

Akademia Wychowania Fizycznego
im. Jerzego Kukuczki w Katowicach
Wydział Wychowania Fizycznego

Katarzyna Pajerska

**WPLYW EFEKTU WZMOCNIENIA POAKTYWACYJNEGO
(PAP) NA SZYBKOSC' STARTOWA (5 m) I ABSOLUTNA
(20 m) U ZAWODNICZEK PIŁKI NOŻNEJ**

Rozprawa doktorska

Opiekun naukowy:

dr hab. Adam Maszczyk, prof. nadzw. AWF w Katowicach

Opiekun pomocniczy:

dr Michał Krzysztofik

KATOWICE 2019

Spis treści

Wprowadzenie.....	4
1. Zagadnienia treningu siły mięśniowej i szybkości w piłce nożnej	6
2. Efekt wzmocnienia poaktywacyjnego (PAP)	8
3. Problem badawczy	12
4. Cel pracy, pytania i hipotezy badawcze.....	18
5. Materiał i metody badawcze	20
5.1. Materiał badawczy	20
5.2. Procedura badawcza	20
5.3. Narzędzia statystyczne	22
6. Wyniki badań	24
6.1. Analizy wstępne – statystyki opisowe	24
6.2. Wyznaczanie IPW oraz OPW z wykorzystaniem wyników testów mocy szczytowej kończyn dolnych po PP, PU i PW	27
6.3. Analiza licznosci IPW oraz OPW z wykorzystaniem tabel licznosci po PP, PU i PW	35
6.4. Analiza różnic w wielkościach testowych mocy szczytowej kończyn dolnych po PP, PU i PW, z podziałem na pozycje zawodniczek na boisku, z wykorzystaniem analizy wariancji ANOVA.....	36
6.5. Analiza różnic w wielkościach testowych szybkości na 5 m i 20 m po PP, PU i PW, z podziałem na pozycje zawodniczek na boisku, z wykorzystaniem analizy wariancji ANOVA	40
6.6. Analiza wpływu poszczególnych ćwiczeń aktywacyjnych na uzyskiwaną moc i szybkość na 5 m i 20 m po poszczególnych ćwiczeniach aktywacyjnych z wykorzystaniem analizy wariancji ANOVA.....	47
7. Dyskusja.....	65
8. Wnioski	77
Streszczenie	78
Summary	81
Bibliografia.....	84
Spis tabel	97
Spis rycin.....	99
Spis wykresów.....	100

Oznaczenia i skróty używane w pracy

CT – Contrast Training = trening kontrastowy

CCT – Complex and Contrast Training = trening kompleksowy i kontrastowy

IPW – indywidualna bierna przerwa wypoczynkowa

MVCs – maksymalne skurcze izometryczne

OPW – grupowa bierna przerwa wypoczynkowa

P – zmienna „moc”

PAP – post-activation potentiation = wzmocnienie poaktywacyjne

PP – aktywacja „przysiad wykroczny z obciążeniem zewnętrznym”

PU – aktywacja "uginanie kończyn dolnych w stawie kolanowym leżąc z obciążeniem zewnętrznym”

PW – aktywacja „wspięcia na palce z obciążeniem zewnętrznym”

RWU – Repeated Warm Up = powtórzona rozgrzewka

S – zmienna „szybkość”

S5 – zmienna „szybkość startowa (5 m)”

S20 – zmienna „szybkość absolutna (20 m)”

SSC- cykl rozciągnięcie - skurcz

WU – Warm Up = rozgrzewka

Pozycje na boisku:

B - bramkarki

P - pomocniczki

N - napastniczki

O - obrończynie

Wprowadzenie

Popularność żeńskiej piłki nożnej systematycznie wzrasta, a świadczy o tym liczba kobiet uprawiających tę dyscyplinę sportu. Największy rozwój tej dyscypliny na świecie miał miejsce w latach 60-tych i 70-tych, a w Polsce w latach 80-tych XX wieku. W 2014 roku, według danych opublikowanych przez FIFA, na świecie zarejestrowanych było ponad 30 milionów zawodniczek (FIFA Women's Football Survey 2014). Kobieca piłka nożna największym zainteresowaniem cieszy się w USA oraz Kanadzie, skąd pochodzi ponad 50% całej populacji zawodniczek, grających w 223 klubach, reprezentujących najwyższy poziom rozgrywek (Global Club Football Report 2018). Na przestrzeni ostatnich 10 lat, w samej Europie, liczba kobiet grających w piłkę nożną na poziomie profesjonalnym i półprofesjonalnym znacznie wzrosła. W sezonie 2012/2013 było ich ponad 1,3 miliona, a w sezonie 2016/2017 ponad 2,8 miliona (UEFA Women's Football 2017).

W ciągu ostatnich 20 lat znacznie wzrosło zainteresowanie badaniami naukowymi w zakresie sprawności fizycznej piłkarek (Sporiš i wsp. 2011), ich cech morfologicznych (Reilly i wsp. 1990, Matković i wsp. 2003, Can i wsp. 2004, Ingebrigsten i wsp. 2011), przygotowania technicznego i taktycznego (Andersen i wsp. 2012) oraz optymalizacji metod treningowych (Rublely i wsp. 2011, Sporiš i wsp. 2011, Oberacker i wsp. 2012), w celu prewencji urazów (Nyland i wsp. 1997, Rahnama i wsp. 2002) czy usprawnienia procesu regeneracji powysiłkowej (Andersson i wsp. 2008). Nadal istnieje wiele rozbieżności w zakresie badań płci męskiej i żeńskiej. Pierwszym utrudnieniem dla badaczy jest fakt, że na dzień dzisiejszy są tylko dwa pokolenia zawodniczek, grających na poziomie elitarnym. Drugą przeszkodą jest mniejszy, niż u mężczyzn, udział kobiet w grze. Trzecim, prawdopodobnie największym problemem jest brak możliwości odpowiedniego finansowania badań, które w większości obszarów zbiegają się z badaniami prowadzonymi na piłkarzach nożnych (Milanović i wsp. 2017).

Zasadnicze różnice anatomiczne, fizjologiczne i motoryczne pomiędzy kobietami a mężczyznami wykluczają ich współzawodnictwo w piłce nożnej na poziomie wyczynowym (Basiuk i Basiuk 2011). Pomimo tych różnic, przygotowanie sprawnościowe obok przygotowania taktycznego i technicznego to podstawowe zadania procesu treningowego zarówno dla kobiet, jak i mężczyzn. W piłce nożnej przeważają eksplozywne czynności ruchowe, a o sukcesie decyduje poziom przygotowania szybkościowo-siłowego. Jedną z nowoczesnych metod treningu siły mięśniowej wykorzystywaną w piłce nożnej jest trening kompleksowy wykorzystujący mechanizm wzmocnienia poaktywacyjnego (PAP).

Chociaż większość badań dotyczących tego zjawiska pojawiła się w ostatnim dziesięcioleciu (Farup i Sorensen 2010), ta metoda treningowa faktycznie pojawiła się w połowie XX wieku (Verkhoshansky 1996). Z badań naukowych nad efektem PAP wynika, że może on wpływać na poprawę efektywności eksplozywnych czynności ruchowych, a jednym z najszerzej przebadanych ćwiczeń aktywacyjnych jest przysiad z obciążeniem (Yetter i Moir 2008, Weber i wsp. 2008).

Istotnym problemem, z jakim stykają się naukowcy badający kobiety uprawiające sport, są wahania hormonalne związane z cyklem menstruacyjnym u dorosłych zawodniczek. Badania naukowe prowadzone w tym kierunku, wskazują na wpływ cyklicznych wahań poziomu hormonów płciowych na funkcje wielu układów organizmu (Slauterbeck i wsp. 2002, Constantini i wsp. 2005). W cyklu miesięcznym wyróżnia się dwie główne, wyraźnie kontrastujące ze sobą fazy. W pierwszej, folikularnej fazie cyklu, poziom progesteronu i estrogenów jest niski, przy czym poziom estrogenów stopniowo wzrasta, osiągając maksimum w ostatnim dniu tej fazy cyklu. Końcówka fazy lutealnej, w której następuje owulacja, jest okresem optymalnym dla kobiet uprawiających sport, ze względu na wysoki poziom estrogenów i testosteronu, korzystnie wpływających na gospodarkę energetyczną organizmu. W drugiej fazie cyklu miesięcznego, fazie lutealnej, wysoki poziom estrogenów wywołuje wzrost poziomu hormonu luteinizującego, a następnie wzrasta poziom progesteronu. Podwyższony poziom progesteronu niekorzystnie wpływa na formę fizyczną, spowalniając procesy metaboliczne (Constantini i wsp. 2005, Silberstein i Merriam 2000). Biorąc pod uwagę powyższe zależności, w niniejszym eksperymencie przyjęto zasadę przeprowadzania procedury badawczej w czasie trwania fazy folikularnej u każdej z zawodniczek, mimo, że w badaniach nad efektem PAP u zawodniczek takich gier zespołowych, jak koszykówka, softball i siatkówka, całkowicie pominięto jednak aspekt cyklu menstruacyjnego (Sygulla i Fontaine 2014).

1. Zagadnienia treningu siły mięśniowej i szybkości w piłce nożnej

Literatura naukowa oraz przeprowadzone badania empiryczne jednoznacznie wskazują na istotny wpływ poziomu generowanej siły mięśniowej na osiągnięte wyniki w grach zespołowych (Bompa i Haff 2009, Christou i wsp. 2006, Melrose i wsp. 2007). Z badań wynika, że zarówno w żeńskiej jak i męskiej odmianie piłki nożnej, udział tlenowych i beztlenowych systemów energetycznych jest podobny (Helgerud i wsp. 2002), przy czym kobiety pokonują krótsze niż mężczyźni dystanse (Davis i Brewer 1993). Różnice w potencjale sprawnościowym, określone przez poziom siły i wytrzymałości mięśniowej, pomiędzy elitarnymi drużynami piłkarskimi mężczyzn i kobiet, są podobne jak u przedstawicieli obu płci, prowadzących siedzący tryb życia (Stolen i wsp. 2005). Nie ma więc podstaw by twierdzić, że kobieca piłka nożna, w sposób szczególny, pod tym względem, ustępuje męskiej. Pojęcie szybkości w piłce nożnej jest pojęciem ogólnym, na które składają się: szybkość postrzegania, szybkość przewidywania i wyprzedzania, szybkość reagowania i podejmowania decyzji oraz szybkość działania (Chmura 2001). Przeważającą część aktywności podejmowanej przez piłkarzy nożnych podczas rywalizacji stanowią te o niskiej lub średniej intensywności. Jednakże kluczowy wpływ na rezultat rywalizacji mają czynności ruchowe o wysokiej intensywności (Chmura i wsp. 2008). Napastnicy w czasie meczu wykonują ok. 24 sprintów, pomocnicy 17 sprintów, obrońcy 16 (Bangsbo 1994), a procentowy udział sprintów w czasie meczu piłki nożnej waha się w granicach 10-18% czasu gry. Zawodniczki w ciągu meczu wykonują od 1000 do 1500 zmian kierunku biegu, z czego 700 zmian o 180° (Upton i Ross, 2011). Efektywność wcześniej wymienionych czynności ruchowych oraz innych, o podobnej charakterystyce jak: wyskoki, zmiany tempa biegu, walka pod presją przeciwnika czy kopnięcia piłki, związana jest z poziomem maksymalnej generowanej siły mięśniowej przez zawodnika oraz jego wydolnością beztlenową (Cometti i wsp. 2001). W dodatku istnieje zależność pomiędzy poziomem siły mięśniowej a osiąganą szybkością biegu (Wisloff i wsp. 2004). Uzupełnienie procesu przygotowania motorycznego zawodniczek piłki nożnej o trening oporowy pozwala zwiększyć zarówno poziom maksymalnej siły mięśniowej, jak i eksplozywnej (Oberacker i wsp. 2012, Sander i wsp. 2013, Sporiš i wsp. 2011). Jednakże zmiany adaptacyjne w tym kierunku wymagają specyficznego dostosowania poszczególnych parametrów treningu do poziomu wyszkolenia i możliwości zawodnika, niezależnie od płci.

Wartość rozwijanej siły mięśniowej uzależniona jest od wielu czynników morfofunkcyjnych i nerwowo-mięśniowych, takich jak: zastosowanie oraz umiejętność

wykorzystania cyklu rozciągnięcie – skurcz (SSC), liczba rekrutowanych i synchronizowanych jednostek motorycznych, częstotliwość wytwarzania potencjałów czynnościowych, stopień hamowania nerwowo – mięśniowego oraz przekrój poprzeczny mięśnia, a także rodzaj włókien mięśniowych (Bompa i Haff 2009).

Trening siły mięśniowej początkujących zawodników, poprzez odpowiednio skonstruowany program ćwiczeń oporowych, może wywołać hipertrofię mięśniową oraz adaptację nerwowo-mięśniową, wpływając jednocześnie na poprawę specjalistycznych czynności szybkościowo - siłowych (Cormie i wsp. 2011, Haugen i wsp. 2014). Z kolei u zawodników o wysokim stopniu wytrenowania, stosowanie submaksymalnych wartości obciążenia zewnętrznego może być niewystarczającym bodźcem do zainicjowania korzystnych zmian adaptacyjnych (Cormie i wsp. 2011, Häkkinen 1989). W takich przypadkach zaleca się stosowanie bardziej złożonych metod i środków treningowych.

Trening oporowy oparty jest o zasadę rekrutacji jednostek motorycznych według Hennemana (1965). Podczas skurczu mięśniowego ilość aktywowanych jednostek motorycznych uzależniona jest od potrzebnej do wygenerowania siły mięśniowej. Mobilizacja dodatkowych jednostek motorycznych zwiększa siłę skurczu, jaki może wykonywać mięsień. Wielkość jednostek motorycznych wpływa na kolejność ich rekrutacji i zachodzi w uporządkowany sposób, od mniejszych do większych. Jednostki wolnokurczliwe, pobudzane są jako pierwsze, a w sytuacji, w której wymagany jest wzrost generowanej przez pracę mięśniową siły, dołączają do nich jednostki szybko kurczliwe typu IIa. Kiedy włókna IIa zwiększają częstotliwość swoich wyładowań, rekrutowane zostają jednostki typu IIx, które są największe. Wzorzec rekrutacji jednostek ruchowych zależy więc od rozwijanej siły, szybkości skurczu, rodzaju skurczu oraz stanu metabolicznego mięśnia. Włókna szybko kurczliwe typu IIx zaangażowane są przede wszystkim podczas, krótkotrwałych, bardzo intensywnych wysiłków beztlenowych o charakterze fosfagenowym (Harris i wsp. 2000, McBride i wsp. 2002).

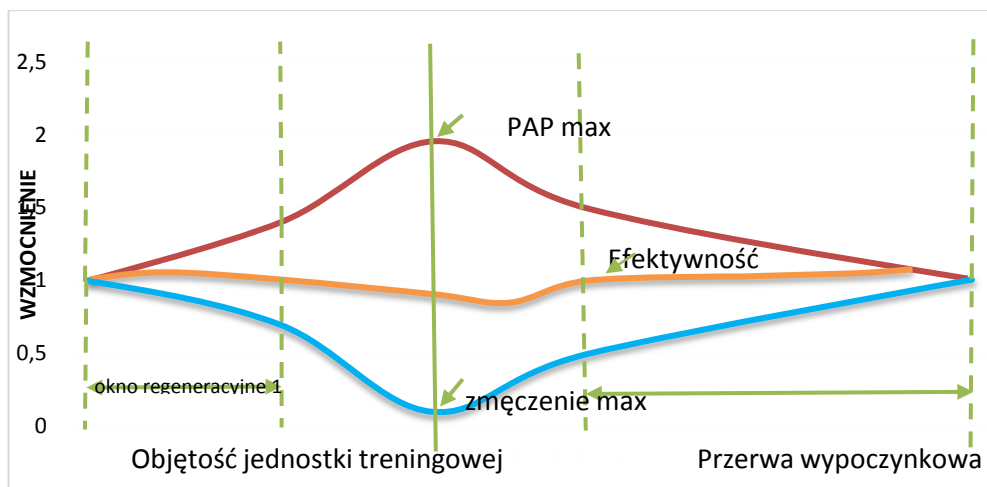
2. Efekt wzmocnienia poaktywacyjnego (PAP)

Korzystny wpływ zastosowania pobudzenia mięśniowego przed eksplozywną czynnością ruchową o zbliżonej strukturze ruchu, jest szeroko opisany w literaturze naukowo – badawczej (Seitz i Haff 2015, Tillin i Bishop 2009, Wilson i wsp. 2013). Pozytywny efekt, powyżej opisanego pobudzenia związany jest ze zjawiskiem wzmocnienia poaktywacyjnego (PAP). Pierwsza z definicji, która została zaproponowana przez Robbins'a, opisuje PAP jako zwiększenie możliwości mięśni do generowania wyższych wartości siły, wywołane wcześniejszą aktywacją skurczową (Robbins 2005). Preaktywacja włókien mięśniowych ma bezpośredni wpływ na późniejsze tempo rozwoju siły oraz zdolności eksplozywne stymulowanej grupy mięśniowej (Docherty i wsp. 2004, Hodgson i wsp. 2005).

Istnieją dwa mechanizmy odpowiedzialne za powstanie efektu PAP, dobrze udokumentowane w literaturze naukowej. Pierwszy z nich polega na tym, że intensywne skurcze mięśni powodują fosforylację lekkich łańcuchów regulacyjnych miozyny, zwiększając czułość aktyny i włókien miozynowych na jony wapnia Ca^{2+} (Sale 2004, Sygulla i Fountaine 2014). Drugi mechanizm polega na zwiększeniu, po intensywnym skurczu mięśni, rekrutacji wyższych jednostek motorycznych (Sygulla i Fountaine 2014, Tillin i Bishop 2009, Yetter i Moir 2008). Teoria PAP zakłada, iż wcześniejsze skurcze mięśni wpływają na wydajność mechaniczną kolejnych skurczów. Obciążenie zewnętrzne stanowi bodziec, który warunkuje pobudzenie układu nerwowego i zwiększenie czynności skurczowej mięśni (Lorenz 2011). Teoretycznie, zwiększona aktywność mięśniowa wywołuje osłabienie przewodzenia nerwowo-mięśniowego oraz zmęczenie, co wpływa na obniżenie poziomu generowanej siły eksplozywnej. W praktyce, wcześniejsze pobudzenie mięśni może wpłynąć na poprawę zdolności do generowania większej siły mięśniowej, a nie powodować zmęczenia (Esformes i wsp. 2010). W niektórych pracach, dotyczących efektu PAP, wskazuje się na jeszcze jeden możliwy mechanizm powstawania tego zjawiska. Należy jednak zaznaczyć, że jest one czysto hipotetyczny. Związany jest ze zmianą architektury mięśni, a ściślej mówiąc ze zmianą kąta, pod jakim włókna mięśniowe łączą się ze ścięgnem. Wartość tego kąta ma związek z wielkością siły przekazywanej z włókien mięśniowych na ścięgna i kości (Fukunaga i wsp. 1997, Hunter i Brown 2015). W obserwacji Mahlfelda i wsp. (2004), wykonanej przy użyciu aparatury USG, kąt, pod jakim włókna mięśniowe wnikają do ścięgna, bezpośrednio po wykonaniu maksymalnych skurczów izometrycznych (MVCs) nie zmienił wartości w stosunku do wartości przed aktywacją. Jednak po upływie 3-6 minut od aktywacji (MVCs), kąt ten znacząco się zmniejszył, a siła przenoszona przez włókna do ścięgna wzrosła

o 0,9%. Należy zatem stwierdzić, że skurcze wzmacniające, powodujące zmianę struktury mięśniowej, skutkują zmniejszeniem się kąta wnikania włókien mięśniowych do ścięgna, co z kolei korzystnie wpływa na przenoszenie do niego wygenerowanej siły mięśniowej (Tillin i Bishop 2009).

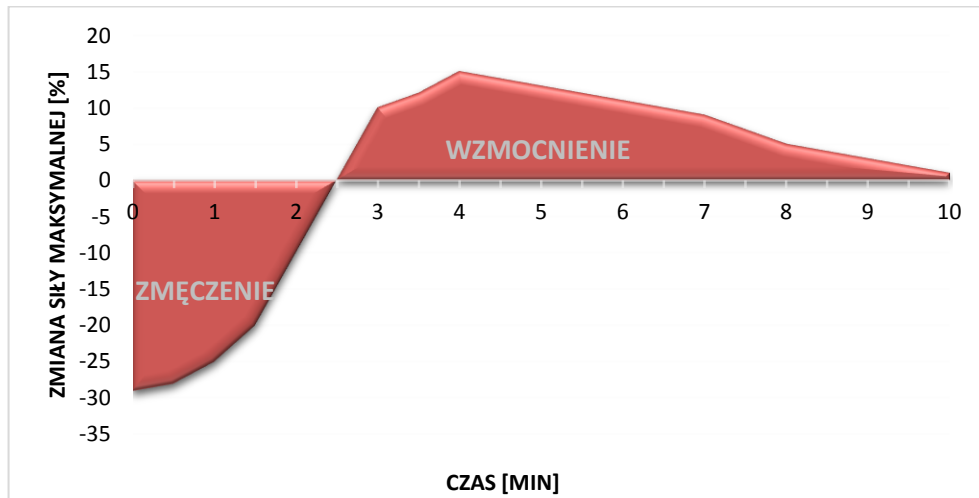
Wcześniejsza aktywność skurczowa włókien mięśniowych wywołuje zarówno zmęczenie, jak i efekt PAP. Równowaga pomiędzy tymi dwoma zjawiskami ma bezpośredni wpływ na to, czy siła kolejnego skurczu wzrośnie, zmniejszy się czy też pozostanie niezmienną (MacIntosh i Rassier 2002). Zarówno zmęczenie, jak i efekt PAP może wzrosnąć natychmiast po wystąpieniu skurczu, a następnie stopniowo powracać do poziomu wyjściowego.



Ryc. 1. Hipotetyczny model zależności pomiędzy efektem PAP a zmęczeniem (Sale 2002)

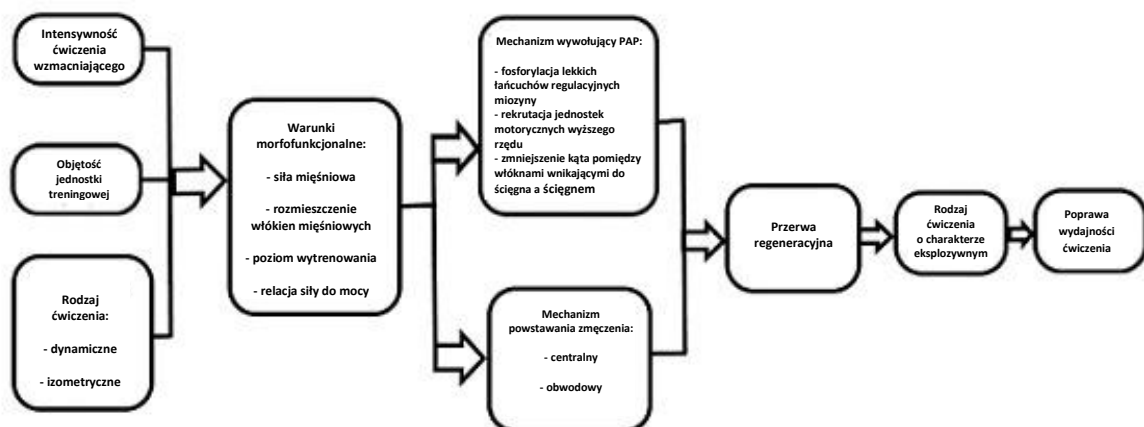
Pomimo wystąpienia wzmocnienia tuż po aktywacji pojawiające się w tym samym momencie zmęczenie niweluje lub przewyższa korzyści płynące ze wzmocnienia. Tak jak wzmocnienie jest największe tuż po zastosowaniu bodźca aktywującego, zmęczenie również jest największe w momencie zakończenia wykonywania ćwiczeń aktywacyjnych (Rassier i MacIntosh 2000, Sweeney i wsp. 1993). Okres eliminacji skutków zmęczenia i powrotu do zwiększonej kurczliwości włókien mięśniowych krótszy niż 2-3 minuty jest zwykle niewystarczający, ponieważ skutki zmęczenia przewyższają efekt wzmocnienia (Jensen i Ebben 2003, Kilduff i wsp. 2007). Z kolei przerwy wypoczynkowe dłuższe niż 12 minut uniemożliwią wykorzystanie efektu PAP, ponieważ kinaza keratynowa mięśni szkieletowych (CK-MM), odpowiedzialna za kontrolę procesów energetycznych w komórkach i utrzymanie

homeostazy energetycznej w mięśniach, może całkowicie wyeliminować efekty początkowego ich wzmocnienia (Kiduff i wsp. 2007).



Ryc. 2. Schematyczne odwzorowanie zmiany maksymalnej siły mięśniowej na skutek działania aktywującego (Lesinski i wsp. 2013)

Na relację między PAP a zmęczeniem ma wpływ cały zestaw czynników. Do czynników tych należą: objętość jednostki treningowej (liczba serii, ilość powtórzeń w serii i długość przerw wypoczynkowych między seriami), intensywność ćwiczenia, rodzaj ćwiczenia (dynamiczne, izometryczne), poziom siły mięśniowej zawodnika, rozkład poszczególnych typów włókien mięśniowych, poziom wytrenowania, stosunek siły maksymalnej do siły eksplozywnej, aktywność podejmowana po aktywacji (Bishop 2009).



Ryc. 3 Relacje między czynnikami wpływającymi na poprawę wydajności ćwiczenia (Tillin i Bishop 2009)

Niektórzy badacze twierdzą, iż u kobiet poprawa wyników po zastosowaniu treningu z wykorzystaniem efektu PAP, nie jest znacząca lub nie ma jej wcale. Różnice pojawiają się we właściwościach skurczowych włókien u obu płci w czasie pierwszych 5 minut po stymulacji. W badaniu porównawczym dziewcząt i chłopców w wieku 9-10 lat odnotowano większą siłę maksymalnego skurczu izometrycznego (MVIC) zginaczy podszwowych stopy u chłopców, wywołujący większy efekt wzmocnienia poaktywacyjnego niż u dziewcząt (Paasuke i wsp. 2003). W zbiorczej analizie efektu PAP pod kątem płci, wieku, poziomu wytrenowania, aktywności, intensywności ćwiczeń, typu (prosty, złożony) oraz czasu przerw wypoczynkowych, porównano wyniki badań z 32 publikacji. Najważniejsze wnioski, płynące z tej analizy są takie, iż zastosowane w procedurach treningowych bodźce aktywacyjne wpływały na zwiększenie siły eksplozywnej, a efekty te zwiększały się wraz z poziomem wyszkolenia sportowców, ale nie różniły się istotnie między płciami (Wilson i wsp. 2013). Do takich samych wniosków doszedł Jensen i Ebben (2003), badając wpływ treningu kompleksowego na wykorzystanie efektu PAP u kobiet i mężczyzn.

3. Problem badawczy

Kształtowanie siły eksplozywnej i szybkości należy do kluczowych zadań procesu treningowego w piłce nożnej (Silva i wsp. 2015, Tillin i Bishop 2009). Przygotowanie taktyczne zespołów jest porównywalne, a technicznie zawodnicy prezentują zbliżony poziom (na danym poziomie rozgrywek). Czynnikiem, który zapewnia przewagę nad konkurentami jest zatem szybkość: szybsze dotarcie do piłki, szybsze przeprowadzenie akcji czy zatrzymanie ataku przeciwnika zależy od prędkości napastników i obrońców (Chelly i wsp. 2009). Szybkość jest niezwykle ważna dla piłkarzy bez względu na zajmowaną przez nich pozycję na boisku. Oczywiście jest to największy atrybut napastników, jednak szybcy obrońcy są równie cennymi graczami na boisku. Sesje szkoleniowe poświęcone poprawie szybkości lokomocyjnej nie są przesadą, lecz dobrze przemyślanym działaniem trenerów. W treningu piłkarskim poszukuje się zatem nowatorskich rozwiązań, mogących skutecznie i trwale wpłynąć na poprawę parametrów sprinterskich zawodników. Środkiem do osiągnięcia takiego celu może być wykorzystanie w treningu siłowym efektu PAP.

Problemem badawczym jest ustalenie wpływu tego efektu na szybkość startową (5 m) i absolutną (20 m) u wysokiej klasy piłkarzy nożnych. Podstawę do rozważań stanowią publikacje naukowe, prezentujące wyniki badań przeprowadzonych wśród piłkarzy i piłkarzy nożnych, a dotyczących wpływu efektu PAP na sprinty w piłce nożnej (Alves i wsp. 2010, Chatzopoulos 2007, Dello Iacono i Seitz 2018, Garcia-Pinillos i wsp. 2014, Low i wsp. 2015, Nealer i wsp. 2017, Nickerson i wsp. 2018, Requena i wsp. 2011, Till i Cooke 2009, Vanderka 2016). Naukowcy zajmujący się badaniem efektu PAP (Requena i wsp. 2011) ustalili związek między pojawieniem się tego zjawiska w prostownikach stawu kolanowego a poprawą zdolności sprinterskich u piłkarzy nożnych. Podczas testów przeprowadzonych na 14 profesjonalnych 20-letnich piłkarzach potwierdzono korzystny wpływ efektu PAP na czas sprintu na odcinku 15 m. Bodźcem wywołującym efekt PAP w prostownikach stawu kolanowego był w tym eksperymencie 10 sekundowy skurcz mięśni, wywołany elektrycznie. Z kolei Till i Cooke (2009) nie wykazali istotnego wpływu PAP na poprawę szybkości biegowej po wprowadzeniu do treningu protokołu z zastosowaniem ćwiczeń plajometrycznych i izometrycznych. Sprinty testowe wykonywane były na odcinku 10 i 20 m z zastosowaniem 4, 5 i 6-minutowej przerwy wypoczynkowej.

Podobnie w badaniu przeprowadzonym przez zespół Vanderki (2016) nie zaobserwowano istotnej poprawy w szybkości sprintów po zastosowaniu protokołu treningowego, w którym bodziec stanowiły 2 serie po 6 wyskoków z półprzysiadu z

zastosowaniem obciążenia wywołującego maksymalną moc w warunkach eksperymentalnych. W badaniu brało udział 12 lekkoatletów i 13 piłkarzy nożnych. Do weryfikacji wpływu efektu PAP na czas sprintów wykorzystano test biegowy z pomiarem za pomocą fotokomórek na odcinkach 0-20 i 20-40 m. Wyniki wskazują na znaczną poprawę szybkości w sprintach, ale wyłącznie u lekkoatletów. Według nich użycie takiego protokołu treningowego, jak w badaniu nie przyniesie oczekiwanych efektów u piłkarzy nożnych.

Badano również wpływ 12-tygodniowego treningu kontrastowego (CT), składającego się z ćwiczeń izo- i plajnometrycznych bez zastosowania obciążenia zewnętrznego, między innymi na czas osiągnięty w sprintach przez młodych piłkarzy (Garcia-Pinillos i wsp. 2014). W przypadku piłkarzy z grupy eksperymentalnej protokół testowy był wprowadzany do programu treningowego dwa razy w tygodniu. Dodatkowo zawodnicy wykonywali ćwiczenia izometryczne i plajometryczne (1 izometryczne i 2 plajometryczne) bez obciążenia zewnętrznego, a objętość jednostki treningowej dla poszczególnych ćwiczeń była stopniowo zwiększana. Uczestnicy eksperymentu wykonywali CT, składający się z izometrycznego półprzysiadu z kątem ugięcia kolan 90° i plecami opartymi o ścianę oraz dwóch ćwiczeń plajometrycznych: skoków z pozycji siedzącej oraz skoków na jednej nodze, na przemian lewej i prawej. Intensywność i objętość ćwiczeń w CT zmieniano co dwa tygodnie. Czas napięcia w ćwiczeniu izometrycznym wynosił od 40 do 80 s, ćwiczenia plajometryczne wykonywano w 4-6 seriach po 6 powtórzeń, zawsze z zastosowaniem 2-minutowej przerwy wypoczynkowej. Przed i po 12-tygodniowym programie treningowym oceniono m. in. czas w sprintach na 5, 10, 20 i 30 m i wykazano istotną statystycznie poprawę zdolności sprinterskich zarówno w grupie eksperymentalnej, jak i kontrolnej. Autorzy eksperymentu wywnioskowali z jego wyników, że uzyskana poprawa miała związek z adaptacją nerwowo-mięśniową wynikającą z treningu piłkarskiego, a nie z zastosowania protokołu CT.

Spośród nielicznych badań, dotyczących efektu PAP i możliwości jego wykorzystania u piłkarek nożnych, na uwagę zasługuje eksperyment przeprowadzony na 24 zawodniczkach tej dyscypliny (Nealer i wsp. 2017). Badano u nich wpływ przerw wypoczynkowych o różnej długości na czas osiągnięty w sprintach na 5 i 20 m. Protokół badań składał się z dynamicznej rozgrzewki, sprintu na odcinku 20 m z taśmą wspomagającą, zmniejszającą wpływ masy ciała o 30% i losowo dobranej przerwy wypoczynkowej (30 s, 1, 2 lub 4 minuty), po której zawodniczki wykonywały sprint testowy na 20 m bez wspomagania. W przypadku sprintów na odcinku 5 m i po zastosowaniu 1 i 2-minutowej przerwy wypoczynkowej uzyskano u zawodniczek istotną poprawę osiągnięć w szybkości biegowej.

Prowadzono również badania porównawcze między zawodnikami różnych gier zespołowych. Zespół pod kierownictwem Chatzopoulos'a (2007) weryfikował wpływ treningu oporowego, wywołującego efekt PAP, na czas sprintów u koszykarzy, siatkarzy, piłkarzy ręcznych i nożnych. Bodźcem aktywującym w tym eksperymencie było 10 powtórzeń przysiadu ze sztangą z obciążeniem zewnętrznym 90% 1RM. Testy podzielono na 3 etapy, podczas których czas sprintu na odcinku 30 m (z pomiarem pośrednim na odcinku 0-10 m) mierzono 3 minuty przed aktywacją oraz 3 minuty i 5 minut po aktywacji. Wykorzystanie 3-minutowego odpoczynku między aktywacją a sprintem 10 m i 30 m nie doprowadziło do poprawy wyników. Jednak po zastosowaniu 5-minutowej przerwy wypoczynkowej, wyniki sprintów poprawiły się we wszystkich 4 badanych grupach (na odcinku 0-10 m z 1.89 ± 0.03 na 1.84 ± 0.02 ; na odcinku 0-30 m z 4.51 ± 0.07 na 4.43 ± 0.06). Ćwiczenia oporowe o wysokiej intensywności wydają się być skutecznym bodźcem aktywującym, co potwierdzają wyniki eksperymentu przeprowadzonego przez Lova i wsp. (2015). W badaniu udział wzięło 16 młodych piłkarzy nożnych. W pierwszej części eksperymentu, ustalono wartość obciążenia 1RM dla każdego z uczestników badania. W sesji 2 i 3 uczestnicy eksperymentu wykonywali biegowy test wytrzymałości beztlenowej (RAST), przy czym w drugiej sesji poprzedzony był on ćwiczeniem siłowym, składającym się z 3 powtórzeń przysiadu z obciążeniem 91% 1RM, po którym zastosowano 8-minutową przerwę wypoczynkową. W sesji 3 wykonywano wyłącznie test biegowy RAST. W wyniku przeprowadzonego eksperymentu, uzyskano, co prawda, ogólną poprawę szybkości w sprintach po zastosowaniu ćwiczenia oporowego ($33.48 (\pm 1.27)$ vs. $33.59 (\pm 1.27)$; $P = 0.01$), jednak badacze sugerują, że zastosowanie ćwiczeń oporowych do poprawy zdolności sprinterskich może przynosić większe korzyści u zawodników dorosłych niż u młodzieży.

Poprawę szybkości w sprintach u piłkarzy nożnych zaobserwowano również po zastosowaniu treningu kompleksowego i kontrastowego (CCT) u młodych elitarnych portugalskich piłkarzy (Alves i wsp. 2010). Badanych zawodników ($n = 23$) podzielono na grupę kontrolną i eksperymentalną. Grupa kontrolna, oprócz standardowego treningu piłkarskiego, nie była poddawana dodatkowemu treningowi CCT. Z kolei grupa eksperymentalna wykonywała dodatkowo 3-etapowy trening CCT, z progresywnie zwiększonym obciążeniem zewnętrznym (5% 1RM co 2 tygodnie). Protokół treningowy CCT składał się z 3 stacji. Stacja pierwsza obejmowała 6 przysiadów z obciążeniem wyjściowym 85% 1RM, po których wykonywano skip A na odcinku 5 m oraz na koniec 5 m biegu sprintem. W sesji drugiej wykonywano 6 powtórzeń wspięć na palce z obciążeniem

wyjściowym 90% 1RM, po których wykonywano 8 wyskoków, a na koniec 3 wyskoki do odbicia piłki głową. Na trzecią stację składały się następujące ćwiczenia: 6 powtórzeń prostowania nóg w siadzie z obciążeniem 80% 1RM, 6 wyskoków z pozycji siedzącej oraz 3 zeskoki ze skrzyni o wys. 60 cm, zakończone odbiciem piłki głową. W efekcie zastosowanego treningu CCT, skróceniu uległy czasy sprintów, osiągnęte przez zawodników z grupy eksperymentalnej na odcinku 5 m o 9,15%, a na odcinku 15 m o 6,19%. W grupie kontrolnej uzyskano poprawę odpowiednio na 5 m o 7,03%, a na 15 m o 3,11%.

Kolejnym ćwiczeniem aktywującym efekt PAP, którego przydatność w kontekście poprawy zdolności sprinterskich testowano na piłkarzach nożnych jest wypychanie bioder w oparciu o ławkę ze sztangą z zastosowaniem 85% 1RM, nazywanym przez autorów eksperymentu 85PAP oraz obciążeniem optymalnym dla rozwoju maksymalnej siły eksplozywnej, nazwanym PPAP (Dello Iacono i Seitz 2018). Wartości obciążeń 85% 1RM oraz PPAP ustalono w pierwszej części eksperymentu. W badaniu wzięło udział 18 zawodników. Przed przystąpieniem do sprintów piłkarze wykonywali 2 protokoły treningowe w osobnych sesjach. Protokół pierwszy, 85PAP, obejmował 3 serie po 6 powtórzeń ćwiczenia aktywacyjnego z obciążeniem 85% 1RM, natomiast protokół drugi, PPAP, składał się z 3 serii po średnio 8 powtórzeń (indywidualnie wykonywano 7-9 powtórzeń) z zastosowanym obciążeniem optymalnym dla rozwoju maksymalnej siły eksplozywnej. Po wykonaniu ćwiczenia aktywacyjnego, zawodnicy przystępowali do testów sprinterskich na odcinkach 5, 10 i 20 m. Pomiędzy ćwiczeniami aktywacyjnymi a sprintami zastosowano 15-sekundową, 4- i 8-minutową przerwę wypoczynkową. Znaczące skrócenie czasów w sprintach na wszystkich odległościach testowych zaobserwowano po zastosowaniu 4 i 8 minutowej przerwy wypoczynkowej w obu protokołach, zarówno 85PAP, jak i PPAP. Analizując osiągnięte wyniki, można wywnioskować, że najslabszy efekt uzyskano w teście na odcinku 5 i 10 m po zastosowaniu obciążenia zewnętrznego 85% 1RM i 15 sekundowej przerwy wypoczynkowej, a najlepszy na wszystkich trzech dystansach po zastosowaniu protokołu PPAP z zastosowaniem 4 i 8- minutowej przerwy wypoczynkowej.

Protokół treningowy aktywujący efekt PAP można wykorzystać również podczas rozgrzewki, w celu znacznego polepszenia umiejętności sprinterskich podczas pierwszych 10 minut meczu. Celem eksperymentu przeprowadzonego przez Nickersona i wsp. (2018) było ustalenie, czy wprowadzenie do siłowego treningu piłkarskiego serii przysiadów z obciążeniem zewnętrznym 85% 1RM i odpowiednio dobraną przerwą wypoczynkową, wpływa na poprawę szybkości biegowej. W badaniu uczestniczyło 12 piłkarzy nożnych, którzy wykonali sprint bazowy na odcinku 20 m przed rozpoczęciem ćwiczeń aktywacyjnych

i po 1, 4, 7 i 10 minutach od aktywacji. Protokół PAP składał się z 3 oddzielnych sesji. Za każdym razem ćwiczenie aktywacyjne zakładało wykonanie 1 serii 3 powtórzeń przysiadu ze sztangą z obciążeniem zewnętrznym 85% 1RM. Ostatnia sesja ćwiczeń wykonywana była w sposób ciągły, podczas gdy dwie pierwsze uwzględniały odpowiednio 30 s i 60 s przerwę wypoczynkową między każdym powtórzeniem przysiadu. Uzyskano istotne skrócenie czasów w sprintach na odcinku 20 m po zastosowaniu protokołu PAP z 30 s przerwą między powtórzeniami i 10-minutową przerwą wypoczynkową po aktywacji. Oznacza to, że powyższy protokół aktywujący efekt PAP może być zastosowany u piłkarzy podczas rozgrzewki, w celu podniesienia potencjału sprinterskiego podczas pierwszych 10 minut meczu. Korzyści płynące z aktywnej rozgrzewki przypisano podniesieniu temperatury mięśni, poprawie przewodnictwa nerwowego i podniesieniu szybkości przemian metabolicznych. Do niezwiązanych z temperaturą korzyści należą wzmocnienie przepływu krwi w pracujących mięśniach, podniesienie bazowego poziomu zużycia tlenu oraz pojawienie się efektu PAP.

W artykule przeglądowym Hammami i wsp. (2018) dokonano oceny aktualnego stanu badań nad pozytywnym wpływem rozgrzewki WU i ponownego rozgrzania RWU na sprawność fizyczną oraz optymalizację treningu w piłce nożnej. Istnieją poparte publikacjami dowody na zasadność włączania ćwiczeń dynamicznych rozciągających lub aktywacyjnych do protokołów rozgrzewkowych. U zawodników, którzy zastosowali zmodyfikowane protokoły rozgrzewkowe zaobserwowano istotną poprawę takich parametrów fizjologicznych jak siła maksymalna, siła eksplozywna, skoczność i szybkość.

Biorąc pod uwagę powyższe wyniki badań, należy stwierdzić, że stosowanie treningu piłki nożnej opartego na protokołach PAP może poprawiać zdolności sprinterskie piłkarzy. Efekt poprawy szybkości w sprintach będzie jednak zależał od wielu czynników, takich jak rodzaj zastosowanego bodźca aktywującego, jego intensywność oraz objętość, a także zastosowana przerwa wypoczynkowa. Dużo lepszym bodźcem aktywującym u piłkarzy nożnych, od ćwiczeń plajometryczno-izometrycznych (Till i Cooke 2009), wydaje się być przysiad ze sztangą (Chatzopoulos 2007, Nickerson i wsp. 2018). Zastosowane w protokołach treningowych z wykorzystaniem efektu PAP wartości obciążenia zewnętrznego powinny mieścić się w zakresie 60-84% 1RM (Lesinski i wsp. 2013, Wilson i wsp. 2013). Jeśli chodzi o dobór przerwy wypoczynkowej, to zgodnie z teorią PAP, powinna ona zawierać się w przedziale 2-10 minut od zastosowaniu bodźca aktywacyjnego. Na podstawie analizy wyników przytoczonych powyżej badań, przerwa wypoczynkowa dla piłkarzy nożnych, mieszcząca się w zakresie 4-8 minut wydaje się być optymalną, chociaż w niektórych przypadkach 2-minutowa przerwa wypoczynkowa pozwalała na osiągnięcie przez

zawodników jeszcze lepszych wyników w testach szybkości biegowej. Niektórzy autorzy wskazują jednak na potrzebę indywidualizacji przerwy wypoczynkowej, jak również intensywności i objętości bodźca aktywacyjnego (Gołaś i wsp. 2016).

4. Cel pracy, pytania i hipotezy badawcze

Zasadniczym celem pracy było ustalenie wpływu efektu PAP na szybkość startową (5 m) i absolutną (20 m) u piłkarzek nożnych, grających w ekstralidze. Ponadto podjęto się oceny skuteczności trzech wybranych ćwiczeń siłowych na wywołanie efektu PAP oraz ustalenia indywidualnej i grupowej biernej przerwy wypoczynkowej (IPW, OPW).

Realizacja założonych celów sprowadzono do uzyskania odpowiedzi na sformułowane poniżej pytania:

1. Jaka indywidualna (IPW) i grupowa bierna przerwa wypoczynkowa (OPW) pozwala najefektywniej wykorzystać zjawisko PAP, w odniesieniu do poprawy mocy szczytowej kończyn dolnych i zajmowanej pozycji na boisku?
2. Czy wystąpiła istotna różnica pomiędzy IPW, a optymalną dla danej pozycji bierną przerwą wypoczynkową OPW, w odniesieniu do poprawy mocy szczytowej kończyn dolnych i zajmowanej pozycji na boisku?
3. Czy uwidoczniła się różnica pomiędzy indywidualną, a optymalną dla danej pozycji bierną przerwą wypoczynkową, w aspekcie skrócenia czasów w sprintach, uzyskiwanych na odcinku 5 m i 20 m?
4. Które z trzech ćwiczeń aktywacyjnych w największym stopniu pozwala wykorzystać efekt wzmocnienia poaktywacyjnego u piłkarzek nożnych, w odniesieniu do poprawy mocy szczytowej kończyn dolnych i skrócenia czasów w sprintach, uzyskiwanych na odcinku 5 m i 20 m?

Hipotezy

1. Dla każdej z zawodniczek można ustalić indywidualną bierną przerwę wypoczynkową IPW, wynoszącą 2, 4, 6 lub 8 minut, pozwalającą najefektywniej wykorzystać zjawisko PAP.
2. Występuje istotna różnica pomiędzy indywidualną IPW, a optymalną dla danej pozycji bierną przerwą wypoczynkową OPW, w odniesieniu do poprawy mocy szczytowej kończyn dolnych i zajmowanej pozycji na boisku.

3. Istnieje istotna różnica pomiędzy indywidualną IPW, a optymalną dla danej pozycji bierną przerwą wypoczynkową OPW, w aspekcie skrócenia czasów w sprintach na odcinku 5 m i 20 m.
4. Przysiad wykroczny w większym stopniu wpływa na możliwość wykorzystania efektu PAP w porównaniu do pozostałych ćwiczeń izolowanych.

5. Materiał i metody badawcze

5.1. Materiał badawczy

Badaniami objęta została grupa piłkarek nożnych, grających w polskiej ekstraklidze. Udział w nich wzięło 29 zawodniczek (wiek $20,9 \text{ lat} \pm 2,1$; wzrost $166,2 \text{ cm} \pm 3,9$; masa ciała $56,4 \text{ kg} \pm 3,7$) reprezentujących zbliżony poziom sportowy i z podobnym doświadczeniem w zakresie treningu siły mięśniowej, wynoszącym 2-3 lata i grających w ekstraklidze co najmniej 2 lata. Dobór uczestniczek eksperymentu był losowo-celowy, zawodniczki poddawane testom znajdowały się w fazie folikularnej cyklu miesięczkowego (weryfikacja na podstawie deklaracji ustnej). Testy zostały przeprowadzone w okresie po zakończeniu rozgrywek ligowych rund letnich oraz rundy zimowej. Zawodniczki nie wykonywały żadnego treningu oporowego na 72 godziny przed każdym z etapów badań. Uczestniczki eksperymentu zostały poinformowane o protokole i przebiegu badań, a także wynikających z niego ewentualnych zagrożeń oraz korzyści, a następnie wyraziły pisemną zgodę na uczestnictwo.

Udział w eksperymencie był dobrowolny i na każdym z jego etapów zawodniczki mogły zrezygnować. Badania były przeprowadzane w ramach Grantu MNiSW NRSA4 040 54 pt.: *Wykorzystanie mechanizmu wzmocnienia po-aktywacyjnego (PAP) w optymalizacji treningu mocy z wykorzystaniem modelowania biometrycznego zawodników wybranych dyscyplin sportu*. Protokół testowy został zaakceptowany przez Uczelnianą Komisję Bioetyczną ds. Badań Naukowych Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach (Uchwała Komisji Bioetycznej nr 7/2015).

5.2. Procedura badawcza

Badania zostały przeprowadzone w Laboratorium Siły i Mocy Mięśniowej Akademii Wychowania Fizycznego im. J. Kukuczki w Katowicach. Badania wykonano w dwóch etapach, przeprowadzonych o tej samej porze dnia, w godzinach przedpołudniowych (9.00-12.00). Pierwszy etap został zrealizowany tydzień przed głównymi sesjami pomiarowymi drugiego etapu i zakładał pomiar siły maksymalnej (1RM) dla 3 ćwiczeń aktywacyjnych: przysiad wykroczny (obydwie nogi) z wykorzystaniem przyrządu Keiser Air Squat, uginanie kończyn dolnych leżąc przodem z wykorzystaniem przyrządu Keiser Air Leg Curl, wspięcia na palce z wykorzystaniem przyrządu Keiser Squat oraz określenia IPW.

Po wykonaniu 15-minutowej rozgrzewki na ergometrze M3 Total Body Trainer i wykonaniu kilku ćwiczeń siłowych angażujących górną i dolną część ciała przeprowadzono testy siły maksymalnej zgodnie z procedurą Baechle i wsp. (2008). Badanie obejmujące 3 – 5 prób miało określić maksymalny poziom siły mięśniowej każdej z zawodniczek. Do ustalenia wartości 1RM wykorzystany został wzór (Beachle i wsp. 2008):

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

Na podstawie wartości 1RM obliczono wartość obciążenia zewnętrznego zastosowanego w ćwiczeniach aktywacyjnych (60% 1RM). Następnie ustalono IPW osobno dla każdego z ćwiczeń. Dla przysiadów wykrocznych oraz uginania kolanowego kończyn dolnych leżąc przodem badane wykonały 3 serie po 4 powtórzenia dla każdej z kończyn, a w przypadku wspięć na palce 3 serie po 8 powtórzeń z 30 s przerwą pomiędzy seriami. Wybór kończyny, od której zawodniczka rozpoczynała wykonywanie ćwiczenia, należał do niej. Następnie po upływie 2, 4, 6 oraz 8 minut wykonano 1 próbę ćwiczenia aktywacyjnego, składającą się z 2 powtórzeń maksymalnych i odczytywano z panelu urządzenia wartość szczytowej wygenerowanej mocy - Pmax [W] (odnotowano lepszy wynik). Na podstawie analizy uzyskanych wyników ustalono IPW oraz OPW. Pomiędzy próbami na poszczególnych urządzeniach zastosowano 15 min. przerwę. Po upływie 24 godzin przeprowadzono taką samą procedurę testową mocy szczytowej kończyn dolnych dla każdego z trzech ćwiczeń z zastosowaniem wyłącznie OPW. Drugi etap badań składał się z 3 osobnych sesji pomiarowych, podczas których zastosowano taką samą procedurę testową. Każda z sesji polegała na wykonaniu takiej samej rozgrzewki, jak podczas pierwszego etapu, po której zawodniczki wykonywały bieg sprinterski na 20 m. Zawodniczki z wyznaczonego miejsca wykonywały start z pozycji wykroczonej (wybór kończyny wykroczonej należał do zawodniczki) na sygnał dźwiękowy „Start”. Pomiar szybkości absolutnej wykonywany był ze startu lotnego. W badaniu zastosowano fotokomórki Microgate Witty. Redundantna transmisja radiowa stosowana w tych fotokomórkach zapewnia, że uzyskane dane są przesyłane do timera z maksymalną precyzją ($\pm 0,4$ tysięczne sekundy), nawet gdy sygnał jest zakłócany (Microgate Witty Folder 2016). Wykonywano pomiar czasów osiągniętych przez zawodniczki na poszczególnych odcinkach sprintu, a fotokomórki ustawione były w trzech punktach na trasie biegu: na starcie, na 5-tym i na 20-tym metrze. Po wykonaniu pomiarów bazowej szybkości startowej i absolutnej, po 15-minutowej przerwie, przystąpiono do wykonywania ćwiczeń aktywacyjnych wg protokołu przedstawionego w Tabeli 1.

Tabela1. Protokół treningowy zastosowany w badaniach

SESJA	ĆWICZENIE AKTYWACYJNE	OCIĄŻENIE ZEWNĘTRZNE/ILOŚĆ SERII/ILOŚĆ POWTÓRZEŃ/CZAS NAPIĘCIA***	DZIEŃ SESJI	PRZERWA WYPOCZYNKOWA	PMIAR SZYBKOŚCI
SESJA I	PRZYSIAD WYKROCZNY*	60% 1RM/3/4-4/3	1	IPW	startowej (5 m) absolutnej (20 m)
			2	OPW	
SESJA II	UGINANIE KOŃCZYNY DOLNEJ LEŻĄC PRZODEM**	60% 1RM/3/4-4/3	1	IPW	startowej (5 m) absolutnej (20 m)
			2	OPW	
SESJA III	WSPIĘCIA NA PALCE	60% 1RM/3/8/3	1	IPW	startowej (5 m) absolutnej (20 m)
			2	OPW	

* Kąt zgięcia kończyny dolnej w stawie kolanowym 90°

** Pełny zakres ruchu kończyny uginanej w stawie kolanowym

*** Czas napięcia mięśni w fazie ekscentrycznej ruchu

IPW – Indywidualna Przerwa Wypoczynkowa

OPW – Grupowa Przerwa Wypoczynkowa

5.3. Narzędzia statystyczne

Do optymalizacji wniosków analiz, zostały zastosowane i sprawdzone, najbardziej użyteczne metody i narzędzia analizy statystycznej.

Przyjęto poziom istotności dla wykonywanych analiz $p < 0.05$. Normalność rozkładu zmiennych została sprawdzona testem Shapiro-Wilka. Test jednorodności wariancji Levene'a zastosowano w celu weryfikacji jednorodności zmiennych i ustalenia narzędzi statystycznych.

Wyniki przeprowadzonych testów jednoznacznie określiły, iż zmienne posiadały rozkład normalny lub zbliżony do normalnego ($p > 0.05$).

Badanie wstępne rozpoczęto od określenia statystyk opisowych analizowanych zmiennych (Maestas i Preuhs 2000; Ostasiewicz i wsp. 2006; Kumar i wsp. 2008; Maszczyk i wsp. 2011, 2012).

Tabele liczości określiły stosunek występowania określonych wartości IPW i OPW w poszczególnych podgrupach (pozycje na boisku) oraz dla całej grupy (Keele i Kelly 2006; Ostasiewicz i wsp. 2006).

W celu uzyskania odpowiedzi dotyczącej testowania hipotez o braku różnic pomiędzy wartościami poszczególnych badanych zmiennych opisujących zależności pomiędzy IPW, a wynikami testów mocy szczytowej kończyn dolnych oraz szybkości biegu na odcinkach 5 i 20 m, w aspekcie całej grupy i z podziałem na pozycje na boisku, zastosowano analizę wariancji ANOVA. Analiza wariancji zastosowano także w celu sprawdzenia istotności statystycznej różnic pomiędzy trzema wykonywanymi ćwiczeniami, w aspekcie zarejestrowanych wyników sprintów na 5 m i 20 m. Do określenia tych zależności wykorzystano również wykresy kolumnowe, obrazujące porównania ilościowe danych wsadowych w podgrupach z uwzględnieniem ćwiczeń aktywujących (Maestas i Preuhs 2000, Greene 2003, Paradysz 2005; Keele i Kelly 2006; Ostasiewicz i wsp. 2006).

Uzyskane w toku badań wyniki zostaną umieszczone i wstępnie opracowane w programie MS Excel, a analizy i porównania będą przeprowadzone przy użyciu programu STATISTICA.

6. Wyniki badań

6.1. Analizy wstępne – statystyki opisowe

W pierwszej kolejności sprawdzono rozkłady wszystkich analizowanych zmiennych, uzyskanych podczas kolejnych pomiarów. Parametry oraz statystyki opisowe zmiennych pomiarowych dla badanych grup, zaprezentowano w tabelach 2-7.

Tabela 2. Parametry opisowe w całej badanej grupie dla zmiennych testu mocy szczytowej kończyn podczas wyznaczania IPW-PP oraz wartości OPW-PP

Zmienna P [W]		S	V
P przed IPW (60% 1-RM)	661,379	87,515	13,232
P po IPW/2 min.	682,172	107,858	15,811
P po IPW /4 min.	730,517	112,165	15,354
P po IPW /6 min.	747,414	102,101	13,661
P po IPW /8 min.	722,379	107,916	14,939
OPW	5	1,640	31,290

Tabela 3. Parametry opisowe w całej badanej grupie dla zmiennych testu mocy szczytowej kończyn podczas wyznaczania IPW-PU oraz wartości OPW-PU

Zmienna P [W]		S	V
P przed IPW (60% 1-RM)	307,034	88,675	28,881
P po IPW/2 min.	312,207	86,147	27,593
P po IPW /4 min.	337,690	89,310	26,448
P po IPW /6 min.	345,034	83,804	24,289
P po IPW /8 min.	332,207	84,541	25,448
OPW	5	1,640	31,290

Tabela 4. Parametry opisowe w całej badanej grupie dla zmiennych testu mocy szczytowej kończyn podczas wyznaczania IPW-PW oraz wartości OPW-PW

Zmienna P [W]		S	V
P przed IPW (60% 1-RM)	395,207	52,147	13,195
P po IPW/2 min.	409,379	63,375	15,481
P po IPW /4 min.	435,724	65,590	15,053
P po IPW /6 min.	445,000	59,937	13,469
P po IPW /8 min.	430,069	63,436	14,750
OPW	5	1,640	31,290

Tabela 5. Parametry opisowe w całej badanej grupie dla zmiennych testu szybkości w aspekcie IPW-PP oraz OPW-PP

Zmienna S [s]		S	V
S5 przed IPW i OPW	1,212	0,107	8,850
S5 po OPW	1,168	0,095	8,153
S5 po IPW	1,152	0,085	7,416
S20 przed IPW i OPW	3,456	0,159	4,607
S20 po OPW	3,372	0,152	4,499
S20 po IPW	3,357	0,147	4,370

Tabela 6. Parametry opisowe w całej badanej grupie dla zmiennych testu szybkości w aspekcie IPW-PU oraz OPW-PU

Zmienna S [s]		S	V
S5 przed IPW i OPW	1,180	0,089	7,532
S5 po OPW	1,198	0,092	7,672
S5 po IPW	1,183	0,105	8,885
S20 przed IPW i OPW	3,408	0,139	4,078
S20 po OPW	3,435	0,143	4,161
S20 po IPW	3,430	0,143	4,166

Tabela 7. Parametry opisowe w całej badanej grupie dla zmiennych testu szybkości w aspekcie IPW-PW oraz OPW-PW

Zmienna S [s]		S	V
S5 przed IPW i OPW	1,176	0,098	8,362
S5 po OPW	1,187	0,086	7,077
S5 po IPW	1,198	0,090	7,474
S20 przed IPW i OPW	3,417	0,144	4,201
S20 po OPW	3,490	0,157	4,488
S20 po IPW	3,469	0,161	4,641

Analiza porównawcza statystyk opisowych wykazała, iż w grupie badanej bez podziału na pozycje zajmowane na boisku, największe bezwzględne zróżnicowanie wartości badanych parametrów mocy szczytowej wykazały zmienne: P po IPW /4 min. oraz P po IPW /8 min., podczas testu PP (odpowiednio S= 112,165 i S= 107,916). Natomiast

największe względne zróżnicowanie wykazała zmienna: P przed IPW podczas testu PU ($V=28,881\%$). Zmienna OPW wyznaczyła wartość $31,29\%$ zmienności względnej we wszystkich testach.

Natomiast największe bezwzględne zróżnicowanie wartości badanych parametrów szybkości testowej wykazały zmienne: S20 po IPW podczas testu PU oraz S20 przed IPW i OPW podczas testu PP (odpowiednio $S= 0,161$ i $S= 0,159$). Największe względne zróżnicowanie wykazała zmienna S5 przed IPW i OPW podczas testu PP ($V=8,850\%$).

6.2. Wyznaczanie IPW oraz OPW z wykorzystaniem wyników testów mocy szczytowej kończyn dolnych po PP, PU i PW

Tabele 8 do 10 prezentują wartości mocy szczytowej uzyskane podczas kolejnych etapów testów kończyn dolnych po PP, PU i PW dla całej badanej grupy zawodniczek z uwzględnieniem ich pozycji na boisku.

Tabela 8. Wyniki testów mocy szczytowej [W] kończyn dolnych w poszczególnych etapach wyznaczania IPW po PP

Pozycja	P (60% 1-RM)	P/2 min.	P/4 min.	P/6 min.	P/8 min.	IPW
P	478	398	459	645	521	6
P	573	574	574	600	610	8
O	486	540	545	554	544	6
N	529	509	511	584	499	6
O	780	737	791	822	792	6
B	664	594	747	746	717	4
O	800	821	870	930	854	6
P	790	801	871	850	834	4
B	680	730	795	760	720	4
B	692	798	780	732	720	2
P	685	740	801	830	798	6
N	695	787	837	866	891	8
N	682	701	810	830	813	6
O	557	654	672	689	728	8
N	708	839	848	964	917	6
P	719	649	724	719	709	4
N	712	789	792	801	779	6
O	633	781	772	721	718	2
P	670	710	732	728	701	4
O	718	675	722	710	698	4
O	678	701	798	828	810	6
B	663	593	746	745	716	4
P	718	647	719	710	698	4
O	479	510	525	550	538	6
B	688	710	778	759	699	4
N	695	725	760	798	820	8
N	590	601	630	675	610	6
P	698	790	856	820	800	4
O	720	679	720	709	695	4
SUMA:	661	682	731	747	722	
Funkcja: WYST.NAJCZĘŚCIEJ.WART				OPW		6

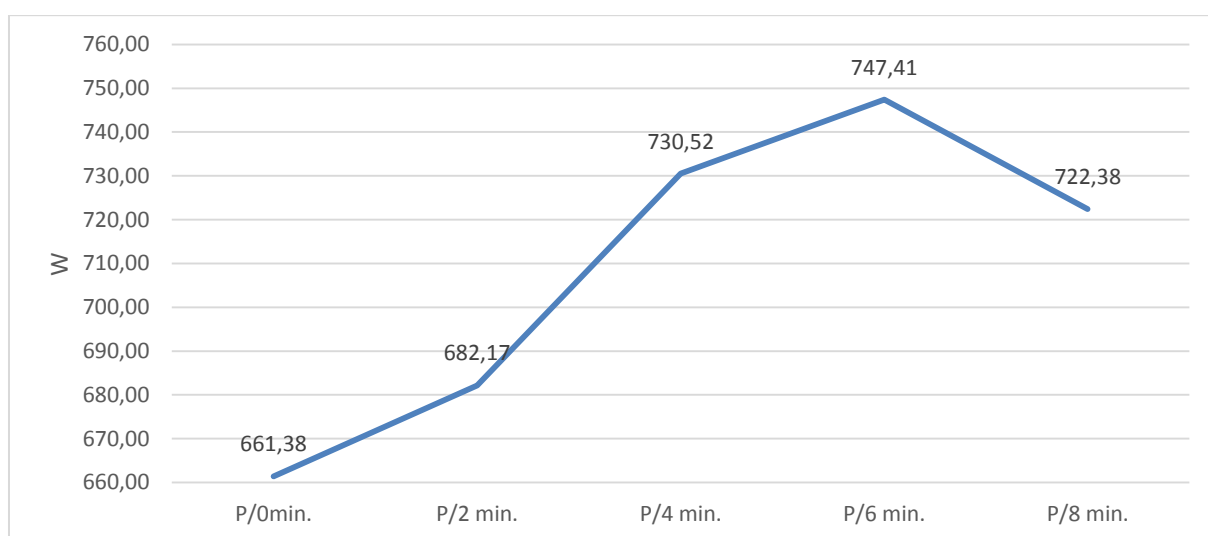
Tabela 9. Wyniki testów mocy szczytowej [W] kończyn dolnych w poszczególnych etapach wyznaczania IPW po PU

Pozycja	P (60% 1-RM)	P/2 min.	P/4 min.	P/6 min.	P/8 min.	IPW
P	215	180	202	284	229	6
P	260	258	260	274	276	8
O	223	237	240	244	240	6
N	232	230	232	262	225	6
O	358	340	364	378	365	6
B	293	260	327	335	317	6
O	351	360	382	420	370	6
P	371	376	408	398	388	4
B	300	320	351	334	315	4
B	313	358	351	330	321	2
P	302	236	352	366	348	6
N	304	346	367	376	390	8
N	300	308	355	367	355	6
O	245	287	293	305	321	8
N	311	371	383	423	403	6
P	316	287	319	315	309	4
N	313	346	349	353	342	6
O	278	342	340	317	310	2
P	295	312	323	320	307	4
O	316	297	318	311	306	4
O	300	309	352	365	356	6
B	291	261	329	326	315	4
P	315	285	316	312	307	4
O	210	225	231	242	236	6
B	302	313	343	331	307	4
N	305	319	334	352	361	8
N	258	265	276	297	268	6
P	307	347	376	360	352	4
O	317	297	318	311	306	4
SUMA:	293	299	324	331	319	
Funkcja: WYST.NAJCZĘŚCIEJ.WART				OPW	6	

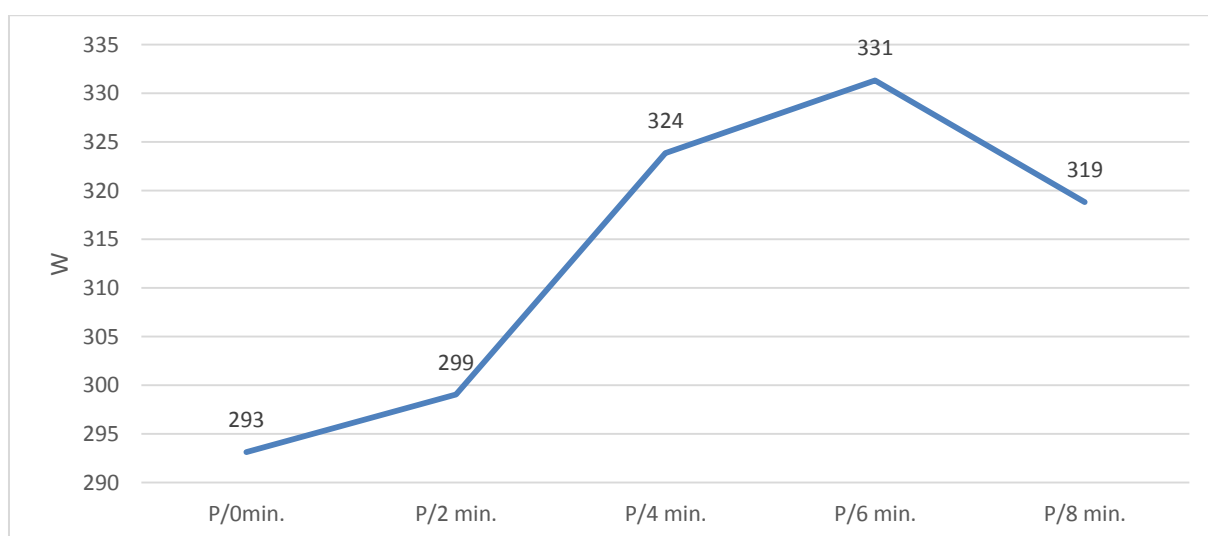
Tabela 10. Wyniki testów mocy szczytowej [W] kończyn dolnych w poszczególnych etapach wyznaczania IPW po PW

Pozycja	P (60% 1-RM)	P/2 min.	P/4 min.	P/6 min.	P/8 min.	IPW
P	286	238	274	386	312	6
P	342	345	350	358	364	8
O	291	323	326	333	325	6
N	316	304	313	349	298	6
O	466	441	464	492	473	6
B	397	413	447	436	427	4
O	478	490	520	556	510	6
P	472	478	520	510	498	4
B	407	436	475	454	430	4
B	414	478	465	433	428	2
P	407	438	467	490	470	6
N	415	470	500	510	522	8
N	408	418	480	492	485	6
O	333	392	402	412	432	8
N	423	500	506	566	541	6
P	430	388	432	427	423	4
N	425	471	474	479	465	6
O	378	465	450	431	422	2
P	400	424	435	430	418	4
O	429	403	431	424	417	4
O	405	419	477	495	484	6
B	396	354	450	442	427	4
P	429	386	429	424	417	4
O	287	304	313	328	320	6
B	411	424	465	452	416	4
N	416	433	454	480	491	8
N	353	359	376	403	364	6
P	417	472	511	490	478	4
O	430	406	430	423	415	4
SUMA:	395	409	436	445	430	
Funkcja: WYST.NAJCZĘŚCIEJ.WART				OPW	6	

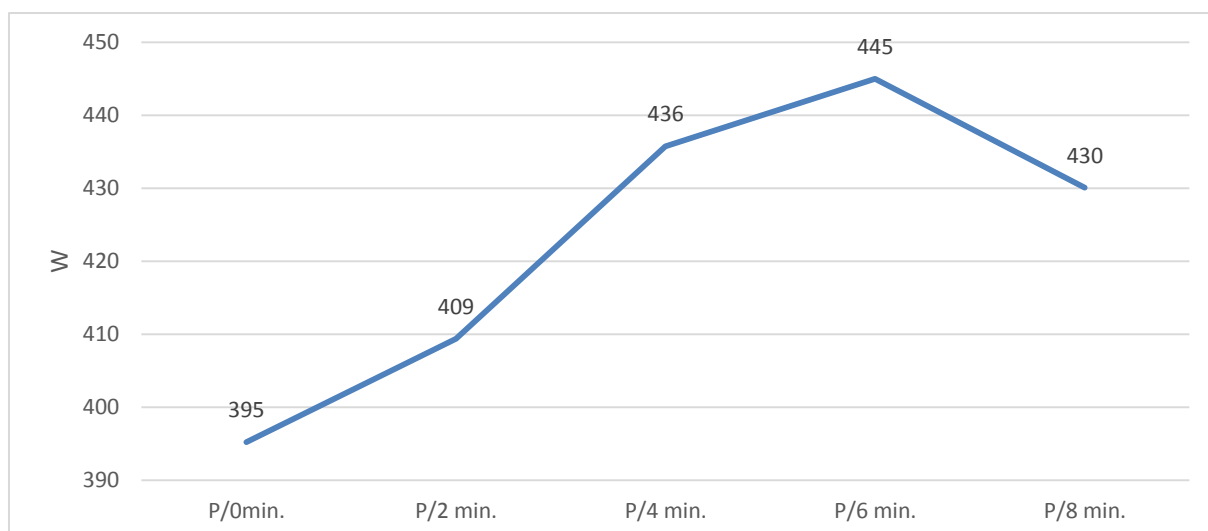
Dla wszystkich zawodniczek wyznaczono IPW (ostatnie kolumny w tabelach) odpowiadające najlepszemu uzyskanemu wynikowi testu mocy szczytowej kończyn dolnych po PP, PU i PW, wykorzystując funkcję arkusza kalkulacyjnego (WYST.NAJCZĘŚCIEJ.WART). Tym samym wyznaczono wartości OPW dla całej badanej grupy zawodniczek, która wyniosła **6 min** zarówno po PP, jak po PU i PW. Dodatkowo przeanalizowano sumaryczne wartości dla poszczególnych przerw wypoczynkowych, co potwierdziło, że dla przerwy wypoczynkowej wynoszącej 6 min. grupa uzyskała najwyższe wartości mocy szczytowej kończyn dolnych (wykresy 1 do 3). Tym samym zweryfikowano wstępnie OPW wynoszącą 6 min dla całej grupy zawodniczek po PP, PU i PW.



Wykres 1. Zmiany w uzyskanych wartościach sumarycznych mocy szczytowej kończyn dolnych dla całej grupy zawodniczek po PP i OPW



Wykres 2. Zmiany w uzyskanych wartościach sumarycznych mocy szczytowej kończyn dolnych dla całej grupy zawodniczek po PU i OPW



Wykres 3. Zmiany w uzyskanych wartościach sumarycznych mocy szczytowej kończyn dolnych dla całej grupy zawodniczek po PW i OPW

W następnej kolejności przeanalizowano wyniki testów z uwzględnieniem jedynie wyniku mocy szczytowej, uzyskanego po wyznaczeniu IPW z uwzględnieniem pozycji zajmowanych na boisku oraz osobno wyników uzyskanych po wykonaniu poszczególnych ćwiczeń.

Tabele od 11 do 13 prezentują wyniki analizy tabeli przestawnej wartości mocy szczytowej kończyn dolnych uzyskane po zastosowaniu IPW po PP, PU i PW dla bramkarek (B), napastniczek (N), obrończyń (O) i pomocniczek (P).

Tabela 11. Wyniki analizy tabeli przestawnej testów mocy szczytowej kończyn dolnych po zastosowaniu IPW po PP

Pozycja	P [W]	IPW
B	747	4
B	795	4
B	798	2
B	746	4
B	778	4
WYST.NAJCZĘŚCIEJ.WART	OPW (B)	4
N	584	6
N	891	8
N	830	6
N	964	6
N	801	6
N	820	8
N	675	6
WYST.NAJCZĘŚCIEJ.WART	OPW (N)	6
O	554	6
O	822	6
O	930	6
O	728	8
O	781	2
O	722	4
O	828	6
O	550	6
O	720	4
WYST.NAJCZĘŚCIEJ.WART	OPW (O)	6
P	645	6
P	610	8
P	871	4
P	830	6
P	724	4
P	732	4
P	719	4
P	856	4
WYST.NAJCZĘŚCIEJ.WART	OPW (P)	4

Tabela 12. Wyniki analizy tabeli przestawnej testów mocy szczytowej kończyn dolnych po zastosowaniu IPW po PU

Pozycja	P [W]	IPW
B	284	4
B	351	4
B	358	2
B	329	4
B	343	4
WYST.NAJCZĘŚCIEJ.WART	OPW (B)	4
N	284	6
N	390	8
N	367	6
N	423	6
N	353	6
N	361	8
N	297	6
WYST.NAJCZĘŚCIEJ.WART	OPW (N)	6
O	284	6
O	378	6
O	420	6
O	321	8
O	342	2
O	318	4
O	365	6
O	242	6
O	318	4
WYST.NAJCZĘŚCIEJ.WART	OPW (O)	6
P	284	6
P	276	8
P	408	4
P	366	6
P	319	4
P	323	4
P	316	4
P	376	4
WYST.NAJCZĘŚCIEJ.WART	OPW (P)	4

Tabela 13. Wyniki analizy tabeli przestawnej testów mocy szczytowej kończyn dolnych po zastosowaniu IPW po PW

Pozycja	P [W]	IPW
B	447	4
B	475	4
B	478	2
B	450	4
B	465	4
WYST.NAJCZĘŚCIEJ.WART	OPW (B)	4
N	349	6
N	522	8
N	492	6
N	566	6
N	479	6
N	491	8
N	403	6
WYST.NAJCZĘŚCIEJ.WART	OPW (N)	6
O	333	6
O	492	6
O	556	6
O	432	8
O	465	2
O	431	4
O	495	6
O	328	6
O	430	4
WYST.NAJCZĘŚCIEJ.WART	OPW (O)	6
P	386	6
P	364	8
P	520	4
P	490	6
P	432	4
P	435	4
P	429	4
P	511	4
WYST.NAJCZĘŚCIEJ.WART	OPW (P)	4

6.3. Analiza liczności IPW oraz OPW z wykorzystaniem tabel liczności po PP, PU i PW

W celu określenia liczności ustalonych IPW po trzech ćwiczeniach aktywizujących (PP, PU i PW), dla całej grupy zawodniczek oraz z podziałem na poszczególne pozycje na boisku, wykonana została analiza z wykorzystaniem tabeli liczności (Tabele od 14 do 18).

Ta sama analiza została przeprowadzona w odniesieniu do OPW. W przypadku OPW po trzech ćwiczeniach aktywizujących, otrzymano te same przedziały czasowe (Tabela 19).

Tabela 14. Tabela liczności IPW w poszczególnych przedziałach czasów regeneracji dla całej grupy zawodniczek po PP, PU i PW

IPW	Liczność	Procent całości [%]	Skumulowany procent [%]
2 min	2	7	7
4 min	11	38	45
6 min	12	41	86
8 min	4	14	100

Tabela 15. Tabela liczności IPW w poszczególnych przedziałach czasów regeneracji dla B po PP, PU i PW

IPW	Liczność	Procent całości [%]	Skumulowany procent [%]
2 min	1	20	20
4 min	4	80	100

Tabela 16. Tabela liczności IPW w poszczególnych przedziałach czasów regeneracji dla N po PP, PU i PW

IPW	Liczność	Procent całości [%]	Skumulowany procent [%]
6 min	5	71	71
8 min	2	29	100

Tabela 17. Tabela liczności IPW w poszczególnych przedziałach czasów regeneracji dla O po PP, PU i PW

IPW	Liczność	Procent całości [%]	Skumulowany procent [%]
2 min	1	11	11
4 min	2	22	33
6 min	5	56	89
8 min	1	11	100

Tabela 18. Tabela liczności IPW w poszczególnych przedziałach czasów regeneracji dla P po PP, PU i PW

IPW	Liczność	Procent całości [%]	Skumulowany procent [%]
4 min	5	63	63
6 min	2	25	88
8 min	1	13	100

Tabela 19. Tabela liczności OPW w poszczególnych przedziałach czasów regeneracji dla całej grupy w odniesieniu do zajmowanych pozycji na boisku po PP, PU i PW

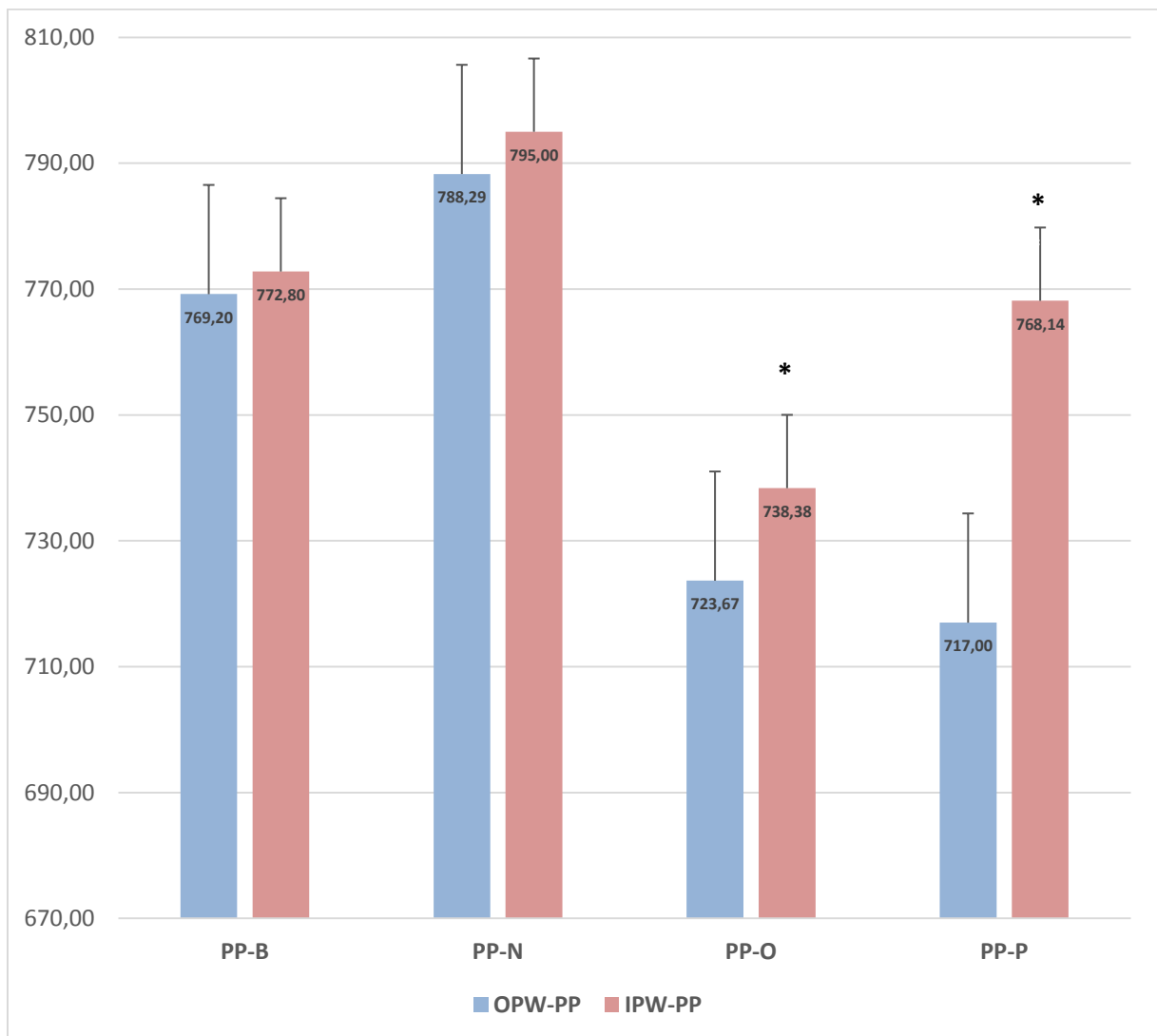
OPW	Liczność	Procent całości [%]
4 min	6	50
6 min	6	50

6.4. Analiza różnic w wielkościach testowych mocy szczytowej kończyn dolnych po PP, PU i PW, z podziałem na pozycje zawodniczek na boisku, z wykorzystaniem analizy wariancji ANOVA

W celu porównania występowania różnic w wielkościach testowych mocy szczytowej kończyn dolnych wykonana została analiza wariancji ANOVA. Miała na celu określenie, która z przerw wypoczynkowych (IPW czy OPW), w większym stopniu wpływa na

polepszenie się mocy szczytowej kończyn dolnych po wstępnym pobudzeniu PP, PU i PW, z uwzględnieniem zajmowanych pozycji na boisku.

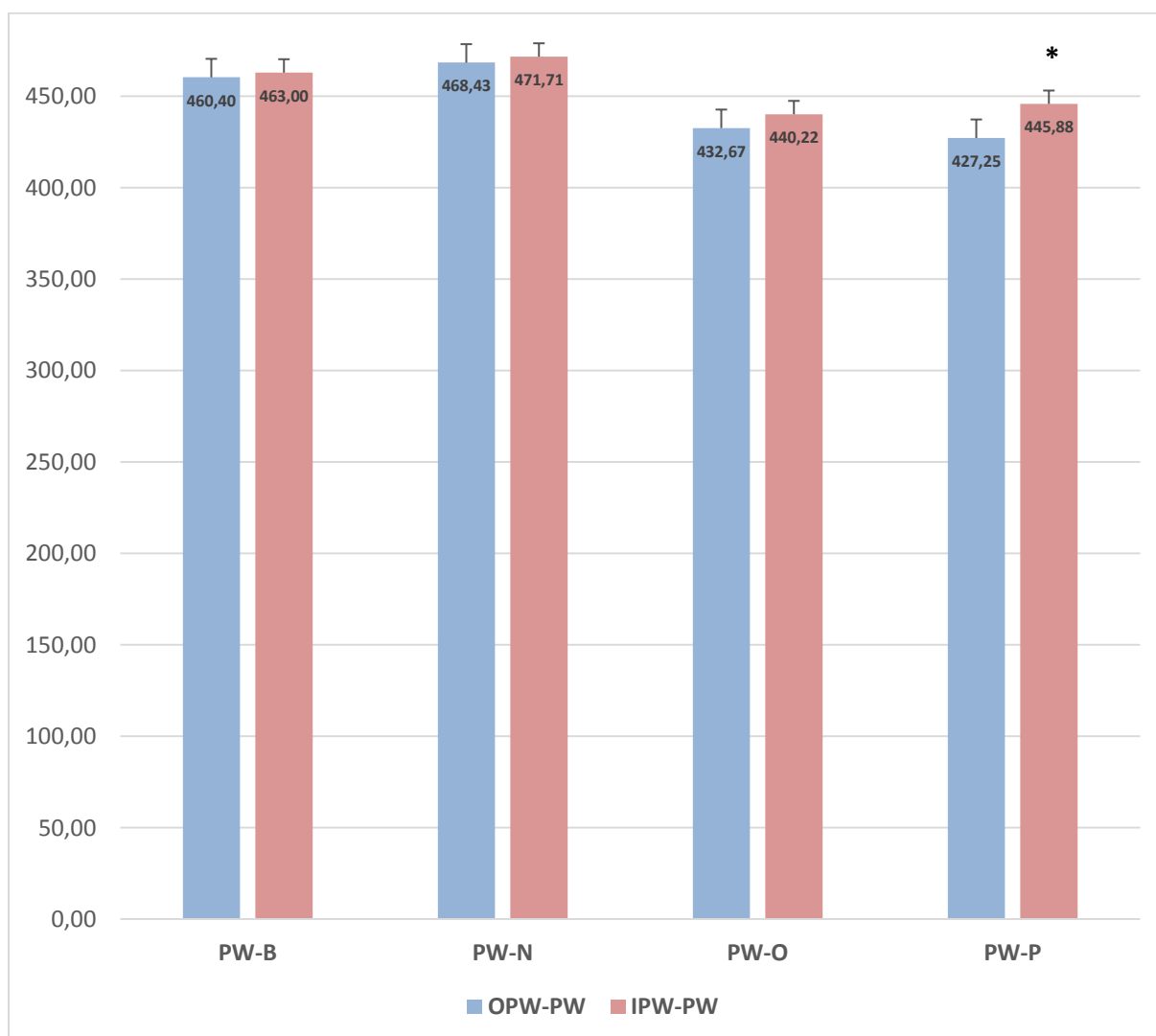
Analiza wariancji ANOVA, wykazała różnice w wartościach osiągniętej mocy szczytowej po PP pomiędzy IPW i OPW, nie wykazała jednak, że różnice te są istotne statystycznie w odniesieniu do bramkarek ($F=0.232$; $p=0.871$) i napastniczek ($F=1.121$; $p=0.767$). Wykazała natomiast istotną statystycznie różnicę ($F=4.821$; $p=0.039$), w przypadku pomocniczek oraz obrończyń ($F=4.273$; $p=0.043$) na korzyść IPW (Wykres 4).



Wykres 4. Różnice w uzyskanych wielkościach mocy szczytowej kończyn dolnych po PP w aspekcie IPW i OPW z podziałem na zajmowane pozycje na boisku przez badane zawodniczki

*- różnica istotna statystycznie

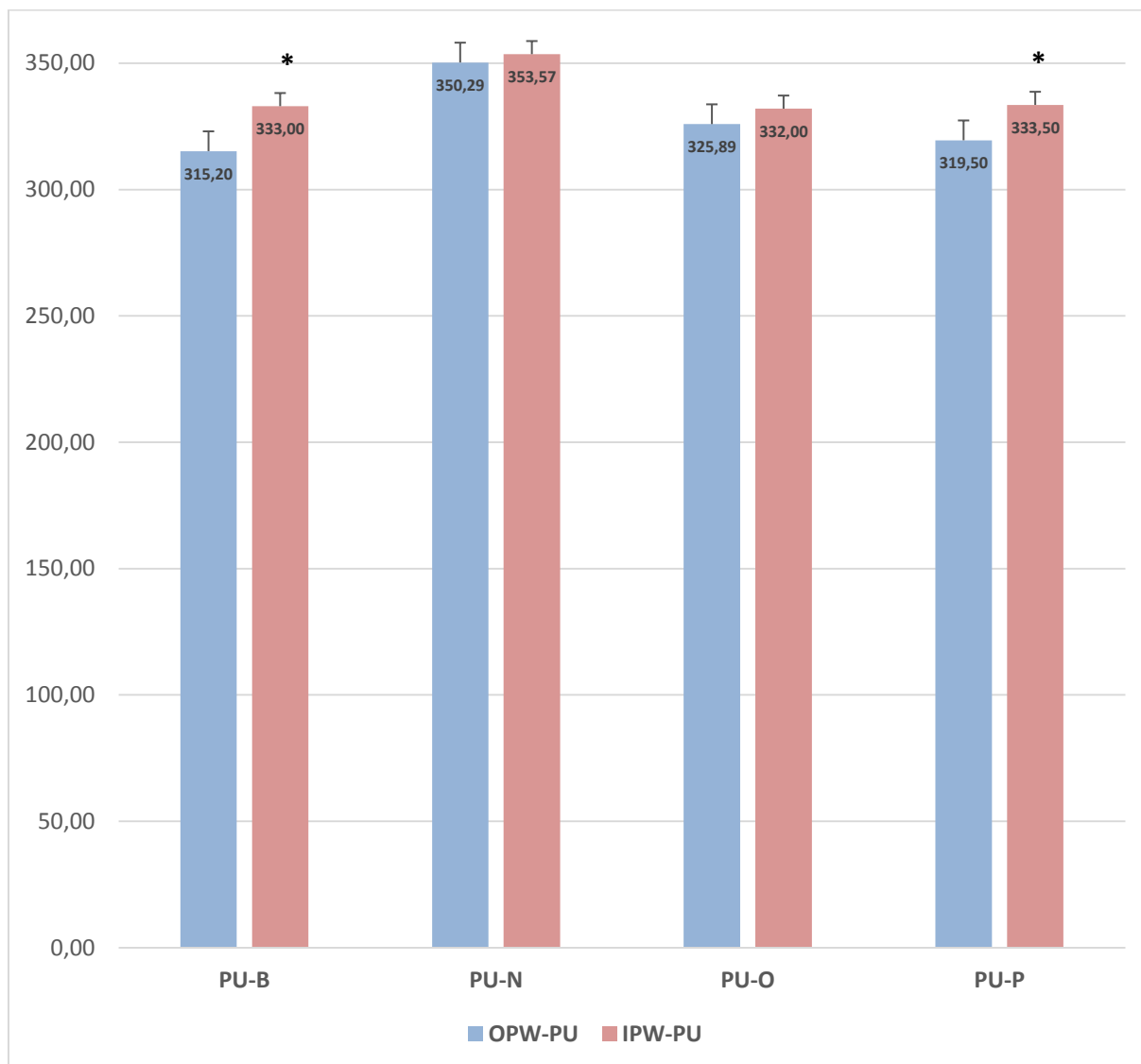
W przypadku PW analiza wariancji ANOVA, również wykazała różnice w wartościach osiągniętej mocy szczytowej pomiędzy IPW i OPW, które podobnie jak po pobudzeniu PP w przypadku bramkarek ($F=0.115$; $p=0.912$), napastniczek ($F=0.932$; $p=0.868$) i obrończyń ($F=1.121$; $p=0.332$) nie były istotne statystycznie, jednak większe w odniesieniu do IPW. Wykazała natomiast istotną statystycznie różnicę ($F=3.326$; $p=0.041$), w przypadku pomocniczek, również na korzyść IPW (Wykres 5).



Wykres 5. Różnice w uzyskanych wielkościach mocy szczytowej kończyn dolnych po PW w aspekcie IPW i OPW z podziałem na zajmowane pozycje na boisku przez badane zawodniczki

*- różnica istotna statystycznie

Nieco inaczej różnice w wartościach mocy szczytowej po zastosowanych IPW i OPW wyglądały w przypadku PU. Analiza wariancji ANOVA, wykazała różnice istotne statystycznie w wartościach osiągniętej mocy szczytowej w przypadku bramkarek ($F=5.335$; $p=0.038$) i pomocniczek ($F=5.245$; $p=0.039$) i były one większe w odniesieniu do IPW. Wykazała natomiast brak istotnych statystycznie różnic w przypadku napastniczek i obrończyń (odpowiednio $F=0.182$; $p=0.971$ i $F=0.897$; $p=0.821$), również na korzyść IPW (Wykres 6).



Wykres 6. Różnice w uzyskanych wielkościach mocy szczytowej kończyn dolnych po PU w aspekcie IPW i OPW z podziałem na zajmowane pozycje na boisku przez badane zawodniczki

*- różnica istotna statystycznie

6.5. Analiza różnic w wielkościach testowych szybkości na 5 m i 20 m po PP, PU i PW, z podziałem na pozycje zawodniczek na boisku, z wykorzystaniem analizy wariancji ANOVA

W kolejnym kroku, mając na celu porównanie występowania różnic w wielkościach testowych szybkości na 5 m i 20 m po wstępnym pobudzeniu PP, PU i PW, z uwzględnieniem zajmowanych pozycji na boisku, wykonana została, analogiczna jak w przypadku porównań wartości mocy szczytowej, analiza wariancji ANOVA dla wartości szybkości.

Analiza wariancji ANOVA, wykazała różnice w wartościach osiągniętej szybkości na 5 m pomiędzy IPW, OPW, a wartościami przed zastosowaniem ćwiczenia aktywującego PP (Tabela 20).

Tabela 20. Wyniki analizy wariancji testów szybkości 5 m przed i po zastosowaniu IPW oraz OPW po ćwiczeniu aktywującym PP z uwzględnieniem pozycji na boisku

Bramkarki			
	S5przed	S5po OPW	S5po IPW
Wartości różnicujące	1,25s	1,20s	1,19s
S5przed		0,044	0,042
S5po OPW	0,044		0,999
S5po IPW	0,042	0,999	
Napastniczki			
	S5przed	S5po OPW	S5po IPW
Wartości różnicujące	1,15s	1,09s	1,06s
S5przed		0,597	0,034
S5po OPW	0,597		0,886
S5po IPW	0,034	0,886	
Obrończynie			
	S5przed	S5po OPW	S5po IPW
Wartości różnicujące	1,25s	1,22s	1,19s
S5przed		0,520	0,120
S5po OPW	0,520		0,613
S5po IPW	0,120	0,613	
Pomocniczki			
	S5przed	S5po OPW	S5po IPW
Wartości różnicujące	1,22s	1,16s	1,13s
S5przed		0,248	0,038
S5po OPW	0,248		0,812
S5po IPW	0,038	0,812	

Wystąpiły istotne statystycznie różnice wyników testów szybkości w przypadku bramkarek, napastniczek i pomocniczek po zastosowaniu IPW w odniesieniu do wartości wyjściowych i po zastosowaniu OPW w odniesieniu do bramkarek. Jedynie w przypadku obrończyń różnice nie były istotne statystycznie. Wyniki wskazują, że IPW w większym stopniu różnicuje grupę zawodniczek niż OPW.

Ta sama analiza wariancji ANOVA, wykazała różnice w wartościach osiągniętej szybkości na 20 m po PP pomiędzy IPW, OPW, a wartościami przed zastosowaniem ćwiczenia aktywującego (Tabela 21).

Tabela 21. Wyniki analizy wariancji testów szybkości 20 m przed i po zastosowaniu IPW oraz OPW po ćwiczeniu aktywującym PP z uwzględnieniem pozycji na boisku

Bramkarki			
	S20przed	S20po OPW	S20po IPW
Wartości różnicujące	3,57s	3,47s	3,46s
S20przed		0,014	0,011
S20po OPW	0,014		0,985
S20po IPW	0,011	0,985	
Napastniczki			
	S20przed	S20po OPW	S20po IPW
Wartości różnicujące	3,33s	3,28s	3,26s
S20przed		0,7018	0,627
S20po OPW	0,701		0,991
S20po IPW	0,627	0,991	
Obrończynie			
	S20przed	S20po OPW	S20po IPW
Wartości różnicujące	3,48s	3,42s	3,40s
S20przed		0,514	0,039
S20po OPW	0,514		0,974
S20po IPW	0,039	0,974	
Pomocniczki			
	S20przed	S20po OPW	S20po IPW
Wartości różnicujące	3,46s	3,33s	3,35s
S20przed		0,028	0,421
S20po OPW	0,028		0,954
S20po IPW	0,421	0,954	

Wystąpiły istotne statystycznie różnice wyników testów szybkości w przypadku bramkarek, obrończyń i pomocniczek po zastosowaniu IPW i OPW, w odniesieniu do wartości wyjściowych. Jedynie w przypadku napastniczek różnice nie były istotne statystycznie. Wyniki wskazują, że IPW w większym stopniu różnicuje grupę zawodniczek niż OPW w przypadku bramkarek i obrończyń. Natomiast u pomocniczek istotną wartością różnicującą była OPW.

Kolejne tabele od 22 do 25 przedstawiają wyniki analizy wariancji ANOVA, mającej na celu zbadanie różnic wartości szybkości na 5 m i 20 m uzyskanych pomiędzy IPW, OPW, a wartościami przed zastosowaniem ćwiczeń aktywujących PU i PW.

Tabela 22. Wyniki analizy wariancji testów szybkości 5 m przed i po zastosowaniu IPW oraz OPW po ćwiczeniu aktywującym PU z uwzględnieniem pozycji na boisku

Bramkarki			
	S5przed	S5po OPW	S5po IPW
Wartości różnicujące	1,22s	1,22s	1,22s
S5przed		0,989	0,997
S5po OPW	0,989		0,976
S5po IPW	0,997	0,976	
Napastniczki			
	S5przed	S5po OPW	S5po IPW
Wartości różnicujące	1,16s	1,16s	1,12
S5przed		0,992	0,037
S5po OPW	0,992		0,817
S5po IPW	0,037	0,817	
Obrończynie			
	S5przed	S5po OPW	S5po IPW
Wartości różnicujące	1,19s	1,20s	1,20s
S5przed		0,876	0,957
S5po OPW	0,876		0,977
S5po IPW	0,957	0,977	
Pomocniczki			
	S5przed	S5po OPW	S5po IPW
Wartości różnicujące	1,16s	1,20s	1,20s
S5przed		0,622	0,658
S5po OPW	0,622		0,998
S5po IPW	0,658	0,998	

W przypadku wartości szybkości na 5 m po PU wystąpiły istotne statystycznie różnice wyników testów szybkości jedynie w przypadku napastniczek po zastosowaniu IPW w odniesieniu do wartości wyjściowych. W przypadku bramkarek, obrończyń i pomocniczek różnice nie były istotne statystycznie. Wyniki wskazują, że IPW w większym stopniu różnicuje grupę napastniczek niż OPW (Tabela 22). Natomiast dla poszczególnych wartości szybkości na 20 m po PU to nie wystąpiły istotne statystycznie różnice wyników testów szybkości w przypadku bramkarek, obrończyń, napastniczek i pomocniczek po zastosowaniu IPW i OPW, w odniesieniu do wartości wyjściowych (Tabela 23).

Tabela 23. Wyniki analizy wariancji testów szybkości 20 m przed i po zastosowaniu IPW oraz OPW po ćwiczeniu aktywującym PU z uwzględnieniem pozycji na boisku

Bramkarki			
	S20przed	S20po OPW	S20po IPW
Wartości różnicujące	3,55s	3,56s	3,56s
S20przed		0,887	0,912
S20po OPW	0,887		0,998
S20po IPW	0,912	0,998	
Napastniczki			
	S20przed	S20po OPW	S20po IPW
Wartości różnicujące	3,34s	3,32s	3,33s
S20przed		0,973	0,940
S20po OPW	0,973		0,993
S20po IPW	0,940	0,993	
Obrońcy			
	S20przed	S20po OPW	S20po IPW
Wartości różnicujące	3,40s	3,43s	3,43s
S20przed		0,896	0,903
S20po OPW	0,896		0,980
S20po IPW	0,903	0,980	
Pomocniczki			
	S20przed	S20po OPW	S20po IPW
Wartości różnicujące	3,39s	3,45s	3,45s
S20przed		0,561	0,470
S20po OPW	0,561		0,987
S20po IPW	0,470	0,987	

W tabeli 24 prezentowane są wartości szybkości na 5 m po PW. Wystąpiły istotne statystycznie różnice wyników testów szybkości jedynie w przypadku napastniczek po zastosowaniu IPW w odniesieniu do wartości wyjściowych. W przypadku bramkarek, obrońców i pomocniczek różnice nie były istotne statystycznie. Wyniki wskazują, że IPW w większym stopniu różnicuje grupę napastniczek niż OPW, tak jak miało to miejsce po PU (Tabela 24).

Tabela 24. Wyniki analizy wariancji testów szybkości 5 m przed i po zastosowaniu IPW oraz OPW po ćwiczeniu aktywującym PW z uwzględnieniem pozycji na boisku

Bramkarki			
	S5przed	S5po OPW	S5po IPW
Wartości różnicujące	1,22s	1,23s	1,23s
S5przed		0,766	0,859
S5po OPW	0,766		0,983
S5po IPW	0,859	0,983	
Napastniczki			
	S5przed	S5po OPW	S5po IPW
Wartości różnicujące	1,25s	1,18s	1,16s
S5przed		0,727	0,044
S5po OPW	0,727		0,975
S5po IPW	0,044	0,975	
Obrończynie			
	S5przed	S5po OPW	S5po IPW
Wartości różnicujące	1,19s	1,21s	1,20s
S5przed		0,901	0,957
S5po OPW	0,901		0,987
S5po IPW	0,957	0,987	
Pomocniczki			
	S5przed	S5po OPW	S5po IPW
Wartości różnicujące	1,17s	1,19s	1,20s
S5przed		0,657	0,771
S5po OPW	0,657		0,469
S5po IPW	0,771	0,469	

Natomiast dla poszczególnych wartości szybkości na 20 m po PW wystąpiły istotne statystycznie różnice wyników testów szybkości w przypadku bramkarek i pomocniczek. Jednak istotność w tym przypadku oznaczała pogorszenie się szybkości na 20 m po IPW i OPW u bramkarek oraz po IPW u pomocniczek. Dla obrończyń i napastniczek analiza ANOVA dla IPW i OPW, a wartościami wyjściowymi, nie wykazała istotnych statystycznie różnic. Należy tutaj nadmienić, iż wartości różnicujące dla IPW i OPW w obydwu przypadkach (obrończynie i napastniczki), były gorsze od wyjściowych (Tabela 25).

Tabela 25. Wyniki analizy wariancji testów szybkości 20 m przed i po zastosowaniu IPW oraz OPW po ćwiczeniu aktywującym PW z uwzględnieniem pozycji na boisku

Bramkarki			
	S20przed	S20po OPW	S20po IPW
Wartości różnicujące	3,55s	3,63s	3,62s
S20przed		0,031	0,035
S20po OPW	0,031		0,997
S20po IPW	0,035	0,997	
Napastniczki			
	S20przed	S20po OPW	S20po IPW
Wartości różnicujące	3,35s	3,39s	3,38s
S20przed		0,876	0,893
S20po OPW	0,876		0,999
S20po IPW	0,893	0,999	
Obrońcy			
	S20przed	S20po OPW	S20po IPW
Wartości różnicujące	3,42s	3,49s	3,48s
S20przed		0,657	0,746
S20po OPW	0,657		0,988
S20po IPW	0,746	0,988	
Pomocniczki			
	S20przed	S20po OPW	S20po IPW
Wartości różnicujące	3,39s	3,43s	3,49s
S20przed		0,745	0,042
S20po OPW	0,745		0,630
S20po IPW	0,042	0,630	

Ponieważ wyniki analiz w odniesieniu do IPW i OPW w aspekcie czasów wyjściowych wykazały brak istotnych różnic, a co więcej wykazały w kilku przypadkach obniżenie się wartości szybkości na 5 m i 20 m z uwzględnieniem pozycji na boisku przystąpiono do przeanalizowania różnic wartości szybkości w odniesieniu do wszystkich badanych zawodniczek jako drużyny, bez podziału na pozycje. Wyniki tych analiz zaprezentowano w tabeli 26. Jak można zauważyć, dla całej drużyny i poszczególnych wartości szybkości na 5 i 20 m po PP wystąpiły istotne statystycznie różnice po IPW. Szybkość poprawiła się na obydwu dystansach. Po ćwiczeniu PU analiza wariancji dla całej drużyny nie wykazała istotnych statystycznie różnic, jednak podobnie jak w przypadku analiz z podziałem na zajmowane miejsca na boisku, również w całej drużynie różnicujące wartości szybkości były gorsze po IPW i OPW. Podobna zależność została zauważona po ćwiczeniu aktywacyjnym PW (Tabela 26).

Tabela 26. Wyniki analizy wariancji testów szybkości na 5 m i 20 m przed i po zastosowaniu IPW oraz OPW po ćwiczeniach aktywujących PP, PU i PW dla całej drużyny

PP			
	S5przed	S5po OPW	S5po IPW
Wartości różnicujące	1,21s	1,17s	1,15s
S5przed		0,200	0,046
S5po OPW	0,200		0,813
S5po IPW	0,046	0,813	
PP			
	S20przed	S20po OPW	S20po IPW
Wartości różnicujące	3,46s	3,37s	3,35s
S20przed		0,098	0,042
S20po OPW	0,098		0,927
S20po IPW	0,042	0,927	
PU			
	S5przed	S5po OPW	S5po IPW
Wartości różnicujące	1,18s	1,19s	1,19s
S5przed		0,748	0,992
S5po OPW	0,748		0,818
S5po IPW	0,992	0,818	
PU			
	S20przed	S20po OPW	S20po IPW
Wartości różnicujące	3,41s	3,44s	3,43s
S20przed		0,751	0,829
S20po OPW	0,751		0,989
S20po IPW	0,829	0,989	
PW			
	S5przed	S5po OPW	S5po IPW
Wartości różnicujące	1,18s	1,21s	1,20s
S5przed		0,198	0,621
S5po OPW	0,198		0,702
S5po IPW	0,621	0,702	
PW			
	S20przed	S20po OPW	S20po IPW
Wartości różnicujące	3,42s	3,48s	3,46s
S20przed		0,176	0,401
S20po OPW	0,176		0,870
S20po IPW	0,401	0,870	

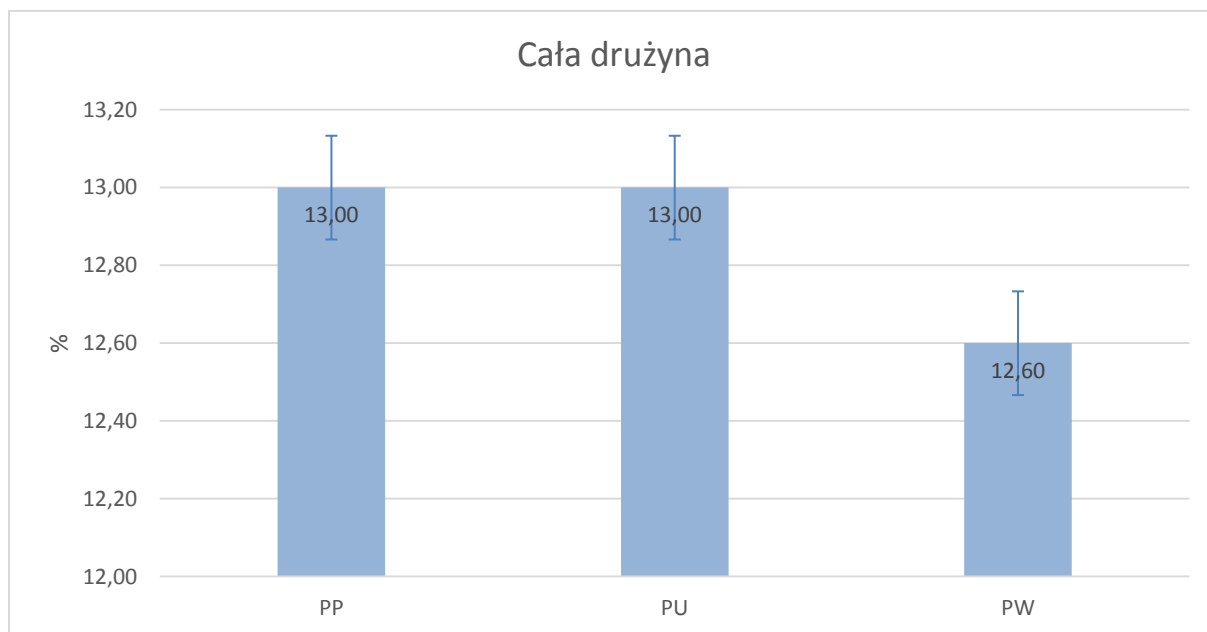
6.6. Analiza wpływu poszczególnych ćwiczeń aktywacyjnych na uzyskiwaną moc i szybkość na 5 m i 20 m po poszczególnych ćwiczeniach aktywacyjnych z wykorzystaniem analizy wariancji ANOVA

Ostatni etap analiz obejmował zatem badanie oddziaływania poszczególnych ćwiczeń aktywujących (PP, PU i PW) na uzyskiwane po nich wartości mocy kończyn dolnych i wyniki szybkości na 5 m i 20 m po zastosowaniu IPW.

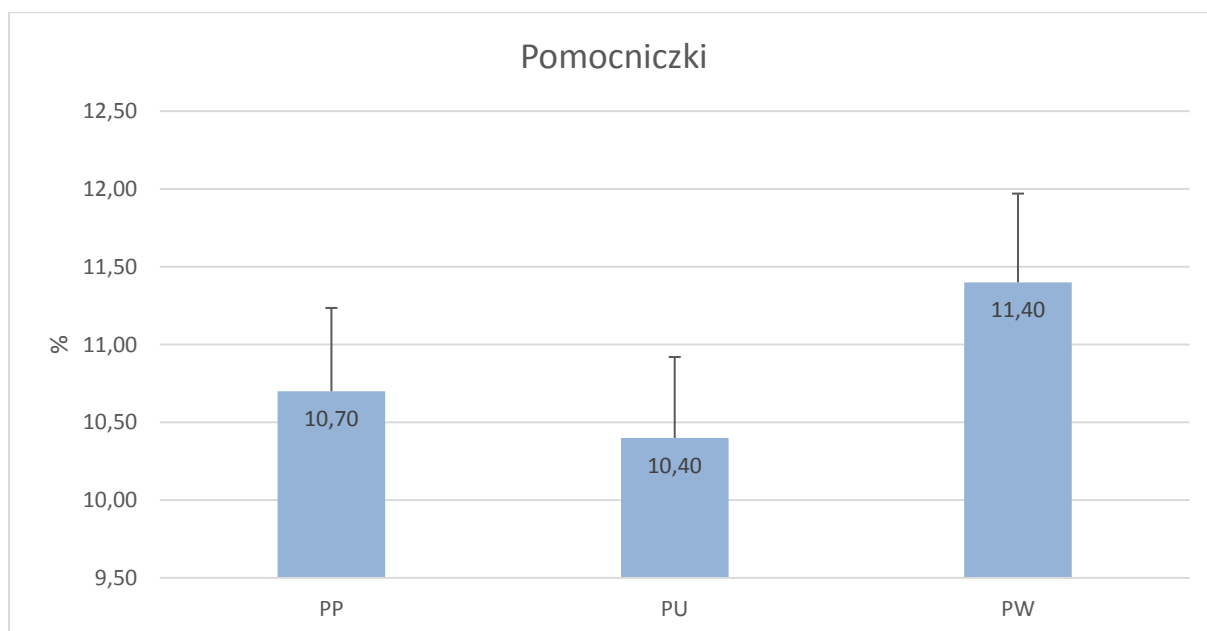
Tabela 27. Wartości przyrostów względnych mocy i absolutnych szybkości na 5 m oraz 20 m dla całej drużyny i zawodniczek, z podziałem na zajmowane pozycje na boisku po PP, PU, PW

Cała drużyna									
Ćwiczenie aktywacyjne	Moc przed [W]	Moc po [W]	Przyrost względny [%]	Szybkość 5 m przed	Szybkość 5 m po	Przyrost absolutny	Szybkość 20 m przed	Szybkość 20 m po	Przyrost absolutny
PP	661	747	13,00	1,21	1,15	-0,06	3,46	3,36	-0,10
PU	293	331	13,00	1,19	1,18	-0,01	3,41	3,43	0,02
PW	395	445	12,60	1,17	1,21	0,03	3,42	3,48	0,07
Pomocniczki									
Ćwiczenie aktywacyjne	Moc przed [W]	Moc po [W]	Przyrost względny [%]	Szybkość 5 m przed	Szybkość 5 m po	Przyrost absolutny	Szybkość 20 m przed	Szybkość 20 m po	Przyrost absolutny
PP	666	738	10,70	1,22	1,14	-0,08	3,46	3,33	-0,13
PU	298	329	10,40	1,16	1,20	0,04	3,39	3,45	0,06
PW	398	439	11,40	1,18	1,21	0,03	3,39	3,43	0,04
Obrończynie									
Ćwiczenie aktywacyjne	Moc przed [W]	Moc po [W]	Przyrost względny [%]	Szybkość 5 m przed	Szybkość 5 m po	Przyrost absolutny	Szybkość 20 m przed	Szybkość 20 m po	Przyrost absolutny
PP	650	724	11,30	1,25	1,19	-0,06	3,49	3,40	-0,08
PU	288	326	13,20	1,19	1,20	0,01	3,40	3,43	0,03
PW	389	433	11,40	1,19	1,20	0,01	3,42	3,48	0,06
Napastniczki									
Ćwiczenie aktywacyjne	Moc przed [W]	Moc po [W]	Przyrost względny [%]	Szybkość 5 m przed	Szybkość 5 m po	Przyrost absolutny	Szybkość 20 m przed	Szybkość 20 m po	Przyrost absolutny
PP	659	788	20,70	1,15	1,06	-0,10	3,33	3,26	-0,08
PU	287	350	22,00	1,22	1,22	0,00	3,55	3,56	0,01
PW	394	468	19,00	1,13	1,16	0,04	3,35	3,38	0,04
Bramkarki									
Ćwiczenie aktywacyjne	Moc przed [W]	Moc po [W]	Przyrost względny [%]	Szybkość 5 m przed	Szybkość 5 m po	Przyrost absolutny	Szybkość 20 m przed	Szybkość 20 m po	Przyrost absolutny
PP	677	769	10,50	1,25	1,20	-0,06	3,57	3,46	-0,11
PU	284	321	12,90	1,22	1,22	0,00	3,55	3,56	0,01
PW	405	460	13,70	1,22	1,23	0,01	3,55	3,62	0,07

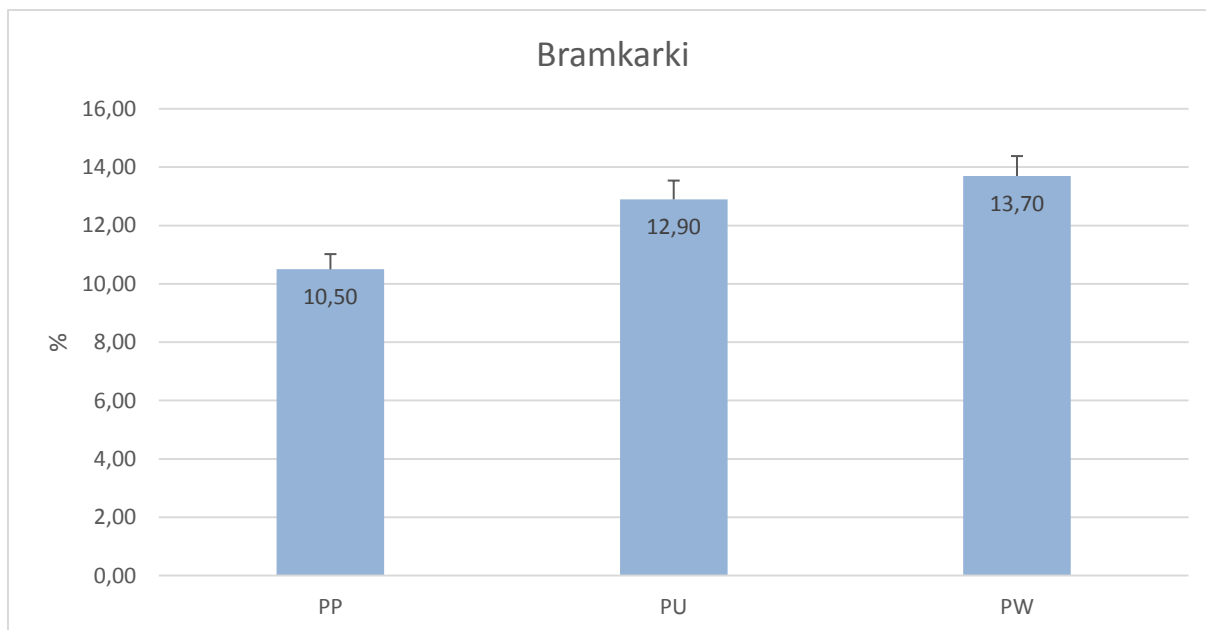
Wyniki obliczonych wartości przyrostów względnych mocy kończyn dolnych dla całej drużyny i z uwzględnieniem zajmowanych pozycji na boisku zaprezentowano na wykresach od 7 do 11.



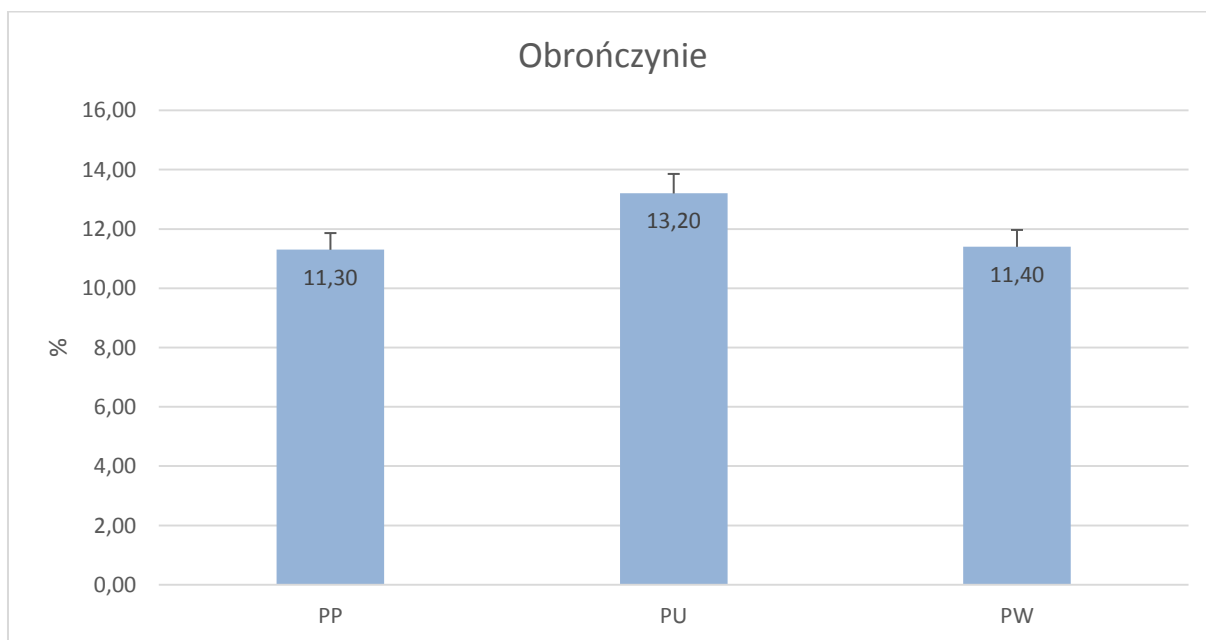
Wykres 7. Wartości przyrostów względnych mocy kończyn dolnych dla całej drużyny po PP, PU i PW



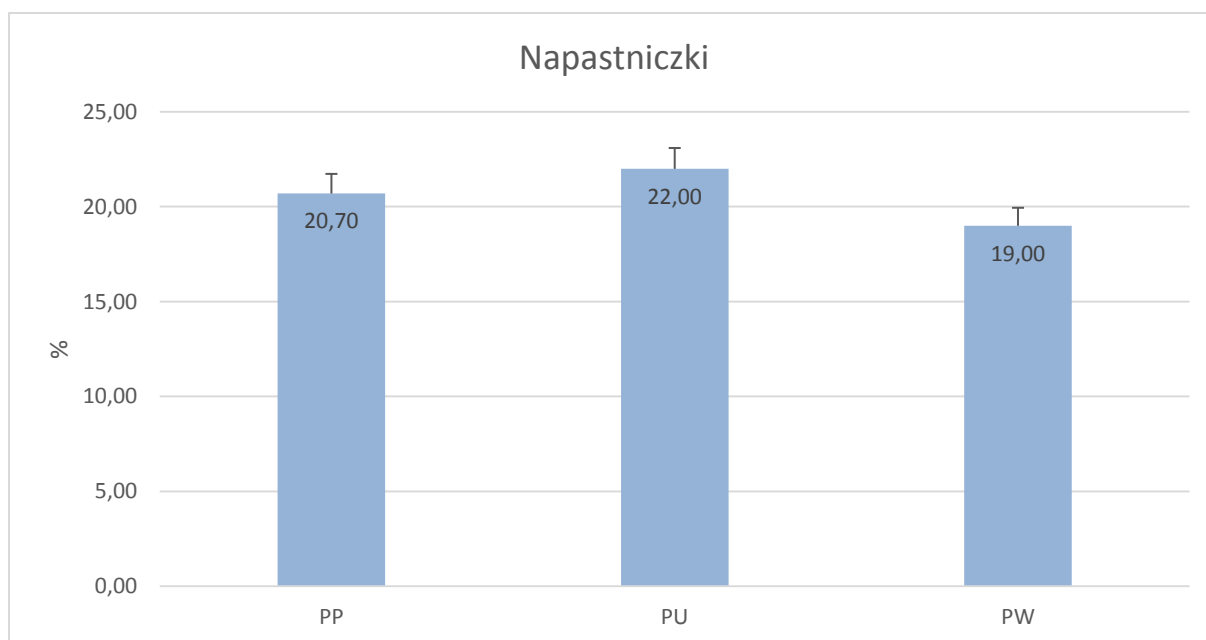
Wykres 8. Wartości przyrostów względnych mocy kończyn dolnych dla pomocniczek po PP, PU i PW



Wykres 9. Wartości przyrostów względnych mocy kończyn dolnych dla bramkarek po PP, PU i PW



Wykres 10. Wartości przyrostów względnych mocy kończyn dolnych dla obrończyni po PP, PU i PW



Wykres 11. Wartości przyrostów względnych mocy kończyn dolnych dla napastniczek po PP, PU i PW

Tabela 27 oraz wykresy 7 do 11, prezentują uśrednione wartości przyrostów względnych mocy po ćwiczeniach aktywujących PP, PU i PW, dla całej drużyny i zawodniczek z uwzględnieniem ich pozycji na boisku.

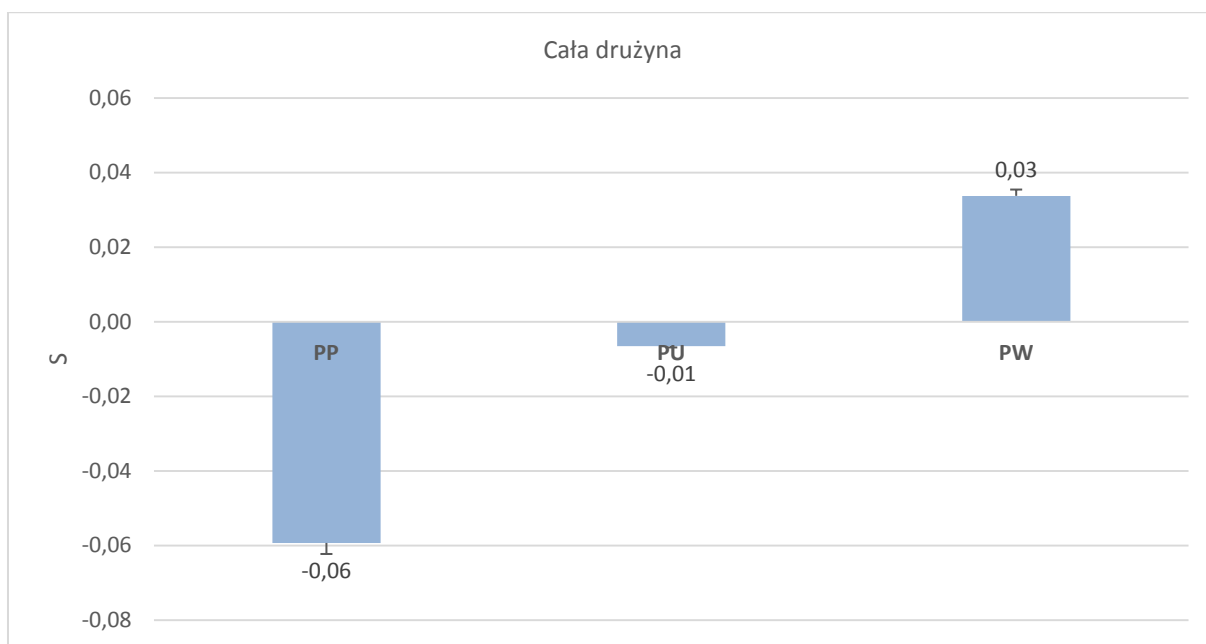
Zatem koniecznością było przeanalizowanie zmian przyrostów względnych mocy kończyn dolnych, z wykorzystaniem analizy wariancji ANOVA, pod względem istotnych różnic pomiędzy trzema wykorzystywanymi w badaniach ćwiczeniami aktywującymi oraz pomiędzy zajmowanymi pozycjami na boisku, w tym właśnie aspekcie. Wyniki tych analiz zaprezentowano w tabeli 28.

Tabela 28. Wyniki analizy ANOVA występowania i wielkości różnic obliczonych wartości przyrostów względnych mocy kończyn dolnych, po kolejnych ćwiczeniach aktywujących PP, PU i PW

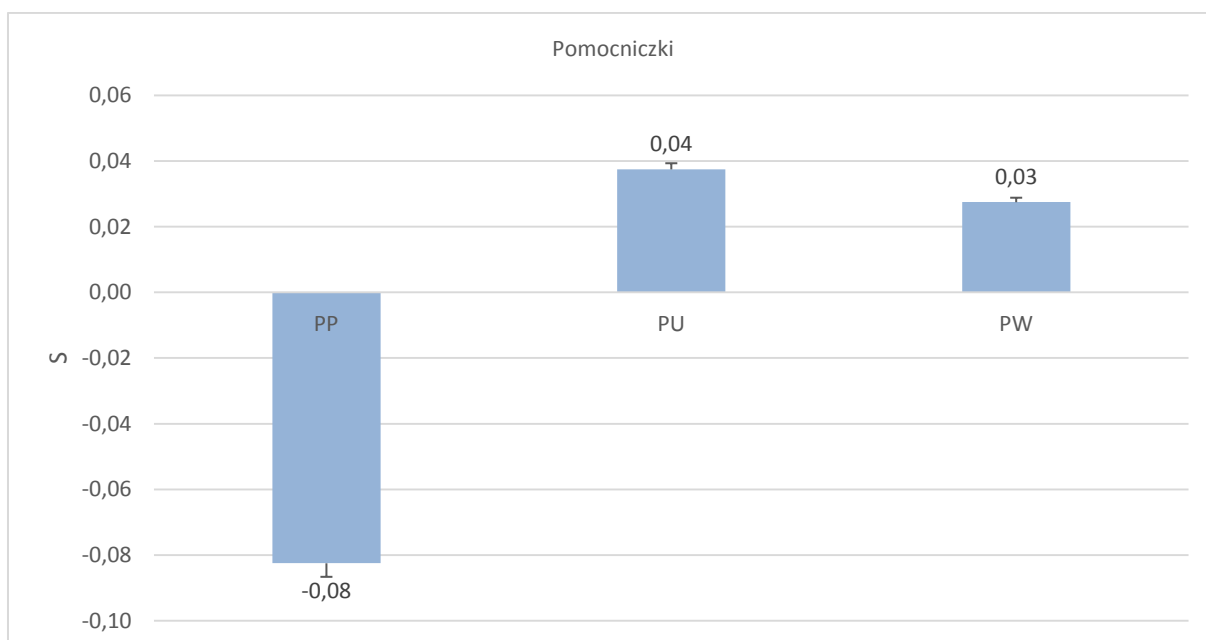
Cała drużyna			
Ćwiczenie aktywacyjne	PP	PU	PW
Wartości różnicujące	13%	13%	12,6%
PP		0,999	0,879
PU	0,999		0,879
PW	0,879	0,879	
Pomocniczki			
Ćwiczenie aktywacyjne	PP	PU	PW
Wartości różnicujące	10,7%	10,4%	11,4%
PP		0,929	0,684
PU	0,929		0,483
PW	0,684	0,483	
Bramkarki			
Ćwiczenie aktywacyjne	PP	PU	PW
Wartości różnicujące	10,5%	12,9%	13,7%
PP		0,059	0,018
PU	0,059		0,615
PW	0,018	0,615	
Obrońcy			
Ćwiczenie aktywacyjne	PP	PU	PW
Wartości różnicujące	11,3%	13,2%	11,4%
PP		0,060	0,989
PU	0,060		0,060
PW	0,989	0,060	
Napastniczki			
Ćwiczenie aktywacyjne	PP	PU	PW
Wartości różnicujące	20,70%	22,00%	19,00%
PP		0,319	0,174
PU	0,319		0,024
PW	0,174	0,024	

Wyniki analiz prezentowane w tabeli 28, jak również wizualizacja wartości przyrostów względnych mocy na wykresach 7-11, jednoznacznie wskazały na **PU** i **PW** jako ćwiczenia istotnie statystycznie wpływające na przyrosty względne mocy kończyn dolnych w grupie napastniczek, bramkarek i obrońców. W pozostałych grupach nie zauważono istotnych statystycznie różnic w wartościach przyrostów w aspekcie poszczególnych ćwiczeń aktywujących.

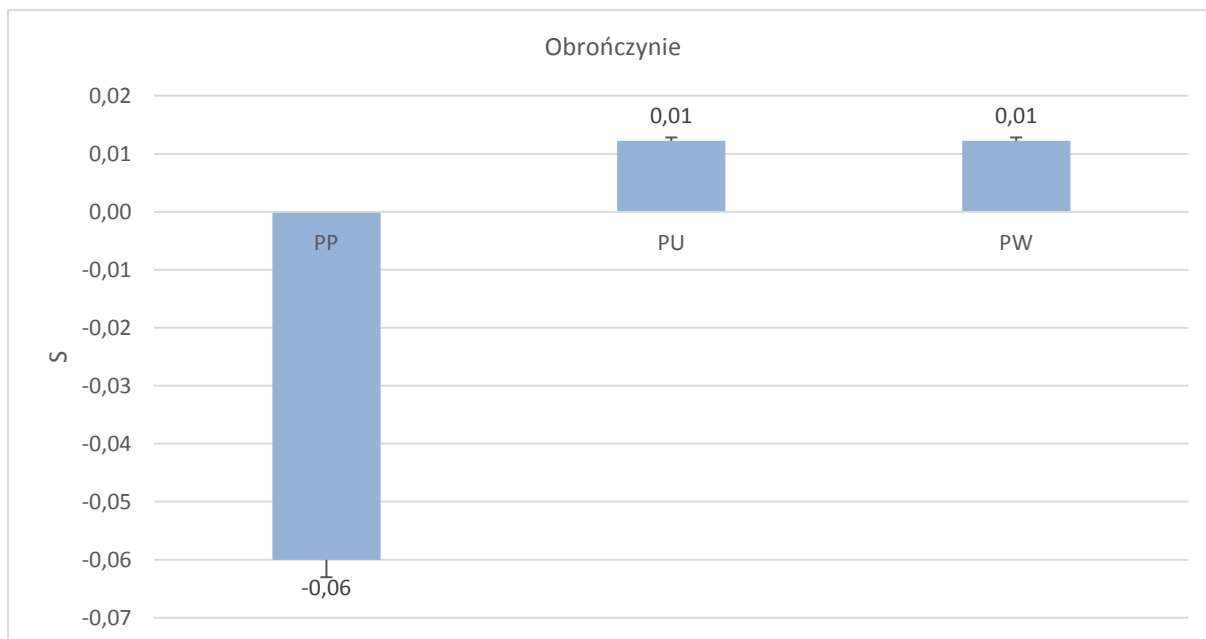
W następnej kolejności podobne analizy przeprowadzono dla przyrostów absolutnych szybkości. Wyniki obliczonych wartości przyrostów szybkości na 5 m i dla całej drużyny i z uwzględnieniem zajmowanych pozycji na boisku zaprezentowano na wykresach od 12 do 16, natomiast szybkości na 20 m na wykresach od 17 do 21.



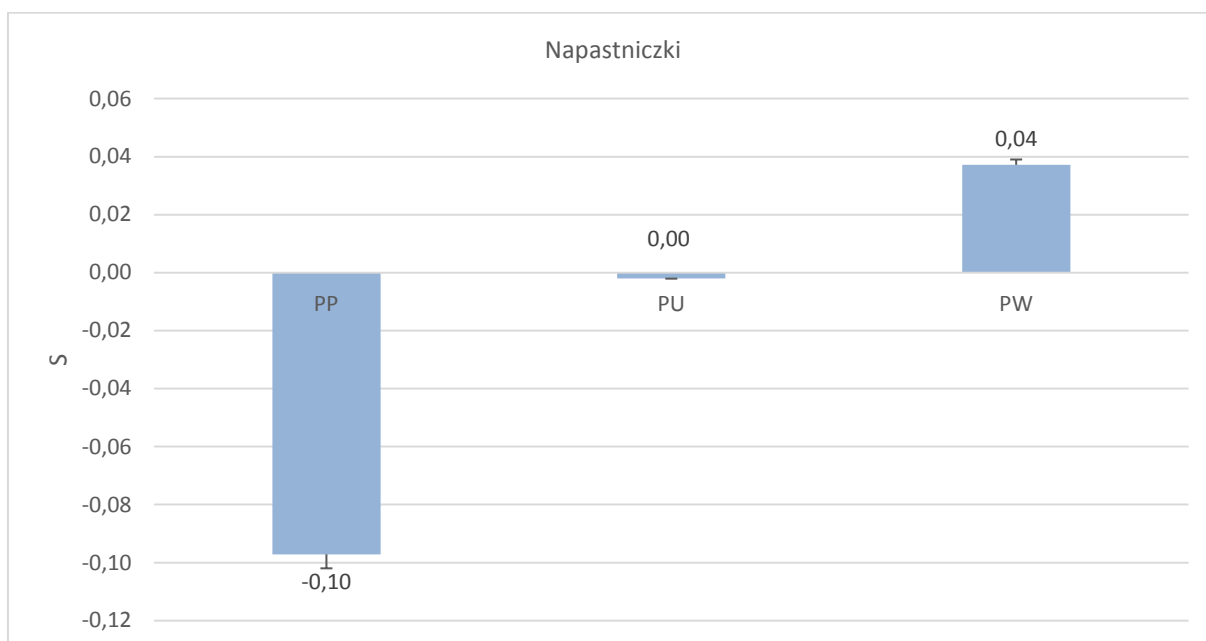
Wykres 12. Wartości przyrostów absolutnych szybkości na 5 m dla całej drużyny po PP, PU i PW



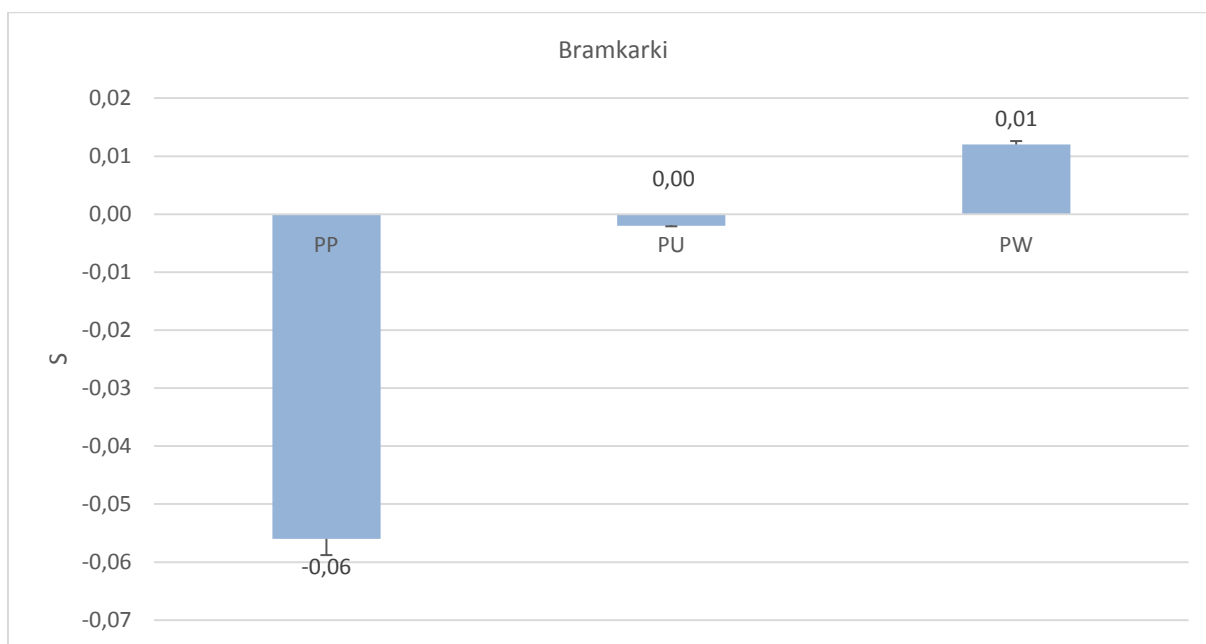
Wykres 13. Wartości przyrostów absolutnych szybkości na 5 m dla pomocniczek po PP, PU i PW



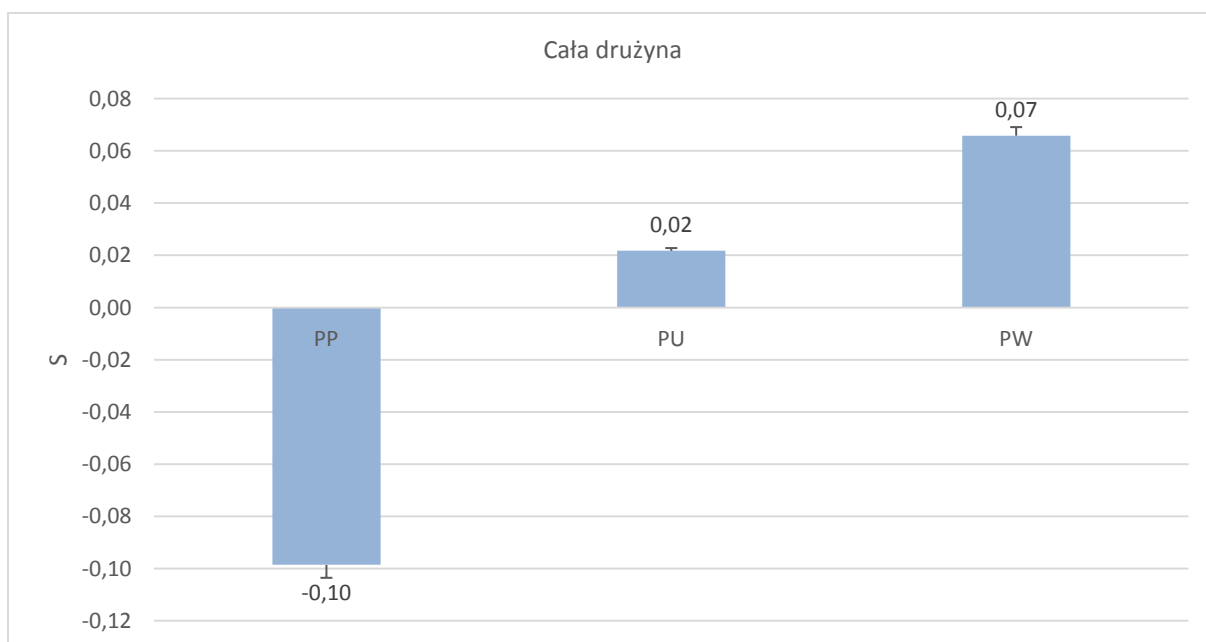
Wykres 14. Wartości przyrostów absolutnych szybkości na 5 m dla obrońców po PP, PU i PW



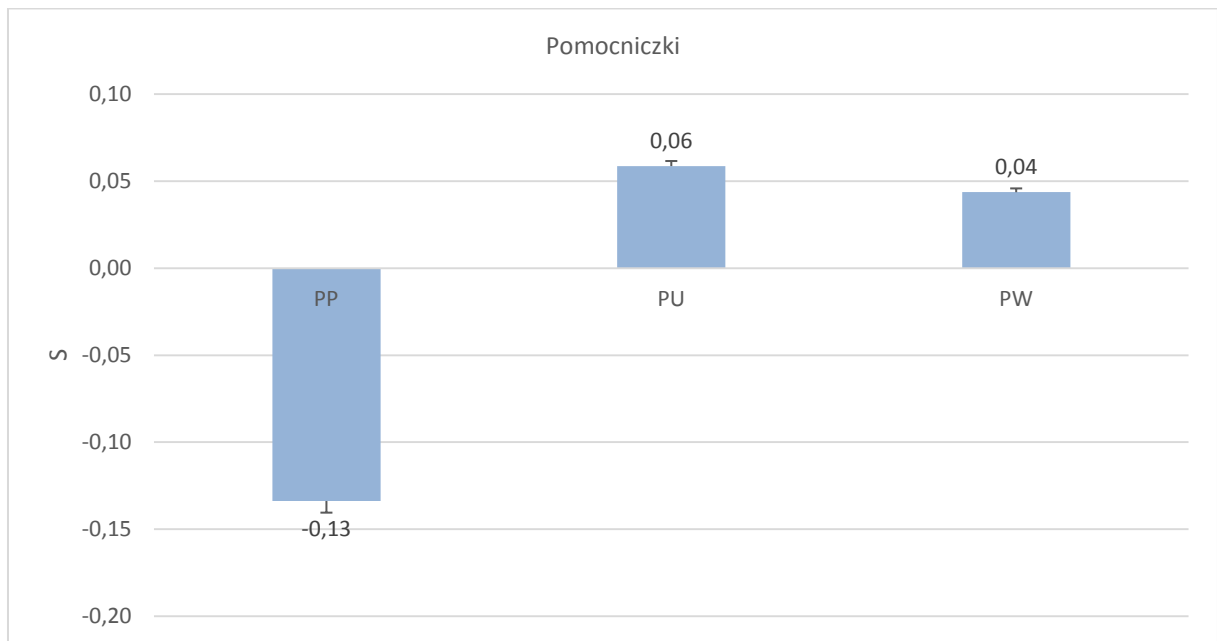
Wykres 15. Wartości przyrostów absolutnych szybkości na 5 m dla napastników po PP, PU i PW



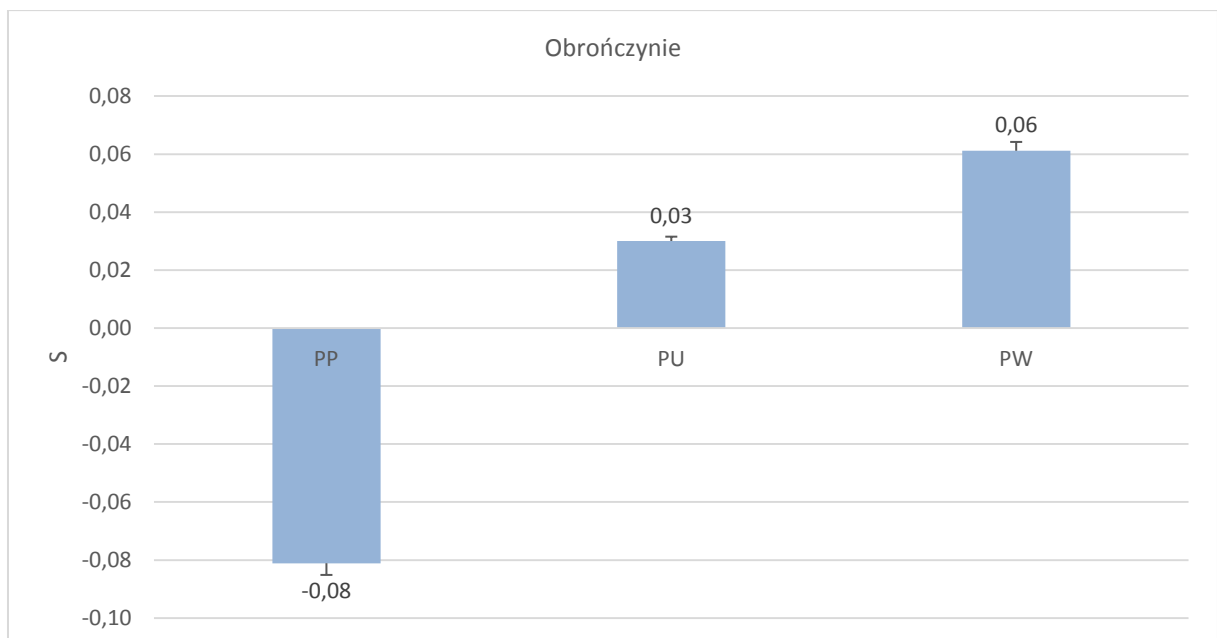
Wykres 16. Wartości przyrostów absolutnych szybkości na 5 m dla bramkarek po PP, PU i PW



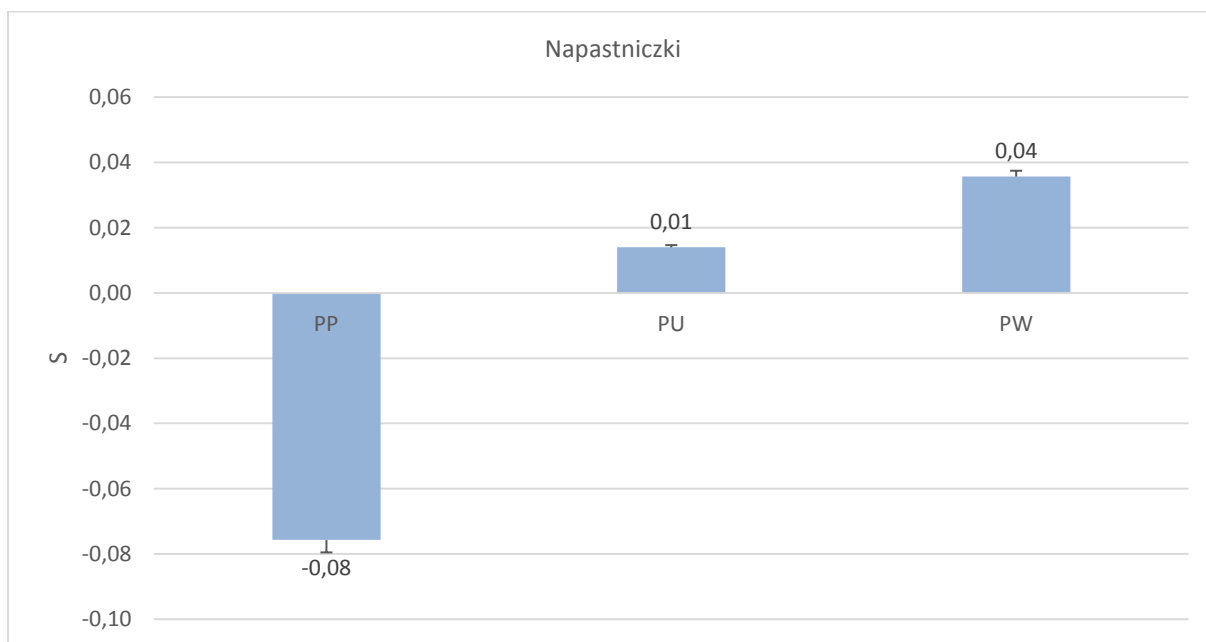
Wykres 17. Wartości przyrostów absolutnych szybkości na 20 m dla całej drużyny po PP, PU i PW



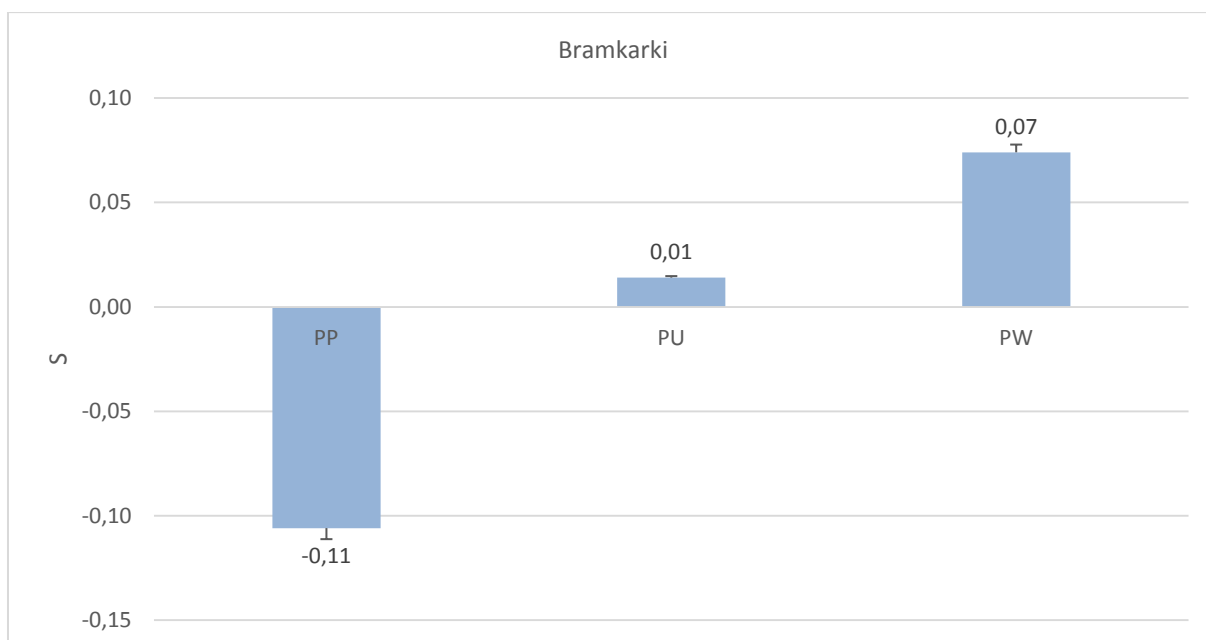
Wykres 18. Wartości przyrostów absolutnych szybkości na 20 m dla pomocniczek po PP, PU i PW



Wykres 19. Wartości przyrostów absolutnych szybkości na 20 m dla obrońców po PP, PU i PW



Wykres 20. Wartości przyrostów absolutnych szybkości na 20 m dla napastniczek po PP, PU i PW



Wykres 21. Wartości przyrostów absolutnych szybkości na 20 m dla bramkarek po PP, PU i PW

Na potrzeby niniejszych badań, podobnie jak wcześniej w przypadku analiz dotyczących mocy szczytowej kończyn dolnych, przeanalizowano zmiany przyrostów absolutnych szybkości na 5 m i 20 m pod względem istotnych różnic pomiędzy trzema wykorzystywanymi w badaniach ćwiczeniami aktywującymi z wykorzystaniem analizy wariancji ANOVA. Wyniki tych analiz zaprezentowano w tabelach 29 i 30.

Tabela 29. Wyniki analizy ANOVA występowania i wielkości różnic obliczonych wartości przyrostów absolutnych szybkości na 5 m, po ćwiczeniach aktywujących PP, PU i PW

Cała drużyna			
Ćwiczenie aktywacyjne	PP	PU	PW
Wartości różnicujące	-0,06s	-0,01s	0,03s
PP		0,002	0,001
PU	0,002		0,691
PW	0,001	0,691	
Pomocniczki			
Ćwiczenie aktywacyjne	PP	PU	PW
Wartości różnicujące	-0,08s	0,04s	0,03s
PP		0,001	0,001
PU	0,001		0,997
PW	0,001	0,997	
Bramkarki			
Ćwiczenie aktywacyjne	PP	PU	PW
Wartości różnicujące	-0,06s	0,00s	0,01s
PP		0,002	0,001
PU	0,002		0,997
PW	0,001	0,997	
Obrońcy			
Ćwiczenie aktywacyjne	PP	PU	PW
Wartości różnicujące	-0,06s	0,01s	0,01s
PP		0,002	0,001
PU	0,002		0,998
PW	0,001	0,998	
Napastniczki			
Ćwiczenie aktywacyjne	PP	PU	PW
Wartości różnicujące	-0,10s	0,00s	0,04s
PP		0,001	0,001
PU	0,001		0,978
PW	0,001	0,978	

Tabela 30. Wyniki analizy ANOVA występowania i wielkości różnic obliczonych wartości przyrostów absolutnych szybkości na 20 m, po ćwiczeniach aktywujących PP, PU i PW

Cała drużyna			
Ćwiczenie aktywacyjne	PP	PU	PW
Wartości różnicujące	-0,10s	0,02s	0,07s
PP		0,001	0,001
PU	0,001		0,997
PW	0,001	0,327	
Pomocniczki			
Ćwiczenie aktywacyjne	PP	PU	PW
Wartości różnicujące	-0,13s	0,06s	0,04s
PP		0,001	0,001
PU	0,001		0,859
PW	0,001	0,859	
Bramkarki			
Ćwiczenie aktywacyjne	PP	PU	PW
Wartości różnicujące	-0,11s	0,01s	0,07s
PP		0,001	0,001
PU	0,001		0,212
PW	0,001	0,212	
Obrońcy			
Ćwiczenie aktywacyjne	PP	PU	PW
Wartości różnicujące	-0,08s	0,03s	0,06s
PP		0,001	0,001
PU	0,001		0,447
PW	0,001	0,447	
Napastniczki			
Ćwiczenie aktywacyjne	PP	PU	PW
Wartości różnicujące	-0,08s	0,01s	0,04s
PP		0,001	0,001
PU	0,001		0,774
PW	0,001	0,774	

Wyniki analiz prezentowane w tabelach 29 i 30, jak również wizualizacja wartości przyrostów absolutnych szybkości na wykresach 12-21, jednoznacznie wskazały na **PP** jako ćwiczenie aktywizujące i istotnie statystycznie poprawiające szybkość na 5 m i 20 m zarówno w całej drużynie, jak i z uwzględnieniem zajmowanych pozycji na boisku.

Ponieważ wykonane i zaprezentowane powyżej analizy wykazały, iż IPW jest najbardziej optymalną przerwą wypoczynkową, postanowiono przeanalizować czy wystąpiły istotne różnice w osiągniętych po IPW wartościach mocy szczytowej kończyn dolnych i szybkości na 5 m oraz 20 m pomiędzy poszczególnymi grupami zawodniczek z uwzględnieniem ich pozycji na boisku. W tym celu przeprowadzono analizę wariancji

ANOVA oraz testy post-hock. Wyniki tych analiz zaprezentowano w tabelach od 31 do 33 oraz wykresach od 22 do 24, które ograniczono jedynie do prezentujących istotne różnice.

Tabela 31. Wyniki analizy ANOVA występowania i wielkości różnic obliczonych wartości mocy szczytowej kończyn dolnych po IPW oraz ćwiczeniach aktywujących PP, PU i PW, z uwzględnieniem pozycji na boisku

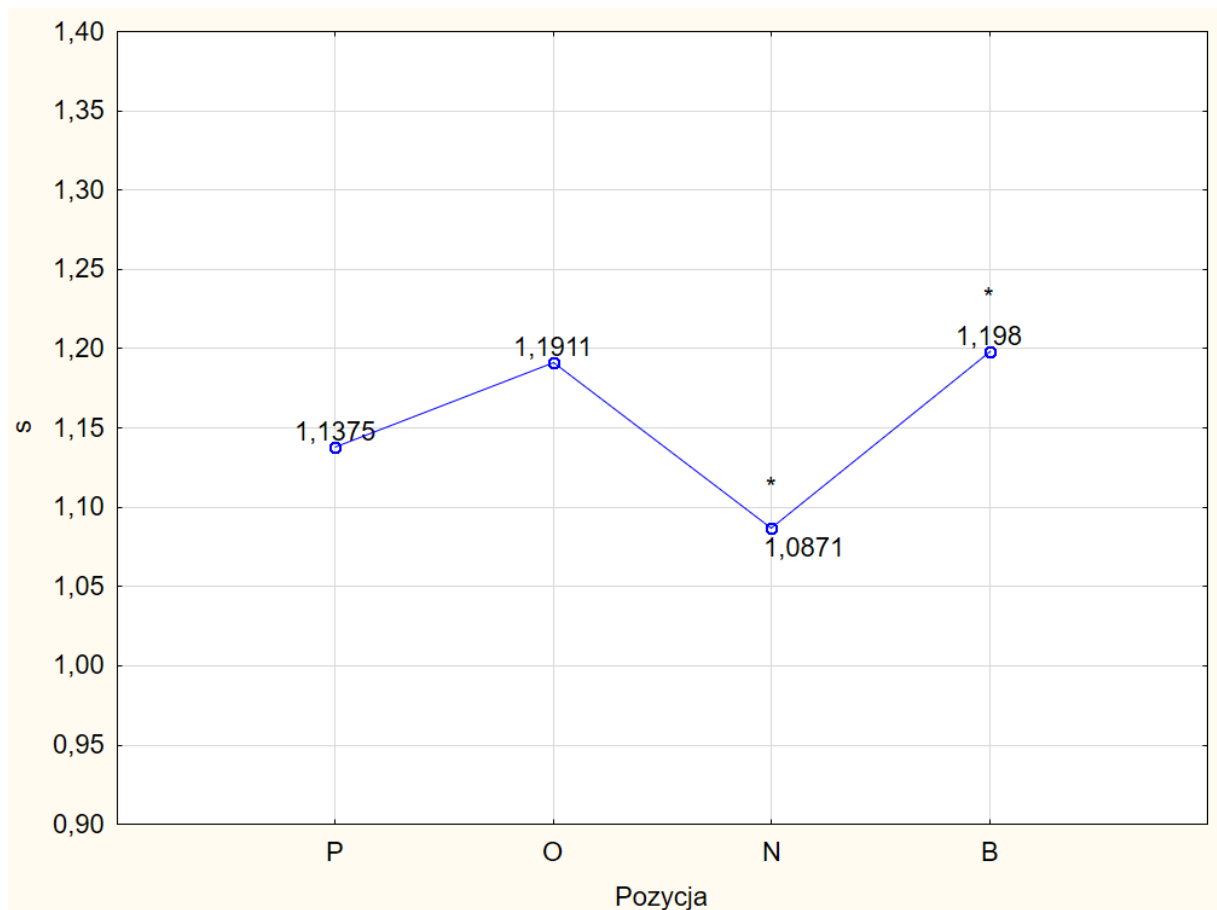
PP				
Pozycja na boisku	P	O	N	B
Wartości różnicujące [W]	748	737	795	772
P		0,997	0,836	0,978
O	0,997		0,714	0,933
N	0,836	0,714		0,985
B	0,978	0,933	0,985	
PU				
Pozycja na boisku	P	O	N	B
Wartości różnicujące [W]	333	372	350	341
P		0,806	0,983	0,999
O	0,806		0,961	0,925
N	0,983	0,961		0,998
B	0,999	0,925	0,998	
PW				
Pozycja na boisku	P	O	N	B
Wartości różnicujące [W]	445	440	471	463
P		0,998	0,858	0,964
O	0,998		0,756	0,915
N	0,858	0,756		0,995
B	0,964	0,915	0,995	

Po zastosowaniu IPW, analiza ANOVA nie wykazała istotnych różnic w osiągniętych wartościach mocy szczytowej ze względu na zajmowane pozycje na boisku oraz zastosowaniu PP, PW i PU (Tabela 31).

Tabela 32. Wyniki analizy ANOVA występowania i wielkości różnic obliczonych wartości szybkości na 5 m po IPW oraz ćwiczeniach aktywujących PP, PU i PW, z uwzględnieniem pozycji na boisku

PP				
Pozycja na boisku	P	O	N	B
Wartości różnicujące [s]	1,1375	1,1911	1,0871	1,1980
P		0,494	0,596	0,526
O	0,494		0,043	0,999
N	0,596	0,043		0,044
B	0,526	0,999	0,044	
PU				
Pozycja na boisku	P	O	N	B
Wartości różnicujące [s]	1,1962	1,2000	1,1229	1,2160
P		0,990	0,539	0,987
O	0,990		0,475	0,993
N	0,539	0,475		0,442
B	0,987	0,993	0,442	
PW				
Pozycja na boisku	P	O	N	B
Wartości różnicujące [s]	1,2050	1,1989	1,1629	1,2340
P		0,999	0,810	0,944
O	0,999		0,862	0,901
N	0,810	0,862		0,554
B	0,944	0,901	0,554	

Analiza ANOVA wykazała istotne różnice w wartościach szybkości na 5 m po IPW ze względu na zajmowane pozycje na boisku, po zastosowaniu PP jako ćwiczenia aktywizującego (Tabela 32). Testy post-hock określiły, że wartości osiągniętych szybkości na 5 m przez bramkarki różnicują je z wartościami obrończyń, natomiast pomocniczek z wartościami napastniczek (Wykres 22).



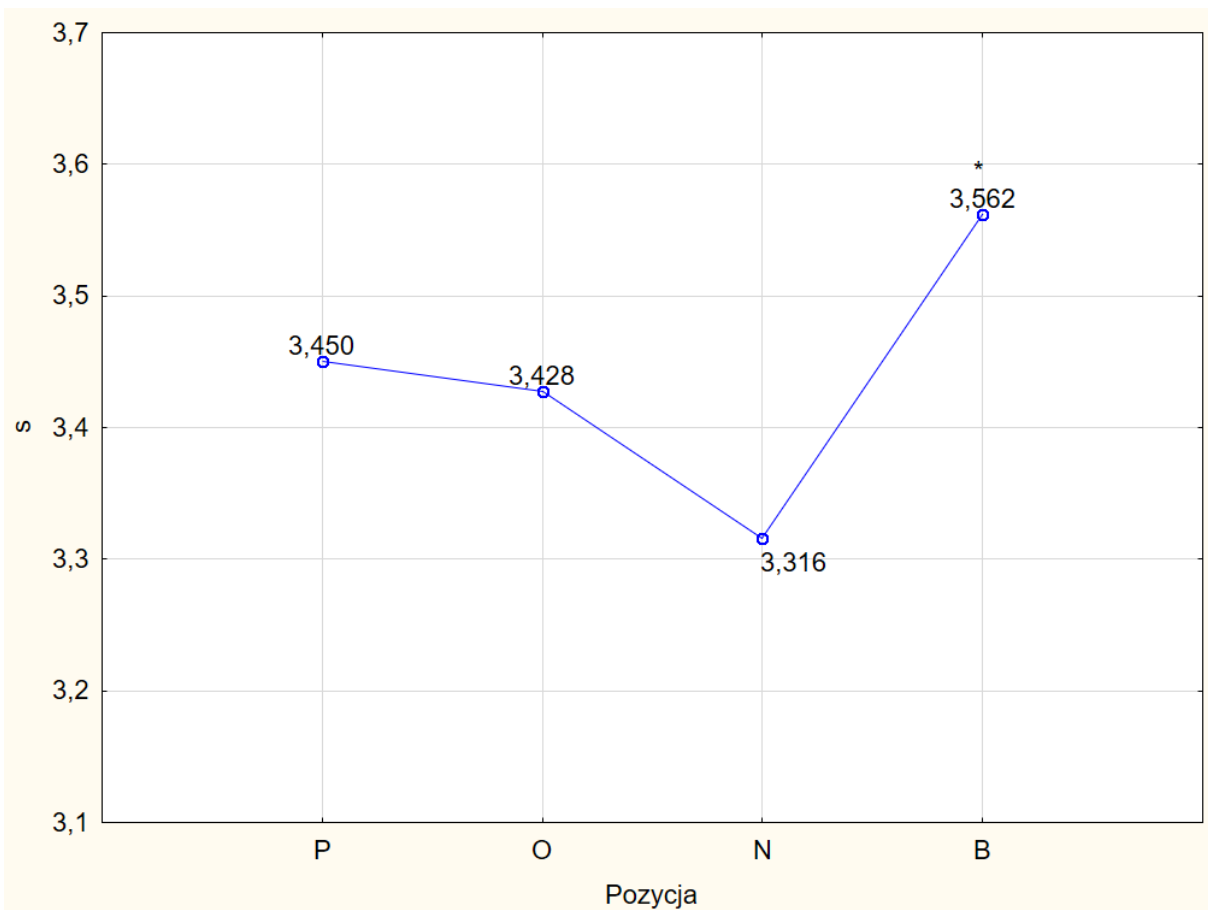
Wykres 22. Wizualizacja różnic w osiągniętych wartościach szybkości na 5 m po IPW oraz PP z uwzględnieniem pozycji na boisku, w teście post-hock. *wartości istotnie różnicujące grupy

W następnej kolejności przeprowadzona analiza ANOVA wykazała istotne różnice w wartościach szybkości na 20 m po IPW ze względu na zajmowane pozycje na boisku, po zastosowaniu PU i PW jako ćwiczeń aktywizujących (Tabela 33 i Wykresy 23 i 24).

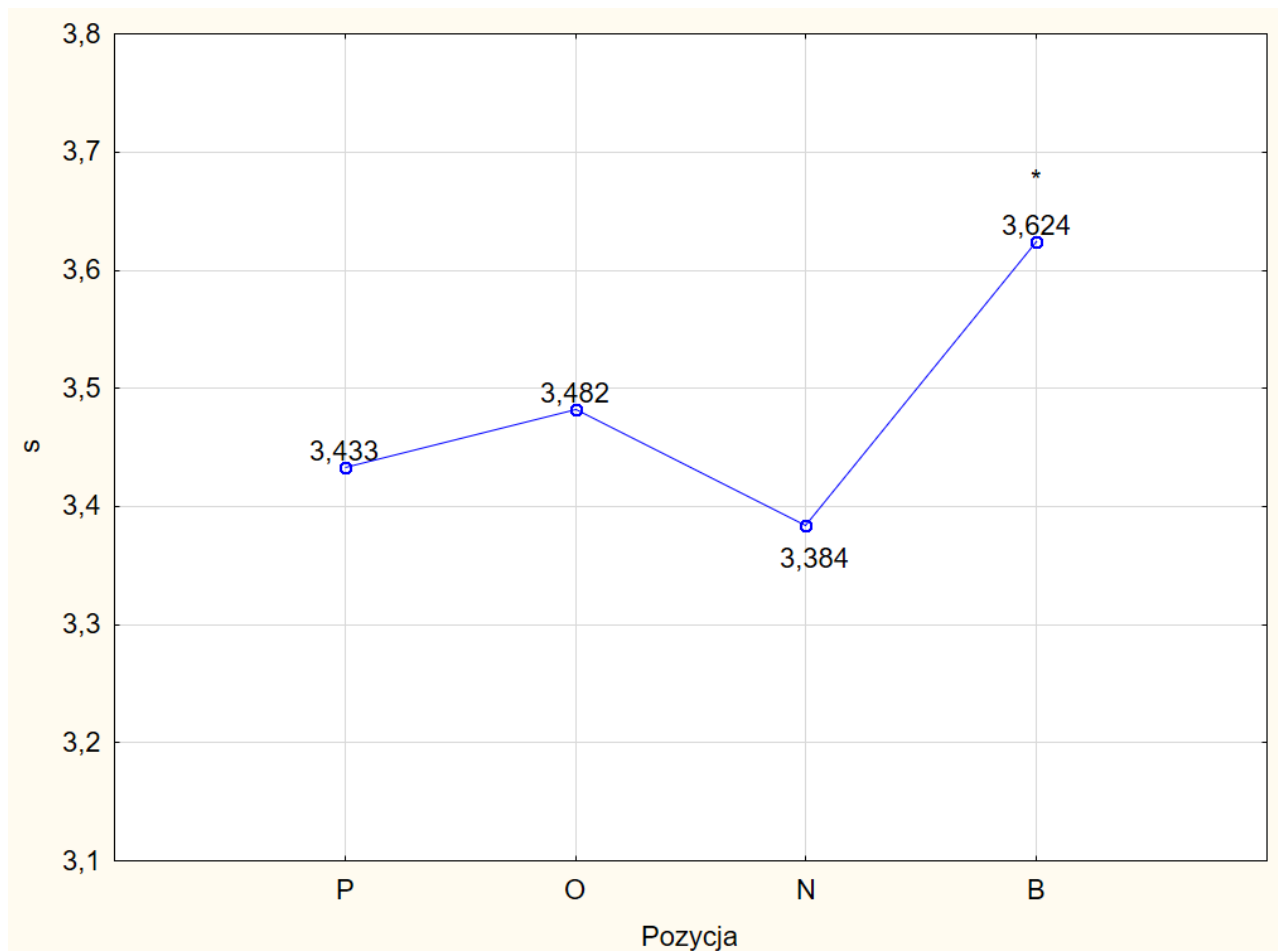
Tabela 33. Wyniki analizy ANOVA występowania i wielkości różnic obliczonych wartości szybkości na 20 m po IPW oraz ćwiczeniach aktywujących PP, PU i PW, z uwzględnieniem pozycji na boisku

PP				
Pozycja na boisku	P	O	N	B
Wartości różnicujące [s]	3,3263	3,4044	3,2571	3,4600
P		0,635	0,755	0,323
O	0,635		0,158	0,880
N	0,755	0,158		0,072
B	0,323	0,880	0,072	
PU				
Pozycja na boisku	P	O	N	B
Wartości różnicujące [s]	3,4500	3,4278	3,3157	3,5620
P		0,983	0,188	0,411
O	0,983		0,306	0,243
N	0,188	0,306		0,012
B	0,411	0,243	0,012	
PW				
Pozycja na boisku	P	O	N	B
Wartości różnicujące [s]	3,4325	3,4822	3,3843	3,6240
P		0,898	0,921	0,130
O	0,898		0,560	0,333
N	0,921	0,560		0,047
B	0,130	0,333	0,047	

Analiza ANOVA wykazała istotne różnice w wartościach szybkości na 20 m po IPW ze względu na zajmowane pozycje na boisku, po zastosowaniu PU i PW jako ćwiczenia aktywizującego (Tabela 33). Testy post-hock określiły, że wartości osiągniętych szybkości na 20 m przez bramkarki różnicują je z wartościami napastniczek po obydwu ćwiczeniach aktywizujących (Wykresy 23 i 24).



Wykres 23. Wizualizacja różnic w osiągniętych wartościach szybkości na 20 m po IPW oraz PU z uwzględnieniem pozycji na boisku, w teście post-hock. *wartości istotnie różnicujące grupy



Wykres 24. Wizualizacja różnic w osiągniętych wartościach szybkości na 20 m po IPW oraz PW z uwzględnieniem pozycji na boisku, w teście post-hock. *wartości istotnie różnicujące grupy

7. Dyskusja

Zasadniczym celem niniejszej pracy było ustalenie wpływu efektu PAP na szybkość startową (5 m) i absolutną (20 m) u piłkarek nożnych. W toku przeprowadzonych badań ustalono indywidualną przerwę wypoczynkową (IPW) oraz grupową bierną przerwę wypoczynkową (OPW), których wpływ na poprawę szybkości w sprintach testowano w odniesieniu do pozycji zajmowanych przez zawodniczki na boisku (B, N, O, P) oraz dokonano oceny wpływu trzech wybranych ćwiczeń siłowych (przysiad wykroczny, uginanie kończyn dolnych w stawie kolanowym leżąc przodem, wspięcia na palce) na efektywność wykorzystania przez zawodniczki zjawiska PAP, także w odniesieniu do zajmowanej przez nie pozycji na boisku. Podczas eksperymentu dokonano pomiarów mocy szczytowej, generowanej przez zawodniczki podczas wykonywania ćwiczeń aktywacyjnych oraz zmierzono ich szybkość startową (5 m) i absolutną (20 m). W badaniach wykorzystano najnowszej generacji urządzenia pomiarowe, zapewniające dokładność pomiarów i zachowanie takich samych warunków do wykonywania ćwiczeń dla każdej z badanych zawodniczek. Urządzenia pomiarowe Air Keiser Squat oraz Air Keiser Leg Curl z oporem pneumatycznym, umożliwiają nie tylko precyzyjny i powtarzalny dobór obciążenia do wykonywanego przez zawodnika ćwiczenia, lecz również pozwalają na kontrolę precyzji ruchu, a także bieżący pomiar parametrów siłowych podczas wykonywania ćwiczenia, pozwalając na ustalenie maksymalnych wartości badanych parametrów. Z urządzeń firmy Keiser korzysta nie bieżąco blisko 80% profesjonalnych klubów sportowych na świecie, a także ośrodki badawcze takie jak NASA, Uniwersytet Harvarda, Uniwersytet Columbia, Uniwersytet Stanford oraz Navy Seals. Do pomiarów szybkości w sprintach zastosowano system fotokomórek Microgate Witty, wykorzystywany powszechnie do testów przez kluby sportowe oraz laboratoria (The Laboratory of Sport Games University of Zagreb, Institute of Sport Science Bern University), jak również w badaniach naukowych w zakresie piłki nożnej (Abade i wsp. 2017, Jukić i wsp. 2019, Muehlbauer i wsp. 2019, Petisco i wsp. 2019, Ramos-Campo i wsp. 2016, Sanchez-Sanchez i wsp. 2018).

Innowacyjność niniejszej pracy polega na tym, że dotyczy zjawiska PAP, którego mechanizmy powstawania nie zostały jeszcze do końca zgłębione, a wykorzystanie go w piłkarskim treningu siłowym kobiet w celu poprawy parametrów szybkościowych zawodniczek stanowi nowy kierunek w badaniach naukowych.

Na wstępie należy zwrócić uwagę, że wielokrotnie w pracy odwoływano się do badań i publikacji dotyczących piłkarzy, a nie piłkarek nożnych. W literaturze naukowej

potwierdzenie znajduje teza, iż w aspekcie wpływu efekty PAP na poprawę parametrów siłowo-szybkościowych u zawodników i zawodniczek gier zespołowych, różnice między płciami nie mają istotnego znaczenia. W zbiorczej analizie badań nad efektem PAP w kontekście płci, wieku, poziomu wytrenowania, aktywności zawodników oraz intensywności ćwiczeń, typu czynności ruchowych (proste, złożone), a także długości przerw wypoczynkowych, porównano wyniki opublikowane w 32 pracach. Najważniejsze wnioski, płynące z tej analizy są takie, iż zastosowane w procedurach treningowych bodźce aktywacyjne wpływały na zwiększenie się mocy wyjściowej, a efekty te zwiększały się wraz z poziomem wyszkolenia sportowców, ale nie różniły się istotnie między płciami (Wilson i wsp. 2013). Do analogicznych wniosków doszedł Jensen i Ebben (2003), badając wpływ treningu kompleksowego na kształtowanie się efektu PAP u kobiet i mężczyzn. W eksperymencie przeprowadzonym na siatkarkach z Salt Lake City Community College w Utah, pomimo, że całkowicie pominięto aspekt wpływu cyklicznych zmian hormonalnych na wynik sportowy u kobiet, nie wykazano różnic w wywołanym efekcie PAP pomiędzy płciami.

Według Rixona i wsp. (2007) mężczyźni mają większy przekrój poprzeczny włókien mięśniowych typu II i czas skurczu jest u nich krótszy niż u kobiet. Z drugiej strony, kobiety wykazują większą odporność na zmęczenie z powodu niższego współczynnika tężcowego. Jeśli chodzi o względną wartość efektu PAP, zarówno kobiety, jak i mężczyźni reagują podobnie na bodźce aktywacyjne.

Istotą niniejszej pracy było założenie, że zjawisko PAP może pozytywnie wpływać na poprawę szybkości startowej i absolutnej (Alves i wsp. 2010, Chatzopoulos 2007, Dello Iacono i Seitz 2018, Garcia-Pinillos i wsp. 2014, Low i wsp. 2015, Nealer i wsp. 2017, Nickerson i wsp. 2018, Requena i wsp. 2011, Till i Cooke 2009, Vanderka 2016). Testy mocy szczytowej kończyn dolnych wykonano z zastosowaniem 2-4-6-8 minutowej IPW i obciążeniem 60% 1RM (Gołaś i wsp. 2016, Lesinski i wsp. 2013, Wilson i wsp. 2013), ustalonym przed przystąpieniem do głównej części tego etapu badań (Beachle i wsp. 2008). Szczytową moc wyjściową można uzyskać podczas przysiadu już przy niewielkim obciążeniu 56% 1RM (Cormie i wsp. 2007). Eksplozywne podnoszenie obciążeń w zakresie 50-70% 1RM służy rozwijaniu mocy i może jednocześnie pomóc utrzymać osiągnięty poziom siły mięśniowej (Haff i Nimphius 2012). W badaniu zastosowano schemat wykonywania ćwiczeń 3 serie x 8 powtórzeń (4 na każdą kończynę) oraz przerwy wypoczynkowe wynoszące odpowiednio 2, 4, 6 i 8 minut po zastosowaniu bodźca aktywacyjnego (Gołaś i wsp. 2016). Protokoły treningowe składające się z więcej niż pięciu powtórzeń ćwiczenia w serii lub

5-sekundowego czasu trwania skurczu nie są wskazane, ponieważ mogą wywoływać zmęczenie przewyższające pobudzenie, natomiast protokoły obejmujące cztery powtórzenia ćwiczeń lub 3-sekundowy czas trwania skurczu, ograniczają zmęczenie, wciąż wywołując istotne wzmocnienie poaktywacyjne (Gilbert i Lees 2005, Kilduff i wsp. 2007, Güllich i Schmidbleicher 1996).

Wyniki uzyskane na tym etapie eksperymentu pozwoliły wyznaczyć IPW dla każdej z zawodniczek, czyli czas, po którym wystąpił maksymalny przyrost mocy generowanej przez zawodniczkę po wykonaniu każdego z 3 ćwiczeń aktywacyjnych oraz OPW, stanowiącą najczęściej występującą wartość IPW i wynoszącą dla całej badanej grupy 6 minut. Zgodnie z teorią zjawiska PAP, okres eliminacji skutków zmęczenia włókien mięśniowych po wykonaniu ćwiczenia aktywacyjnego wynosi ok. 2 minuty, z kolei po upływie 10 minut od aktywacji kinaza kreatynowa mięśni szkieletowych (CK-MM może całkowicie wyeliminować efekty początkowego wzmocnienia (Jensen i Ebben 2003, Kilduff i wsp. 2007). Ustalane w toku badań wartości IPW i OPW mieszczą się w tym zakresie. Indywidualna przerwa wypoczynkowa (IPW) u wysokiej klasy sportowców może znajdować się w nieco szerszym zakresie czasowym, wynoszącym od 2 do 20 minut po aktywacji (Gilbert i Lees 2005). W przypadku słabo wytrenowanych sportowców lub osób uprawiających sport rekreacyjnie, okno regeneracyjne dla wywołania efektu PAP może w ogóle nie istnieć, ponieważ eliminacja zmęczenia nerwowo-mięśniowego może być procesem wolniejszym niż defosforylacja włókien mięśniowych (Gonzales-Rave i wsp. 2009, Gossen i Sale 2000, Hrysomallis i Kidgell 2001, Requena i wsp. 2005, Rassier i McIntosh 2000). W literaturze naukowej spotkać można różne schematy testowania przerw wypoczynkowych, przy tym większość autorów wskazuje na potrzebę ich indywidualizacji, a nie ustalania jednego optymalnej dla całego zespołu okna regeneracyjnego. Mola i wsp. (2014) zastosowali w protokole badawczym schemat przerw wypoczynkowych 15s-4-8-12-16-20 min. Uwzględnienie w schemacie dłuższych przerw wypoczynkowych miało związek z faktem, że w badaniu Moli i wsp. (2014) brali udział doświadczeni i dobrze wytrenowani zawodowi piłkarze nożni (Mola i wsp. 2014). W badaniu przeprowadzonym wśród młodych piłkarzy przez Tittona i Franchiniego (2017) zastosowano w badaniach przerwy wypoczynkowe wg schematu 1-3-5-10 minut. W toku badania ustalono, że 1-minutowa przerwa wypoczynkowa ma większy wpływ na poprawę wysokości wyskoku (CMJ) w przeciwieństwie do przerwy 10-minutowej. Wynik ten ma związek z faktem, iż badaniu poddano bardzo młodych i niedoświadczonych piłkarzy.

Z kolei w eksperymencie przeprowadzonym przez Nealer'a i wsp. (2017), w którym brały udział piłkarki nożne, celem było ustalenie wpływu zastosowania zróżnicowanych przerw wypoczynkowych między sprintami z taśmą elastyczną na poprawę szybkości biegowej. Zastosowano losowo dobrane przerwy wypoczynkowe 30 s, 1, 2 lub 4 minuty. W przypadku sprintów na 5 m u zawodniczek odnotowano poprawę szybkości po zastosowaniu 1- i 2- minutowej przerwy wypoczynkowej, co może świadczyć o stosunkowo niskim poziomie wytrenowania badanych zawodniczek. Wykorzystanie treningu kompleksowego w treningu piłkarskim do poprawy szybkości i skoczności zawodników było również przedmiotem badania Tilla i Cooke'a (2009). Procedura testowa obejmowała 20-metrowe sprinty wykonywane przez zawodników w odstępach 4, 5 i 6 minut po aktywacji, a czas biegu mierzony był na odcinku 0-10 i 10-20 m. W wyniku przeprowadzonego eksperymentu stwierdzono dużą różnorodność w indywidualnych osiągnięciach poszczególnych zawodników, co wskazuje na potrzebę indywidualizacji parametrów piłkarskiego treningu siłowego z wykorzystaniem efektu PAP (w tym również przerwy wypoczynkowej).

Testowanie przerw wypoczynkowych w interwałach 2-minutowych w niniejszej pracy wynikało z konieczności dostosowania protokołu badawczego do ograniczonej w czasie dyspozycyjności drużyny oraz zabezpieczenia zawodniczek przed nadmiernym przeciążeniem, umożliwiając jednocześnie oszacowanie optymalnej przerwy wypoczynkowej mieszczącej się w zakresie 2-10 (maksymalnie 12) minut.

Ze względu na pozycje, na których grają zawodniczki, OPW ustalona w toku badań, kształtowała się dla nich tak samo po wykonaniu PP, PU oraz PW i wynosiła odpowiednio dla bramkarek 4 minuty, dla napastniczek 6 minut, dla obrończyni 6 minut i dla pomocniczek 4 minuty. Istnieje związek, jaki zachodzi między generowaną siłą mięśniową a procentem włókien mięśniowych typu II, które wykazują największy wzrost fosforylacji lekkich łańcuchów regulacyjnych miozyny po aktywacji bodźcem treningowym (Moore i Stull 1984). Przewaga włókien mięśniowych typu II charakteryzuje zawodników szybkościowo-siłowych, zdolnych do wykonywania krótkotrwałych wysiłków eksplozywnych, jednakże wymagających dłuższej przerwy wypoczynkowej po aktywacji. Zawodnicy z przewagą włókien mięśniowych typu II, posiadają najprawdopodobniej większą liczbę jednostek motorycznych wyższego rzędu w rezerwie, które po zastosowaniu odpowiedniego bodźca mogą zostać aktywowane i z pewnością wpłynąć na poziom wywołanego wzmocnienia (Tillin i Bishop 2009). Zgodnie z tą teorią, wykorzystanie efektu PAP w piłkarskim treningu siłowym ma swoje fizjologiczne uzasadnienie (Haff i Stone 2015). Od zawodniczek

i zawodników grających na pozycji bramkarza oczekuje się dobrej gry w powietrzu, skoczności, zdolności do błyskawicznej reakcji, ale nie zdolności sprinterskich. Wśród bramkarzy dominują osoby wysokie, postawne, a przez to najcięższe spośród zawodników i przy tym najwolniejsze (Boone i wsp. 2012, Clark 2007, Lockie i wsp. 2018, Sever i Zorba 2017, Sporiš i wsp. 2009, Śliwowski i wsp. 2017). Pomocnicy są z reguły najniżsi i najlżejsi, natomiast pokonują największe całkowite odległości podczas gry (Boone i wsp. 2012, Clark 2007, Sporiš i wsp. 2009, Śliwowski i wsp. 2017), przy czym najdłuższe dystanse z prędkością do 11 km/h oraz 14.1-19 km/h (di Salvo i wsp. 2007). Zawodnicy grający na pozycji napastników i obrońców pokonują mniejsze odległości całkowite niż pomocnicy (di Salvo i wsp. 2007). Napastnicy to zawodnicy najwyższym potencjale szybkościowym (Sporiš i wsp. 2009), a obrońcy pokonują najdłuższe dystanse z małą prędkością do 11 km/h oraz 11.1-14 km/h i osiągają lepsze wyniki w wysoku niż pomocnicy i napastnicy (Sporiš i wsp. 2009, di Salvo i wsp. 2007). Charakterystyka zawodniczek grających na poszczególnych pozycjach znajduje odzwierciedlenie w ustalonej wartości OPW, ustalonej w toku badań dla każdej z pozycji na boisku, a także w IPW dla bramkarek i napastniczek, w większości dla pomocniczek, natomiast w przypadku obrończyni występuje duża różnorodność IPW. Krótsza OPW, wynosząca 4 minuty wskazuje na zawodniczki predystynowane do wysiłków o charakterze wytrzymałościowym (pomocniczki), z kolei OPW wynosząca 6 minut określa zawodniczki predystynowane do wysiłków o charakterze beztlenowym (napastniczki, obrończynie), które efektywniej powinny wykorzystywać zjawisko PAP (Hamada i wsp. 2000, Hamada i wsp. 2003, Harrison 2011). Ustalenie IPW oraz OPW może być zatem cenną wskazówką dla sztabu szkoleniowego na etapie selekcji zawodników pod kątem gry na poszczególnych pozycjach (Gil i wsp. 2007).

Wyniki badań przeanalizowano pod kątem wpływu IPW oraz OPW na poziom kształtowania się szczytowej mocy kończyn dolnych po aktywacji poszczególnymi ćwiczeniami PP, PU i PW. Pomimo uzyskania przez zawodniczki przyrostu szczytowej mocy kończyn dolnych po wykonaniu wszystkich trzech ćwiczeń aktywacyjnych w porównaniu do wartości wyjściowej, to w przypadku zastosowania OPW wyniki te nie były istotne statystycznie. Z kolei po zastosowaniu IPW osiągnięto większy przyrost mocy szczytowej niż po OPW, a wyniki były istotne statystycznie dla pomocniczek i obrończyni w przypadku PP, dla bramkarek oraz pomocniczek w przypadku PU i dla pomocniczek w przypadku PW. Otrzymane wyniki wskazują, że zastosowanie zarówno OPW, jak i IPW wpływa na poprawę osiąganych wyników w zakresie generowanej przez zawodniczki mocy szczytowej kończyn dolnych, jednak to IPW pozwala efektywniej wykorzystać zawodniczkom zjawisko PAP i

osiągnąć lepsze wyniki w testach mocy. Ze względu na zajmowaną na boisku pozycję, bramkarki, obrończynie i pomocniczki efektywniej wykorzystują efekt PAP po zastosowaniu IPW w aspekcie poprawy mocy szczytowej kończyn dolnych. Co prawda odnotowano poprawę wyników w testach mocy szczytowej kończyn dolnych u napastniczek po zastosowaniu IPW w stosunku do OPW i wartości wyjściowej, jednak w przypadku zawodniczek grających na tej pozycji, zmiany nie były istotne statystycznie, niezależnie od zastosowanego ćwiczenia aktywacyjnego. Istotne jednak jest to, że w przypadku zastosowania aktywacji PP w porównaniu do PU i PW, uzyskano u napastniczek lepsze wyniki w testach mocy szczytowej. Napastniczki w badanej grupie nie wykorzystwały efektywnie zjawiska PAP do poprawy mocy szczytowej kończyn dolnych, pomimo zastosowania optymalnej przerwy wypoczynkowej IPW, optymalnego dla rozwoju mocy obciążenia 60% 1RM (Cormie i wsp. 2007, Haff i Nimphius 2012) oraz protokołu treningowego pozytywnie stymulującego kończyny dolne pozostałych badanych zawodniczek (B, O, P). Może to świadczyć o wysokim poziomie przygotowania siłowego badanych napastniczek, zwłaszcza, że IPW w ich przypadku wynosiła 6 i 8 minut, a zgodnie z sugestią Gilberta i Leesa (2005) u bardzo dobrze wyszkolonych sportowców IPW może dochodzić do 20 minut po aktywacji. W przypadku napastniczek wskazane byłoby więc przeprowadzenie dodatkowych testów ze schematem IPW w zakresie np. 6-8-10-12 minut. Możliwe, że zawodniczki, które w niniejszym badaniu wykazywały 6-minutowy profil restytucyjny IPW, lepiej wykorzystywałyby efekt PAP w kontekście poprawy mocy szczytowej kończyn dolnych po zastosowaniu 7-minutowej IPW, a zawodniczki z 8-minutową IPW, osiągnęłyby istotną statystycznie poprawę wyników po zastosowaniu 9-10-minutowej IPW. Wskazane byłoby przemodelowanie dla nich schematu testowania IPW pod kątem częstotliwości przeprowadzania testów, na przykład wg schematu 6-7-8-9 minut. Niezależnie jednak od wyników testów mocy szczytowej kończyn dolnych, uzyskanych w niniejszym badaniu, napastniczki jako jedyne istotnie statystycznie poprawiły swoje wyniki w testach szybkości startowej po każdym z ćwiczeń aktywacyjnych. Choć zawodniczki te zareagowały pozytywnie na wszystkie trzy ćwiczenia aktywacyjne w aspekcie poprawy szybkości startowej, to aktywacja PP pozwala im najefektywniej wykorzystać efekt PAP, w drugiej kolejności aktywacja PU i na ostatnim miejscu PW.

Wnioskując na temat korzyści płynących z zastosowania w protokole treningowym IPW zamiast OPW, w kontekście wyników niniejszego eksperymentu, należy pamiętać, że OPW ustalana była dla nielicznej grupy zawodniczek reprezentujących poszczególne pozycje na boisku. W przypadku liczniejszej grupy eksperymentalnej, OPW mogłaby kształtować się

inaczej i być może istotniej wpływałyby na efektywność wykorzystania przez zawodniczki efektu PAP do poprawy mocy szczytowej kończyn dolnych.

W celu ustalenia, które z ćwiczeń aktywacyjnych pozwala najefektywniej wykorzystać zawodniczkom zjawisko PAP do poprawy szybkości startowej i absolutnej posłużono się analizą wariancji ANOVA. Analiza ta wykazała istotne statystycznie różnice wyników testów szybkości startowej (5 m) po aktywacji PP z zastosowaniem IPW u przypadku bramkarek, napastniczek i pomocniczek oraz z zastosowaniem OPW u bramkarek. Zastosowanie IPW po aktywacji PP korzystnie wpłynęło na osiągnięte przez bramkarki, napastniczki i pomocniczki wyniki szybkości startowej. Wskazuje to na duży związek pomiędzy mocą generowaną przez mięśnie kończyn dolnych po stymulacji ćwiczeniem PP z zastosowaniem IPW, a poprawą szybkości startowej u pomocniczek. Istnieje bowiem zależność pomiędzy poziomem siły i mocy mięśniowej a osiąganą szybkością biegu (Wisloff i wsp. 2004). Co prawda w testach mocy szczytowej po aktywacji PP wykazano poprawę wyników osiągniętych przez zawodniczki grające na wszystkich pozycjach, jednak tylko dla pomocniczek i obrończyń zmiany te były statystycznie istotne. W przypadku obrończyń, poprawa parametrów mocy szczytowej kończyn dolnych po aktywacji PP z IPW nie miała przełożenia na istotną statystycznie poprawę szybkości startowej. W przypadku bramkarek, poprawa szybkości startowej po aktywacji PP i zastosowaniu zarówno IPW, jak i OPW ma prawdopodobnie związek z faktem, iż OPW dla bramkarek wynosiła 4 minuty, a 80% badanych bramkarek miało IPW również wynoszącą 4 minuty.

Analiza wyników odnotowanych na odcinku 20 m po zastosowaniu ćwiczenia PP wykazała istotną statystycznie poprawę szybkości absolutnej u bramkarek, obrończyń i pomocniczek po zastosowaniu zarówno IPW, jak i OPW, przy czym u bramkarek i obrończyń korzystniejsze było zastosowanie IPW, a u pomocniczek OPW. Istotna statystycznie poprawa szybkości absolutnej po stymulacji PP z zastosowaniem IPW ma związek z przyrostem mocy szczytowej kończyn dolnych u obrończyń. Z kolei bramkarki, pomimo braku istotnego statystycznie przyrostu mocy szczytowej po aktywacji PP, efektywnie wykorzystały nawet niewielką jej poprawę w sprintach na 20 m, co potwierdza tezę o najefektywniejszym wykorzystywaniu bodźców aktywacyjnych do poprawy siły eksplozywnej przez bramkarki, na co wskazuje w swojej publikacji Goran Sporiš (Sporiš i wsp. 2009). Nieco zaskakuje fakt, że pomocniczki osiągnęły lepsze wyniki szybkości absolutnej na 20 m po aktywacji PP i zastosowaniu OPW, a nie IPW. Większość pomocniczek wykazywała 4-minutowy profil restytucyjny IPW (63%), jednak zastosowanie 6-minutowej OPW miało większy wpływ na poprawę wyniku całej grupy. Taka sytuacja

może mieć związek z osiągnięciem w teście na 20 m bardzo dobrych wyników przez zawodniczki z IPW 6-minutową (25%), która mogła rzutować na ogólny wynik uzyskany przez całą grupę pomocniczek.

Istotne statystycznie różnice wyników testów szybkości startowej i absolutnej po aktywacji PU wystąpiły tylko u napastniczek na odcinku 5 m po zastosowaniu IPW. Oznacza to, że napastniczki, jako najlepsze sprinterki spośród innych zawodniczek grających na boisku (Sporiš i wsp. 2009) efektywnie wykorzystały zastosowany bodziec aktywacyjny, który w przeciwieństwie do PP, nie wywołał u zawodniczek grających na innych pozycjach pożądanego efektu.

Podobna sytuacja miała miejsce w przypadku analizy wyników osiągniętych przez zawodniczki w sprintach po zastosowaniu bodźca aktywacyjnego PW. Statystycznie istotne różnice w wynikach testów szybkości na 5 m wystąpiły tylko u napastniczek po zastosowaniu IPW, choć poprawa była mniejsza w porównaniu do osiągniętej po aktywacji PP i PU. Natomiast wystąpiły istotne statystycznie różnice wyników testów szybkości absolutnej na 20 m u bramkarek i pomocniczek, polegające na pogorszeniu się wyników testu biegowego po zastosowaniu IPW i OPW u bramkarek oraz po IPW u pomocniczek. W przypadku bramkarek, sytuacja taka najprawdopodobniej ma związek z faktem, iż zawodniczki grające na tej pozycji nie wykonują na co dzień sprintów na 20 m i w ich przypadku zmęczenie przewyższyło korzyści wynikające z wzmocnienia wywołanego bodźcem aktywacyjnym (poprawa wyników w testach mocy szczytowej kończyn dolnych). Z badań przeprowadzonych wśród słowackich reprezentantów U-21 w piłce nożnej, wynika, że w sprintach na 10 m (Pivovarniček i wsp. 2013) i 30m (Sever i Zorba 2017) bramkarze osiągają najgorsze wyniki. Bramkarki i bramkarze należą do zawodników, których cechuje wysoki poziom szybkości startowej i skoczności. Dla bramkarek większe znaczenie będą miały wyniki osiągnięte na dystansie 5 m, natomiast wyniki testów szybkości absolutnej na dystansach 20 i 30 m przestają mieć istotne znaczenie dla tej pozycji na boisku.

Pogorszenie się wyników pomocniczek w testach sprintów na 20 m po zastosowaniu IPW oraz bodźca aktywacyjnego PW może świadczyć o niższym niż oczekiwany poziomie wytrenowania tych zawodniczek. Pomocniczki i pomocnicy są bowiem uważani za najszybszych na boisku, co potwierdzają testy sprinterskie na 5, 10 czy 30 m (Lockie i wsp. 2018, Pivovarniček i wsp. 2013, Sever i wsp. 2017). Zastosowany bodziec aktywacyjny PW, pomimo wpływu na niewielki przyrost mocy szczytowej kończyn dolnych u pomocniczek, nie wpłynął na efektywne wykorzystanie przez nie zjawiska wzmocnienia poaktywacyjnego w kontekście poprawy szybkości absolutnej.

Reasumując, należy stwierdzić, że w wyniku analizy otrzymanych w toku badań wyników testów mocy szczytowej kończyn dolnych i szybkości startowej oraz absolutnej piłkarek nożnych po zastosowaniu 3 bodźców aktywacyjnych i dwóch rodzajów przerw wypoczynkowych IPW i OPW, korzystniejszym wariantem przerwy wypoczynkowej dla badanej grupy wydaje się być IPW. W przypadku zastosowania bodźca PP dla całej badanej grupy uzyskano poprawę wyników szybkości startowej i absolutnej zarówno po IPW, jak i OPW, przy czym po zastosowaniu IPW uzyskano lepsze wyniki. W przypadku aktywacji PU i PW nie uzyskano ogólnej poprawy wyników w sprintach na 5 i 20 m, przeciwnie, zawodniczki ogólnie pogorszyły swoje wyniki w odniesieniu do biegów bazowych, a najgorsze wyniki ogólne odnotowano na odcinku 20 m po aktywacji PW i zastosowaniu OPW.

Przewaga korzyści z zastosowania w piłkarskim treningu siłowym IPW zamiast OPW w kontekście uzyskanych przez zawodniczki wyników w testach, znajduje też odzwierciedlenie w literaturze naukowej. W eksperymencie przeprowadzonym wśród zawodników gier zespołowych (koszykówka, piłka ręczna, piłka siatkowa i nożna), u których testowano wpływ ćwiczeń oporowych na poprawę szybkości w sprintach, zaobserwowano poprawę wyników po zastosowaniu 5-minutowej przerwy wypoczynkowej (Chatzopoulos i wsp. 2007). Jest to wartość mieszcząca się w granicach 4-6-minutowej OPW wykazanej w toku badań niniejszej pracy. W badaniach prowadzonych wśród zawodników koszykówki, lekkoatletów i saneczkarzy wykazano, że optymalna przerwa wypoczynkowa powinna wynosić 6 minut, wskazując jednocześnie na potrzebę jej indywidualizacji w celu osiągnięcia lepszych wyników (Gołaś i wsp. 2016). Mola i wsp. (2014) przeprowadzili eksperyment wśród piłkarzy nożnych, podczas którego 6 uczestników wykazało zindywidualizowany profil PAP: dla 3 zawodników IPW wynosiła 4 minuty, dla jednego było to 12 minut, a dla kolejnych dwóch aż 16 minut, podczas gdy dla 5 zawodników takich profili w ogóle nie udało się ustalić. Ponownie wskazano na potrzebę ustalania indywidualnych okien regeneracyjnych dla zawodników przed przystąpieniem do kompleksowego szkolenia całej drużyny (Mola i wsp. 2014).

Analiza przyrostów szybkości startowej i absolutnej po zastosowaniu ćwiczenia aktywizującego PP wykazała poprawę wyników zarówno dla całej drużyny, jak i dla każdej zajmowanych przez zawodniczki pozycji na boisku. Z kolei aktywacja PU wpłynęła wyłącznie na poprawę szybkości startowej całej drużyny, ale w znacznie mniejszym stopniu niż miało to miejsce po aktywacji PP. Z kolei aktywacja PW nie wpłynęła w ogóle na

poprawę szybkości startowej i absolutnej zarówno całej drużyny, jak i na poszczególnych pozycjach na boisku.

Analiza ANOVA zmian przyrostów względnych mocy kończyn dolnych wskazała aktywacje PU i PW jako ćwiczenia statystycznie istotnie wpływające na przyrosty względne mocy kończyn dolnych w grupie bramkarek, obrończyn i napastniczek. Nie miało to bezpośredniego przełożenia na poprawę szybkości startowej i absolutnej.

Analiza wartości przyrostów absolutnych szybkości, osiągniętych przez zawodniczki po zastosowaniu IPW, z uwzględnieniem zajmowanych na boisku pozycji, wykazała istotne statystycznie różnice w tych wartościach po zastosowaniu PP jako ćwiczenia aktywizującego dla całej drużyny, jak i dla poszczególnych pozycji na boisku zarówno na odcinku 5, jak i na 20 m. Z kolei analiza ANOVA występowania i wielkości różnic obliczonych wartości szybkości, osiąganych przez zawodniczki po zastosowaniu IPW na 5 m, z uwzględnieniem zajmowanych na boisku pozycji, wykazała, że wartości szybkości osiąganych po aktywacji PP istotnie różnicowały bramkarki i obrończynie oraz pomocniczki i napastniczki. Analogiczna analiza wartości szybkości uzyskiwanych po zastosowaniu IPW na 20 m, wykazała, że wartości szybkości osiąganych po aktywacji PU i PW istotnie różnicowały bramkarki i napastniczki.

Uzyskane wyniki badań wskazują, że ćwiczenie PP najkorzystniej wpływa na możliwość wykorzystania zjawiska PAP do poprawy szybkości startowej i absolutnej u całej badanej drużyny. W porównaniu do uginania kolan leżąc i wspięć na palce, przysiad wykroczny jest najbardziej zbliżony strukturą ruchu do startu sprinterskiego.

Ćwiczenie PP jest ćwiczeniem kompleksowym na kończyny dolne. Angażuje przede wszystkim mięsień czworogłowy uda i mięsień pośladkowy wielki oraz mięśnie kulszowogoleniowe (Delavier 2011), a więc grupy mięśniowe biorące udział w biegach sprinterskich, i jako ćwiczenie aktywacyjne jest wykorzystywany w protokołach treningowych z zastosowaniem efektu PAP, wpływając korzystnie na wzrost generowanej mocy kończyn dolnych w ćwiczeniu eksplozywnym (Bogdanis i wsp. 2014, Boullosa i wsp. 2013, Boyd i wsp. 2014, Gołaś i wsp. 2017, Hernandez-Preciado i wsp. 2018, Krčmár i wsp. 2015) oraz poprawę szybkości w sprintach piłkarskich (Alves i wsp. 2010, Bogdanis i wsp. 2009, Chatzopoulos i wsp. 2007, Chelly i wsp. 2009, Garcia-Pinillos i wsp. 2014, Kotzamanidis i wsp. 2005, Loturco i wsp. 2013, Low i wsp. 2015, Ronnestad i wsp. 2008, Vanderka i wsp. 2016) oraz w innych dyscyplinach sportowych (Okuno i wsp. 2013, Ronnestad i wsp. 2017).

Jednak zdolność do efektywnego wykorzystania zjawiska PAP po aktywacji poszczególnymi ćwiczeniami należałoby rozpatrywać w aspekcie pozycji zajmowanych przez zawodniczki na boisku.

Z kolei ćwiczenia izolowane, jakimi są PU i PW, stosowane są w piłkarskim treningu siłowym jako ćwiczenia uzupełniające. Mięśnie dwugłowe ud są bardziej aktywne podczas biegu na dystansie 20m, natomiast mięśnie brzuchate łydek w fazie odbicia podczas pierwszych kroków po starcie. Uginanie kończyny w stawie kolanowym leżąc angażuje mięsień dwugłowy uda, półścięgnisty oraz półbłoniasty, a w mniejszym stopniu mięśnie brzuchaty i podkolanowy (Delavier 2011) i stanowi często jeden z elementów treningu złożonego (Fernando-Gonzales i wsp. 2016, Kotzamanidis i wsp. 2005, Manolopoulos i wsp. 2004, Mendez-Villanueva i wsp. 2016, Silva i wsp. 2015, Tous-Fajardo i wsp. 2006, Zarezadeh-Mehrizi i wsp. 2013), nie stanowiąc na ogół samodzielnego bodźca aktywacyjnego. To ćwiczenie będzie miało większe znaczenie dla kształtowania szybkości absolutnej u piłkarzy. Z kolei wspięcia na palce angażują przede wszystkim mięsień brzuchaty łydki, a także płaszczkowaty, podeszwowo i strzałkowy długi (Delavier 2011) i podobnie jak aktywację PU, wykorzystuje się je w treningu piłkarskim jako ćwiczenie uzupełniające w procesie kształtowania siły i mocy mięśniowej oraz jako element treningu złożonego (Ayala i wsp. 2017, Lesinski i wsp. 2016, Silva i wsp., Yuasa i wsp. 2018). Korzystnym będzie zastosowanie PW jako ćwiczenia wspierającego trening szybkości startowej.

Podsumowując, należy stwierdzić, że zastosowany w protokole badawczym bodziec aktywacyjny, w postaci przysiadu wykrocznego z obciążeniem 60% 1RM (PP) wydaje się być ćwiczeniem pozwalającym najefektywniej wykorzystać zjawisko PAP u badanych piłkarek nożnych, który istotnie statystycznie wpływa na skrócenie czasów osiągniętych przez całą drużynę w sprintach na 5 i 20 m.

Niewątpliwie zastosowanie treningu siłowego z wykorzystaniem efektu PAP przynosi wymierne korzyści w postaci poprawy szybkości startowej i absolutnej u poddanych badaniu piłkarek nożnych. Jednak powyższe stwierdzenie nie wyczerpuje tematu lecz jest jedynie przyczynkiem do szerszej dyskusji i głębszych badań w tym zakresie. Wykazano, że zastosowanie w protokole treningowym biernej indywidualnej przerwy wypoczynkowej (IPW) przekłada się na lepsze wyniki w sprintach niż zastosowanie optymalnej grupowej przerwy wypoczynkowej (OPW). W toku badań wykazano, że przysiad wykroczny z obciążeniem pozwala najefektywniej wykorzystać zjawisko PAP do poprawy szybkości startowej i absolutnej w badanej populacji, niemniej pozostałe dwa ćwiczenia

również wpływały korzystnie na poziom mocy kończyn dolnych u zawodniczek grających na niektórych pozycjach. W przyszłości warto byłoby skupić się na zróżnicowaniu treningu siłowego pod kątem zajmowanych przez zawodniczki pozycji na boisku. Być może zastosowanie treningu kompleksowego, obejmującego wszystkie trzy ćwiczenia aktywizujące, ze zróżnicowanym dla każdej z czterech pozycji na boisku obciążeniem i intensywnością ich wykonania, przyniosłoby większe korzyści dla całej badanej grupy, przekładając się nie tylko na poprawę parametrów mocy kończyn dolnych zawodniczek, lecz również na istotniejszą niż wykazana w niniejszym eksperymencie, poprawę szybkości startowej i absolutnej.

8. Wnioski

Na podstawie analizy wyników badań wpływu efektu PAP na poprawę szybkości startowej i absolutnej na dystansach 5 i 20 m u piłkarek nożnych, w oparciu o aktualny stan wiedzy, który ma odzwierciedlenie w publikacjach naukowych, do których autorka rozprawy odwołuje się w treści pracy, sformułowano następujące wnioski:

1. Zastosowanie w protokole treningowym zarówno IPW, jak i OPW wpływa pozytywnie na wartość generowanej przez zawodniczki mocy szczytowej kończyn dolnych, a zastosowanie IPW u każdej z zawodniczek pozwala najefektywniej wykorzystać zjawisko PAP.
2. Zastosowanie w protokole treningowym IPW pozwala osiągnąć zawodniczkom wyższe wartości generowanej mocy kończyn dolnych, w porównaniu do OPW, przy czym różnica w wartościach mocy szczytowej po zastosowaniu wszystkich trzech ćwiczeń aktywacyjnych jest statystycznie istotna tylko dla pomocniczek.
3. Zastosowanie w protokole treningowym IPW wpływa na skrócenie czasów w sprintach na 5 i 20 m bardziej niż w przypadku zastosowania OPW, przy czym istotnie statystycznie wpływa na skrócenie czasów w sprintach na 5 m u bramkarek, pomocniczek i napastniczek oraz w sprintach na 20 m u bramkarek, pomocniczek i obrończyń.
4. Ćwiczenie wielostawowe PP, w porównaniu do ćwiczeń izolowanych PU i PW, w największym stopniu wpływa na możliwość wykorzystania efektu PAP w celu poprawy szybkości startowej (5 m) u bramkarek, napastniczek i pomocniczek oraz szybkości absolutnej (20 m) u bramkarek, obrończyń i pomocniczek.
5. Ćwiczenia izolowane PU i PW mają statystycznie istotny wpływ na przyrosty względne mocy kończyn dolnych, nie wpływają jednakże na poprawę szybkości biegowej.
6. Ćwiczenie wielostawowe PP wywołuje największy absolutny przyrost szybkości u całej grupy zawodniczek, zarówno startowej (5 m), jak i absolutnej (20 m).

Streszczenie

Zdolność do generowania przez zawodnika dużej mocy mięśniowej ma niebagatelny wpływ na wynik sportowy i jest jednym z głównych czynników gwarantujących sukces we współczesnym sporcie. Wykorzystanie efektu PAP w treningu wytrzymałościowo-szybkościowym pozwala zmaksymalizować u każdego zawodnika przyrost szybkości w sprintach, wzrost siły eksplozywnej i poprawę wytrzymałości. Nie ulega wątpliwości, że szybkość dla zawodniczek i zawodników we współczesnej piłce nożnej jest kluczem do osiągnięcia sukcesu. Kształtowanie siły eksplozywnej w piłce nożnej powinno być zatem istotnym elementem treningu siłowego.

Wykorzystanie efektu wzmocnienia poaktywacyjnego (PAP) w treningu siły eksplozywnej w piłce nożnej jest rozwiązaniem unikatowym i nowatorskim. Zasadnicze różnice anatomiczne, fizjologiczne i motoryczne pomiędzy kobietami a mężczyznami wykluczają ich współzawodnictwo w piłce nożnej na poziomie zawodowym (Basiuk i Basiuk 2011). Pomimo tych różnic, przygotowanie sprawnościowe obok przygotowania taktycznego i technicznego to podstawowe zadania procesu treningowego zarówno dla kobiet, jak i mężczyzn. W piłce nożnej przeważają eksplozywne czynności ruchowe, a o sukcesie decyduje poziom przygotowania szybkościowo-siłowego. Jedną z nowoczesnych metod treningu siły mięśniowej wykorzystywanym w piłce nożnej jest trening kompleksowy wykorzystujący mechanizm wzmocnienia poaktywacyjnego (PAP).

W badaniach porównujących zdolności do wykorzystania efektu PAP przez mężczyzn i kobiety nie wykazano istotnych różnic między nimi. Jeśli chodzi o względną wartość efektu PAP, zarówno kobiety, jak i mężczyźni reagują podobnie na bodźce aktywujące. Różnice w potencjale fizycznym między obydwojema płciami, określone przez poziom kształtowania się parametrów siłowych i wytrzymałościowych, nie odbiegają od siebie, jeśli za punkt odniesienia przyjmujemy parametry spoczynkowe (Stolen i wsp. 2005). Miało to istotne znaczenie dla niniejszej pracy, gdyż umożliwiło odniesienie analizowanych w niej wyników do wyników uzyskanych przez piłkarzy nożnych.

Z badań nad możliwością wykorzystania efektu PAP w piłkarskim treningu siłowym wynika, że może pozytywnie wpływać na poprawę zdolności sprinterskich zawodników (Alves i wsp. 2010, Chatzopoulos 2007, Dello Iacono i Seitz 2018, Garcia-Pinillos i wsp. 2014, Low i wsp. 2015, Nealer i wsp. 2017, Nickerson i wsp. 2018, Requena i wsp. 2011, Till i Cooke 2009, Vanderka 2016). Efekt poprawy szybkości w sprintach będzie jednak zależał

od wielu czynników, takich jak rodzaj zastosowanego bodźca aktywującego, poziom zastosowanego obciążenia zewnętrznego, czy przerwa wypoczynkowa po aktywacji.

Zasadniczym celem pracy było ustalenie wpływu efektu PAP na szybkość startową (5 m) i absolutną (20 m) u piłkarek nożnych, grających w ekstraklidze. Ponadto podjęto się oceny skuteczności trzech wybranych ćwiczeń siłowych na wywołanie efektu PAP oraz ustalenia indywidualnej i grupowej biernej przerwy wypoczynkowej (IPW, OPW).

Badaniami objęto grupę piłkarek nożnych, grających w polskiej ekstraklidze. Udział w nich wzięło 29 zawodniczek (wiek $20,9 \text{ lat} \pm 2,1$; wzrost $166,2 \text{ cm} \pm 3,9$; masa ciała $56,4 \text{ kg} \pm 3,7$) reprezentujących zbliżony poziom sportowy i z podobnym doświadczeniem w zakresie treningu siły mięśniowej, wynoszącym 2-3 lata i grających w ekstraklidze co najmniej 2 lata. Dobór uczestniczek eksperymentu było losowo-celowy. Protokół testowy został zaakceptowany przez Uczelnianą Komisję Bioetyczną ds. Badań Naukowych Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach. Badania zostały przeprowadzone w Laboratorium Siły i Mocy Mięśniowej w Akademii Wychowania Fizycznego im. J. Kukuczki w Katowicach. Badania wykonano w dwóch etapach. W pierwszym etapie przeprowadzono testy mocy kończyn dolnych dla trzech ćwiczeń aktywacyjnych (przysiad wykroczny, uginanie kończyny dolnej leżąc przodem, wspięcia na palce) z wykorzystaniem przyrządów Air Keiser Squat oraz Air Keiser Leg Curl po zastosowaniu indywidualnej oraz optymalnej dla zajmowanej na boisku pozycji przerwy wypoczynkowej.

W drugim etapie eksperymentu wykonano testy szybkości startowej (5 m) oraz absolutnej (20 m) zawodniczek po zastosowaniu trzech ćwiczeń aktywacyjnych z wykorzystaniem IPW oraz OPW.

Otrzymane w wyniku badań wyniki wskazują, że zastosowanie zarówno OPW, jak i IPW wpływa na poprawę osiąganych wyników w zakresie generowanej przez zawodniczki mocy, jednak to IPW pozwala efektywniej wykorzystać zawodniczkom zjawisko PAP i osiągnąć lepsze wyniki w testach mocy. Ze względu na zajmowaną na boisku pozycję, bramkarki, obrończynie i pomocniczki najefektywniej wykorzystują efekt PAP po zastosowaniu IPW.

Wykazane zostały istotne statystycznie różnice wyników testów szybkości startowej (5 m) po aktywacji PP z zastosowaniem IPW u przypadku bramkarek, napastniczek i pomocniczek oraz z zastosowaniem OPW u bramkarek. Zastosowanie IPW po aktywacji PP korzystnie wpłynęło na osiągane przez bramkarki, napastniczki i pomocniczki wyniki w sprincie na 5 m. Analiza wyników odnotowanych na odcinku 20 m po zastosowaniu

ćwiczenia PP wykazała istotną statystycznie poprawę szybkości absolutnej u bramkarek, obrończyń i pomocniczek po zastosowaniu zarówno IPW, jak i OPW, przy czym u bramkarek i obrończyń korzystniejsze było zastosowanie IPW, a u pomocniczek OPW. Uzyskane wyniki badań wskazują, że ćwiczenie aktywacyjne PP pozwala efektywniej wykorzystać zjawisko PAP od aktywacji PU, zarówno w całej badanej grupie, jak i z uwzględnieniem zajmowanych przez zawodniczki pozycji na boisku. Jednocześnie aktywację PW należy uznać za niespełniającą funkcji aktywacyjnej w kontekście poprawy szybkości startowej i absolutnej u badanej grupy zawodniczek.

Podsumowując, należy stwierdzić, że zastosowany w protokole badawczym bodziec aktywacyjny, w postaci przysiadu wykrocznego z obciążeniem 60% 1RM PP wydaje się być ćwiczeniem pozwalającym najefektywniej wykorzystać zjawisko PAP u badanych piłkarek nożnych, który istotnie statystycznie wpływa na poprawę szybkości startowej i absolutnej całej drużyny.

W przyszłości warto byłoby skupić się na zróżnicowaniu treningu siłowego pod kątem zajmowanych przez zawodniczki pozycji na boisku. Być może zastosowanie treningu złożonego ze wszystkich trzech ćwiczeń aktywizujących, ze zróżnicowanym dla każdej z czterech pozycji na boisku obciążeniem i intensywnością ich wykonania, przyniósłby większe korzyści dla całej badanej grupy, przekładając się nie tylko na poprawę parametrów mocy kończyn dolnych zawodniczek, lecz również na istotniejszą niż wykazana w niniejszym eksperymencie, poprawę szybkości startowej i absolutnej.

Summary

The ability to generate power by a player has a significant impact on the sporting result and is one of the main factors guaranteeing success in sports competitions. The use of the PAP effect in resistance training allows maximizing speed and explosive strength in team sport players. There is no doubt that speed in modern soccer is the key to success. Developing explosive power in soccer should therefore be an important element of the strength training.

The use of the phenomenon of post-activation potentiation (PAP) in developing explosive strength in soccer is a unique and innovative solution. The fundamental anatomical, physiological and motor differences between women and men exclude their competition in soccer at the professional level (Basiuk and Basiuk 2011). Despite these differences, the conditioning along with tactical and technical preparation include the basic objectives of the training process for both women and men. In soccer, explosive movement activities predominate, and the level of speed and strength determines success. One of the modern methods of training muscular strength used in team sports is comprehensive training using the mechanism of post-activation potentiation (PAP). In studies comparing the utilization of the PAP effect by men and women, no significant differences were found between them. When it comes to the relative value of the PAP effect, both women and men react similarly to activating stimuli. The differences in physical potential between the two sexes, determined by the level of strength and endurance variables, do not diverge, if we take the resting values as a reference point (Stolen 2005). This was significant for this work, as it made it possible to relate the results obtained to those obtained by soccer players in others experiments.

Research on the possibility of using the PAP effect in strength training of soccer players shows that it can have a positive effect on improving sprinting ability (Alves et al. 2010, Chatzopoulos 2007, Dello Iacono and Seitz 2018, Garcia-Pinillos et al. 2014, Low et al. 2015, Nealer et al. 2017, Nickerson et al. 2018, Requena et al. 2011, Till and Cooke 2009, Vanderka 2016). The improvement in sprint speed, however, will depend on many factors, such as the type of activating stimulus used, the level of external load used, or the interval between the activating exercise and the sprint.

The main purpose of this work was to determine the impact of the PAP effect on the starting (5 m) and absolute (20 m) speed in elite soccer players. In addition, an assessment of the effectiveness of three selected strength exercises on the PAP effect and determination of individual and group passive rest intervals (IPW, OPW) was undertaken.

The research covered a group of elite soccer players. In the experiment took part 29 competitors (age 20.9 years \pm 2.1; height 166.2 cm \pm 3.9; body weight 56.4 kg \pm 3.7) representing similar sports level and with similar experience in resistance training. The selection of participants in the experiment was random. The test protocol was approved by the University Bioethics Committee for Scientific Research of the Jerzy Kukuczka Academy of Physical Education in Katowice. The tests were carried out at the Strength and Power Laboratory at the Jerzy Kukuczka Academy of Physical Education in Katowice.

There were two stages of the tests. In the first stage, lower limb power tests were administrated for three activation exercises (half squat, leg curls, toe raises) with the use of Air Squat and Air Leg Curl devices after individual and optimal rest intervals for 4 different field positions (goalkeeper, striker, defender, midfielder). In the second stage of the experiment starting (5 m) and absolute (20 m) speed were evaluated after applying three activation exercises using IPW and OPW.

The obtained results of the research indicate that the use of both OPW and IPW improves power generated by the players, however, it is the IPW that allows the players to effectively use the PAP phenomenon and achieve better results in all tests. Due to their position on the field, goalkeepers, defenders and midfielders most effectively use the PAP effect after applying IPW.

Statistically significant differences were found in the results of starting speed tests (5 m) after PP activation with the use of IPW for goalkeepers, strikers and midfielders and with the use of OPW for goalkeepers. The use of IPW after PP favourably influenced the results achieved by goalkeepers, strikers and midfielders in the 5 m sprint.

Analysis of the results recorded over the distance of 20 m after using the PP exercise showed a statistically significant improvement in the absolute speed of goalkeepers, defenders and midfielders after using both IPW and OPW, while goalkeepers and defenders were more advantageous to use IPW, and for OPW midfielders. The obtained results indicate that the PP exercise allows to use the PAP phenomenon more efficiently than the PU exercise, both in the whole studied group and taking into account the players' positions. At the same time, PW exercises should be considered as not fulfilling the activation function in the context of improving starting and absolute speed of the examined group of players.

In summary, the activation stimulus used in the research protocol, in the form of a half squat with a load of 60% 1RM seems to be an exercise that allows the most effective use of the PAP phenomenon in the studied female soccer players, significantly improving starting and absolute speed of the entire group of female players.

In the future, it would be worth focusing on diversifying strength training in terms of players' positions. Perhaps the use of complex training consisting of all three activating exercises, with the load and intensity of their performance varied for each of the four positions on the field, would bring greater benefits for the entire studied group, translating not only into the improvement of lower extremity power variables of players, but also to a more important than shown in this experiment, improved starting and absolute speed.

Bibliografia

1. Abade, E., Sampaio, J., Gonçalves, B., Baptista, J., Alves, A., Viana, J. (2017). Effects of different re-warm up activities in football players' performance. *PLoS One*, 12(6), :e0180152.
2. Alves, J.M., Rebelo, A.N., Abrantes, C., Sampaio, J. (2010). Short-term effects of complex and contrast training in soccer players vertical jump, sprint and agility abilities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(4), 936–94.
3. Andersen, T.B., Bendiksen, M., Pedersen, J.M., Orntoft, Ch., Brito, J., Jackman, S.R., Williams, C.A. (2012). Kicking velocity and physical, technical, tactical, match performance for U18 female football players – effect of a new ball. *Human Movement Science*, 31(6), 1624-1638.
4. Andersson, H., Raastad, T., Nilsson, J., Paulsen, G., Garthe, I., Kadi, F.: Neuromuscular Fatigue and Recovery in Elite Female Soccer. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40, 372-80.
5. Ayala, F., Calderon-Lopez, A., Delgado-Gosalbez, J.C., Parra-Sanchez, S., Pomares-Noguera, C., Hernandez-Sanchez, S., Lopez-Valenciano, A., de Ste Croix, M. (2017). Acute effects of three neuromuscular warm-up strategies on several physical performance measures in football players. *PLoS One*, 12(1), e0169660.
6. Beachle, T.R., Earle, R.W., Wathen, D. (2008). Resistance training. In: Essentials of Strength Training and Conditioning. T.R. Baechle, R.W. Earle, eds. Champaign, IL: *Human Kinetics*, 381-412.
7. Bangsbo, J. (1994). The physiology of soccer—with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiologica Scandinavica suppl.*, 619, 1-156.
8. Basiuk, M., Basiuk, W. (2011). *Dymorficzne podobieństwa i różnice piłkarek i piłkarzy nożnych*. W: Teoria i praktyka piłki nożnej kobiet (red. Bergier J., Soroka A.). Biała Podlaska: PWS im. Jana Pawła II, 88-99.
9. Bogdanis, G.C., Papaspyrou, A., Souglis, A., Theos, A., Sotiropoulos, A., Maridaki, M. (2009). Effects of hypertrophy and a maximal strength training programme on speed, force and power of soccer players. In: Reilly T., Korkusuz F. (eds.). *Science and Football VI. The proceedings of the sixth world congress on science and football*. New York: Routledge.

10. Bogdanis, G.C., Tsoukos, A., Veligekas, P., Tsolakis, C., Terzis, G. (2014). Effects of muscle action type with equal impulse of conditioning activity on postactivation potentiation. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28, 2521-28.
11. Boone, J., Vaeyens, R., Steyaert, A., Vanden Bossche, L., Bourgois, J. (2012). Physical fitness of elite Belgian soccer players by player position. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26, 2051–2057.
12. Boullosa, D.A., Abreu, L., Beltrame, L.G.N., Behm, D.G. (2013). The acute effect of different half squat set configurations on jump potentiation. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27, 2059–2066.
13. Boyd, D., Donald, N., Balshaw, B.G. (2014). Comparison of acute countermovement jump responses after functional isometric and dynamic half squats. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28, 3363-3374.
14. Can, F., Yilmaz, I., Erden, Z. (2004). Morphological characteristics and performance variables of women soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 480-485.
15. Chatzopoulos, D.E., Michailidis, Ch.J., Giannakos, A.K., Alexiou, K.C., Patikas, D.A., Antonopoulos, Ch.B., Kotzamaividis, Ch.M. (2007). Postactivation potentiation effects after heavy resistance exercise on running speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1278-1281.
16. Chelly, M.S., Fathloun, M., Cherif, N., Ben Amar, M., Tabka, Z., Van Praagh, E. (2009). Effects of a back squat training program on leg power, jump, and sprint performances in junior soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(8), 2241-2249.
17. Chmura, J. (2001). Szybkość w piłce nożnej; Akademia Wychowania Fizycznego w Katowicach. - Katowice : Wydaw. AWF.
18. Chmura, J., Chmura, P., Ciastoń, J. (2008). Przygotowanie motoryczne piłkarzy do wysiłku startowego. *Sport Wyczynowy*, 10-12, 526-528.
19. Clark, J.R. (2007). Positional assessment and physical fitness characteristics of male professional soccer players in South Africa. *South African Journal of Physical Health Education, Recreation and Dance*, 13, 453–464.

20. Cometti, G., Maffiuletti, N.A., Pousson, M., Chatard, J.C., Maffulli N. (2001). Isokinetics strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur soccer players. *Journal of Sports Medicine*, 22(1), 45-51.
21. Constantini, N.W., Dubnov, G., Lebrun, C.M. (2005). The menstrual cycle and sport performance. *Clinics in Sports Medicine*, 24(2), e51-82.
22. Cormie, P., McCaulley, G.O., Triplett, N.T., McBride, J.M. (2007). Optimal loading for maximal power output during lower-body resistance exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(2), 340-349.
23. Cormie, P., McGiugan, M.R., Newton, R.U. (2011). Developing maximal neuromuscular power : part 2 – training considerations for improving maximal power production. *Sports Medicine*, 41(2), 125-46
24. Davis, J.A., Brewer, J. (1993). Applied physiology of female soccer players. *Sports Medicine*, 16(3), 180-189.
25. Delavier, F. (2011). *Atlas treningu siłowego*. Warszawa: PZWL.
26. Dello Iacono, A., Seitz, L.B. (2018). Hip thrust-based PAP effects on sprint performance of soccer players: heavy-loaded versus optimum-power development protocols. *Journal of Sports Sciences*, 36(20), 2375-2382.
27. Docherty, D., Robbins, D., Hodgson, M. (2004). Complex Training Revisited: A Review of its Current Status as a Viable Training Approach. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(6), 52-57.
28. Esformes, J.I., Cameron, N., Bampouras, T.M. (2010). Postactivation potentiation following different models of exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(7), 1911-16.
29. Farup, J., Sorensen, H. (2010). Postactivation potentiation: upper body force development changes after maximal force intervention. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(7), 1874-1879.
30. Fernando-Gonzales, R., Tesch, P.A., Linnehan, R.M., Kreider, R.B., di Salvo, V., Suarez-Arrones, L., Alomar, X., Mendez-Villanueva, A., Rodas, G. (2016). Individual Muscle use in Hamstring Exercises by Soccer Players Assessed using Functional MRI. *International Journal of Sports Medicine*, 37(7), 559-564.

31. Fukunaga, T., Ichinose, Y., Ito, M., Kawakami, Y., Fukashiro, S. (1997). Determination of fascicle length and pennation in a contracting human muscle in vivo. *Journal of Applied Physiology*, 82(1), 354-358.
32. Garcia-Pinillos, F., Martínez-Amat, A., Hita-Contreras, F., Martínez-López, E.J., Latorre-Román, P.A. (2014). Effects of a contrast training program without external load on vertical jump, kicking speed, sprint, and agility of young soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(9), 2452-56.
33. Gil, M., Gil, J., Ruiz, F., Irazusta, A., Irazusta, J. (2007). Physiological and anthropometric characteristics of young soccer players according to their playing position: relevance for the selection process. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 21, 438-845.
34. Gilbert, G., Lees, A. (2005). Changes in the force development characteristics of muscle following repeated maximum force and power exercise. *Ergonomics*, 48(11-14), 1576-84.
35. Gołaś, A., Maszczyk, A., Zajac, A., Mikołajec, K., Stastny, P. (2016). Optimizing post activation potentiation for explosive activities in competitive sports. *Journal of Human Kinetics*, 52, 95-106.
36. Gołaś, A., Wilk, M., Stastny, P., Maszczyk, A., Pajerska, K., Zajac, A. (2017). Optimizing half squat postactivation potential load in squat jump training for eliciting relative maximal power in ski jumpers. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 31, 3010-17.
37. Gonzalez-Rave, J.M., Machado, L., Navarro-Valdivielso, F., Vilas-Boas, J.P. (2009). Acute effects of heavy-load exercises, stretching exercises, and heavy-load plus stretching exercises on squat jump and countermovement jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 472-79.
38. Gossen, E.R., Sale, D.G. (2000). Effect of postactivation potentiation on dynamic knee extension performance. *European Journal of Applied Physiology*, 83(6), 524-30.
39. Greene W.H. (2003). *Econometric Analysis*. New Jersey: Prentice Hall.
40. Güllich A., Schmidtbleicher D. (1996). MVC-induced short-term potentiation of explosive force. *New Studies in Athletics*, 4, 67-80.

41. Häkkinen K.(1989). Neuromuscular and hormonal adaptation during strength and power training. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 29, 9-26.
42. Haff, G.G., Nimphius, S. (2012). Training principles for power. *Strength and Conditioning Journal*, 34(5), 2-12.
43. Haff, G.G., Stone, M.H. (2015). Methods of developing power with special reference to football players. *Strength and Conditioning Journal*, 37(6), 1-13.
44. Hamada, T., Sale, D.G., MacDougall, J.D., Tarnopolsky, M.A. (2000). Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles. *Journal of Applied Physiology*, 88(6), 2131-37.
45. Hamada, T., Sale, D.G., MacDougall, J.D., Tarnopolsky, M.A. (2003). Interaction of fiber type, potentiation and fatigue in human knee extensor muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*, 178(2), 165-73.
46. Hammami, A., Zois, J., Russel, M., Bouhlel, E. (2018). The efficacy, and characteristics, of warm-up and re-warm-up practices in soccer players: a systematic review. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(1-2), 135-49.
47. Harris, G.R., Stone, M.H., O'Bryant, H.S., Proulx, C.M., Johnson, R.L. (2000). Short-term performance effects of high force, or combined weight-training methods. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(1), 14-20.
48. Harrison, A. (2011). Postactivation potentiation: predictors in NCAA division II track and field power athletes, in Physical Education, Health and Recreation. Bellingham: Western Washington University.
49. Haugen, T., Tonnenssen, E., Hisdal, J., Seiler, S. (2014). The role and development of sprinting speed in soccer. *International Journal of Sports Physiology Performance*, 9(3), 432-41.
50. Helgerud, J., Hoff, J., Wisloff, U. (2002). Gender differences in strength and endurance of elite soccer players. In: Spinks W., Reilly T., Murphy A. eds.. *Science and football IV*. Sydney: Taylor and Francis, P.382.
51. Hernandez-Preciado, J.A., Baz, E., Balsalobre-Fernandez, C., Marchante, D., Santos-Concejero, J. (2018). Potentiation effects on the French contrast method on vertical jumping ability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32, 1909-14.

52. Hodgson, M., Docherty, D., Robbins, D. (2005). Post-Activation Potentiation Underlying Physiology and Implications for Motor Performance. *Sports Medicine*, 35 (7), 585-95.
53. Hrysomallis, C., Kidgell, D. (2001). Effect of heavy dynamic resistive exercise on acute upper-body power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(4),426-29.
54. Hunter, S.K., Brown, D.A. (2010). Muscle: The primary stabilizer and mover of the skeletal system. *Kinesiology of the musculoskeletal system*, 47-76.
55. Ingebrigsten, J., Dillern, T., Shalfawi, S.A. (2011) Aerobic capacities and anthropometric characteristics of elite female soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research* , 25(12), 3352-57.
56. Jensen, R.L., Ebben, W.P. (2003). Kinetic analysis of complex training rest interval effect on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(2), 345-49.
57. Jukić, I., Prnjak, K., Zoellner, A., Tufano, J.J., Sekulic, D., Salaj, S. (2019). The Importance of Fundamental Motor Skills in Identifying Differences in Performance Levels of U10 Soccer Players. *Sports (Basel)* 2019, 7(7), 178.
58. Keele, L., Kelly, N.J. (2006). Dynamic models for dynamic theories: the ins and outs of legged dependent variables. *Political Analysis*, 14, 186-205.
59. Kilduff, L.P., Bevan, H.R., Kingsley, M.I., Owen, N.J., Bennett, M.A., Bunce, P.J., Hore, A.M., Maw, J.R., Cunningham, D.J. (2007). Postactivation potentiation in professional rugby players : optimal recovery. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1134-38.
60. Kotzamanidis Ch., Chatzopoulos D., Michailidis Ch., Papaiakevou G., Patikas D. (2005). The effect of a combined high-intensity strength and speed training program on the running and jumping ability of soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 369-75.
61. Krčmár, M., Šimonek, J., Vasil'ovský, I. (2015). The acute effect of lower-body training on average power output measured by loaded half-squat jump exercise. *Acta Gymnica*, 45(3), 103-111.

62. Kumar, P.R., Ramana Murthy, M.V., Eashwar, D., Venkatdas, M. (2008). Time series modelling using Artificial Neural Networks. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 34, 1259-64.
63. Lesinski, M., Muehlbauer, T., Büsch, D., Granacher, U. (2013). Acute effects of postactivation potentiation on strength and speed performance in athletes. *Sportverletz Sportschaden*, 27(3), 147–55.
64. Lesinski, M., Prieske, O., Granacher, U. (2016). Effects and dose–response relationships of resistance training on physical performance in youth athletes: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 50(13), 781-795.
65. Lockie, R.G., Moreno, M.R., Lazar, A., Orjalo, A.J., Giuliano, D.V., Risso, F.G., Davis, D.L., Crelling, J.B. (2018). The physical and athletic performance characteristics of division I collegiate female soccer players by position. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(2), 334-343.
66. Lorenz D. (2011). Postactivation potentiation – an introduction. *The International Journal of Sports Physical Therapy*, 6(3), 236-240.
67. Loturco, I., Ugrinowitsch, C., Tricoli, V., Pivetti, B., Roschel, H. (2013). Different loading schemes in power training during the preseason promote similar performance improvements in Brazilian elite soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(7), 1791–97.
68. Low, D., Harsley, P., Peart, D., Shaw, M. (2015). The effect of heavy resistance exercise on repeated sprint performance in youth athletes. *Journal of Sports Sciences*, 33(10), 1028-34.
69. MacIntosh, B.R., Rassier, D.E. (2002). What is fatigue. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 27(1), 42-55.
70. Maestas, C., Preuhs, R.R. (2000). Modeling volatility in political time series. *Electoral Studies*, 19(1), 95-110.
71. Mahlfeld, K., Franke, J., Awiszus, F. (2004). Postcontraction changes of muscle architecture in human quadriceps muscle. *Muscle Nerve*, 29(4), 597-600.
72. Manolopoulos, E., Papadopoulos, Ch., Salonikidis, K., Katartzi, E., Poluha, S. (2004). Strength training effects on physical conditioning and instep kick kinematics in

- young amateur soccer players during preseason. *Perceptual and Motor Skills*, 99, 701-710.
73. Maszczyk, A., Zając, A., Ryguła, I. (2011). A Neural Network model approach to athlete selection. *Sport Engineering*, 13, 83-93.
74. Maszczyk, A., Rocznik, R., Czuba, M., Zając, A., Waśkiewicz, Z., Mikołajec, K., Stanula, A. (2012). Application of regression and neural models to predict competitive swimming performance. *Perceptual & Motor Skills*, 114(2), 610-24.
75. Matković, B.R, Misigoj-Duraković, M., Matković, B., Janković, S., Ruzić, L., Leko, G., Kondric M. (2003). Morphological differences of elite Croatian soccer players according to the team position. *Collegium Antropologicum*, 27, Suppl 1, 167-74.
76. McBride, J.M., Triplett-McBride, T., Davie, A., Newton, M.U. (2002). The effect of heavy- vs. light-load jumps squats on the development of strength, power, and speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(1), 75-82.
77. Mendez-Villanueva, A., Suarez-Arrones, L., Rodas, G., Fernandez-Gonzalo, R., Tesch, P., Linnehan, R., Kreider, R., Di Salvo, V. (2016). MRI-based regional muscle use during hamstring strengthening exercises in elite soccer players. *PLoS One*, 11(9), e0161356.
78. Milanović, Z., Sporiš, G., Jamec, N., Trajković, N., Ignjatović, A., Sermento, H., Trecroci, A., Borges Mendes, B. (2017). Physiological Demands, Morphological Characteristics, Physical Abilities and Injuries of Female Soccer Players. *Journal of Human Kinetics*, 60, 77-83.
79. Mola, J., Bruce-Low, S., Burnet, S. (2014). Optimal recovery time for postactivation potentiation in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(6), 1529-37.
80. Moore, R.L, Stull, J.T. (1984). Myosin light chain phosphorylation in fast and slow skeletal muscles in situ. *American Journal of Physiology*, 247(5 Pt 1), C462-71.
81. Muehlbauer, T., Wagner, V., Brueckner, D., Schedler, S., Schwiertz, G., Kiss, R., Hagen, M. (2019). Effects of a blocked versus an alternated sequence of balance and plyometric training on physical performance in youth soccer players. *BMC Sports Science Medicine and Rehabilitation*, 11, 18, 1-9.

82. Nealer, A.L., Dunnick, D.D., Malyszek, K.K., Wong, M.A., Costa, P.B., Coburn, J.W., Brown, L.E. (2017). Influence of rest intervals after assisted sprinting on bodyweight sprint times in female collegiate soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(1), 88-94.
83. Nickerson, B., Mangine, G., Williams, T., Martinez, I. (2018). Effect of cluster set warm-up configurations on sprint performance in collegiate male soccer players. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 43(6), 625-630.
84. Nyland, J.A., Caborn, D.N., Brosky, J.A., Kneller, C.L, Freidhoff, G. (1997). Anthropometric, muscular fitness, and injury history comparisons by gender of youth soccer teams. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 11(2), 92–97.
85. Oberacker, L.M., Davis, S.E., Haff, G.G., Witmer, C.A., Moir, G.L. (2012). The Yo-Yo IR2 test: physiological response, reliability, and application to elite soccer. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(10), 2734-40.
86. Okuno, N.M., Tricoli, V., Silva, S.B., Bertuzzi, R., Moreira, A., Kiss, M.A. (2013). Postactivation potentiation on repeated-sprint ability in elite handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27, 662-668.
87. Ostasiewicz, S., Rusnak, Z., Siedlecka, U. (2006). *Statystyka. Elementy teorii i zastosowania*. Wrocław: Akademia Ekonomiczna.
88. Paasuke, M. Ereline, J., Gapeyeva, H., Toots, M., Toots, L. (2003). Comparison of twitch contractile properties of plantar flexor muscles in 9-10-year-old girls and boys. *Pediatric Exercise Science*, 15, 324-332.
89. Paradysz J. (2005). *Statystyka*. Poznań: Wydaw. Akademii Ekonomicznej.
90. Petisco, C., Ramirez-Campillo, R., Hernandez, D., Gonzalo-Skok, O., Nakamura, F.Y., Sanchez-Sanchez, J. (2019). Post-activation Potentiation: effects of different conditioning intensities on measures of physical fitness in male soccer players. *Frontiers in Psychology*, 10, 1167, 1-9.
91. Pivovarniček, P., Pupiš, M., Tonhauserova, Z., Tokarova, M. (2013). Level of sprint and jump abilities and intermittent endurance of elite young soccer players at different positions. *SportLogia*, 9(2), 186-200.
92. Rahnema, N., Reilly, T., Lees, A. (2002). Injury risk associated with playing actions during competitive soccer. *British Journal of Sports Medicine*, 36(5), 354-9.

93. Ramos-Campo, D J., Rubio-Arias, J.A., Carrasco-Poyatos, M., Alcaraz, P.E. (2016). Physical performance of elite and subelite Spanish female futsal players. *Biology of Sport*, 33(3), 297–304.
94. Rassier, D.E., MacIntosh, B.R. (2000). Coexistence of potentiation and fatigue in skeletal muscle. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 33(5):499-508.
95. Reilly, T., Secher, N., Snell, P., Williams, C. (1990). Physiology of sports: An overview. *Physiology of sports*, 465–485.
96. Requena, B., Saez de Villarreal, E., Gapeyeva, H., Ereline, J., Garcia, I., Paasuke, M. (2011). Relationship between postactivation Potentiation of knee extensor muscles, Sprinting and vertical jumping performance In professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2), 367–373.
97. Rixon, K.P., Lamont, H.S., Bembem, M.G. (2007). Influence of type of muscle contraction, gender, and lifting experience on postactivation potentiation performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 500-5.
98. Robbins, D.W. (2005). Postactivation potentiation and its practical applicability – a brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 453-58.
99. Ronnestad, B.R., Kvamme, N.H., Sunde, A., Raastad, T. (2008). Short-term effects of strength and plyometric training on sprint and jump performance in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 773–80.
100. Ronnestad, B.R., Slettalokken Falch, G.; Ellefsen, S. (2017). The effect of Whole-Body Vibration on subsequent sprint performance in well-trained cyclists. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12, 964-68.
101. Rubley, M.D., Haase, A.C., Holcomb, W.R., Girouard, T.J., Tandy, R.D. (2011). The effect of plyometric training on power and kicking distance in female adolescent soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(1), 129-34.
102. Sale, D.G. (2002). Postactivation potentiation: role in human performance. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 30(3), 138-43.
103. Sale, D.G. (2004). Postactivation potentiation: role in performance. *British Journal of Sports Medicine*, 38(4), 386–87.

104. Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Calderon Montero, F.J., Bachl, N., Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 28, 222–27.
105. Sanchez-Sanchez, J., Rodriguez, A., Petisco, C., Ramirez-Campillo, R., Martínez, C., Nakamura, FY. (2018). Effects of Different Post-Activation Potentiation Warm-Ups on Repeated Sprint Ability in Soccer Players from Different Competitive Levels. *Journal of Human Kinetics*, 61, 189–97.
106. Sander, A., Keiner, M., Wirth, K., Chmidtbleicher, D. (2013). Influence of 2-year strength training programme on power performance in elite youth soccer players. *European Journal of Sport Sciences*, 13(5), 455-51.
107. Seitz, L.B., de Villareal, E., Haff, G. (2014). The temporal profile of postactivation potentiation is related to strength level. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28, 706-15.
108. Seitz, L.B., Haff, G.G. (2015). Factors Modulating Post-Activation Potentiation of Jump, Sprint, Throw, and Upper-Body Ballistic Performances: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 46(2), 231-40.
109. Sever, O., Zorba, E. (2017). Investigation on physical fitness levels of soccer players according to position and age variables. *Facta Universitatis*, 15(2), 295-307.
110. Silberstein, S.D., Merriam, G.R. (2000). Physiology of the menstrual cycle. *Cephalalgia*, 20(3):148-54.
111. Silva, J.R., Nassis, G.P., Rebelo, A. (2015). Strength training in soccer with a specific focus on highly trained players. *Sports Medicine - Open*; 1, 17, 1-27.
112. Sporiš, G.; Jukić, I.; Ostojić, S.M.; Milanović, D. (2009). Fitness profiling in soccer: Physical and physiologic characteristics of elite players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 1947–53.
113. Sporiš, G., Jovanović, M., Krakan, I., Fiorentini, F. (2011). Effects of strength training on aerobic and anaerobic power in female soccer players. *Sport Science*, 4(2), 32–37.
114. Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., Wisloff, U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Medicine*, 35(6), 501-536.

115. Sweeney, H.L., Bowman, P.F., Stull, J.T. (1993). Myosin light chain phosphorylation in vertebrate striated muscle : regulation and function. *American Journal of Physiology*, 264(5 Pt 1), C1085-95.
116. Sygulla, K.S., Fountaine, J.F. (2014). Acute post-activation potentiation effects in NCAA Division II Female Athletes. *International Journal of Exercise Science*, 7(3), 212-219.
117. Śliwowski, R., Grygorowicz, M., Hojszyk, R., Jadczyk, L. (2017). The isokinetic strength profile of elite soccer players according to playing position. *PLoS ONE* , 12, e0182177.
118. Till, K.A., Cooke, C. (2009). The effects of postactivation potentiation on sprint and jump performance of male academy soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(7), 1960-67.
119. Tillin, N.A., Bishop, D. (2009). Factors Modulating Post-Activation Potentiation and its Effect on Performance of Subsequent Explosive Activities. *Sports Medicine*, 39 (2), 147-166.
120. Tilton, A., Franchini, E. (2017). Postactivation potentiation in elite young soccer players. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 13(2), 153-159.
121. Tous-Fajardo, J., Maldonado, R.A., Quintana, J.M., Pozzo, M., Tesch, P.A. (2006). The flywheel leg-curl machine: offering eccentric overload for hamstring development. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1, 293-298.
122. Upton, D, Ross, J. (2011). Assisted and Resisted Sprint Training: Effects on 13.7 m Speed, Speed with Direction Change, and Peak Power in Division I Female Soccer Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 83-84.
123. Vanderka, M., Krcmar, M., Longova, K., Walker, S. (2016). Acute effects of loaded half-squat jumps on sprint running speed in track and field athletes and soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(6), 1540-46.
124. Verkhoshansky, Y. (1996). Perspectives in the improvement of speed-strength preparation for sprinters. *Track Field*, 17(9), 11-12.

125. Weber, K.R., Brown, L.E., Coburn, J.W., Zinder, S.M. (2008). Acute effects of heavy-load squats on consecutive squat jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2), 726–730.
126. Wilson, J.M., Duncan, N.M., Marin, P.J., Brown, L.E., Loenneke, J.P., Wilson, S.M., Jo, E., Lowery, R.P., Ugrinowitsch, C. (2013). Meta-analysis of postactivation potentiation and power: effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 854-59.
127. Wisloff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38,285-88.
128. Yetter, M., Moir, G.L. (2008). The acute effects of heavy back and front squats on speed during forty-meter sprint trials. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(1), 159-65.
129. Yuasa, Y, Kurihara, T, Isaka, T. (2018). Relationship Between Toe Muscular Strength and the Ability to Change Direction in Athletes. *Journal of Human Kinetics*, 64, 47–55.
130. Zarezadeh-Mehrizi, A., Aminai, M., Amiri-Khorasani, M. (2013). Effects of Traditional and Cluster Resistance Training on Explosive Power in Soccer Players. *Iranian Journal of Health and Physical Activity*, 4 (1), 51-56.

Dokumenty elektroniczne:

1. FIFA Women’s Football Strategy. <https://resources.fifa.com/image/upload/women-s-football-strategy.pdf>
2. FIFA Women’s Football Survey. <https://resources.fifa.com/image/upload/fifa-women-s-football-survey-2522649.pdf>
3. Global Club Football 2018 Report. <https://resources.fifa.com/image/upload/fifa-global-club-football-report-2018-web.pdf>
4. Microgate Witty Folder 2016. http://www.microgate.it/MicrogatePortal/media/Brochure/Witty_Folder_Web_EN.pdf
5. UEFA Women’s football across the national associations 2016/17. https://www.uefa.com/MultimediaFiles/Download/OfficialDocument/uefaorg/Women's-football/02/43/13/56/2431356_DOWNLOAD.pdf

Spis tabel

Tabela 1	Protokół treningowy zastosowany w badaniach	22
Tabela 2	Parametry opisowe w całej badanej grupie dla zmiennych testu mocy szczytowej kończyn podczas wyznaczania IPW-PP oraz wartości OPW-PP	24
Tabela 3	Parametry opisowe w całej badanej grupie dla zmiennych testu mocy szczytowej kończyn podczas wyznaczania IPW-PU oraz wartości OPW-P.U	24
Tabela 4	Parametry opisowe w całej badanej grupie dla zmiennych testu mocy szczytowej kończyn podczas wyznaczania IPW-PW oraz wartości OPW-PW	24
Tabela 5	Parametry opisowe w całej badanej grupie dla zmiennych testu szybkości w aspekcie IPW-PP oraz OPW-PP.....	25
Tabela 6	Parametry opisowe w całej badanej grupie dla zmiennych testu szybkości w aspekcie IPW-PU oraz OPW-PU	25
Tabela 7	Parametry opisowe w całej badanej grupie dla zmiennych testu szybkości w aspekcie IPW-PW oraz OPW-PW	25
Tabela 8	Wyniki testów mocy [W] kończyn dolnych w poszczególnych etapach wyznaczania IPW po PP	27
Tabela 9	Wyniki testów mocy [W] kończyn dolnych w poszczególnych etapach wyznaczania IPW po PU	28
Tabela 10	Wyniki testów mocy [W] kończyn dolnych w poszczególnych etapach wyznaczania IPW po PW	29
Tabela 11	Wyniki analizy tabeli przestawnej testów mocy kończyn dolnych po zastosowaniu IPW po PP	32
Tabela 12	Wyniki analizy tabeli przestawnej testów mocy kończyn dolnych po zastosowaniu IPW po PU	33
Tabela 13	Wyniki analizy tabeli przestawnej testów mocy szczytowej kończyn dolnych po zastosowaniu IPW po PW	34
Tabela 14	Tabela licznosci IPW w poszczególnych przedziałach czasów regeneracji dla całej grupy zawodniczek po PP, PU i PW	35

Tabela 15	Tabela liczności IPW w poszczególnych przedziałach czasów regeneracji dla B po PP, PU i PW	35
Tabela 16	Tabela liczności IPW w poszczególnych przedziałach czasów regeneracji dla N po PP, PU i PW	35
Tabela 17	Tabela liczności IPW w poszczególnych przedziałach czasów regeneracji dla O po PP, PU i PW.....	36
Tabela 18	Tabela liczności IPW w poszczególnych przedziałach czasów regeneracji dla P po PP, PU i PW	36
Tabela 19	Tabela liczności OPW w poszczególnych przedziałach czasów regeneracji dla całej grupy w odniesieniu do zajmowanych pozycji na boisku po PP, PU i PW.....	36
Tabela 20	Wyniki analizy wariancji testów szybkości 5 m przed i po zastosowaniu IPW oraz OPW po ćwiczeniu aktywującym PP z uwzględnieniem pozycji na boisku	40
Tabela 21	Wyniki analizy wariancji testów szybkości 20 m przed i po zastosowaniu IPW oraz OPW po ćwiczeniu aktywującym PP z uwzględnieniem pozycji na boisku	41
Tabela 22	Wyniki analizy wariancji testów szybkości 5 m przed i po zastosowaniu IPW oraz OPW po ćwiczeniu aktywującym PU z uwzględnieniem pozycji na boisku	42
Tabela 23	Wyniki analizy wariancji testów szybkości 20 m przed i po zastosowaniu IPW oraz OPW po ćwiczeniu aktywującym PU z uwzględnieniem pozycji na boisku	43
Tabela 24	Wyniki analizy wariancji testów szybkości 5 m przed i po zastosowaniu IPW oraz OPW po ćwiczeniu aktywującym PW z uwzględnieniem pozycji na boisku	44
Tabela 25	Wyniki analizy wariancji testów szybkości 20 m przed i po zastosowaniu IPW oraz OPW po ćwiczeniu aktywującym PW z uwzględnieniem pozycji na boisku	45
Tabela 26	Wyniki analizy wariancji testów szybkości na 5 m i 20 m przed i po zastosowaniu IPW oraz OPW po ćwiczeniach aktywujących PP, PU i PW dla całej drużyny	46

Tabela 27	Wartości przyrostów względnych mocy i absolutnych szybkości na 5 m i 20 m dla całej drużyny i zawodniczek z podziałem na zajmowane pozycje na boisku po PP, PU i PW	47
Tabela 28	Wyniki analizy ANOVA występowania i wielkości różnic obliczonych wartości przyrostów względnych mocy kończyn dolnych, po kolejnych ćwiczeniach aktywujących PP, PU i PW	51
Tabela 29	Wyniki analizy ANOVA występowania i wielkości różnic obliczonych wartości przyrostów absolutnych szybkości na 5 m, po ćwiczeniach aktywujących PP, PU i PW	57
Tabela 30	Wyniki analizy ANOVA występowania i wielkości różnic obliczonych wartości przyrostów absolutnych szybkości na 20 m, po ćwiczeniach aktywujących PP, PU i PW	58
Tabela 31	Wyniki analizy ANOVA występowania i wielkości różnic obliczonych wartości mocy szczytowej kończyn dolnych po IPW oraz ćwiczeniach aktywujących PP, PU i PW, z uwzględnieniem pozycji na boisku	59
Tabela 32	Wyniki analizy ANOVA występowania i wielkości różnic obliczonych wartości szybkości na 5 m po IPW oraz ćwiczeniach aktywujących PP, PU i PW, z uwzględnieniem pozycji na boisku	60
Tabela 33	Wyniki analizy ANOVA występowania i wielkości różnic obliczonych wartości szybkości na 20 m po IPW oraz ćwiczeniach aktywujących PP, PU i PW, z uwzględnieniem pozycji na boisku	62

Spis rycin

Rycina 1	Hipotetyczny model zależności pomiędzy efektem PAP a zmęczeniem (Sale 2002)	9
Rycina 2	Schematyczne odwzorowanie zmiany maksymalnej siły na skutek działania kondycjonującego (Lesinski i wsp. 2013)	10
Rycina 3	Relacje między czynnikami wpływającymi na poprawę wydajności ćwiczenia (Tillin i Bishop 2009)	10

Spis wykresów

Wykres 1	Zmiany w uzyskanych wartościach sumarycznych mocy szczytowej kończyn dolnych dla całej grupy zawodniczek po PP i OPW	30
Wykres 2	Zmiany w uzyskanych wartościach sumarycznych mocy szczytowej kończyn dolnych dla całej grupy zawodniczek po PU i OPW	30
Wykres 3	Zmiany w uzyskanych wartościach sumarycznych mocy szczytowej kończyn dolnych dla całej grupy zawodniczek po PW i OPW	31
Wykres 4	Różnice w uzyskanych wielkościach mocy szczytowej kończyn dolnych po PP w aspekcie IPW i OPW z podziałem na zajmowane pozycje na boisku przez badane zawodniczki	37
Wykres 5	Różnice w uzyskanych wielkościach mocy szczytowej kończyn dolnych po PW w aspekcie IPW i OPW z podziałem na zajmowane pozycje na boisku przez badane zawodniczki	38
Wykres 6	Różnice w uzyskanych wielkościach mocy szczytowej kończyn dolnych po PU w aspekcie IPW i OPW z podziałem na zajmowane pozycje na boisku przez badane zawodniczki	39
Wykres 7	Wartości przyrostów względnych szczytowej kończyn dolnych dla całej drużyny po PP, PU i PW	48
Wykres 8	Wartości przyrostów względnych mocy kończyn dolnych dla pomocniczek po PP, PU i PW	48
Wykres 9	Wartości przyrostów względnych mocy kończyn dolnych dla bramkarek po PP, PU i PW	49
Wykres 10	Wartości przyrostów względnych mocy kończyn dolnych dla obrończyń po PP, PU i PW	49
Wykres 11	Wartości przyrostów względnych mocy kończyn dolnych dla napastniczek po PP, PU i PW	50
Wykres 12	Wartości przyrostów absolutnych szybkości na 5 m dla całej drużyny po PP, PU i PW	52
Wykres 13	Wartości przyrostów absolutnych szybkości na 5 m dla pomocniczek po PP, PU i PW	52
Wykres 14	Wartości przyrostów absolutnych szybkości na 5 m dla obrończyń po PP, PU i PW	53

Wykres 15	Wartości przyrostów absolutnych szybkości na 5 m dla napastniczek po PP, PU i PW	53
Wykres 16	Wartości przyrostów absolutnych szybkości na 5 m dla bramkarek po PP, PU i PW	54
Wykres 17	Wartości przyrostów absolutnych szybkości na 20 m dla całej drużyny po PP, PU i PW	54
Wykres 18	Wartości przyrostów absolutnych szybkości na 20 m dla pomocniczek po PP, PU i PW	55
Wykres 19	Wartości przyrostów absolutnych szybkości na 20 m dla obrońców po PP, PU i PW	55
Wykres 20	Wartości przyrostów absolutnych szybkości na 20 m dla napastniczek po PP, PU i PW	56
Wykres 21	Wartości przyrostów absolutnych szybkości na 20 m dla bramkarek po PP, PU i PW	56
Wykres 22	Wizualizacja różnic w osiągniętych wartościach szybkości na 5 m po IPW oraz PP z uwzględnieniem pozycji na boisku, w teście post-hock..	61
Wykres 23	Wizualizacja różnic w osiągniętych wartościach szybkości na 20 m po IPW oraz PU z uwzględnieniem pozycji na boisku, w teście post-hock..	63
Wykres 24	Wizualizacja różnic w osiągniętych wartościach szybkości na 20 m po IPW oraz PW z uwzględnieniem pozycji na boisku, w teście post-hock..	64