & Fleck. (2014). *Designing Resistance Training Programs*, 4E. Human Kinetics.
- Wollin i wsp. (b.d.). In-season monitoring of hip and groin strength, health and function in elite youth soccer: Implementing an early detection and management strategy over two consecutive seasons—*Journal of Science and Medicine in Sport*. [https://www.jsams.org/article/S1440-2440\(18\)30071-9/fulltext](https://www.jsams.org/article/S1440-2440(18)30071-9/fulltext)
- Yasuda, T., Kawamoto, K., Loenneke, J. P., & Abe, T. (2019). Magnetic Resonance Imaging-Measured Adductor Muscle Volume and 100 m Sprint Running Performance in Female Sprinters. *International Journal of Clinical Medicine*, 10(10), 469–476. <https://doi.org/10.4236/ijcm.2019.1010040>
- Zajac, A., Wilk, M., Poprzęcki, S., Bacik, B. (2009). *Współczesny trening siły mięśniowej*. Katowice: Wydawnictwo AWF Katowice. (b.d.). *Współczesny trening siły mięśniowej*.
- Zatsiorsky, V. M., Kraemer, W. J., & Fry, A. C. (2020). *Science and Practice of Strength Training*. Human Kinetics.

## SPIS TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tab. 1 Charakterystyka badanych. ....  | 24 |
| Tab. 2 Układ mikrocyklu badanych zawodników w okresie przygotowawczym. ....                      | 31 |
| Tab. 3 Podstawowe statystyki opisowe dla analizowanych zmiennych. ....                           | 35 |
| Tab. 4 Analiza wariancji z powtarzanymi pomiarami – dla zmiennej R-Add-K [%]. ....               | 36 |
| Tab. 5 Analiza wariancji z powtarzanymi pomiarami – dla zmiennej R-Abb-K [%]. ....               | 37 |
| Tab. 6 Test HSD Tukeya R-Abb-K [%]. ....   | 38 |
| Tab. 7 Podstawowe statystyki opisowe dla analizowanych zmiennych grupa eksperymentalna.<br>..... | 39 |
| Tab. 8 Podstawowe statystyki opisowe dla analizowanych zmiennych grupa kontrolna. ....           | 40 |
| Tab. 9 Analiza wariancji z powtarzanymi pomiarami dla zmiennej Add - K [N/kg]. ....              | 41 |
| Tab. 10 Analiza wariancji z powtarzanymi pomiarami dla zmiennej Abb - K [N\kg]. ....             | 42 |
| Tab. 11 Analiza wariancji z powtarzanymi pomiarami dla zmiennej BIEG 5 M [s]. ....               | 44 |

## SPIS RYCIN

|  |    |
|--|----|
| Ryc. 1 Wykres zależności wielkości siły i prędkości ruchu (Kawamori i Haff, 2004).....   | 9  |
| Ryc. 2 Anatomia grupy mięśni przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych. ....   | 18 |
| Ryc. 3 Protokół testowy badań. ....  | 25 |
| Ryc. 4 Test sprawności specjalnej w poruszaniu się krokiem odstawno-dostawnym na odcinku 5 metrów. ....                          | 28 |
| Ryc. 5 Test siły w warunkach izometrycznych przywodzicieli i odwodzicieli kończyn dolnych. ....                                  | 28 |
| Ryc. 6 Pozycja początkowa w ćwiczeniu odwodzenia kończyn dolnych na urządzeniu Versa Hip Adductor/Abductor. ....                 | 29 |
| Ryc. 7 Pozycja końcowa w ćwiczeniu odwodzenia kończyn dolnych na urządzeniu Versa Hip Adductor/Abductor.....                     | 29 |
| Ryc. 8 Pozycja początkowa w ćwiczeniu przywodzenia kończyn dolnych na urządzeniu Versa Hip Adductor/Abductor. ....               | 30 |
| Ryc. 9 Pozycja końcowa w ćwiczeniu przywodzenia kończyn dolnych na urządzeniu Versa Hip Adductor/Abductor.....                   | 30 |
| Ryc. 10 Porównanie wyników dla zmiennej R-Add-K [%] ze względu na grupę kontrolną i eksperymentalną. ....                        | 37 |
| Ryc. 11 Porównanie wyników dla zmiennej R-Abb-K [%] ze względu na grupę kontrolną i eksperymentalną. ....                        | 38 |
| Ryc. 12 Porównanie wyników dla zmiennej Add - K [N/kg] ze względu na grupę kontrolną i eksperymentalną oraz kończynę dolną. .... | 42 |
| Ryc. 13 Porównanie wyników dla zmiennej Abb - K [N/kg] ze względu na grupę kontrolną i eksperymentalną oraz kończynę dolną. .... | 43 |
| Ryc. 14 Porównanie wyników dla zmiennej BIEG 5 M [s] ze względu na grupę kontrolną i eksperymentalną oraz kończynę dolną. ....   | 45 |



## WYKAZ SKRÓTÓW

**COD** - ( ang. change of direction ) zmiana kierunku poruszania się

**NBA** - (National Basketball Association) amerykańsko-kanadyjska liga koszykarska

**1 RM** - (ang. one-repetition maximum) - jedno powtórzenie maksymalne

**R-Add-K [ %]** - różnica poziomu siły względnej pomiędzy lewą a prawą stroną w przywodzeniu;

**R-Abb-K [ %]** - różnica poziomu siły względnej pomiędzy lewą a prawą stroną w odwodzeniu

**Add-K [N/kg]** – siła względna przywodzicieli

**Abb-K [N/kg]** – siła względna odwodzicieli

**E** – grupa eksperymentalna

**K** – grupa kontrolna