

AKADEMIA WYCHOWANIA FIZYCZNEGO

IM. JERZEGO KUKUCZKI W KATOWICACH

Marcin Oślizło

**PORÓWNANIE EFEKTÓW JEDNORAZOWEGO
ĆWICZENIA AKTYWACYJNEGO W POSTACI
PRZYSIADÓW Z OBCIĄŻENIEM I WIBRACJI CAŁEGO
CIAŁA NA OSIĄGANE WYNIKI ZMIAN KIERUNKU BIEGU
U PIŁKARZY NOŻNYCH NA ŚREDNIM POZIOMIE
ZAAWANSOWANIA SPORTOWEGO**

Rozprawa doktorska

Promotor:

Dr hab. Kajetan Słomka prof. AWF Katowice

KATOWICE 2026

Spis treści

Wstęp	4
1. Teoretyczno-empiryczne podstawy problematyki badawczej	7
1.1. Rozgrzewka i specyficzne bodźce treningowe – wpływ na efektywność działań ruchowych	7
1.2. Zmiany kierunku biegu w badaniach naukowych.....	14
1.2.1. Podstawy teoretyczne.....	14
1.2.2. Wpływ różnego rodzaju intensywności treningowej na efekty motoryczne w zmianach kierunku biegu	16
1.2.3. Przysiady z obciążeniem oraz wibracje całego ciała, jako element wspomaganie motorycznego.....	23
1.3. Przesłanki teoretyczne do sformułowania hipotez badawczych.....	32
2. Cel pracy	35
2.1. Pytania badawcze	35
2.2. Hipotezy badawcze	35
3. Materiał i metody badań	37
3.1. Materiał badawczy	37
3.2. Metody badawcze	38
3.3. Procedury obliczeniowe i metody statystyczne	45
4. Wyniki badań.....	48
4.1. Wpływ przysiadów z obciążeniem i wibracji całego ciała na wynik testu zmiany kierunku biegu bez zadania kognitywnego	48
4.2. Wpływ przysiadów z obciążeniem i wibracji całego ciała na wynik testu zmiany kierunku biegu z zadaniem kognitywnym	53
4.3. Związek pomiędzy pierwszą, a drugą częścią testu Y	57
5. Dyskusja.....	61
5.1. Wprowadzenie	61
5.2. Podsumowanie głównych wyników.....	62
5.3. Weryfikacja hipotez badawczych	62
5.4. Wpływ zastosowanych interwencji na wyniki testu zmiany kierunku biegu bez zadania kognitywnego	63
5.5. Wpływ zastosowanych interwencji na wyniki testu zmiany kierunku biegu z zadaniem kognitywnym.....	66
5.6. Deficyt zmiany kierunku biegu jako bardziej czuły wskaźnik efektu aktywacyjnego ..	68

5.7. Związek między fazami testu Y.....	68
5.8. Implikacje praktyczne	69
5.9. Ograniczenia badania	69
5.10. Implikacje badawcze i kierunki przyszłych badań.....	70
Wnioski	72
Bibliografia	73
Spis rycin	96
Spis tabel.....	98
Streszczenie.....	99
Summary.....	102

Spis skrótów przyjętych w pracy

CMJ (ang. countermovement jump) – wyskok z fazą zamachu

COD (ang. change of direction) – zmiana kierunku biegu

CODD (ang. change of direction deficit) – deficyt zmiany kierunku biegu

FIFA (fr. Fédération Internationale de Football Association) – Międzynarodowa Federacja Piłki Nożnej

MRLC (ang. regulation of myosin light chain) – regulacja łańcucha lekkiego miozyny

PAP (ang. postactivation potentiation) – wzmocnienie po aktywacji

PAPE (ang. postactivation performance enhancement) – poprawa wydajności po aktywacji

RA (ang. reactive agility) – zwinność reaktywna

SAQ (ang. speed, agility, quickness) – szybkość, zwinność, szybkość reakcji

SQ (ang. squat) – przysiad

TVR (ang. tonic vibration reflex) – odruch toniczny drgań

WBV (ang. whole body vibration) – wibracje całego ciała

Y (ang. Y shaped reactive agility test) – test zwinności

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

Wstęp

Piłka nożna, jako jedna z najpopularniejszych dyscyplin sportowych na świecie, cechuje się wyjątkową dynamiką oraz wysokimi wymaganiami fizycznymi, technicznymi i psychologicznymi stawianymi zawodnikom. Zespołowe gry sportowe, takie jak piłka nożna, charakteryzują się wielopodmiotowym działaniem, w którym każdy z graczy realizuje indywidualne zadania na rzecz wspólnego celu – zwycięstwa. Efektywność działań na boisku zależy nie tylko od umiejętności techniczno-taktycznych, ale także od sprawności motorycznej zawodników, obejmującej wytrzymałość, siłę, szybkość, zwinność oraz koordynację ruchową.

Ponadto, współczesny futbol wymaga od zawodników wykonywania złożonych i różnorodnych czynności motorycznych, takich jak gwałtowne zmiany kierunku biegu (ang. change of direction, COD), sprinty o zmiennej intensywności, skoki do piłki, a także precyzyjne podania i strzały. Kluczowym elementem przygotowania fizycznego piłkarzy jest rozwój zdolności motorycznych, które umożliwiają efektywne realizowanie tych działań w trakcie meczu. W tym kontekście trening siłowy odgrywa istotną rolę w kształtowaniu siły mięśniowej, wytrzymałości oraz stabilności ciała. Prawidłowe przygotowanie fizyczne stanowi fundament, na którym opiera się o zdolność zawodnika do radzenia sobie z intensywnością i nieprzewidywalnością rywalizacji na boisku.

Interesującym mechanizmem, który może wspomagać efektywność treningu oraz samej gry, jest zjawisko PAPE (ang. postactivation performance enhancement), które ostatnio stało się popularnym i dobrze rozpoznanym w literaturze. PAPE odnosi się do czasowej poprawy zdolności motorycznych, wynikającej z wcześniejszego pobudzenia mięśni poprzez intensywne ćwiczenia. W praktyce, zastosowanie PAPE, jako elementu rozgrzewki u piłkarzy powinno pozwolić na lepsze przygotowanie zawodników do dynamicznych sytuacji boiskowych, takich jak sprinty czy COD w trakcie gry.

Rozgrzewka jest kluczowym elementem zarówno treningu, jak i przygotowania do meczu. Jej istota polega na przygotowaniu organizmu zawodnika do nadchodzącego wysiłku fizycznego. Ponadto przy odpowiednich warunkach zastosowane w rozgrzewce ćwiczenia aktywacyjne mogą wywołać efekt PAPE. Jest on szczególnie istotny w kontekście gry, ponieważ pozwala zawodnikom osiągnąć większą siłę eksplozywną i lepszą wydajność podczas dynamicznych sytuacji meczowych. Prawidłowo przeprowadzona rozgrzewka wpływa na zwiększenie temperatury mięśni, poprawę elastyczności tkanek oraz przyspieszenie przepływu krwi, co z kolei umożliwia lepsze dotlenienie mięśni i dostarczenie im niezbędnych składników odżywczych. Rozgrzewka ma na celu również aktywację układu nerwowego, co przekłada się na lepszą szybkość reakcji oraz koordynację ruchową. Zwiększenie temperatury

ciała oraz rozciągnięcie mięśni i stawów prowadzi do zmniejszenia ryzyka urazów, co jest kluczowe zarówno w kontekście gry, jak i długoterminowego rozwoju zawodnika. Oprócz przygotowania fizycznego, rozgrzewka pełni również ważną funkcję mentalną, pomagając zawodnikom skoncentrować się i wejść w odpowiedni stan umysłu przed meczem lub treningiem.

Różne formy rozgrzewki mogą wpływać na poprawę zdolności wysiłkowych zawodników. Przysiady z obciążeniem (SQ) oraz wibracje całego ciała (WBV) są przykładami bodźców, które mogą pełnić funkcję ćwiczeń aktywacyjnych wywołujących efekt PAPE, pod warunkiem odpowiedniego doboru parametrów ich wykonania. Ćwiczenia aktywacyjne wykazują potencjał w tym zakresie, jednak dostępna literatura nie pozwala jeszcze na jednoznaczne określenie ich skuteczności, szczególnie u piłkarzy nożnych. SQ są szeroko stosowane ze względu na ich wpływ na siłę mięśniową i ogólną sprawność. Włączenie WBV do protokołu rozgrzewki może dodatkowo zwiększać poziom aktywacji mięśniowej poprzez intensyfikację stymulacji mechanicznej i neurologicznej. Coraz częstsze wykorzystanie WBV w sporcie opiera się na założeniu, że zwiększona rekrutacja jednostek motorycznych wywołana wibracjami może poprawiać przygotowanie układu mięśniowego do wysiłku.

W kontekście specyficznych wymagań piłki nożnej, COD stanowią kluczowy aspekt gry piłkarskiej, wpływający na zdolność zawodników do efektywnego reagowania na dynamiczne sytuacje na boisku. Efektywne COD wymagają nie tylko doskonałej koordynacji ruchowej, ale również dużej siły eksplozywnej oraz sprawności neuromotorycznej. COD jest jednym z najbardziej wymagających elementów motorycznych w piłce nożnej, ponieważ wymaga jednoczesnego zaangażowania siły, zwinności, równowagi oraz zdolności przewidywania sytuacji. Z tego powodu badanie wpływu popularnych ćwiczeń aktywacyjnych, takich jak SQ w połączeniu z WBV, na osiągnięte wymniki w kontekście COD jest niezwykle istotne dla optymalizacji programów treningowych piłkarzy. Udoskonalenie zdolności do szybkich i efektywnych COD może przyczynić się do poprawy wyników sportowych, a także zmniejszenia ryzyka kontuzji, które często są związane z nagłymi i gwałtownymi ruchami.

Mając na uwadze powyższe, celem niniejszej pracy było określenie wpływu SQ z obciążeniem oraz WBV na efekty motoryczne w COD u piłkarzy nożnych. Badanie to ma na celu dostarczenie szczegółowych informacji na temat skuteczności tych ćwiczeń aktywacyjnych oraz ich potencjalnych korzyści w kontekście poprawy zdolności motorycznych specyficznych dla piłki nożnej. Wyniki mogą okazać się przydatne dla trenerów, fizjoterapeutów oraz samych zawodników, dążących do maksymalizacji wyników sportowych i minimalizacji ryzyka urazów. Analiza efektywności ćwiczeń aktywacyjnych opartych na

kombinacji SQ i WBV może również dostarczyć nowych informacji na temat optymalizacji procesów przygotowania fizycznego w różnych dyscyplinach sportowych.

1. Teoretyczno-empiryczne podstawy problematyki badawczej

1.1. Rozgrzewka i specyficzne bodźce treningowe – wpływ na efektywność działań ruchowych

W zespołowych grach sportowych zarówno przed zajęciami treningowymi, jak i od pierwszych minut meczu wymaga się od zawodnika pełnej gotowości psychomotorycznej, pełnego zaangażowania i optymalnego dostosowania do rytmu gry. Jest to możliwe w wyniku odpowiednio zaplanowanej i przeprowadzonej rozgrzewki (Zajac i Chmura, 2016). Jak twierdzi Chmura (2014) rozgrzewka we współczesnym sporcie odgrywa niezwykle ważną rolę. Stanowią ją specjalnie zaplanowane ćwiczenia fizyczne, których zadaniem jest przygotowanie organizmu ćwiczącego do wysiłku wykonywanego podczas treningu czy zawodów, a ich wpływ na organizm jest nieoceniony i oddziałyujący wielopłaszczyznowo.

Teoretyczne i praktyczne aspekty rozgrzewki w piłce nożnej opisywane były przez wielu autorów (Aguilar i in., 2012; Brink i in., 2022; Chmura, 2014; Fletcher i Monte-Colombo, 2010; Little i Williams, 2005; Makuch i in., 2022; Wrzos, 2006; Zajac i Chmura, 2016). Fizjologiczne zadania rozgrzewki z kolei dobrze opisuje Wrzos (2006) wskazując na: zwiększenie przepływu krwi w zaangażowanych mięśniach, zwiększenie szybkości impulsu nerwów, które wpływają na poprawę szybkości reakcji, zwiększenie szybkości skurczów pracujących mięśni, poprawę elastyczności mięśni, wzmocnienie stawów i wzrost temperatury wewnątrz mięśni. Z przeglądu literatury i badań naukowych jednoznacznie wynika, iż nadrzędnym celem rozgrzewki jest osiągnięcie w końcowej jej fazie takiego poziomu intensywności, przy której występuje próg psychomotorycznego zmęczenia oraz najwyższa sprawność i skuteczność działania ośrodkowego układu nerwowego (Zajac i Chmura, 2016). Fradkin i in. (2010) twierdzą, że rozgrzewka to okresowe ćwiczenia przygotowawcze, które pomagają sportowcom dostosować się do intensywności wymaganej przez zawody, poprawić osiągnięte wyniki sportowe i zmniejszyć ryzyko odniesienia kontuzji. Dodatkowym jej zadaniem jest poprawa nastawienia psychicznego do treningu, meczu oraz obniżenie stanów przedstartowych – emocjonalnych, chodzi tutaj o emocje, lęk przed przeciwnikiem, porażkę, presję osiągnięcia zwycięstwa, skupienie uwagi. Odpowiednio przygotowana korzystnie wpływa na nadmierną nerwowość, stany psychicznego zahamowania, na zwiększenie procesów analityczno-decyzyjnych, szybkość reagowania, podejmowania właściwych decyzji oraz samego działania (Wrzos, 2006; Zajac i Chmura, 2016).

Prawidłowe zaplanowanie i przeprowadzenie rozgrzewki jest bardzo istotne. Z tego też powodu nie należy jej pomijać lub przeprowadzać niedbale (Makuch i in., 2022). Chmura (2014) wskazuje, że słabo rozgrzany zawodnik ma problem z tzw. „wejściem” w mecz

(w początkowej jego fazie), kiedy to nie jest w stanie w pełni wykorzystać swojego potencjału (psychomotorycznego, wysiłkowego, umiejętności techniczno-taktycznych), ma problemy z kreatywnością podejmowanych decyzji podczas gry. W takiej sytuacji popełnia on wiele prostych błędów, które można zniwelować przez odpowiednie przygotowanie organizmu do rywalizacji sportowej. Istotną kwestią w grach zespołowych jest również odpowiednie wprowadzenie zawodników po przerwie w grze charakterystycznej dla danej gry zespołowej (np. w połowie meczu), zaplanowanej lub niezaplanowanej wymianie zawodnika (np. kontuzja).

Struktura współczesnego sportu często ogranicza skuteczność rozgrzewki ze względu na brak aktywności sportowców również podczas przerw w zawodach. W czasie wspomnianych przerw zaleca się wykonanie krótkiej rozgrzewki, mającej na celu złagodzenie obniżenia temperatury i wydolności sportowej (Hammami i in., 2018). Jak wynika z badań (Abade i in., 2017; Hammami i in., 2016) ponownie wykonana rozgrzewka po 15-minutowej przerwie pozwala na lepsze wprowadzenie w drugą połowę meczu i uniknięcie kontuzji. W opinii specjalistów (Mayo i in., 2014; Spurrier, 2019) dobra, odpowiednio przeprowadzona, rozgrzewka jest istotna nie tylko przed, czy w trakcie zawodów, ale również przed każdym treningiem. Tylko wtedy można uzyskać pełny efekt swoich możliwości. Nie ma tutaj znaczenia, czy jest to ważny mecz czy zwykły trening, ponieważ rozgrzewka ma na celu przejście sportowca ze stanu spoczynku do odpowiedniego stanu przygotowania do aktywności przy jednoczesnym zminimalizowaniu zmęczenia. Nie jest zaskakujące, że 79% badanych wskazuje na istotny wpływ rozgrzewki na późniejszą wydolność fizyczną (Fradkin i in., 2010). Wrzos (2006) twierdzi, że najwyższy poziom dyspozycji i skuteczności osiąga zawodnik przy optymalnym (jego indywidualnym) pobudzeniu. Rozgrzewka powinna być zindywidualizowana pod względem intensywności, czasu trwania, odpowiednich bodźców, ponieważ każdy zawodnik posiada swój optymalny poziom pobudzenia, przy którym najskuteczniej działa. W świetle wielu badań naukowych oraz praktyki sportowej ciągle szuka się różnych ćwiczeń aktywacyjnych, form pobudzenia zarówno w rozgrzewce jak i podczas przerw w grze, które w optymalny i w miarę szybki sposób (nie zawsze jest możliwość przeprowadzenia jej w dłuższym, zaplanowanym wcześniej czasie) przygotowują organizm zawodnika do pełnej gotowości startowej. Zróżnicowane programy rozgrzewek mogą mieć wpływ na różne przygotowanie zawodnika oraz poprawę różnych aspektów gry w piłkę nożną. Całkowity czas trwania rozgrzewki stanowi ważny czynnik do rozważenia przez trenerów i praktyków. Krótszy jej czas zapewni więcej czasu na przygotowanie techniczne i taktyczne

zwłaszcza przed zawodami. Czas trwania jest jednak zwykle regulowany przez stowarzyszenia i nadawane rozporządzenia, ale zwykle trwa od 25-40 minut (Mohr i in., 2004).

Ćwiczenia rozgrzewkowe w piłce nożnej zazwyczaj obejmują takie akcenty jak: rozciąganie statyczne, dynamiczne (Aguilar i in., 2012; Fletcher i Monte-Colombo, 2010; Little i Williams, 2006), aktywności nerwowo – mięśniowe zapobiegające urazom np. program Międzynarodowej Federacji Piłki Nożnej tj. FIFA 11+ (fr. Fédération Internationale de Football Association) (Al Attar i in., 2016; Barengo i in., 2014; Bizzini i in., 2013, 2016; Fradkin i in., 2010; Gomes Neto i in., 2017; Grooms i in., 2013; Hammami i in., 2016; Impellizzeri i in., 2013; Mayo i in., 2014; Nuhu i in., 2021; Owoeye i in., 2014; Rossler i in., 2019; Silvers-Granelli i in., 2015; Soligard i in., 2009; Spurrier, 2019; Steffen i in., 2013) oraz efekt rozgrzewki o krótkim czasie trwania, ale bazujący na ćwiczeniach o wysokiej intensywności lub efekcie pobudzenia tzn. efektu wzmocnienia po aktywacji (ang. postactivation potentiation, PAP) (Chaouachi i in., 2011; Z. Chen i in., 2017; Cochrane i in., 2009; Esformes i in., 2010; Garbisu-Hualde i Santos-Concejero, 2021; Hammami i in., 2016; Low i in., 2015; Petisco i in., 2019; Sanchez-sanchez i in., 2018; Tilton i Franchini, 2017; Wilson i in., 2013). Jak zauważył Zois i in. (2011) są one dodatkiem do działań technicznych bazujących na podstawowych umiejętnościach przygotowujących do współzawodnictwa.

Obecnie w praktyce sportowej istnieje przekonanie o pozytywnym wpływie rozciągania statycznego w rozgrzewce, niemniej jednak większość dowodów naukowych wskazuje na niekorzystny wpływ tych ćwiczeń na wysiłek startowy, a tylko nieliczne badania potwierdzają ich pozytywne oddziaływanie. Rozciąganie dynamiczne natomiast: zwiększa zakres i szybkość ruchu w zaangażowanych stawach, usprawnia synapsy nerwowo-mięśniowe, zwiększa próg pobudliwości neuronów, czy zmniejsza sztywności mięśni, co niweluje ryzyko ich uszkodzenia. Jednak o wiele więcej korzyści dają ćwiczenia o charakterze rozciągania dynamicznego, przeplatane pojedynczymi ćwiczeniami rozciągania statycznego (Zając i Chmura, 2016).

FIFA 11+ jest kontynuacją programu „11”, który powstał w 2003 roku i został opracowany przez międzynarodową grupę ekspertów tj. Centrum Medyczno-Badawcze FIFA. W 2006 roku program „11” dalej był rozwijany i ulepszany tworząc właśnie nowy program FIFA 11+ (Al Attar i in., 2016) dla piłkarzy powyżej 14 roku życia (Mayo i in., 2014) FIFA 11+ stanowi program rozgrzewkowy, prewencyjny zarówno dla graczy amatorów, rekreacyjnych oraz dla profesjonalistów, ograniczający w znaczący sposób ryzyko kontuzji, co potwierdzają badania licznych naukowców (Al Attar i in., 2016; Barengo i in., 2014; Bizzini i in., 2013, 2016; Fradkin i in., 2010; Gomes Neto i in., 2017; Grooms i in., 2013; Hammami

i in., 2016; Impellizzeri i in., 2013; Mayo i in., 2014; Nuhu i in., 2021; Owoeye i in., 2014; Rossler i in., 2019; Silvers-Granelli i in., 2015; Soligard i in., 2009; Spurrier, 2019; Steffen i in., 2013). Tok pełnej rozgrzewki składa się z trzech części (pierwsza – ćwiczenia wykonywane w biegu, druga – elementy siły ogólnej, dynamicznej i kształtowania zdolności równowagi, trzecia – ćwiczenia wykonywane w biegu), zawierających 15 ćwiczeń w odpowiedniej kolejności (Makuch i in., 2022) Również inne procedury rozgrzewki przed zadaniem głównym (czy startowym) są szeroko badane w literaturze i powszechnie akceptowane w celu optymalizacji wyników.

Takie rutyny obejmują również krótkotrwałe i bardzo intensywne działania, które mają na celu zwiększenie predyspozycji fizycznych poprzez zwiększenie temperatury wewnątrz mięśniowej, szybkości przewodnictwa nerwowego i reakcji metabolicznych (Towlson i in., 2013). Oprócz zmniejszenia ryzyka kontuzji (Woods i in., 2007) rozgrzewka może również znacznie poprawić wyniki w aspekcie dynamicznym. Chociaż zaleca się większe obciążenia w celu wywołania efektu PAP w zadaniach związanych z siłą i mocą (McBride i in., 2005; Rahimi, 2014), jego praktyczne zastosowanie w piłce nożnej jest trudne. PAP można opisać, jako gwałtowne zwiększenie wyników lub wzmocnienie czynników determinujących dynamiczną aktywność sportową po bodźcu wstępnego obciążenia (Whelan i in., 2014). Chociaż w wielu badaniach próbowano określić optymalną procedurę wywoływania PAP przed zajęciami sportowymi (Chaouachi i in., 2011; Esformes i in., 2010; Petisco i in., 2019; Sanchez-sanchez i in., 2018; Tilton i Franchini, 2017; Wilson i in., 2013; Yang i in., 2017) niewiele wiadomo na temat najskuteczniejszych rozwiązań, gdy jest ona stosowana u piłkarzy. W opinii badaczy (Gouvêa i in., 2013; Zois i in., 2011, 2015) rozgrzewka poprzez PAP może być również skuteczną strategią w porównaniu z tradycyjną rozgrzewką w piłce nożnej. Regulamin zawodów nakłada na trenerów przygotowania fizycznego obowiązek zakończenia rozgrzewki na 15-20 minut przed rozpoczęciem meczu. PAP można stosować między zakończeniem rozgrzewki, a rozpoczęciem gry, aby utrzymać poziom aktywacji u zawodników. Można go stosować między zakończeniem rozgrzewki, a rozpoczęciem gry (najlepiej na ostatnie pięć minut przerwy w grach zespołowych), aby utrzymać poziom aktywacji u zawodników (Russell i in., 2015). Czas skutecznej, praktycznej rozgrzewki opartej na PAP może zapewnić optymalne połączenie między poprawą wyników i oszczędnością czasu. Ponadto to połączenie rozciągania dynamicznego i efektu PAP może stanowić dobre rozwiązanie na poprawę rezultatów w piłce nożnej (Hammami i in., 2016). Istnieją dowody na to, że PAP jest efektem lokalnym, spowodowanym przez skurcz wywołany wzrostem fosforylacji regulacji łańcucha lekkiego miozyny (ang. regulation of myosin light chain, MRLC) (Vandenboom, 2017). W efekcie

reakcji fizjologicznych MRLC, zachodzących w organizmie następuje szybkie tempo spadku PAP w ciągu pierwszych ok. 28 s i pozostaje jego niewielki efekt przez ok. pięć minut (MacIntosh i Willis, 2000). Efekt będzie, więc stosunkowo krótkotrwały. Z kolei pomimo znanego przebiegu czasowego PAP, który ściśle odpowiada przebiegowi czasowemu fosforylacji MRLC efekt PAPE pojawia się nieco później.

PAPE odnosi się do zjawiska, w którym wcześniejsza ekspozycja mięśnia na bodziec o podobnej charakterystyce prowadzi do krótkotrwałego zwiększenia jego zdolności do generowania siły lub mocy w kolejnym zadaniu. Mechanizm ten wiąże się między innymi ze zmianami w pobudliwości układu nerwowego, poprawą synchronizacji jednostek motorycznych oraz zwiększeniem sztywności elementów sprężystych mięśnia, co może przekładać się na bardziej efektywną realizację późniejszego wysiłku (Hodgson i in., 2005). Efekt PAPE osiąga się w następstwie ćwiczeń o wysokiej intensywności, po których następuje zwiększenie siły, szybkości lub produkcji mocy (Blazevich i Babault, 2019). Wykazany w licznych badaniach pojawia się, co najmniej po kilku minutach (6-10), a następnie może trwać powyżej 15 minut (Bevan i in., 2010; Seitz i in., 2014; Wilson i in., 2013). Wykazuje to, że mało prawdopodobne jest, aby fosforylacja MRLC była dominującym mechanizmem napędzającym dobrowolną poprawę wyników po działaniu intensywnej aktywności mięśniowej (tj. PAPE). Metaanaliza natomiast wykazała, że odpowiedni odpoczynek po wysiłku do największej odpowiedzi PAPE jest wywołany po około 8-12 minutach ćwiczenia aktywacyjnego (Gouvêa i in., 2013). Co ważne, poszczególne badania przedstawione w metaanalizie wykazują, że PAPE można zaobserwować nawet w czasie od 4-24 minut, a według Blazevich i Babault (2019), jako trwający do 20 minut po interwencji. Jednak w kontekście sportów zespołowych, gdzie duża liczba sportowców trenuje jednocześnie w zaplanowanych blokach czasowych z wydłużonym okresem regeneracji 8-12 minut jest on niepraktyczny. Poprawę PAPE można osiągnąć również poprzez szereg efektów niezwiązanych z MRLC, w tym podwyższoną temperaturę mięśni (MacIntosh i in., 2012) oraz zwiększoną rekrutację jednostek motorycznych (Tillin i Bishop, 2009). Na podstawie danych (González-Alonso i in., 2000) zmiany temperatury mięśni o 0,3-0,9 °C mogą być osiągalne przy krótkich, intensywnych okresach pracy mięśni, zgodnych z tymi stosowanymi w wielu badaniach PAPE. Efekt PAP lub PAPE są większe w mięśniach z większą zawartością włókien typu II (Blazevich i Babault, 2019). Również inotropowe skutki wywołane wysiłkiem fizycznym podwyższenia stężenia katecholamin w osoczu (Cairns i Borrani, 2015) mogą przyczyniać się do efektu PAPE. W artykule Cuenca-Fernandez i in. (2017) autorzy odnoszą się do wzmocnienia skurczów mięśniowych wywołanych impulsem elektrycznym, jako PAP,

a poprawa wydajności po aktywacji, jako do poprawy PAPE. Ten ostatni można osiągać zarówno poprzez ćwiczenia aktywacyjne (Prieske i in., 2020) o maksymalnej jak i submaksymalnej intensywności. Podsumowując, zatem oprócz różnic w czasie trwania tych efektów (PAP i PAPE) fundamentalna różnica dotyczy procedur stosowanych do ich wywołania.

Blazevich i Babault (2019) sugerują, iż zastosowanie submaksymalnej rozgrzewki powoduje, że ćwiczenia aktywacyjne dają bardziej ekstremalny efekt PAPE, podczas gdy maksymalna lub kompletna rozgrzewka przed czynnością kondycyjną ma zwykle bardziej zróżnicowane rezultaty. Duża część literatury wskazuje, że różne rozgrzewki do badań nad PAPE są submaksymalne (Sharma i in., 2018; Smith i in., 2014; Tobin i Delahunt, 2014) skutecznie umożliwiając testowanie i interwencję w celu wytworzenia większego rezultatu PAPE. Jest on generalnie wywoływany, gdy niewielka liczba dynamicznych powtórzeń (do pięciu włącznie) jest wykonywana tak dynamicznie jak to możliwe z obciążeniami 80-100% maksymalnego powtórzenia (Tillin i Bishop, 2009). Brink i in. (2022) wskazują, iż standardowa rozgrzewka piłkarska nie jest wystarczająca, aby w pełni przygotować sportowców, na co wskazują ich wyniki sprintu przed interwencją w porównaniu z wynikami sprintu po interwencji. Kilka badań wykazało wzrost efektów u sportowców, którzy wcześniej wykonali rozgrzewkę charakterystyczną dla danego sportu (Feros i in., 2012; Hancock i in., 2015; Kontou i in., 2018; Munro i in., 2017), w związku, z czym zaobserwowano funkcjonalnie istotny rezultat PAPE. Maloney i in. (2014) stwierdzili jednak, że ćwiczenia aktywacyjne na początku osłabiły osiągnięte rezultaty, następnie poprawiły się dzięki PAPE, aż do osiągnięcia szczytu, a następnie spadł w sposób odwróconej litery U. W związku z tym Sale (2004) zaproponował dłuższy czas regeneracji po ćwiczeniu aktywacyjnym, zatem tym większa regeneracja po zmęczeniu, ale także większy zanik PAPE. Różnice w optymalnym okresie rekonwalescencji w celu zmaksymalizowania odpowiedzi PAPE mogą odzwierciedlać zmiany w jego protokole (np. intensywność ćwiczenia aktywacyjnego oraz wielkość i czas przebiegu wynikającego z tego zmęczenia) oraz właściwości np. uczestników (Gouvêa i in., 2013; Tillin i Bishop, 2009). To podkreśla wzajemny związek między PAPE, a zmęczeniem (Tillin i Bishop, 2009). Wywołanie odpowiedniego rezultatu PAPE stanowi wyzwanie szczególnie w sezonie, ponieważ na trening z obciążeniem przeznaczona się ograniczony czas (Gamble, 2006; Ritchie i in., 2016).

Silva i in. (2018) stwierdzili, że sprinty na koniec rozgrzewki poprawiają wyniki sportowe o 2-3%. Jednym z powodów przemawiających za stosowaniem ćwiczeń plajometrycznych w celu osiągnięcia PAPE jest ich znacznie łatwiejsze zastosowanie

w sytuacjach przed zawodami w porównaniu z treningiem z obciążeniem, który wymaga większej ilości czasu lub sprzętu (Docherty i Hodgson, 2007; Maloney i in., 2014; Turner i in., 2015; Ulrich i Parstorfer, 2017). Wyniki badań Biel i in. (2023) wykazały, że trzy serie po pięć powtórzeń skoku po zeskoku (ang. drop jump) na jednej nodze wykonane zarówno przez silniejszą, jak i słabszą kończynę nie przyczyniły się do znaczącej poprawy w później wykonywanych CMJ i sprincie na 10 m, a także nie wpłynęły na symetrię między kończynami. Z drugiej strony, ten sam skok obunóż znacząco poprawił wynik CMJ (co może być zalecane w rozgrzewce w celu poprawy wyników skoków u koszykarzy), ale nie czas sprintu na 10 m w badanej grupie koszykarzy. Badanie Papla i in. (2023) wykazało, że łączenie SQ ze sztangą i skoku po zeskoku, a także SQ dzielonych i głębokich wyskoków ze skokiem bocznym nie miało wpływu na późniejszą wydajność CMJ i zmodyfikowany test zwinności (ang. MAT) u koszykarzy. Na podstawie tych wyników można założyć, że kombinacje ćwiczeń, nawet, jeśli mają podobne wzorce ruchu, mogą powodować nadmierne zmęczenie, co nie powoduje efektu PAPE.

Istnieje sporo dowodów łączących ciężki trening oporowy z reakcją PAPE przy użyciu obciążenia wstępnego z bodźcem o dużym oporze tj. 75-90% wartości jednego powtórzenia maksymalnego (ang. one repetition maximum, 1RM), aby osiągnąć ten stan pobudzenia (Hodgson i in., 2005; Matthews i in., 2004; Wilson i in., 2013). Historia treningu również może wpływać na to, czy dana osoba doświadcza PAPE (Chiu i in., 2003; Dello Iacono i Seitz, 2018; Seitz i in., 2014; Wilson i in., 2013). Wykazano również, że osoby o wyższym poziomie siły osiągają lepsze efekty po treningu siłowym (Seitz i in., 2014), a większa szczytowa siła i wytwarzanie mocy podczas ćwiczeń oporowych mogą pozytywnie wpłynąć na PAPE (Lockie i in., 2018). Praktyka treningowa w przygotowaniu do sezonu w stosunku do treningu w trakcie sezonu (Ritchie i in., 2016) oraz rozkład obciążenia (Juhari i in., 2018) w ciągu tygodnia są różne, co podkreśla, dlaczego czas regeneracji PAPE może być ważny w związku z organizacją treningu oporowego. W związku z tym, iż wskazano poprawę związaną z PAPE w zakresie lepszego przyspieszania (Bevan i in., 2010; Turner i in., 2015) oraz hamowania dla przyszłych badań interesujące wydaje się zbadanie możliwego wpływu PAPE na zdolność COD, na którą składają się zarówno przyspieszanie, jak i zwalnianie (Ciocca i in., 2021). Wyniki sportowe w piłce nożnej nie są determinowane wyłącznie czynnikami fizycznymi (fizjologicznymi i biomechanicznymi), ale są silnie zdeterminowane przez czynniki poznawcze, taktyczne i psychiczne. Dlatego interesujące dla przyszłych badań byłoby zbadanie również możliwego wpływu PAPE na zwinność zdefiniowaną przez Sheppard i Young (2006), jako „szybki ruch całego ciała ze zmianą prędkości lub kierunku w odpowiedzi na bodziec”. Przedstawiano już

potencjalne korzyści PAPE w zakresie poprawy krótkoterminowych, dynamicznych wyników, takich jak skoki i sprinty. Nie tak oczywiste jest natomiast, jaki wpływ może mieć ona na przerywane czynności w sportach zespołowych (Maloney i in., 2014; Robbins, 2005). Przeprowadzono już badania na temat efektu PAPE i COD (Okuno i in., 2013; Sole i in., 2013). Sole i in. (2013) zauważyli, iż w związku z indywidualnymi reakcjami istniało potencjalne zastosowanie PAPE dla szybkości COD.

1.2. Zmiany kierunku biegu w badaniach naukowych

1.2.1. Podstawy teoretyczne

Większość sportów zespołowych wymaga od graczy częstych skoków, sprintów i COD, co jest charakterystyczne dla dyscyplin takich jak: futbol amerykański, rugby i piłka nożna (Nimphius i in., 2016). Szczególnie piłka nożna wyróżnia się przez swoją strukturę opartą na przerywanych wysiłkach o wysokiej intensywności, które wymagają połączenia zaawansowanych umiejętności technicznych z optymalnym poziomem kondycji fizycznej, obejmującymi przyspieszanie, zwalnianie, skoki oraz zwinne COD, zarówno u dorosłych, jak i młodszych graczy (Ade i in., 2016; Trecroci i in., 2016). Jest to dyscyplina szczególnie szeroko badana w literaturze naukowej. COD jest kluczową umiejętnością w piłce nożnej, ponieważ odtwarza przerywane i wielostronne ruchy z dużą szybkością wykonywane podczas meczu o dużym wpływie fizjologicznym (Dellal i in., 2010; Hader i in., 2016). Zdolność do szybkiego, skutecznego startu, zatrzymania się (Kutlu i in., 2012; Little i Williams, 2005) i COD są uważane za niezbędne do osiągnięcia sukcesu w większości sportów zespołowych (Brughelli i in., 2008; Kutlu i in., 2012; Little i Williams, 2005) oraz indywidualnych (Brughelli i in., 2008). Jest to szczególnie istotne w przypadku sportów, które wymagają przerywanych, powtarzających się sprintów, takich jak piłka nożna. Bloomfield i in. (2007) podkreślają, że zawodnicy podczas 90-minutowego meczu mogą przeprowadzić nawet do 600 zmian kierunku, a na najwyższym szczeblu rozgrywek liczba ta może przekraczać 700. Te liczby podkreślają krytyczną rolę szybkości i zręczności w COD dla osiągnięcia sukcesu na boisku (Gil i in., 2014). Obserwacje prowadzonych badań pokazały ponadto, iż często występują różnice w efektywności wykonywania COD podczas meczu profesjonalnych piłkarzy (Chaouachi i in., 2012). Szybkie, dynamiczne COD są zwykle związane z wysokim ryzykiem urazu (Hewett i in., 2010). W kontekście piłki nożnej, szybkość COD uważana jest za kluczowy wskaźnik skuteczności zarówno w działaniach ofensywnych, jak i defensywnych. Co więcej, choć COD poprzedzają około 10% bramek w profesjonalnych meczach, Faude i in. (2012) sugerują, że dla zawodników defensywnych mogą one mieć nawet większe znaczenie, pozwalając przewidywać i kontratakować ruchy graczy atakujących.

Sheppard i Young (2006) zdefiniowali COD, jako wcześniej zaplanowany szybki ruch całego ciała ze zmianami prędkości oraz kierunku. Szybkość COD była definiowana również, jako zdolność do zwalniania, odwracania lub COD i ponownego przyspieszenia (Jones i in., 2009). Te zdolności są uwarunkowane przez szereg atrybutów fizycznych i technicznych, w tym prędkość sprintu, przyspieszenie, siłę ekscentryczną i koncentryczną, moc oraz siłę reaktywną. Chamari i in. (2004) podkreślają, że osiągnięcie sukcesu w piłce nożnej zależy od posiadania rozwiniętych umiejętności na wielu płaszczyznach, w tym technicznych, taktycznych, psychologicznych, a także fizycznych. Wymienione atrybuty fizyczne obejmują zdolności zarówno w zakresie wytrzymałości tlenowej, beztlenowej, siły mięśniowej, elastyczności oraz zwinności, co razem stanowi kompleksowy zestaw wymagań stawianych zawodnikom na wysokim poziomie rozgrywek. Zdolność do sprintu, przyspieszania i zwalniania wraz z COD jest powszechnie znana, jako zwinność.

Ta ostatnia została zdefiniowana, jako szybki ruch całego ciała ze zmianą prędkości lub kierunku w odpowiedzi na bodziec (M. J. Sheppard i in., 2006). Zgodnie z tą definicją dobrze wiadomo, że na zwinność składają się czynniki percepcyjne i decyzyjne oraz komponenty COD. Zwinność została zdefiniowana również, jako zdolność osobnika do szybkiej COD (Bloomfield i in., 2007). Serpell i in. (2011) zaproponowali inną definicję zwinności, jako „szybki ruch całego ciała ze zmianą szybkości lub kierunku w odpowiedzi na bodziec, wspierany przez kontrolę nerwowo-mięśniową”. Biorąc pod uwagę nieprzewidywalny scenariusz meczu piłki nożnej, zwinność staje się kluczowa, aby zwodem uniknąć przeciwnika lub przewidzieć i rozpoznać sprzyjające/niesprzyjające warunki do zdobycia/zapobiegnięcia bramki (Trecroci i in., 2019). Ponadto wykazano, że zwinność jest czynnikiem różnicującym wyższy i niższy poziom zaawansowania w sporcie, podczas gdy różnice są mniejsze w przypadku COD (Gabbett i in., 2008).

Treningi skoncentrowane na szybkości COD mogą w znacznym stopniu przyczynić się do poprawy zwinności zawodnika tj. umiejętności niezwykle cennej w dynamicznych dyscyplinach sportowych. Mimo to, badania przeprowadzone przez naukowców (Čoh i in., 2018; Nimphius i in., 2018) sugerują, że zwinność i zdolność do COD stanowią odrębne umiejętności, które niekoniecznie wykazują dużą wspólną zmienność. To odkrycie podkreśla, że choć obie umiejętności są ważne w kontekście sportowym, nie zawsze rozwijają się równolegle i mogą wymagać dedykowanych ćwiczeń aktywacyjnych. W badaniach zgłębiono ten temat, zwracając uwagę na to, że zwinność obejmuje nie tylko fizyczne zdolności COD, ale również komponenty percepcyjne i decyzyjne, które wymagają treningu kognitywnego (J. Sheppard i Young, 2006; W. B. Young i Rogers, 2014). Dlatego trening zwinności

w kontekście sportowym powinien być kompleksowy, uwzględniając nie tylko aspekty fizyczne, ale i umiejętności percepcyjno-decyzyjne, aby maksymalnie wykorzystać potencjał zawodnika.

Przewidywalna, wcześniej zaplanowana szybkość COD i zwinność reaktywna (ang. reactive agility, RA) to podstawowe elementy sprawności fizycznej, umożliwiające skuteczne osiągnięcie lepszych rezultatów w wielu sportach zespołowych (M. J. Sheppard i in., 2006). Pierwsza z wymienionych może być definiowana, jako sprint z COD, podczas gdy druga jest klasyfikowana, jako sprinty z COD w odpowiedzi na bodziec (Brughelli i in., 2008; Salaj i Markovic, 2011). RA w piłce nożnej bez z góry zaplanowanych działań w odpowiedzi na ruchy przeciwnika (bodźce) jest kwestią kluczową dla sukcesu (Brughelli i in., 2008; Jones i in., 2009; Salaj i Markovic, 2011; Sheppard i in., 2006). Ogólnie przyjmuje się, że RA ma wymiar wieloaspektowy, która może zależeć od kilku zdolności motorycznych, takich jak: moc, szybkość, równowaga, a także zdolności poznawczych (kognitywnych), takich jak reaktywność (Sekulic i in., 2013). Reaktywny aspekt zwinności podkreśla jej zależność od procesu decyzyjnego, co jest istotną częścią psychologicznego wymiaru zwinności, zdefiniowanego w uniwersalnym modelu zaproponowanym przez Sheppard i Young (2006). Ten element zwinności wykracza poza czysto fizyczne zdolności, takie jak szybkość i koordynacja, uwzględniając konieczność szybkiego przetwarzania informacji i podejmowania decyzji. RA wymaga od sportowca nie tylko fizycznego przygotowania do COD, ale także umiejętności adaptacji do dynamicznie zmieniającego się otoczenia i sytuacji gry, poprzez efektywne procesy myślowe. Sibley i in. (2006) rozszerzają to rozumienie, wskazując na ilość decyzji, które zawodnicy muszą podjąć podczas realizacji zadań wymagających zwinności. W kontekście sportowym, gdzie decyzje muszą być podejmowane błyskawicznie, a warunki gry ciągle się zmieniają, zdolność do szybkiego reagowania staje się kluczowym elementem zwinności. To wymaga nie tylko wysokiej sprawności fizycznej, ale również optymalnego funkcjonowania procesów poznawczych, w tym percepcji, uwagi i szybkości przetwarzania informacji, co w konsekwencji wpływa na efektywność działań sportowca na polu gry.

1.2.2. Wpływ różnego rodzaju intensywności treningowej na efekty motoryczne w zmianach kierunku biegu

W dzisiejszych czasach trening fizyczny oraz jego wpływ na zdolności motoryczne cieszy się rosnącym zainteresowaniem zarówno wśród badaczy, jak i praktyków sportu. W szczególności COD stanowią kluczowy element w wielu dyscyplinach sportowych wymagających szybkości, zwinności oraz wysokiej sprawności motorycznej. Wpływ różnych intensywności treningowych na efekty motoryczne w COD jest tematem, który zasługuje na

szczegółową analizę, ze względu na jego znaczenie dla optymalizacji treningu i poprawy wyników sportowych. Zmienność intensywności treningowej, od niskiej poprzez umiarkowaną aż do wysokiej, może mieć różnorodne skutki dla zdolności motorycznych sportowców, w tym dla ich zdolności do efektywnego wykonywania COD. Trening o niskiej intensywności często skupia się na technice i precyzji ruchów, podczas gdy trening o wysokiej intensywności ma na celu maksymalizację siły, szybkości i wytrzymałości. Umiarkowana intensywność łączy te aspekty, dążąc do zrównoważonego rozwoju zdolności motorycznych. Zdolność do szybkiej COD podczas sprintu jest kluczowym atrybutem sprawnościowym w piłce nożnej (Scanlan i in., 2021) i ważnym czynnikiem wpływającym na wynik sportowy (Abade i in., 2017). W wielu dyscyplinach sportowych zmiany szybkości biegu lub gwałtowne i zdecydowane COD mogą skutkować zdobyciem przewagi, zmianą tempa gry lub co gorsza, wystąpieniem kontuzji. COD jest czynnikiem ograniczającym efektywność sportowców, szczególnie w sportach zespołowych i tak zostało zidentyfikowane w kilku bateriach testowych związanych ze sportami na poziomie wyczynowym (Nimphius i in., 2016). O ile w literaturze brak jest jednoznacznych definicji określających, które konkretne zdolności wpływają na wyniki badań dotyczących COD w pracach różnych autorów (Keiner i in., 2013), to jednak większość badań traktuje COD, jako odrębną zdolność, nie uwzględniając przy tym różnorodności zadań związanych z COD. Jest to istotne ograniczenie, ponieważ, jak wskazują niektóre prace naukowe (Brughelli i in., 2008; Nimphius i in., 2018), różne zadania COD mogą wymagać zastosowania specyficznych zdolności. To z kolei podkreśla konieczność bardziej zróżnicowanego podejścia do badania tej kwestii, uwzględniającego szeroki zakres zdolności motorycznych oraz ich wpływ na rezultaty w COD.

Osiągane wyniki w COD różnią się ze względu na heterogeniczność testów wykorzystywanych w różnych badaniach. Ta różnorodność podejść skutkuje brakiem standardowych miar oceny, co utrudnia porównywanie wyników między różnymi badaniami i sportowcami. Ocena COD wymaga, zatem zintegrowanego podejścia, które uwzględnia nie tylko różne aspekty fizyczne, takie jak szybkość, zwinność i siła, ale również czynniki takie jak technika biegu, zdolności percepcyjne i decyzyjne. Ponadto, należy brać pod uwagę specyfikę dyscypliny sportowej oraz indywidualne cechy zawodnika (Papla i in., 2020). Jeśli chodzi o liczbę zmian kierunku, większość testów COD składa się z dwóch lub więcej zwrotów (Nimphius i in., 2018). Jednak w przypadku piłkarzy rzadko, kiedy zmienia się kierunek więcej niż trzy razy podczas meczu (Loturco i in., 2018). W odniesieniu do zmęczenia spowodowanego przez setki COD podczas meczu piłki nożnej, stosowanie testów COD

z kilkoma lub powtarzanimi testami COD wydaje się uzasadnione, gdy ocenia się zdolność COD wśród piłkarzy (Papla i in., 2020).

Wiele badań dotyczyło wpływu różnych form treningu fizycznego na zdolność do COD (Asadi i in., 2016; Brughelli i in., 2008; Dos'Santos i in., 2019; Falch i in., 2019; Watts, 2015). Tradycyjnie większość opracowań badających specyficzne wymagania COD prowadzono w kontekście ryzyka urazów i zapobiegania im (Besier i in., 2001; Jeffriess i in., 2015; McLean i in., 2004; Yu i Garrett, 2007). Wykazano już, że COD zwiększa aktywność mięśni kończyn dolnych w porównaniu ze sprintami po linii prostej (Fauth i in., 2010). Wykazano również, że sportowcy o wyższym poziomie siły i o bardziej rozbudowanej muskulaturze ciała zazwyczaj biegną sprintem i zmieniają kierunek szybciej niż osoby o przeciwnej charakterystyce (Loturco i in., 2018; Nimphius i in., 2010; Spiteri i in., 2014, 2015). Wcześniejsze badania sugerowały, że sportowcy, którzy są szybsi w sprincie po linii prostej są również szybsi w COD (Loturco i in., 2019). COD jest czynnikiem różnicującym między różnymi poziomami gry u młodych piłkarzy. Rzeczywiście niektóre badania wykazały, że oparty na sprincie po linii prostej trening poprawiał wyniki w COD (Markovic i in., 2007; Polman i in., 2004), podczas gdy Young i in. (2001) nie wykazali znaczącej poprawy dla podobnych bodźców treningowych. Ponadto Milanovic i in. (2013) stwierdzili, że trening COD pozwolił na poprawę testów COD (z piłką i bez piłki) wśród młodych piłkarzy.

Ponadto wymagania COD okazały się zależne od kąta i prędkości, co wpływa na wymagania techniczne, kinetykę, kinematykę i aktywację mięśni w danym zadaniu (Dos'Santos i in., 2018). Co więcej sprinty COD pod kątem 90° wywołują większą aktywność mięśni w porównaniu z COD pod niższym kątem, takim jak 45° , prawdopodobnie ze względu na największe mechaniczne wymagania zarówno zwalniania, jak i ponownego przyspieszenia (Hader i in., 2016). Oczekuje się dłuższych czasów z mniejszymi prędkościami skurczu mięśni w kącie $> 90^\circ$, a większych prędkości skurczu mięśni w COD o mniejszym kącie tj. $< 90^\circ$ (Jones i in., 2009; Spiteri i in., 2014). Natomiast z innych badań (Falch i in., 2019) wynika również, iż kąty $< 90^\circ$ są bardziej zorientowane na prędkość, podczas gdy kąty $> 90^\circ$ bardziej zorientowane na siłę. Wcześniejsze badania istotnie wskazują na statystycznie dużą lub bardzo dużą zależność między sprintami liniowymi, a różnymi sprintami COD (zmiany kierunku o 45° , 60° , 90° i 135°) na różnych dystansach (Buchheit i in., 2012; Loturco i in., 2015; Sayers, 2015). Ponadto Suarez-Arrones i in. (2020) wykazali statystycznie umiarkowaną i dużą zależność między 10-metrowym sprintem liniowym, a różnymi sprintami COD na równym dystansie (odpowiednio 90° i 180°). W tym samym czasie Loturco i in. (2017) nie stwierdzili

istotnej statystycznie zależności między testem COD 100°, a sprintami liniowymi na 5 m, jak również na 10 m.

W literaturze popularne są zarówno trening siłowy, jak i plajometryczny, których celem jest rozwój fizycznych aspektów wpływających na szybkość COD, w tym siły i mocy mięśniowej (Brughelli i in., 2008; W. Young i in., 2002). Efekty treningu siłowego z treningiem mocy, plajometrycznym czy siły maksymalnej pozostają dyskusyjne (Lockie i in., 2015; Ramírez-Campillo i in., 2015; Shalfawi i in., 2013). Maksymalny trening siłowy może być bardziej korzystny w poprawie COD zorientowanych na siłę, podczas gdy trening plajometryczny, który wymaga szybszych prędkości skurczu mięśni, może być bardziej korzystny w poprawie COD zorientowanych na prędkość (Rædergård i in., 2020). Trening plajometryczny, który zwykle zapewnia bodziec treningowy o dużej szybkości (Falch i in., 2020; Markovic i Mikulic, 2010) jest specyficzny dla większości ruchów COD (Falch i in., 2020). Większość uczestników stanowiła młodzież (Barbalho i in., 2018; Bianchi i in., 2019; Coratella i in., 2019; Ramirez-Campillo i in., 2020), która mogła być różna od starszych piłkarzy ze względu na różnice w doświadczeniu treningowym. Mimo wszystko w wyniku innych badań (Asadi i in., 2016; Ingle i in., 2006) zaobserwowano poprawę zdolności do COD po treningu plajometrycznym. Zazwyczaj istnieje ograniczony czas na rozwinięcie siły w COD (W. Young i in., 2002). Na podstawie badań przeprowadzonych przez Loturco i in. (2020) można stwierdzić, że samo monitorowanie oraz regulacja treningu opartego na rozwijaniu siły i mocy w okresie dojrzewania nie są wystarczające do wykształcenia wśród starszych zawodników zdolności do efektywnej COD. Zdolność COD wymaga wyższego poziomu zdolności motorycznych w zakresie siły i mocy dolnej części ciała (McFarland i in., 2016; Tramel i in., 2019). Perspektywę tę potwierdzają McFarland i in. (2016), którzy w badaniach piłkarek nożnych wykazali istotny związek między skokiem w pionie oraz skokiem z przysiadu z wahadłowym testem zwinności zwanym w dalszej części pracy testem 5-10-5 (ang. Pro-Agility Shuttle) i testem zwinności T. W piłce nożnej moc została powiązana ze zdolnością do przyspieszenia, osiągnięcia maksymalnej szybkości i skutecznością w zadaniach COD (Cronin i Hansen, 2005; Kutlu i in., 2012; Little i Williams, 2005; McCormick, 2014).

Badania przeprowadzone przez McFarland i in. (2016) wskazują na mocne zależności pomiędzy szybkością, a mocą zarówno u piłkarek jak i u piłkarzy nożnych, zwłaszcza pomiędzy wyskokiem z fazą zamachu (ang. countermovement jump, CMJ), a maksymalną prędkością. Podczas COD zdolność sportowców do przyspieszania, zwalniania i ponownego przyspieszania w nowym kierunku wymaga szybkiego przyłożenia siły. Faza przyspieszania w COD i sprincie liniowym obejmuje podobne czynniki techniczne, a więc poprawa zdolności

przyspieszania może być korzystna pod względem szybkiego przyspieszania po kolejnych manewrach COD i przejściach między nimi. W związku z tym można założyć, że szybkość liniowa i moc wyjściowa dolnej części ciała mogą wpływać na wyniki COD. Biorąc powyższe pod uwagę wielu badaczy analizowało związek między wspomnianymi wyżej intensywnościami działań i osiągnęły różne stopnie asocjacji (Buchheit, 2012; Loturco i in., 2017; Sayers, 2015; Suarez-Arrones i in., 2020; Vescovi i McGuigan, 2008). W opinii Chaalali i in. (2016) zdolność COD nie ma znaczenia dla wyników w piłce nożnej, mimo, że niektórzy stosują trening i testy COD. Trening i testowanie RA są bardziej odpowiednie dla gry w piłkę nożną, ponieważ gracze prawie nigdy nie wykonują ruchów COD bez bodźca. Wcześniejsze badania wyraźnie wskazują, że RA ma większy związek z wynikami w sportach inwazyjnych (kontaktowych) niż COD. W opinii innych autorów istnieje ograniczona wspólność między planowaną COD, a RA (Lockie i in., 2013; M. J. Sheppard i in., 2006) wykazując, że są to dwie różne czynności. W sportach inwazyjnych takich jak piłka nożna RA jest korzystna dla atakujących, aby uniknąć presji przeciwnika, ataków, odbiorów piłki, a dla obrońców, aby zmniejszyć przestrzeń na boisku, czy korcie oraz aby ograniczyć ruchy atakujących lub potencjalnie osiągnąć stratę (Henry i in., 2011; Serpell i in., 2010; W. B. Young i Rogers, 2014). Badania wyników sportowych wielokrotnie oceniały zdolność COD poprzez pomiar całkowitego czasu do ukończenia różnych testów COD w warunkach planowanych lub reaktywnych tj. w odpowiedzi na bodziec (Gabbett, 2007; Gabbett i in., 2008; Meylan i in., 2009; Nimphius i in., 2010; Pauole i in., 2000; Vescovi i McGuigan, 2008). Zwinność uważa się za zależną od dwóch podstawowych komponentów: szybkości COD oraz czynników percepcyjnych i decyzyjnych (Jones i in., 2009; M. J. Sheppard i in., 2006; W. Young i in., 2002; W. B. Young i Farrow, 2006). Z kolei badanie Serpell i in. (2011) wykazało że zdolności percepcyjne i decyzyjne sportowców w zakresie zwinnych manewrów są osiągnane poprzez trening.

Niezliczone czynniki wpływające na zwinność znajdują odzwierciedlenie w liczbie i różnorodności przeprowadzanych testów mierzących ją. Zależność między szybkością po linii prostej, a szybkością COD cieszy się dużym zainteresowaniem, a autorzy zazwyczaj zgłaszają słabe wyniki korelacji między testami (Jones i in., 2009; Little i Williams, 2005; Naylor i in., 2015; Vescovi i McGuigan, 2008), odzwierciedlając ich różne wymagania fizyczne i poznawcze (kognitywne). Rezultaty badań Chaalali i in. (2016) uzyskano wnioski, iż wyniki zwinności wśród profesjonalnych piłkarzy można poprawić za pomocą treningu COD. Większą uwagę poświęcono możliwościom kształtowania siły kończyn dolnych (Negrete i Brophy, 2000; M. J. Sheppard i in., 2006; W. Young i in., 2002; W. B. Young i Farrow, 2006),

podkreślając funkcjonalność roli ekscentrycznej siły ścięgni podkolanowego we wzmacnianiu nerwowo-mięśniowym podczas jego aktywności i lepszych efektów osiąganych podczas prób zwinności (Jones i in., 2009). Dodatkowo programy treningowe zwinności lub COD wywołują poprawę rezultatów sprintu u młodych, wyczynowo trenujących piłkarzy. Dane z niniejszego badania były zgodne z wcześniejszymi badaniami Chaouachi i in. (2014), które donoszą o znacznej poprawie wyników w czasie sprintu po linii prostej po treningu zwinności i COD, co wskazuje na możliwy transfer treningowy pomiędzy tymi cechami fizycznymi (Chaouachi i in., 2014; Sporis i in., 2014). Trening zwinności może być zalecany w celu poprawy zwinności i związanych z nią wyników w piłce nożnej (Chaalali i in., 2016). Wnioski z powyższego badania były oczekiwane i zgodne z wcześniejszymi badaniami (Chaouachi i in., 2014; Serpell i in., 2011). Współcześnie proponowane są specyficzne programy treningowe, które wymagają reagowania na konkretny bodziec, jakim jest pozycja piłki, przeciwnika lub kolegi z drużyny (Chaouachi i in., 2014; W. B. Young i Rogers, 2014).

W literaturze większość badań wykorzystywała przebieg testu zwinności w kształcie litery Y, zwanym w dalszej części pracy testem Y (ang. Y shaped reactive agility test) z wprowadzeniem sygnałów świetlnych, wideo i bodźców ludzkich (Paul i in., 2016). Ponieważ test Y implikuje jednoczesną ocenę zarówno umiejętności fizycznych, jak i poznawczych ten test można uznać za bardzo odpowiedni do oceny zwinności w porównaniu z testami odnoszącymi się wyłącznie do komponentu fizycznego (Trecroci i in., 2019). Podczas oceny zwinności stosuje się konwencję litery Y, aby utrzymać wysoką prędkość sprintu i wykonywać COD powszechnie obserwowane podczas sportów zespołowych i kontaktowych (Gabbett i in., 2008; Spiteri i in., 2012).

Analiza wyników badań Lovell i in. (2013) wykazała rozwój RA i szybkości COD w różnych grupach wiekowych. Istotną i wysoką korelację między COD, a RA stwierdzono u młodszych sportowców (U12-U16), podczas gdy wraz z wiekiem stopniowo malała (Fiorilli i in., 2017). W rzeczywistości stwierdzono niskie i brak istotnych korelacji w wynikach testu w U18 (Fiorilli i in., 2017), a badania te potwierdziły wcześniejsze badania na ten temat (Chaouachi i in., 2012; Fiorilli i in., 2017; Spiteri i in., 2014; W. B. Young i Rogers, 2014). Kiedy sportowcy osiągają dojrzałość fizyczną i biegłe doświadczenie w piłce nożnej COD i RA reprezentują się, jako niezależne umiejętności u sportowców U18, mimo że te same cechy fizyczne były związane zarówno z szybkością COD, jak i RA (Salaj i Markovic, 2011), a specyficzny i oddzielny trening tych dwóch umiejętności może być najbardziej efektywny. Główne konkluzje Trecroci i in. (2016) wskazują, że 12-tygodniowy program treningowy szybkości i RA znacznie poprawił wyniki sprintu na 5 m i RA u młodych piłkarzy

w porównaniu ze zwykłym treningiem piłkarskim. W związku z tym w celu optymalizacji wyników zaleca się stosowanie mieszanego programu treningowego, obejmującego ćwiczenia SAQ (Cressey i in., 2007; Milanović i in., 2013; Shalfawi i in., 2013; Trajković i in., 2012; W. B. Young i Rogers, 2014). Niemniej jednak zalecenia te nadal prowadziły do sprzecznych interpretacji uzyskanych danych, ponieważ niektóre z nich wykazały znaczną poprawę wyników COD (Cressey i in., 2007; Milanović i in., 2013), podczas gdy inne wskazywały na brak efektu (Shalfawi i in., 2013; Trajković i in., 2012; W. B. Young i Rogers, 2014).

Zaczęto również oceniać zdolność do COD, koncentrując się na bardziej izolowanym pomiarze COD szczegółowo badając szybkość wejścia oraz wyjścia z danej COD (Green i in., 2011; Sasaki i in., 2011; Spiteri i in., 2013) lub pomiar ruchu środka ciężkości ciała podczas całego testu (Hader i in., 2015; Sayers, 2015). W badaniach i praktyce stosowanej wykorzystanie całkowitego czasu, jako miary wyniku COD było w przeważającej mierze uważane za istotny aspekt efektu danego badania. Jednak ostatnie badania sugerują, że użycie pełnego czasu z testów COD i zwinności może maskować rzeczywistą zdolność COD (Nimphius i in., 2013, 2016). Głównie, dlatego, że w większości testów całkowity czas obciążony jest sprintem po linii prostej (Nimphius i in., 2013, 2016; Sayers, 2015). Rozwiązaniem, które rzuca nowe światło na ocenę zdolności COD jest pomiar deficytu zmiany kierunku biegu (ang. change of direction deficit, CODD). Jednak do tej pory niewiele uwagi poświęcono zależności między CODD, a wykonywaniem czynności o wysokiej intensywności i testów COD (Cuthbert i in., 2019; Loturco i in., 2018; Nimphius i in., 2016; Suarez-Arrones i in., 2020). Na przykład Negra i in. (2017) ujawnili bardzo duże powiązania między testem T, a testem szybkości sprintu liniowego na 20 m u młodzieżowych piłkarzy ręcznych w wieku 12 lat. W przypadku testu 5-0-5 COD stanowią jedynie 31% z łącznego czasu trwania tego testu u kobiet grających w softball (Nimphius i in., 2010). W związku z tym wydaje się, że duża część całkowitego czasu potrzebnego na ukończenie testów szybkości COD można wytłumaczyć zdolnościami sprinterskimi sportowca po linii prostej (Nimphius i in., 2016). Oznacza to, że wynik testu szybkości COD może bazować na szybkości gracza po linii prostej (Dos'Santos i in., 2019; Nimphius i in., 2016). Aby wykluczyć wpływ szybkości biegu po linii prostej podczas testów szybkości COD Nimphius i in. (2016) zasugerowali nową metrykę zwaną CODD. Jego istotą jest ocena szybkości COD niezależnie od poziomu szybkości sprintu badanego po linii prostej (Cuthbert i in., 2019; Nimphius i in., 2016). Wskazuje on dodatkowy czas, którego wymaga zmiana kierunku w porównaniu ze sprintem po linii prostej na tym samym dystansie np. czas sprintu liniowego na 10 m w porównaniu z czasem testu COD 5-0-5 lub czas sprintu zawodnika na 20 m jest odejmowany od czasu COD na 20 m (Nimphius i in.,

2016). Wobec powyższego CODD wskazuje na czas potrzebny sportowcowi do COD i wyklucza jakikolwiek wpływ szybkości sprintu po linii prostej na końcowy wynik szybkości w COD (Cuthbert i in., 2019). Istnieją dowody wskazujące, że szybsi gracze w biegu po linii prostej są mniej skuteczni w COD, co oceniono za pomocą CODD (Dos'Santos i in., 2019; Freitas i in., 2019; Loturco i in., 2018). Im krótszy czas CODD u sportowców, tym skuteczniejsze COD lub większa zdolność sportowca do COD w stosunku do jego zdolności fizycznych dla szybkości biegu po linii prostej. Zatem, im niższa wartość, tym większa zdolność do COD (Papla i in., 2020).

Zgodnie z badaniami Taylor i in. (2019) tak i w badaniach Sammoud i in. (2021) nie zaobserwowano istotnego związku między CODD, a szybkością sprintu po linii prostej. W związku z tym COD ma ograniczoną implikację praktyczną u piłkarzy płci męskiej przed okresem dojrzenia. W badaniu Papla i in. (2020) wykazano, że CODD zapewnia bardziej izolowaną miarę zdolności COD niż same testy COD ze względu na zmniejszony wpływ sprintu po linii prostej w teście COD wśród elitarnych piłkarzy i nie musi być ograniczony do określonego kąta. W odniesieniu do Nimphus i in. (2016) CODD może być specyficzny dla kąta i jak pokazują rezultaty wcześniejszych badań, może również zależeć od długości biegu, dyscypliny oraz rodzaju startu (stojąc lub z nabiegu). Przeprowadzone badanie wykazało statystycznie istotną dodatnią zależność między CODD (mierzonym, jako różnica między czasem sprintu na 10 m i testem COD 180°), a testem COD (5-0-5), ale nie z czasem sprintu na 10 m i 30 m u krykieciarzy. Z kolei Loturco i in. (2018) nie stwierdzili statystycznie istotnej zależności między CODD (mierzonym, jako różnica między 20-metrowym sprintem liniowym z nabiegu, a testem COD 100°) i testem COD 100°. Ponadto stwierdzono dużą i prawie idealną zależność między sprintem liniowym z biegu na 10 m i 20 m, a CODD wśród piłkarzy grających na najwyższym poziomie sportowym.

1.2.3. Przysiady z obciążeniem oraz wibracje całego ciała, jako element wspomaganie motorycznego

Ważnym poznawczo obszarem badawczym jest poszukiwanie najlepszej kombinacji objętości, intensywności i regeneracji, szczególnie między rozgrzewką, a kolejnymi ćwiczeniami. W tym aspekcie trenerzy powinni mieć świadomość, że jeśli protokół rozgrzewki jest zbyt intensywny lub nie pozwala na odpowiednią regenerację, PAP i wynikające z tego bodźca efekty mogą być zagrożone, a z drugiej strony, jeśli upłynie zbyt dużo czasu efekty PAP mogą zostać utracone (Wilson i in., 2013). PAP zależy od równowagi między zmęczeniem, a wzmocnieniem nerwowo-mięśniowym (Tillin i Bishop, 2009), co z kolei zależy od rodzaju ćwiczeń, objętości, intensywności i czasu regeneracji (Baudry i Duchateau, 2007; Mangus i in.,

2006; Masamoto i in., 2003; Sale, 2004). To właśnie połączenie tych czynników prowadzi do pozytywnego lub negatywnego wpływu na efekt końcowy (Mangus i in., 2006). Należy, więc zrozumieć związek między zmęczeniem, a mechanizmem PAP, aby powrót do odpoczynku, który należy zaaplikować przed wykonaniem zadania był jak najlepszy (Hodgson i in., 2005; Needham i in., 2009; Whelan i in., 2014). Poziom rywalizacji sportowców powinien być brany pod uwagę przy projektowaniu skutecznych strategii rozgrzewki PAP (Okuno i in., 2013; Zois i in., 2015), aby zmaksymalizować przewodzenie nerwowo-mięśniowe i zminimalizować czynniki związane ze zmęczeniem (Zois i in., 2011). Chiu i in. (2003) wskazują na to, iż osoby z wysokim odsetkiem włókien mięśniowych typu II wykazują lepszą odpowiedź PAP.

Aby optymalnie wywołać PAP u piłkarzy nożnych zastosowane obciążenie powinno być odpowiednio dobrane (Hammami i in., 2018). Jednak PAP można zaobserwować po zastosowaniu ćwiczeń z maksymalnym obciążeniem (Kilduff i in., 2008), submaksymalnym (Wilson i in., 2013) oraz bez obciążenia (Chaouachi i in., 2010), zwłaszcza gdy są wykonywane z zamiarem maksymalnej prędkości ruchu, prowadząc do rekrutacji szybkokurczliwych włókien mięśniowych, co jest uważane za kluczowy czynnik do wywołania efektu PAP (Turner i in., 2015). Jednakże, chociaż zarówno ćwiczenia z dużym obciążeniem i małą prędkością zewnętrzną (Pareja-Blanco i in., 2014), jak i ćwiczenia z niskim obciążeniem i dużą prędkością zewnętrzną (Turner i in., 2015) mogą dać efekt PAP, nie ma jednak znanego optymalnego obciążenia (Tillin i Bishop, 2009). Należy zauważyć, że cechy sportowców mogą wpływać na występowanie PAP (Wilson i in., 2013) z lepszymi efektami u profesjonalnych (Chiu i in., 2003), wysoko wyszkolonych (Wilson i in., 2013) i silniejszych sportowców (Kilduff i in., 2008). Zjawisko znane, jako PAP wykazało lepsze efekty podczas ruchów wymagających dużej mocy wyjściowej mięśni po skurczach w warunkach zbliżonych do maksymalnego obciążenia (Gourgoulis i in., 2003; McBride i in., 2005). Tak, więc jest dobrze udokumentowane, iż efektywność pracy mięśni może ulec znacznej poprawie po maksymalnym lub prawie maksymalnym bodźcu obciążającym z powodu PAP (Sale, 2004). W badaniach Gołaś i in. (2016) wykazano lepsze wyniki podczas ruchów wymagających dużej mocy mięśniowej po skurczach w warunkach prawie maksymalnego obciążenia. Jak wskazano w badaniu optymalna intensywność ćwiczenia aktywacyjnego dla sportowców wyczynowych waha się między 75-90% 1RM. Garbisu-Hualde i Santos-Concejero (2021) wskazują, że do uzyskania efektu PAP można zastosować różne protokoły. Wydaje się jednak, że wyższe intensywności powodują osiągnięcie lepszych wyników. Dodatkowo wskazuje się, że PAP istnieje tak długo, jak długo zapewniona jest minimalna intensywność i wystarczająca ilość odpoczynku. Chociaż intensywność 65% 1RM jest wystarczająca do wywołania efektu wzmocnienia, wyższe efekty

można osiągnąć przy intensywności 85-90% 1RM. Stwierdzono dodatkowo, że doświadczeni sportowcy odniosą większe korzyści z ćwiczeń o większej objętości (1-3 serie) o ile pozwolą im się na 7-8 minut odpoczynku, aby uniknąć zmęczenia (w celu tzw. rozproszenia zmęczenia). Wcześniejsze badania wykazały również, że PAP jest kwestią indywidualną (Comyns i in., 2006; Lim i Kong, 2013; McCann i Flanagan, 2010; Weber i in., 2008), sugerując wprowadzanie jej zgodnie z cechami fizycznymi uczestników. Dlatego też, w celu poprawy efektów powinno badać się skuteczność różnych protokołów PAP w oparciu o indywidualne predyspozycje (Lim i Kong, 2013; McCann i Flanagan, 2010; Weber i in., 2008).

PAP u ludzi może być wywołany poprzez ćwiczenia oporowe o wysokiej intensywności (McBride i in., 2005) oraz ćwiczenia plajometryczne (Turner i in., 2015). Jest on powszechnie stosowany podczas rozgrzewki, w której stosuje się ciężkie ćwiczenia oporowe (Poulos i in., 2018). Gannon i in. (2016) podkreśla znaczenie oceny siły, mocy i ich maksymalizacji do długoterminowej adaptacji mięśni poprzez ten rodzaj bodźca. Stosowanie ciężkich ćwiczeń oporowych powoduje szybkie/dynamiczne zwiększenie siły mięśniowej, mocy w stopniu przekraczającym to, co można osiągnąć bez ich zastosowania (Khamoui i in., 2009; Needham i in., 2009; Weber i in., 2008; Yetter i Moir, 2008). Niektórzy autorzy wskazywali, że ćwiczenia z dużym oporem mogą poprawić późniejszy skok oraz COD (Zois i in., 2011), powtarzane sprinty (Low i in., 2015; Sanchez-sanchez i in., 2018) oraz pojedynczy sprint po linii prostej (McBride i in., 2005). W przypadku przeprowadzonej metaanalizy 15 badań treningu plajometrycznego de Villareal i in. (2010) stwierdzili nieco większy wzrost siły u mężczyzn niż u kobiet, jednak obie płci miały umiarkowany wzrost siły po treningu oporowym. Wykazano również, że ćwiczenia te są skuteczne dla dorosłych graczy w piłkę ręczną podczas powtarzanych testów sprinterskich, co sugeruje ich zastosowanie w zespołowych grach sportowych (Okuno i in., 2013). SQ jest najczęściej stosowanym i najskuteczniejszym ćwiczeniem w treningu oporowym do wzmacniania dolnej części ciała w celu poprawy wyników sportowych (Martínez-Cava i in., 2019). W opinii spójnych badań (Loturco i in., 2015; Requena i in., 2009; Wisløff i in., 2004) wskazuje się, że wytwarzanie siły pionowej może znacząco wpływać na szybkość piłkarzy nożnych.

W badaniach Low i in. (2015) wykazano, że podczas stosowania ćwiczenia SQ w rozgrzewce w porównaniu z rozgrzewką opierającą się na rozciąganiu dynamicznym mogą znacznie wzrosnąć wyniki w kilkukrotnym powtarzanym sprincie. Obserwacje te są zgodne z wcześniejszymi badaniami (efektu stosowania SQ w rozgrzewce) dotyczących wyników w jednym i wielu sprintach (Okuno i in., 2013; Requena i in., 2011). Celem badania Sanchez-sanchez i in. (2018) było porównanie pobudzenia tradycyjnej rozgrzewki z dwiema strategiami

rozgrzewki PAP (SQ z obciążeniem kolejno 60% 1RM, które pozwalało na uzyskanie dużej szybkości ruchu tj. 1 m/s i dużej liczby powtórzeń oraz 90% 1RM pozwalającej na umiarkowaną prędkość tj. 0,5 m/s i zmniejszoną liczbę powtórzeń) na powtarzalną zdolność sprintu piłkarzy z poziomu rozgrywek krajowych i regionalnych. Główne wyniki wykazały, że obie procedury PAP nie przyniosły poprawy w powtarzalnej zdolności sprintu, gdy połączono dane obu grup. Jednak ocena obu grup oddzielnie ujawniła znaczącą poprawę u piłkarzy z poziomu rozgrywek krajowych, zgodnie z protokołem rozgrzewki PAP (90% 1RM). Obie strategie rozgrzewki PAP nie wywołały znaczącej poprawy powtarzalnej zdolności sprintu w porównaniu z grupą kontrolną w opozycji do wcześniejszych ustaleń (Okuno i in., 2013; Zois i in., 2015). Natomiast pozytywne efekty SQ z dużym obciążeniem uzyskano na dystansach od 10-40 m (Chatzopoulos i in., 2007; McBride i in., 2005; Rahimi, 2014). Badanie przeprowadzone na młodych piłkarzach przez Needham i in. (2009) zweryfikowało wpływ różnych protokołów rozgrzewki (rozciąganie statyczne i dynamiczne oraz włączenie SQ z 20% masą ciała) na wykonanie wyskoków i ich różne reakcje w różnych czasach regeneracji, stwierdzając, że włączenie ćwiczeń oporowych zwiększyło zdolność do wyskoku z jego szczytem po trzech minutach od wykonania.

Z badań Hoffman i in. (2005) wynika, iż SQ z wyskokiem niezależnie od zastosowanego względnego obciążenia (kolejno 70% 1RM oraz 30% swojej maksymalnej siły izometrycznej) nie był skuteczny w wywołaniu poprawy szybkości i zwinności. Efekty badań Titton i Franchini (2017) wskazują, że ćwiczenia w postaci półprzysiady z różną intensywnością (40%, 60%, 80%, 100% 1RM) nie dostarczyły istotnych różnic w wysokości CMJ u młodych piłkarzy nożnych, wskazując zarazem, że jednonminutowy czas odpoczynku był bardziej odpowiedni do promowania wzrostu wyskoku w pionie.

W badaniach Loturco i in. (2019) zbadano selektywny wpływ maksymalnej zdolności przyspieszenia na szybkość COD, CODD, sprint po linii prostej, pęd sprintu oraz skoki pionowe z obciążeniem i bez obciążenia u wyczynowych piłkarzy. Zaobserwowano, że piłkarze zdolni do szybszego przyspieszania na bardzo krótkich dystansach (tj. 0-5 m) byli również w stanie osiągać lepsze rezultaty w wielu pomiarach związanych z prędkością i mocą. Co więcej wzrastające tempo przyspieszenia wiązało się bezpośrednio z wyższymi wartościami CODD. Zawodowi piłkarze z wyższymi maksymalnymi współczynnikami przyspieszenia zwykle osiągają lepsze wyniki w skokach z obciążeniem i bez obciążenia oraz są szybsi w liniowych i wielokierunkowych testach szybkości. Badania Petisco i in. (2019) dowodzą, iż umiarkowana intensywność rozgrzewki (tj. 80% 1RM SQ) może wywołać większe PAP, w tym poprawę skoków, pojedynczej i powtarzającej się szybkości COD u elitarnych piłkarzy płci męskiej niż

intensywność niska 60% 1RM lub maksymalna tj. 100% 1RM. Powyższe rezultaty są trudne do porównania z wcześniejszymi ustaleniami, biorąc pod uwagę ograniczoną literaturę dotyczącą wyników COD i PAP (Lockie i in., 2017). Jednak w dwóch poprzednich badaniach zaobserwowano poprawę rezultatów w COD po rozgrzewce, która obejmowała ćwiczenia z obciążeniem (Sole i in., 2013; Zois i in., 2011). Głównym odkryciem badania prowadzonego przez Papla i in. (2020) było to, że siła SQ 1RM i moc szczytowa wyjściowa uzyskana podczas SQ przy 50% 1RM i sprint liniowy na 20 m nie były skorelowane ze sobą, ani z żadnym z mierzonych testów COD (pod kątem 90° i 135°), co wskazuje, że są to oddzielne cechy fizyczne (niezależne od siebie). Liczne badania naukowe wskazują na pożądaną efekt ćwiczeń oporowych w zakresie osiągnięcia efektu PAP, niemniej jednak badacze w dalszym ciągu poszukują innych, efektywnych bodźców w celu osiągnięcia podobnych rezultatów. Jednym z takich bodźców są niewątpliwie WBV, jako rozgrzewka ciesząca się coraz większym zainteresowaniem wśród praktyków (Pojskic i in., 2015).

WBV są elementem treningu sportowców, odnowy biologicznej oraz działalności klubów fitness (Król i in., 2014). Dotyczy to zarówno rozgrzewki bezpośrednio przed występem (Bullock i in., 2008; Cloak i in., 2016), podczas zaplanowanych przerw w grze (Cloak i in., 2016) oraz stosowane, jako bezpieczne w leczeniu chorób i poprawie kondycji fizycznej zawodników różnych dyscyplin sportowych (Kurt i Pekünlü, 2015). Towlson i in. (2013) omówili, w jaki sposób 58% trenerów drużyn Premier League i Championship włączyło tą strategię rozgrzewki w przerwie meczu.

Trening WBV może wywoływać adaptacje biologiczne podobne do ćwiczeń oporowych (Delecluse i in., 2003). W dłuższej perspektywie (tj. podczas treningu) adaptacja nerwowa po WBV powoduje wzmocnienie aktywacji jednostek motorycznych, synchronizację jednostek motorycznych, synergetyczny skurcz mięśni, hamowanie mięśni antagonistycznych i adaptację odpowiedzi odruchowej (Bosco i in., 2000). Zwiększenie aktywacji odruchu rozciągania powinno zwiększać skurcz mięśni, a tym samym wytwarzać większe napięcie mięśniowe podczas WBV. Wibracje mechaniczne wywołują kompensacyjne skurcze mięśni w efekcie odruchu tonicznego drgań (ang. tonic vibration reflex, TVR) poprzez pobudzenie pierwotnych zakończeń wrzecion mięśniowych i aktywację neuronów motorycznych alfa (Di Iorio i in., 2005) i wzmacniając odruchy rozciągające (Cardinale i Bosco, 2003). Zmiana długości mięśni podczas wibracji jest wykrywana przez wrzeciona mięśniowe i wywołuje mimowolny skurcz mięśni (Rittweger, 2010). Dodatkowo sugeruje się, że poprawa nerwowo-mięśniowa po WBV jest najprawdopodobniej spowodowana zwiększoną pobudliwością szybkokurczliwych włókien i jednostek motorycznych (Rittweger i in., 2003). Należy wspomnieć, że temperatura

wewnątrz mięśni sama w sobie zwiększa siłę mięśni. Efektem WBV jest zwiększenie mocy, co może być tłumaczone przez wzrost temperatury wewnątrzmięśniowej (Kersch-Schindl i in., 2001; Lohman i in., 2007) i nie tylko powoduje efekty w PAP, ale także poprawia odporność na zmęczenie (Barroso i in., 2013). Szybki skurcz i rozluźnienie mięśni przy częstotliwości 20-50 Hz działa jak pompa na naczynia krwionośne, zwiększając prędkość przepływu krwi przez ciało (Kersch-Schindl i in., 2001; Lohman i in., 2007). Sugeruje się, również, że wzrost siły po WBV może być spowodowany zmianami hormonalnymi, takimi jak wzrost hormonu wzrostu, insulinopodobnego czynnika wzrostu 1 i testosteronu (Rittweger, 2010). Badacze zauważyli poprawę w odpowiedzi na trening WBV w pomiarach fizjologicznych, takich jak sprawność nerwowo-mięśniowa (Bosco i in., 2000), siła wyjściowa (Cormie i in., 2006; Delecluse i in., 2003; Rønnestad, 2004), elastyczność (van den Tillaar, 2006) i stężenie hormonów (Bosco i in., 2000).

W poprzednich badaniach próbowano zastosować różne ćwiczenia (np. oporowe, plajometryczne, WBV) w celu zwiększenia efektów w PAP (np. na wynik CMJ), jednak uzyskane wyniki są sprzeczne. Niektóre badania wykazały późniejszą poprawę skoku w pionie po ćwiczeniach oporowych, plajometrycznych i WBV (Z.-R. Chen i in., 2013; Cormie i in., 2006; McCann i Flanagan, 2010), a inne badania nie wykazały późniejszej poprawy skoku w pionie po tych samych bodźcach (Dallas i in., 2014; Jensen i Ebben, 2003; Saez Saez de Villarreal i in., 2007). Rozbieżności między tymi badaniami zostały przynajmniej częściowo wyjaśnione różnymi typami ćwiczeń, ich różną objętością, intensywnością oraz różnym czasem regeneracji (Gołaś i in., 2016; Miarka i in., 2011; Saez Saez de Villarreal i in., 2007). Wcześniejsze badania dowiodły również, że trening WBV i trening oporowy poprawiły wysokość CMJ, siłę izometryczną i dynamiczną prostowników kolana. Masa mięśniowa również wzrosła zarówno w grupie WBV, jak i w grupie ćwiczeń oporowych. Nie było jednak znaczącej różnicy w sile i masie mięśniowej między treningiem WBV, a ćwiczeniami oporowymi (Bogaerts i in., 2007). Z kolei Delecluse i in. (2003) stwierdzili, że WBV i ćwiczenia oporowe poprawiły zarówno izometryczną, jak i dynamiczną siłę prostowników kolana, ale tylko WBV znacząco poprawiło wysokość CMJ o 7,6% w porównaniu z grupą kontrolną. Z kolei Chen i in. (2017) wykazali, że ćwiczenia oporowe, plajometryczne, WBV, kompleksowy trening (łączy ćwiczenia oporowe z ćwiczeniami plajometrycznymi) i kompleksowy trening WBV (łączy WBV z ćwiczeniami plajometrycznymi) powodują podobne grupowe korzyści PAP, jednak niektórzy sportowcy obniżyli swoje wyniki w niektórych ćwiczeniach badania. Dlatego nie zaleca się trenerom organizowania ćwiczeń w układzie zespołowym.

Bodziec WBV wywołuje szybki ekscentryczny/koncentryczny ruch prostowników nóg (Cardinale i Bosco, 2003; Rittweger i in., 2001, 2003) poprawia pracę tych mięśni w krótkim czasie. W praktyce stosowanie WBV prowadzi do zwiększenia mocy beztlenowej (Cochrane i Stannard, 2005). Naukowcy zasugerowali, że PAP, który może wynikać z WBV może być związany z nasileniem drgań niż z nasileniem odruchu (Cochrane i in., 2010; McBride i in., 2010). Dowiedziono również, że WBV zwiększa aktywność mięśni i bodźce nerwowo-mięśniowe w porównaniu z warunkami bez wibracji (Rønnestad, 2009). Wykazano już, że trening WBV jest skutecznym ćwiczeniem aktywacyjnym zwiększającym poziom mocy wyjściowej górnej i dolnej części ciała w obu populacjach i nadal jest szeroko badany przez naukowców. Szereg badań wykazało pozytywny wpływ tego ćwiczenia aktywacyjnego na efektywność osiąganych wyników (Cochrane i Stannard, 2005; Cormie i in., 2006; Luo i in., 2005) lub brak wpływu (Cochrane i Stannard, 2005; Cormie i in., 2006). Kilka badań wykazało pozytywny wpływ WBV na sprawność fizyczną (Bullock i in., 2008; Cochrane i in., 2010; Cochrane i Stannard, 2005; Crow i in., 2012; Guggenheimer i in., 2009), jednak nie wszyscy badacze zauważyli pozytywne korzyści (Cochrane i in., 2004; de Ruiten i in., 2003), szczególnie w krótkim okresie. Naukowcy nie wykazali również korzystnego wpływu WBV na efekty w sprincie (Cochrane, 2013; Cochrane i in., 2004; Gerakaki i in., 2013), skoku (Cochrane i in., 2004; Cochrane i Stannard, 2005; Cormie i in., 2006; Gerakaki i in., 2013) i RA (Cochrane, 2013; Cochrane i in., 2004). Rozbieżności w wynikach między tymi badaniami mogą być częściowo spowodowane różnymi urządzeniami WBV, z których korzystają badacze, różnicami w protokołach treningowych, w tym różnicami w czasie trwania, częstotliwości i amplitudzie (Bedient i in., 2009). Jednym z czynników zapewniających efektywny trening WBV jest zestaw optymalnych parametrów wibracyjnych (Król i in., 2014). Literatura podaje zakresy częstotliwości drgań 15-60 Hz oraz zakresy amplitudy 2-10 mm (Cardinale i Wakeling, 2005).

Zaobserwowano również, że WBV mogą znacznie poprawić wysokość wyskoku z SQ i wyskoku osiągniętego z zamachem (Armstrong i in., 2010; Rønnestad, 2009). Cloak i in. (2016) wskazują, że WBV znacznie poprawiają siłę w warunkach izometrycznych/statycznych prostowników/zginaczy stawu kolanowego przy udziale PAP wśród profesjonalnych graczy w porównaniu z amatorami. Wreszcie obie grupy nie wykazały żadnych znaczących zmian w aktywacji mięśni po WBV. Niektóre badania przeprowadzone na dobrze wyszkolonych sportowcach wykazały poprawę WBV na wyniki CMJ, siłę mechaniczną (Kurt, 2015; Kurt i Pekünlü, 2015; Wyon i in., 2010), elastyczność (Dallas i in., 2015; Osawa i Oguma, 2013) oraz aktywność mięśni (Cochrane i in., 2011; Marín i Rhea, 2010). Cormie i in. (2006)

odnotowali niewielki wzrost zmiany wysokości w wyskoku osiągniętym po 30-sekundowym protokole WBV dla częstotliwości i amplitudzie wibracji odpowiednio 30 Hz i 2,5 mm przeprowadzonej w pozycji półprzysiadu (zgięcie kolana 100°). Bosco i in. (2000) zaobserwowali wzrost wysokości skoku przy użyciu podobnego protokołu z dłuższym (60-sekundowym) czasem trwania. Najbardziej znaczącym odkryciem w badaniu Armstrong i in. (2010) było to, że WBV może zwiększyć wysokość skoku w pionie u niektórych osób, niezależnie od intensywności. Co interesujące, zarówno intensywność 30 Hz zastosowana przez Cormie i in. (2006), jak i 50 Hz w badaniu Armstrong i in. (2010), czyli dwie skrajne intensywności w powyższych badaniach wykazywały największe zmiany w wysokości CMJ.

W badaniach przeprowadzonych przez Bullock i in. (2008) oraz Guggenheimer i in. (2009) zbadano wpływ dodania WBV do ćwiczeń dolnych partii ciała na PAP mierzone, jako wyniki sprintu na 30 m lub 40 m. Chociaż powyższe dwa badania wykazały tendencję do korzystnych rezultatów, gdy zastosowano WBV żadne z nich nie wykazało znaczącego wpływu na pełny czas sprintu. Rønnestad i Ellefsen (2011) wykazali poprawę wyników sprintu na 40 m u piłkarzy płci męskiej po 30-sekundowym protokole WBV ($f = 50$ Hz; $A = 3$ mm) w porównaniu z grupą kontrolną. Brak poprawy ogólnego czasu sprintu na 30 m po podaniu WBV o częstotliwości 30 Hz dowiedziono w badaniach Bullock i in. (2008). Możliwe, że WBV o wartości 30 Hz na zaangażowane mięśnie był zbyt niski, aby wywołać PAP (Rønnestad i Ellefsen, 2011). Nie zaobserwowano również różnic w czasach sprintu na 30 m w badaniach Roberts i in. (2009) przy protokole wibracji trwającym 60 s ($f = 26$ Hz; $A = 4$ mm). Gerakaki i in. (2013) także nie dostarczyli dowodów na to, że wibracja trwająca 90 s ($f = 50$ Hz; $A = 2$ mm) pozytywnie wpływa na czas sprintu na 60 m, jak również nie wpływa na długość i tempo kroku. Podobnie Roberts i in. (2009) stosując pojedyncze próby WBV trwające 30 s i 60 s z wibracjami odpowiednio 50 Hz i 3 mm oraz 26 Hz i 4 mm nie stwierdzili znaczącej poprawy na wynik sprintu na dystansie 30 m. Dla kontrastu w eksperymencie Rønnestad i in. (2012) sprint na 40 m był wykonywany jedną minutę po ćwiczeniu kondycyjnym i badania potwierdziły, że wykonanie ćwiczenia kondycyjnego z WBV przy częstotliwości 50 Hz skutkowało lepszymi efektami w sprincie na 40 m w porównaniu z ćwiczeniem kondycyjnym bez WBV.

W eksperymencie Pojskic i in. (2015) dowiedziono, iż dodatkowe obciążenie zewnętrzne o wartości 30% masy ciała podczas WBV wykazało lepsze efekty w skoku, szybkości i zwinności w porównaniu z interwencjami bez obciążenia podczas WBV, z obciążeniem bez WBV, bez obciążenia oraz bez WBV. Król i in. (2014) wykazali istotnie wyższą aktywność elektromiograficzną (mięśnia obszernego przysródkowego i obszernego

bocznego) osiągając największe wartości, gdy częstotliwość i amplituda osiągały odpowiednio 60 Hz i 4 mm. Wyższa częstotliwość WBV może wywoływać większą aktywację mięśni i mieć pozytywny wpływ na siłę mięśni (Hazell i in., 2007; Rønnestad, 2009).

WBV mogą skutecznie poprawiać siłę mięśni (Armstrong i in., 2010; Cochrane i Stannard, 2005), ale mają ograniczoną skuteczność w zwiększaniu zdolności COD w opinii niektórych naukowców (Cloak i in., 2014; Cochrane i in., 2004). Cloak i in. (2014) wykazali, że 30-sekundowa sesja WBV ($f = 40$ Hz; $A = 8$ mm) również nie przyniosła żadnej korzyści w teście 5-0-5. Ponadto Cochrane i in. (2004) nie odnotowali poprawy w teście 5-0-5 po dziewięciu sesjach treningu WBV ($f = 26$ Hz; $A = 12$ mm). W badaniu Chung-Cheng i in. (2021) jednodominutowa interwencja WBV ($f = 30$ Hz; $A = 2$ mm) u profesjonalnych siatkarzy nie poprawiła znacząco wyników zarówno sprintu na 10 m, jak i w teście T wśród uczestników badań, ale poprawiła znacznie obronę charakterystyczną dla siatkówki w teście zwinności bloku. Cochrane (2013) zbadał wpływ przerywanego (pięć sesji jednodominutowych z jedną minutą odpoczynku) protokołu WBV ($f = 26$ Hz; $A = 6$ mm) na RA. Badania nie wykazały istotnych zmian na uzyskane wyniki RA. Równoległe badania zostały przedstawione przez Pienaar (2013), który realizował protokół WBV przed dynamiczną rozgrzewką specyficzną dla hokeja, próbując zbadać jego wpływ na rezultaty w teście T. Efekty tych badań również nie wykazały żadnego istotnego wpływu WBV na wyniki zwinności, natomiast odnotowano poprawę w zastosowanym czasie w teście T. Gracze rugby płci męskiej wykonali czterominutowy częściowy przysiad izometryczny (kolana zgięte pod kątem 60°) z trzema rodzajami protokołu WBV na dwupłytovej maszynie WBV, w tym jeden protokół WBV o podwójnej częstotliwości, z nogą dominującą odbierającą 35 Hz i niedominującą odbierającą 45 Hz i dwa protokoły WBV o pojedynczej częstotliwości 35 Hz lub 45 Hz dostarczane do obu nóg przez trzy różne dni. Wszystkie powyższe protokoły WBV znacznie poprawiły skok z przysiadu i wyskoku dosiężnego z zamachem, natomiast tylko pierwszy protokół znacząco poprawił zdolność COD o około 3%. W związku z powyższym eksperymentem na podstawie pierwszego protokołu badacze sugerują, że indukując różne kierunki ruchu można poprawić efekty w pracy mięśni kończyn dolnych, co skutkuje zwiększeniem zdolności COD. Wydaje się, więc, że wyniki badań Yang i in. (2017) z dwuczęstotliwościowym (inny na nogę wiodącą i inny na nogę niewiodącą) protokołem rozgrzewki może przyczyniać się do zwiększonej RA, ponieważ zdolność COD jest kluczowym elementem zwinności (Gabbett i in., 2008).

Oprócz wpływu na parametry motoryczne, literatura wskazuje również na potencjalnie korzystny wpływ WBV na funkcje neurokognitywne i koordynację nerwowo-mięśniową. Wykazano, że WBV może wpływać na transmisję neuronalną w obszarach mózgu związanych

z przetwarzaniem informacji, takich jak kora przedczołowa (Regterschot i in., 2014; Herrero i in., 2011). Fereydounnia i Shadmehr (2020) stwierdzili, że po pięciominutowej sesji WBV czas reakcji na bodziec uległ skróceniu. Obserwacje te sugerują, że WBV może korzystnie wpływać nie tylko na siłę i moc mięśniową, ale również na procesy percepcyjne i szybkość przetwarzania informacji.

W kontekście złożonych zadań motorycznych, takich jak test COD składający się z kilku faz, istotne znaczenie ma spójność wykonania ruchu w kolejnych jego częściach. Pozytywna korelacja między czasem wykonania pierwszej i drugiej części testu wskazuje na utrzymanie efektywności w trakcie całego zadania – zawodnicy, którzy szybko wykonują fazę początkową, utrzymują również wysoką efektywność w fazie końcowej. Silniejsza korelacja może świadczyć o lepszej koordynacji nerwowo-mięśniowej i mniejszym spadku efektywności w trakcie wykonywania złożonego zadania ruchowego. Biorąc pod uwagę wpływ WBV na stymulację receptorów proprioceptywnych poprzez TVR (Di Iorio i in., 2005; Cardinale i Bosco, 2003) oraz potencjalny wpływ na funkcje neurokognitywne, można przewidywać, że interwencja WBV może sprzyjać większej spójności wykonania złożonego zadania motorycznego w porównaniu z tradycyjnymi ćwiczeniami oporowymi.

1.3. Przesłanki teoretyczne do sformułowania hipotez badawczych

Na podstawie przeprowadzonego przeglądu literatury można sformułować teoretyczne przesłanki uzasadniające przewidywaną przewagę WBV nad SQ z obciążeniem w kontekście jednorazowej interwencji aktywacyjnej u piłkarzy o średnim poziomie zaawansowania.

Po pierwsze, WBV charakteryzują się odmiennym mechanizmem aktywacji w porównaniu z tradycyjnymi ćwiczeniami oporowymi. WBV wywołują kompensacyjne skurcze mięśni poprzez TVR, pobudzając pierwotne zakończenia wrzecion mięśniowych i aktywując neurony motoryczne alfa (Di Iorio i in., 2005; Cardinale i Bosco, 2003). Sugeruje się, że poprawa nerwowo-mięśniowa po WBV jest najprawdopodobniej spowodowana zwiększoną pobudliwością szybkokurczliwych włókien i jednostek motorycznych (Rittweger i in., 2003). Ten mechanizm neuronalnej aktywacji może być szczególnie korzystny przed zadaniami wymagającymi szybkiej reakcji i dynamicznej COD.

Po drugie, literatura wskazuje, że efektywność SQ z obciążeniem w wywołaniu efektu PAPE jest silnie zależna od poziomu wytrenowania i doświadczenia sportowca w treningu oporowym. Wykazano, że osoby o wyższym poziomie siły osiągają lepsze efekty po ćwiczeniach z obciążeniem (Seitz i in., 2014), a większe korzyści odnoszą sportowcy profesjonalni i wysoko wyszkoleni (Chiu i in., 2003; Wilson i in., 2013; Kilduff i in., 2008). W przypadku piłkarzy o średnim poziomie zaawansowania sportowego, którzy mogą mieć

mniejsze doświadczenie w wykonywaniu SQ z wysokim obciążeniem, istnieje ryzyko, że intensywność ćwiczenia aktywacyjnego spowoduje nadmierne zmęczenie przewyższające efekt pobudzenia (Tillin i Bishop, 2009; Sale, 2004).

Po trzecie, WBV mogą stanowić bardziej uniwersalny bodziec aktywacyjny, niezależny od indywidualnego poziomu siły maksymalnej. Badania Armstrong i in. (2010) wykazały, że WBV może zwiększyć wysokość skoku w pionie u niektórych osób niezależnie od zastosowanej intensywności. Dodatkowo WBV powodują wzrost temperatury wewnątrzmięśniowej (Kerschan-Schindl i in., 2001; Lohman i in., 2007) oraz zwiększenie przepływu krwi (Kerschan-Schindl i in., 2001), co może zapewnić bardziej kompleksowe przygotowanie do wysiłku.

Po czwarte, badania wskazują na potencjalnie korzystny wpływ WBV na funkcje neurokognitywne. Wykazano, że WBV może wpływać na transmisję neuronalną w obszarach mózgu związanych z przetwarzaniem informacji, takich jak kora przedczołowa (Regterschot i in., 2014; Herrero i in., 2011). Fereydounnia i Shadmehr (2020) stwierdzili, że po pięciominutowej sesji WBV czas reakcji na bodziec uległ skróceniu. Ten aspekt może być szczególnie istotny w kontekście testu COD z zadaniem kognitywnym oraz w zakresie koordynacji między fazami złożonego zadania motorycznego. W kontekście złożonych zadań motorycznych składających się z kilku faz istotne znaczenie ma spójność wykonania ruchu w kolejnych jego częściach – silniejsza korelacja między czasem wykonania poszczególnych faz może świadczyć o lepszej koordynacji nerwowo-mięśniowej i mniejszym spadku efektywności w trakcie wykonywania zadania ruchowego.

Po piąte, wyniki badań Yang i in. (2017) wykazały, że protokół WBV znacząco poprawił zdolność COD o około 3% u graczy rugby, podczas gdy badania z wykorzystaniem SQ z obciążeniem u sportowców o niższym poziomie zaawansowania często nie wykazują znaczącej poprawy w testach zwinności (Hoffman i in., 2005). Ponadto Delecluse i in. (2003) stwierdzili, że tylko WBV (a nie ćwiczenia oporowe) znacząco poprawiło wysokość CMJ w porównaniu z grupą kontrolną.

Należy jednak zaznaczyć, że literatura dostarcza również dowodów na ograniczoną skuteczność WBV w niektórych badaniach (Cloak i in., 2014; Cochrane i in., 2004), co może być związane z zastosowanymi parametrami wibracji (częstotliwość, amplituda, czas trwania). W niniejszym badaniu zastosowano parametry ($f = 60$ Hz; $A = 4$ mm), które według Król i in. (2014) wywoływały najwyższą aktywność elektromiograficzną mięśni, co powinno optymalizować potencjalny efekt aktywacyjny.

Biorąc pod uwagę powyższe przesłanki teoretyczne, założeniem niniejszej pracy jest porównanie efektów jednorazowego ćwiczenia aktywacyjnego w postaci SQ z obciążeniem oraz WBV na osiągnięte wyniki zmian COD u piłkarzy nożnych na średnim poziomie zaawansowania sportowego. Z przeglądu literatury wynika, iż nie ma zbyt dużo danych dotyczących porównania ich praktycznego zastosowania w piłce nożnej, a wydaje się ono potencjalnie korzystne. Na podstawie przedstawionych przesłanek można przewidywać, że zastosowane interwencje przyniosą korzystne efekty w porównaniu z pomiarem wyjściowym (Baseline) oraz korzystniejszy efekt wywoła zastosowanie interwencji WBV w porównaniu z pomiarem wyjściowym (Baseline) i interwencją SQ z obciążeniem.

2. Cel pracy

Celem pracy było zbadanie wpływu jednorazowego ćwiczenia aktywacyjnego w postaci SQ z obciążeniem oraz WBV na czas wykonania testów COD u piłkarzy o średnim poziomie zaawansowania sportowego. Badanie miało na celu określenie, czy zastosowane interwencje przynoszą korzystne efekty w porównaniu z pomiarem wyjściowym (Baseline) oraz czy jedno z ćwiczeń aktywacyjnych wykazuje przewagę nad drugą w kontekście wykonywania zadań motorycznych wymagających szybkiej COD, zarówno bez dodatkowego obciążenia poznawczego, jak i z zadaniem kognitywnym.

2.1. Pytania badawcze

W ramach realizacji celu pracy postawiono następujące pytania badawcze:

- **P1:** Która z zastosowanych interwencji (SQ z obciążeniem czy WBV) przyniesie korzystniejsze efekty w teście COD bez zadania kognitywnego (test 5-10-5) w badanej grupie w porównaniu z pomiarem wyjściowym (Baseline)?
- **P2:** Która z zastosowanych interwencji (SQ z obciążeniem czy WBV) przyniesie korzystniejsze efekty w teście COD z zadaniem kognitywnym (test Y) w porównaniu z pomiarem wyjściowym (Baseline) w badanej grupie?
- **P3:** Czy istnieje związek pomiędzy czasem uzyskanym w pierwszej części testu Y (0-5 m), a czasem uzyskanym w jego drugiej części (5-10 m) i czy związek ten różni się w zależności od zastosowanej interwencji?

2.2. Hipotezy badawcze

Na podstawie analizy współczesnej literatury oraz eksploracyjnego charakteru sesji eksperymentalnych sformułowano następujące hipotezy badawcze:

- **H1:** Obie interwencje (SQ z obciążeniem oraz WBV) spowodują poprawę wyników (krótszy czas wykonania) w teście COD bez zadania kognitywnego w porównaniu z pomiarem wyjściowym (Baseline), przy czym interwencja WBV może być skuteczniejsza niż SQ z obciążeniem.
- **H2:** Obie interwencje (SQ z obciążeniem oraz WBV) spowodują poprawę wyników (krótszy czas wykonania) w teście COD z zadaniem kognitywnym w porównaniu z pomiarem wyjściowym (Baseline), przy czym interwencja WBV będzie skuteczniejsza niż SQ z obciążeniem.
- **H3:** Związek (dodatnia korelacja) pomiędzy czasem uzyskanym w pierwszej części testu Y (0-5 m), a czasem uzyskanym w jego drugiej części (5-10 m) wystąpi we wszystkich warunkach pomiarowych (Baseline, SQ, WBV), przy czym siła tego

związku będzie wyższa po zastosowaniu interwencji WBV w porównaniu z pomiarem wyjściowym (Baseline) i interwencją SQ z obciążeniem.

3. Materiał i metody badań

3.1. Materiał badawczy

W celu odpowiedzi na postawione pytania badawcze przebadano grupę eksperymentalną składającą się z 26 osób. Początkowo do badania rekrutowano 29 uczestników, jednak ze względu na kontuzje podczas trwania interwencji oraz brak dyspozycyjności nie wszyscy badani ukończyli pełny cykl badań.

Minimalną liczebność próby wyliczono za pomocą programu G*Power 3.1 (Faul, Erdfelder, Buchner i Lang, 2007) przy następujących założeniach: test t dla prób zależnych (jednostronny), poziom istotności $\alpha = 0,05$, moc testu $1-\beta = 0,80$ oraz wielkość efektu $d = 0,50$ (średni efekt wg Cohen, 1988). Wartość wielkości efektu przyjęto na podstawie wyników badania pilotażowego przeprowadzonego na grupie $N = 10$ uczestników. Zastosowanie testu jednostronnego uzasadnione było od kierunkowych hipotez badawczych zakładających poprawę wyniku COD po zastosowanych interwencjach. Na podstawie powyższych założeń minimalna liczebność próby wyniosła $N = 27$ uczestników.

Pomimo nieznacznego spadku ostatecznej liczebności próby poniżej zakładanego minimum (o jedną osobę), analiza post-hoc przeprowadzona w programie G*Power wykazała, że przy $N = 26$ moc statystyczna wynosi 0,78, co pozostaje na akceptowalnym poziomie, bliskim założonemu progowi 0,80. Ponadto w badaniu uzyskano istotne statystycznie efekty, co dodatkowo potwierdza wystarczającą moc przeprowadzonych analiz.

Kryteria włączenia do grupy badanej były następujące: studenci Wydziału Wychowanie Fizyczne trenujący, na co dzień piłkę nożną w niższych klasach rozgrywkowych (regularny udział w rozgrywkach ligowych od B klasy do III ligi włącznie), uczęszczanie na treningi piłkarskie 2-3 razy w tygodniu, piłkarski staż treningowy minimum osiem lat, zdrowi (bez kontuzji kończyn dolnych i górnych w ostatnich sześciu miesiącach) oraz płeć męska. Badani mieli doświadczenie w zakresie treningu SQ ze sztangą o wysokiej intensywności/siły mięśniowej raz w tygodniu. Zawodnicy nie mieli jednak zbyt dużego doświadczenia w testach COD, jednak w trakcie procesu treningowego jest to dość powszechnie stosowana praktyka zarówno podczas samych rozgrzewek przed treningiem, meczem oraz testów przed, w trakcie, czy po sezonie piłkarskim, gdyż COD są charakterystyczną formą poruszania się zawodników podczas gry w piłkę nożną. Na podstawie przeprowadzonego wywiadu z badanymi przed sesją zapoznawczą ustalono dominującą kończynę dolną każdego z badanych. Natomiast kryteria wyłączenia z grupy badanej to: uraz aparatu ruchu w ostatnich sześciu miesiącach, brak systematycznej, aktywnej obecności na treningach i meczach piłkarskich oraz równoczesne uczęszczanie na regularne treningi innej dyscypliny sportu.

Podstawowa charakterystyka grupy zamieszczona została w tabeli 1. Badania przeprowadzone zostały w pracowniach i obiektach Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach. Uczestnik w każdym momencie mógł odmówić dalszego udziału w badaniu bez podania przyczyny. Wykonywanie prób nie zagrażało zdrowiu osób je wykonujących, a badania były nieinwazyjne. Badania mieszczą się w ramach uzyskanej zgody Komisji Bioetycznej nr 2/2020.

Tabela 1. Charakterystyka grupy badanej

	Zawodnicy (N = 26)
Wiek [lata]	19,80±3,2
Wysokość ciała [cm]	186,98±12,98
Masa ciała [kg]	82,28±22,28

3.2. Metody badawcze

W badaniach zastosowano metodę eksperymentu z powtarzanymi pomiarami. Składał się on z trzech sesji pomiarowych przeprowadzonych w odstępach siedmiodniowych: sesji wyjściowej (Baseline) oraz dwóch sesji eksperymentalnych (SQ i WBV). Każda z nich uwzględniała następujące testy: biegowy na dystansie 40 m po linii prostej oraz testy COD tj. test 5-10-5 (Lockie i in., 2017, 2020; McFarland i in., 2016) bez zadania kognitywnego i test Y (Dugdale i in., 2020; Fiorilli i in., 2017; Jeffriess i in., 2015; Naylor i in., 2015; Trecroci i in., 2016, 2019) z zadaniem kognitywnym.

W celu prawidłowego przebiegu badań i uzyskania rzetelnych wyników użyto następujących narzędzi badawczych, przyrządów oraz przyborów: system fotokomórek SmartSpeed (firmy Vald Performance, Brisbane, Australia), sztangi z obciążeniem oraz platforma wibracyjna Fitvibe 600 (Gymna Uniphy, NV). Urządzenie SmartSpeed, pozwoliło na uzyskanie wyników w testach biegowych na wyznaczonych odcinkach, gdzie wyniki automatycznie były zapisywane do wcześniej przygotowanych protokołów badań. Sztanga z dodatkowym obciążeniem w pierwszej kolejności została wykorzystana do wyznaczenia 1RM SQ (Alonso-Aubin i in., 2021; Garbisu-Hualde i Santos-Concejero, 2021; Gołaś i in., 2016; Low i in., 2015; Petisco i in., 2019; Sanchez-sanchez i in., 2018; Simpson i in., 2021; Tifton i Franchini, 2017). Obciążenie 1RM osiągnięto podczas wykonywania SQ przy użyciu odpowiedniego protokołu sporządzonego przez Baechle i in. (2008). Oczekiwano, że badani osiągną swój wysiłek 1RM w ciągu 3-5 maksymalnych prób, a odstęp między nimi każdorazowo wynosił trzy minuty (Brown i Weir, 2001). W początkowej pozycji sztanga znajdowała się na wysokości barków, stopy na szerokość barków, a kolano i biodra w pełnym wyproście. Badani zostali poinstruowani, aby z pozycji wyjściowej wykonać fazę

ekscentryczną ćwiczenia do momentu uzyskania zgięcia w stawie kolanowym, co najmniej 90° (Pareja-Blanco i in., 2014), a następnie wykonali fazę koncentryczną w możliwie jak najszybszy sposób, osiągając pełny wyprost w stawie kolanowym wbrew oporowi określonego przez ciężar (Vera-Assaoka i in., 2020). Obciążenie 1RM zdefiniowano, jako maksymalny ciężar, który można jednorazowo podnieść przy użyciu prawidłowej techniki ćwiczeń w pełnym zakresie ruchu (Okuno i in., 2013). Indywidualna wartość 1RM SQ została wyznaczona w dzień wolny od zajęć fizycznych na tydzień przed sesją wyjściową po odpowiedniej rozgrzewce (Ribeiro i in., 2021). Po osiągnięciu wartości 1RM SQ obliczono indywidualną wartość każdego badanego o wielkości 85% 1RM (Garbisu-Hualde i Santos-Concejero, 2021; Gołaś i in., 2016; Jones i Lees, 2003; Petisco i in., 2019). Ponownie sprzęt ten został wykorzystany w pierwszej sesji eksperymentalnej do wywołania pobudzenia przed realizacją testów biegowych i testów COD. Platforma wibracyjna wykorzystana w badaniach generuje poziom drgania z możliwością wyboru dwóch różnych amplitud (2 mm i 4 mm) i częstotliwości 20-60 Hz. W czasie trwania drugiej sesji eksperymentalnej, drgania platformy zostały ustawione na 4 mm o częstotliwości 60 Hz (Król i in., 2014; Słomka, 2015).

Procedura badawcza została stworzona na podstawie dostępnego materiału w literaturze oraz badań pilotażowych. W pilotażu udział wzięło 10 uczestników, przeprowadzono w nim symulację rozgrzewki, rozgrzewki z SQ oraz z WBV. Dobór obciążenia ~85% 1RM oraz liczby serii, przerw, powtórzeń oparto na literaturze dotyczącej efektu aktywacji (PAPE/PAP), w której takie wartości wykazywały istotny wpływ na wydolność eksplozywną (Garbisu-Hualde i Santos-Concejero, 2021; Gołaś i in., 2016; Petisco i in., 2019) oraz w badaniach nad WBV (Król i in., 2014; Słomka, 2015). W pilotażu (N = 10) sprawdzono tolerancję obciążenia, czas trwania, przerwy, logistykę, a na podstawie SD różnic oszacowano $d_z = 0,50$ dla kalkulacji mocy.

Przed każdym badaniem uczestnicy zostali zaznajomieni z jego procedurą: kwestiami organizacyjnymi poszczególnych testów (kolejnością biegów badanych, przerwami odpoczynkowymi, techniką biegu, wykonania ćwiczeń itp.). Każda z sesji została poprzedzona standaryzowaną rozgrzewką opartą o FIFA 11+ (Al Attar i in., 2016; Barengo i in., 2014; Bizzini i in., 2013, 2016; Fradkin i in., 2010; Gomes Neto i in., 2017; Grooms i in., 2013; Hammami i in., 2016; Mayo i in., 2014; Nuhu i in., 2021; Owoeye i in., 2014; Rossler i in., 2019; Soligard i in., 2009; Spurrier, 2019; Steffen i in., 2013), szeroko opisaną w literaturze. FIFA 11+ często jest wykorzystywana, jako rozgrzewka jednocześnie pełniąc rolę bardzo skutecznej prewencji przed urazami. Pełny program składa się z trzech części (rycina 1),

a każda z nich składa się z 15 ćwiczeń opartych na ćwiczeniach ukierunkowanych na siłę, równowagę i koordynację wykonywanych kolejno podczas rozgrzewki (Nuhu i in., 2021). Całość przedstawia się następująco: (1) początkową część stanowiły ćwiczenia biegowe w wolnym tempie połączone z rozciąganiem dynamicznym i ćwiczeniami w kontakcie z partnerem; (2) środkowa część to sześć zestawów ćwiczeń kształtujących mięśnie tułowia i nóg z trzema poziomami trudności; (3) końcową część stanowiły: szybki bieg, wieloskoki oraz bieg z COD charakterystyczny dla piłki nożnej (Al Attar i in., 2016; Nuhu i in., 2021; Soligard i in., 2009).

Z zestawu ćwiczeń FIFA 11+ wybrane zostały ćwiczenia optymalnie przygotowujące organizm do maksymalnego wysiłku w testach biegowych, SQ ze sztangą oraz WBV na platformie. W pierwszej części rozgrzewki uczestnicy wykonywali pięć minut ćwiczeń biegowo-gimnastycznych, następnie pięć minut rozciągania dynamicznego, a w ostatniej części dwie minuty dynamicznych skoków i szybkiego biegu z COD.

W każdym z testów ocenie poddane zostały wyniki na odcinku 10 m (zarówno odcinek 0-10 m, jak i 10-20 m) oraz 20 m (podczas biegu na dystansie 40 m) po linii prostej, a także wyniki dokładnie na tych samych odcinkach w teście COD bez zadania kognitywnego 5-10-5. W teście Y z zadaniem kognitywnym ocenie poddane zostały natomiast wyniki na odcinku 5 m (zarówno odcinek 0-5 m, 5-10 m) oraz 10 m. Rzetelność wybranych testów została przeanalizowana w badaniach pilotażowych i okazała się wysoka. Na podstawie analiz własnych uzyskano wartości współczynnika zgodności wewnętrznej ($ICC_{2,1}$) odpowiednio 0,9 (95% PU [0,82; 0,95]) dla testu Y oraz 0,88 (95% PU [0,79; 0,94]) dla testu 5-10-5, co świadczy o ich dużej wiarygodności i precyzji w pomiarach.

11+

CZĘŚĆ 1 ĆWICZENIA W BIEGU - 8 MINUT

<p>1 BIEGANIE BIEG PRZODEM</p> <p>W ćwiczeniu ustawia się równoległo 6 do 10 par znaczników co 5-6 m od siebie. Dwóch zawodników w tym samym czasie biegnie truchłem od pierwszej do ostatniej pary znaczników. W miarę rozgrzania zawodników w stronę przeciwną można zwiększyć prędkość. 2 powtórzenia</p>	<p>2 BIEGANIE BIEG Z ODWODNIENIEM NOGI</p> <p>W wolnym biegu, zatrzymanie przy każdej parze znaczników i odwodnienie nogi w stawie biodrowym. Na przemian lewa i prawa noga przy kolejnych znacznikach. 2 powtórzenia</p>	<p>3 BIEGANIE BIEG Z PRZYWODNIENIEM NOGI</p> <p>W wolnym biegu, zatrzymanie przy każdej parze znaczników i przywodzenie nogi w stawie biodrowym. Na przemian lewa i prawa noga przy kolejnych znacznikach. 2 powtórzenia</p>
<p>4 BIEGANIE BIEG Z OKRĄŻANIEM PARTNERA</p> <p>Dwóch zawodników w tym samym czasie biegnie truchłem od pierwszej pary znaczników, następnie krokiem ostawo-obstawnym do środka w kierunku siebie, gdzie okrążają się wzajemnie i wznoszą do znaczników. Powtarzają czynności przy każdej parze znaczników. Uwaga! Pamiętaj, aby zawodnicy zatrzymywali się na palcach i obniżali środek ciężkości ciała podczas ugięcia w stawach biodrowych i kolanowych. 2 powtórzenia</p>	<p>5 BIEGANIE BIEG Z WYSOKIEM "BARK W BARK"</p> <p>Dwóch zawodników w tym samym czasie biegnie truchłem do pierwszej pary znaczników, następnie krokiem ostawo-obstawnym do środka w kierunku siebie, gdzie wykonują wyskok "bark w bark". Uwaga! Pamiętaj, by zawodnicy łączyli na obydwie nogi, przy równoczesnym ugięciu w stawach biodrowych i kolanowych, które nie powinny ulec od środka. 2 powtórzenia</p>	<p>6 BIEGANIE SZYBKI BIEG W PRZÓD I W TYŁ</p> <p>Dwóch zawodników w tym samym czasie porusza się szybkim biegiem do drugiej pary znaczników, następnie wraca szybkim biegiem tyłem do pierwszej pary znaczników, utrzymując cały czas środek ciężkości blisko obręczy. Powtarzają bieg w zassady dwa znaczniki do przodu i jeden do tyłu, aż do ostatniej pary znaczników. Uwaga! Pamiętaj, aby zawodnicy biegali małym i szybkim krokiem. 2 powtórzenia</p>

CZĘŚĆ 2 SIŁA - PLAJOMETRIA - RÓWNOWAGA - 10 MINUT

POZIOM 1	POZIOM 2	POZIOM 3
<p>7 MOST STATYCZNE</p> <p>pozycja wyjściowa: leżenie przodem, wspierając się na przedramionach i łopatkach. Łokcie powinny znajdować się bezpośrednio pod ramionami. Ćwiczenie: uniesienie ciała w górę ze wsparciem na przedramionach, ciało powinno być w linii prostej od głowy do stóp. Napięcie mięśni brzucha i pośladków. Wytężamy w pozycji 3 x 20-30 sek. Uwaga! Starajmy się nie wykonać podskoku.</p>	<p>7 MOST ZMIANA NÓG</p> <p>pozycja wyjściowa: leżenie przodem, wspierając się na przedramionach i łopatkach. Łokcie powinny znajdować się bezpośrednio pod ramionami. Ćwiczenie: uniesienie ciała w górę ze wsparciem na przedramionach, ciało powinno być w linii prostej od głowy do stóp. Napięcie mięśni brzucha i pośladków. Wytężamy w pozycji 3 x 20-30 sek. Uwaga! Starajmy się nie wykonać podskoku.</p>	<p>7 MOST UNIESIENIE I TRZYMANIE JEDNEJ NOGI</p> <p>pozycja wyjściowa: leżenie przodem, wspierając się na przedramionach i łopatkach. Łokcie powinny znajdować się bezpośrednio pod ramionami. Ćwiczenie: uniesienie ciała w górę ze wsparciem na przedramionach, ciało powinno być w linii prostej od głowy do stóp. Napięcie mięśni brzucha i pośladków, uniesienie jednej nogi i następnie drugiej. Wytężamy 3 x 20-30 sek. z każdą nogą. Uwaga! Starajmy się nie wykonać podskoku oraz nie poruszać w kierunku przeciwnego biodra.</p>
<p>8 MOST BOKIEM STATYCZNE</p> <p>pozycja wyjściowa: leżenie na boku, noga na której będziemy zgięta w kolanach do 90 stopni. Ćwiczenie: wsparcie górnej części ciała na przedramieniu i łopatkach. Łokcie powinny być bezpośrednio pod ramieniem, a wyprostowana noga, biodro i bark powinny być ustawione w linii prostej. Wytężamy w pozycji 3 x 20-30 sek. na każdym boku.</p>	<p>8 MOST BOKIEM PODNOSZENIE I OPUSZCZANIE BIODRA</p> <p>pozycja wyjściowa: leżenie na boku z zgiętą nogą w kolanach do 90 stopni. Ćwiczenie: uniesienie i opuszczenie biodra. Wytężamy w pozycji 3 x 20-30 sek. na każdym boku.</p>	<p>8 MOST BOKIEM Z UNIESIENIĄ NOGA</p> <p>pozycja wyjściowa: leżenie na boku z zgiętą nogą w kolanach do 90 stopni. Ćwiczenie: uniesienie i opuszczenie biodra. Wytężamy w pozycji 3 x 20-30 sek. na każdym boku.</p>
<p>9 ĆWICZENIE MIĘŚNI DWUGŁOWYCH PODSTAWOWE</p> <p>pozycja wyjściowa: leżenie na miękkim podłożu, partner przytrzymuje kostki. Ćwiczenie: ciało wyprostowane od ramion do kolan, podciągamy się w przed kontrolując ruch za pomocą mięśni dwugłowych i pośladkowych. W momencie gdy nie można już utrzymać pozycji, odkładamy przeciwny dłoń na ramię, przechodząc do pozycji "pompek". Wykonujemy minimum 3-4 powtórzenia lub 60 sek.</p>	<p>9 ĆWICZENIE MIĘŚNI DWUGŁOWYCH ŚREDNIE</p> <p>pozycja wyjściowa: leżenie na miękkim podłożu, partner przytrzymuje kostki. Ćwiczenie: ciało wyprostowane od ramion do kolan, podciągamy się w przed kontrolując ruch za pomocą mięśni dwugłowych i pośladkowych. W momencie gdy nie można już utrzymać pozycji, odkładamy przeciwny dłoń na ramię, przechodząc do pozycji "pompek". Wykonujemy minimum 3-4 powtórzenia lub 60 sek.</p>	<p>9 ĆWICZENIE MIĘŚNI DWUGŁOWYCH ZAAWANSOWANE</p> <p>pozycja wyjściowa: leżenie na miękkim podłożu, partner przytrzymuje kostki. Ćwiczenie: ciało wyprostowane od ramion do kolan, podciągamy się w przed kontrolując ruch za pomocą mięśni dwugłowych i pośladkowych. W momencie gdy nie można już utrzymać pozycji, odkładamy przeciwny dłoń na ramię, przechodząc do pozycji "pompek". Wykonujemy minimum 3-4 powtórzenia lub 60 sek.</p>
<p>10 STANIE JEDNONOŻ Z TRZYMANIEM PIŁKI</p> <p>pozycja wyjściowa: stanie jednonoż, Ćwiczenie: utrzymanie równowagi na jednej nodze, trzymając piłkę oburącz przed sobą (w wersji trudniejszej można przekładać piłkę w obie dłonie lub pod uniesionym kolaniem). Ciepła dłoń utrzymujemy na łożysku, na każdej nodze 2 x 30 sek. Uwaga! Pamiętajmy, aby kolana "nie uciekały" do środka.</p>	<p>10 STANIE JEDNONOŻ PODAJĄC PIŁKĘ RĘKAMI Z PARTNEREM</p> <p>pozycja wyjściowa: stanie jednonoż w parze 2-3m od siebie. Ćwiczenie: utrzymanie równowagi na jednej nodze, podając piłkę oburącz między sobą. Ciepła dłoń utrzymujemy na łożysku, na każdej nodze 2 x 30 sek. Uwaga! Pamiętajmy, aby kolana "nie uciekały" do środka.</p>	<p>10 STANIE JEDNONOŻ WYTRĄCANIE PARTNERA</p> <p>pozycja wyjściowa: stanie jednonoż naprzeciwko partnera na odległość wyciągającej ręki od siebie. Ćwiczenie: utrzymanie równowagi na jednej nodze z równoczesną próbą wytrącenia partnera z równowagi. Ciepła dłoń utrzymujemy na łożysku. Uwaga! Pamiętajmy, aby kolana "nie uciekały" do środka.</p>
<p>11 PRZYSIADY WSPĘCIE NA PALCACH</p> <p>pozycja wyjściowa: stanie w rozkroku z rękami na biodrach. Ćwiczenie: wykonujemy wolny przysiad, z ugięciem w stawach biodrowych i kolanowych do 90 stopni, następnie szybki wyskok. Gdy nogi są wyprostowane, wspierając się na palcach, a następnie zaczepiwszy opadając w dół. Ćwiczenie: 2 x 30 sek.</p>	<p>11 PRZYSIADY MARSZ WYPADAMI</p> <p>pozycja wyjściowa: stanie w rozkroku z rękami na biodrach. Ćwiczenie: wykonujemy wyskok z ugięciem w stawach biodrowych i kolanowych do 90 stopni. Górna część ciała i biodra nieruchomo. Wykonujemy 2 serie po 10 razy na każdą nogę, powoli truchłem.</p>	<p>11 PRZYSIADY PRZYSIADY JEDNONOŻ</p> <p>pozycja wyjściowa: stanie jednonoż. Ćwiczenie: jak wspierając się na partnerze, wykonujemy wolny przysiad na jednej nodze, z ugięciem w stawach biodrowych i kolanowych do maksimum możliwości. Następnie szybki wyskok i wspieranie na palcach. Ćwiczenie: 2 x 10 powtórzeń na każdą nogę. Uwaga! Pamiętajmy, aby kolana "nie uciekały" do środka.</p>
<p>12 SKOKI SKOKI PIONOWE</p> <p>pozycja wyjściowa: stanie w rozkroku z rękami na biodrach. Ćwiczenie: wykonujemy wolny przysiad, z ugięciem w stawach biodrowych i kolanowych do 90 stopni, następnie szybki wyskok. Gdy nogi są wyprostowane, wspierając się na palcach, a następnie zaczepiwszy opadając w dół. Ćwiczenie: 2 x 30 sek.</p>	<p>12 SKOKI SKOKI BOCZNE</p> <p>pozycja wyjściowa: stanie na jednej nodze z górną częścią ciała blisko podłoża do przodu, obrócić dłońmi do tyłu. Ćwiczenie: skok ok. 1m w bok od nogi podporowej na przeciwległe łożysko. Uwaga! Pamiętajmy, aby kolana "nie uciekały" do środka.</p>	<p>12 SKOKI SKOKI PO "KRZYŻU"</p> <p>pozycja wyjściowa: stanie w rozkroku z rękami na biodrach. Ćwiczenie: wykonujemy wolny przysiad, z ugięciem w stawach biodrowych i kolanowych do 90 stopni, następnie szybki wyskok. Gdy nogi są wyprostowane, wspierając się na palcach, a następnie zaczepiwszy opadając w dół. Ćwiczenie: 2 x 30 sek.</p>

CZĘŚĆ 3 ĆWICZENIA W BIEGU - 2 MINUTY

<p>13 SZYBKI BIEG NA SZEROKOŚĆ BOISKA</p> <p>Bieg na 75-80% maksymalnego tempa na dystansie ok. 40 m, powrót truchłem. 2 powtórzenia</p>	<p>14 BIEG WIEŁOSKOKI</p> <p>Wieloskok z wysokim uniesieniem kolana (ładowanie na łożysku) na dystansie ok. 20 m, powrót truchłem. Rękami wykonujemy wymachy naszerzoniętymi do tyłu. 2 powtórzenia. Uwaga! Pamiętajmy, aby kolana "nie uciekały" do środka oraz noga prowadząca nie przekazywała osi ciała.</p>	<p>15 BIEG ZE ZMIANĄ KIERUNKU</p> <p>Bieg na dystansie ok. 40 m, 5-7 kroków przyspieszenia po skosie z dużą prędkością (80-90% maksymalnego tempa), zatrzymanie jednonoż na nodze zewnętrznej, zmiana kierunku i powrót truchłem. 2 powtórzenia. Uwaga! Pamiętajmy, aby kolana "nie uciekały" do środka.</p>
---	--	--



PRAWIDŁOWE USTAWIENIE KOLAN



NIEPRAWIDŁOWE USTAWIENIE KOLAN

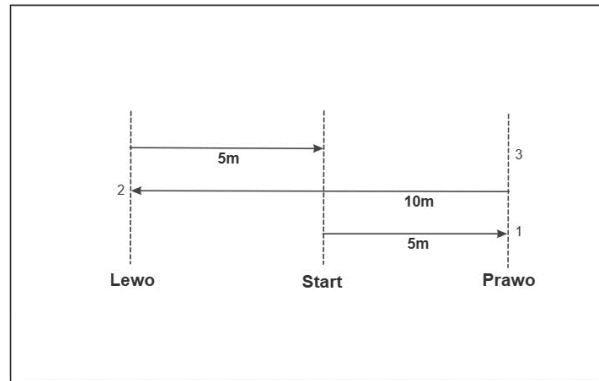
Rycina 1. Struktura rozgrzewki FIFA 11+ [Rozgrzewka FIFA 11 - zapobieganie kontuzjom w piłce nożnej - BadzZdrowy.pl - żyj zdrowo](#) (Makuch i in., 2022; Soligard i in., 2009).

Sesja wyjściowa (Baseline)

W pierwszej sesji pomiarowej (Baseline) celem było uzyskanie wyników wyjściowych, względem których oceniano efekty zastosowanych interwencji w kolejnych sesjach eksperymentalnych. Sesja ta pełniła również funkcję familiaryzacyjną, umożliwiając badanym zapoznanie się z procedurą badawczą. Po etapie rozgrzewki nastąpiła właściwa procedura badawcza składająca się z trzech części:

- dwukrotnego biegu na dystansie 40 m w linii prostej. Na dystansie tym zostały ustawione fotokomórki na 10 m (zarówno odcinek 0-10 m, jak i 10-20 m) i 20 m. Takie rozstawienie fotokomórek umożliwiło późniejsze obliczenie CODD pomiędzy odcinkiem biegu na tym samym dystansie po linii prostej oraz podczas biegu z COD (rzetelność testu dla dwóch pomiarów wynosi $ICC_{2,1} = 0,9$; 95% PU [0,88; 1]);
- dwukrotnego testu COD 5-10-5 bez zadania kognitywnego, pomiar czasu przeprowadzony był podczas wykonania testu na dystansie 10 m (ponownie odcinek 0-10 m, jak i 10-20 m) oraz 20 m (rzetelność testu dla dwóch pomiarów wynosi $ICC_{2,1} = 0,92$; 95% PU [0,85; 0,96]);
- czterokrotnego testu COD z zadaniem kognitywnym w teście Y, pomiar czasu wykonano na odcinku 5 m (odcinek 0-5 m, jak i 5-10 m) oraz 10 m (rzetelność testu wynosi $ICC_{2,1} = 0,85$; 95% PU [0,75; 0,91]).

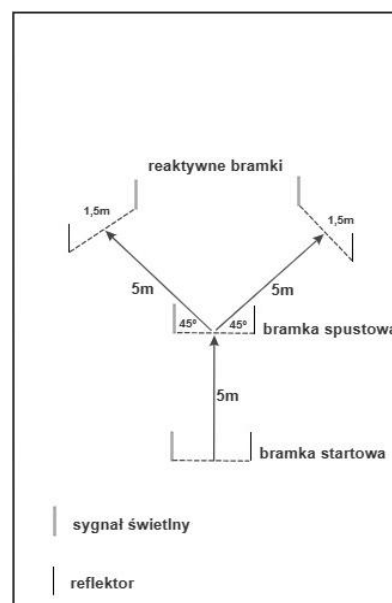
Test 5-10-5 rozpoczynał się z linią startu pomiędzy stopami (pozycja rozkroczna, niska), zastosowano tutaj metodę startu „*in bin start*” (badany stoi nieruchomo i rozpoczyna bieg w momencie zaświecenia się bramki). W próbie każdorazowo wykonywano dwie próby COD bez zadania kognitywnego. Na początku badany dotykał linię startu dłonią odpowiednią do kierunku, w którym rozpoczynał bieg (prawa ręka dotyka linii, rozpoczyna bieg w prawo, dotyka końcowej linii prawą ręką i stopą prawej nogi, bieg do drugiej końcowej linii, którą dotyka lewą ręką i stopą lewej nogi, po czym kończy bieg w miejscu jego rozpoczęcia). Podczas dwukrotnego wykonania testu każdorazowo badany przy pierwszej próbie COD dotyka linii nogą dominującą (oraz ręką po tej samej stronie ciała), a przy drugiej próbie COD nogą niedominującą (analogicznie ręką po tej samej stronie ciała). Dokładny schemat przebiegu testu został przedstawiony na rycinie 2.



Rycina 2. Schemat przebiegu testu 5-10-5.

Test Y polegał na przebiegnięciu pierwszego odcinka o długości 5 m, po którym zaświecała się jedna z dwóch bramek (jeden z wierzchołków litery Y), przez którą następnie przebiegał badany. Rozpoczęcie biegu na odcinku 40 m oraz testu Y odbywało się z pozycji stojąc około 10 cm od bramki pomiarowej, której to przebiegnięcie rozpoczynało test. Schemat przebiegu testu Y przedstawiono na rycinie 3. Wszystkie powtórzenia poszczególnych testów zostały wykonane z odpowiednią przerwą wypoczynkową pomiędzy nimi w stosunku pracy do wypoczynku 1:20 (Bompa i in., 2013), aby wyeliminować skutki kumulacji zmęczenia spowodowanego wcześniejszym wykonaniem testu i w konsekwencji zaburzeniem wiarygodności prób. W testach biegowych wykorzystano element randomizacji.

Wyniki uzyskane podczas sesji wyjściowej stanowiły punkt odniesienia (Baseline) dla oceny efektów interwencji w postaci SQ z obciążeniem oraz WBV w kolejnych sesjach eksperymentalnych.



Rycina 3. Schemat przebiegu testu Y.

Sesja eksperymentalna 1 – SQ z obciążeniem (W)

W pierwszej sesji eksperymentalnej przeprowadzono tę samą rozgrzewkę FIFA 11+, co w sesji wyjściowej. Po niej zrealizowano dodatkowe pobudzenie w postaci SQ z obciążeniem. Uczestnicy przed każdym testem biegowym wykonywali dwie serie SQ po 2-3 powtórzenia z indywidualnie wyznaczonym ciężarem o wartości 85% 1RM (Garbisu-Hualde i Santos-Concejero, 2021; Gołaś i in., 2016; Petisco i in., 2019) z przerwą półtora minuty pomiędzy seriami (Gołaś i in., 2016) i przerwą siedmiu minut po drugiej serii ćwiczeń (Garbisu-Hualde i Santos-Concejero, 2021), po której wykonywali testy biegowe. Wybór protokołu SQ obejmującego dwie serie po trzy powtórzenia (~85% 1RM) został podjęty w celu dostarczenia wyraźnego bodźca aktywacyjnego typowego dla przygotowania motorycznego w warunkach sportu zespołowego. Przerwa po interwencji wynosiła siedem minut, co zgodnie z literaturą stanowi dostateczny czas wstępny do ograniczenia wpływu zmęczenia i umożliwienia wystąpienia efektu aktywacji (PAP/PAPE).

Podczas badania zostały ustawione dwa stanowiska ze sztangą i obciążeniami, co ze względu na indywidualizację obciążeń u badanych pozwalało na lepszą organizację testów oraz zachowanie odpowiednio zaplanowanych przerw. Każdy uczestnik po rozgrzewce przez wykonanie SQ z obciążeniem wykonywał czterokrotnie formę tego dodatkowego pobudzenia (przed każdym z testów oraz przed trzecią próbą testu Y) zachowując odpowiednie obciążenia oraz przerwy wypoczynkowe pomiędzy seriami oraz biegami.

Sesja eksperymentalna 2 – wibracje całego ciała (V)

W drugiej sesji eksperymentalnej ponownie zastosowano tę samą procedurę rozgrzewki FIFA 11+, co w dwóch poprzednich sesjach pomiarowych. Podczas tej interwencji badani poddawani byli wysiłkowi statycznemu o charakterze skurczu izometrycznego wywołanego ćwiczeniem na platformie wibracyjnej. Parametry wibracji zostały ustawione na częstotliwość 60 Hz i amplitudę 4 mm. W eksperymencie zrealizowano dwie serie wibracji z przerwą 30 s pomiędzy nimi, a czas trwania pojedynczej wibracji wynosił 60 s zgodnie z długością aplikowanych treningów opisanych w literaturze (Król i in., 2014; Słomka, 2015). Czas przerwy po drugiej serii ćwiczeń przez testami biegowymi każdorazowo również wynosił siedem minut (Garbisu-Hualde i Santos-Concejero, 2021).

Trening wibracyjny wykonywany był w pozycji z półprzysiadu (Z. Chen i in., 2017; Cochrane i in., 2009; Pojskic i in., 2015), a jego celem również było wywołanie dodatkowego pobudzenia przed realizacją testów (Z. Chen i in., 2017; Cochrane i in., 2009). Kąt zgięcia kolana w statycznej pozycji półprzysiadu wynosił około 100° ze stopami ustawionymi nieco szerzej niż szerokość barków oraz piętami podniesionymi ponad podłoże (Pojskic i in., 2015).

Schemat eksperymentu

Schemat eksperymentu z powtarzanymi pomiarami przedstawiał się następująco: wszyscy uczestnicy ($N = 26$) wykonali trzy sesje pomiarowe w odstępach siedmiodniowych. W pierwszej sesji (Baseline) badani wykonali testy po standardowej rozgrzewce bez dodatkowej interwencji. W drugiej sesji (W) testy poprzedzono SQ z obciążeniem 85% 1RM, natomiast w trzeciej sesji (V) zastosowano WBV. Taki układ sesji eksperymentalnych umożliwił porównanie efektów obu interwencji zarówno względem pomiaru wyjściowego (Baseline), jak i między sobą (W vs V) z wykorzystaniem analizy wariancji z powtarzanymi pomiarami.

3.3. Procedury obliczeniowe i metody statystyczne

Wszystkie obliczenia zostały wykonane w programie JASP (wersja 0.18). Przeprowadzono analizę statystyczną na danych zebranych w opisany sposób. Początkowo skupiono się na statystyce opisowej, by zrozumieć podstawowe charakterystyki danych (aneks).

W celu zbadania wpływu rodzaju interwencji na wyniki testów COD zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji z powtarzanymi pomiarami (repeated measures ANOVA). Model ten umożliwi porównanie wyników uzyskanych w trzech warunkach eksperymentalnych: pomiarze wyjściowym (Baseline), po SQ z obciążeniem (W) oraz po WBV (V), z uwzględnieniem wewnątrzsobniczej zmienności wyników.

Przed przystąpieniem do analizy ANOVA zweryfikowano założenie o sferyczności macierzy kowariancji za pomocą testu Mauchly'ego. W przypadku stwierdzenia istotnego naruszenia tego założenia ($p < 0,05$) zastosowano korektę Greenhouse-Geissera, która dostosowuje stopnie swobody w celu uzyskania bardziej konserwatywnych wartości p .

Jako miarę wielkości efektu dla analizy ANOVA obliczono cząstkowy współczynnik eta kwadrat (η^2), który informuje o proporcji wariancji zmiennej zależnej wyjaśnionej przez czynnik eksperymentalny. Zgodnie z wytycznymi Cohena (1988), wartości η^2 interpretowano następująco: 0,01 – mały efekt, 0,06 – średni efekt, 0,14 – duży efekt.

W przypadku stwierdzenia istotnego efektu głównego interwencji przeprowadzono porównania post-hoc między poszczególnymi parami warunków eksperymentalnych. Zastosowano korektę Bonferroniego dla wielokrotnych porównań, która kontroluje ryzyko popełnienia błędu I rodzaju przy jednoczesnym testowaniu wielu hipotez.

Dla porównań parowych obliczono wielkość efektu w postaci współczynnika d Cohena, który wyraża różnicę między średnimi w jednostkach odchylenia standardowego. Wartości d Cohena interpretowano zgodnie z powszechnie przyjętymi kryteriami: $|d| < 0,2$ – efekt

pomijalny, $0,2 \leq |d| < 0,5$ – mały efekt, $0,5 \leq |d| < 0,8$ – średni efekt, $|d| \geq 0,8$ – duży efekt (Cohen, 1988).

Analizę przeprowadzono oddzielnie dla wyników czasowych testów COD (zmienne: 10m_1, 10m_2, 20m dla testu 5-10-5 oraz Y_5m_1, Y_5m_2, Y_10m dla testu Y) oraz dla CODD (zmienne: 10m_1_def, 10m_2_def, 20m_def dla testu 5-10-5 oraz Y_10m_def dla testu Y). CODD obliczono jako różnicę między czasem wykonania testu COD, a czasem sprintu liniowego na odpowiadającym dystansie.

W celu zbadania związku pomiędzy wynikami pierwszej części testu Y (0–5 m), a wynikami drugiej części (5–10 m) przeprowadzono analizę korelacji. Po wstępnej weryfikacji rozkładów zmiennych za pomocą testu Shapiro-Wilka zastosowano odpowiednio współczynnik korelacji liniowej Pearsona lub korelacji rang Spearmana. Wybór właściwego testu statystycznego uzależniony był od spełnienia założenia o normalności rozkładu badanych zmiennych.

W przypadku stwierdzenia zgodności rozkładów zmiennych z rozkładem normalnym obliczono parametryczny współczynnik korelacji Pearsona, który umożliwia ocenę siły i kierunku liniowej zależności między zmiennymi. Współczynnik ten przyjmuje wartości z przedziału $[-1, 1]$, gdzie wartość bezwzględna bliższa 1 świadczy o silniejszej korelacji.

Jeżeli natomiast rozkłady zmiennych odbiegały istotnie od normalnego, do oszacowania zależności rangowej wykorzystano nieparametryczny współczynnik korelacji Spearmana. Test ten, oparty na rangach, jest bardziej odporny na odstępstwa od założeń klasycznych testów parametrycznych.

W celu pełniejszej oceny siły analizowanej zależności, oprócz wartości współczynnika korelacji, wyznaczono również współczynnik determinacji (r^2). Współczynnik ten stanowi kwadrat współczynnika korelacji i w odniesieniu do zależności liniowej może być interpretowany jako część zmienności jednej zmiennej, która pozostaje związana ze zmiennością drugiej zmiennej. Wartości r^2 zawierają się w przedziale od 0 do 1, przy czym wartość 0 oznacza brak zależności liniowej, natomiast wartość 1 wskazuje na pełne dopasowanie modelu liniowego. Należy jednak zaznaczyć, że współczynnik determinacji nie określa kierunku zależności, a jego niska wartość nie wyklucza występowania relacji nieliniowej między analizowanymi zmiennymi. W interpretacji wielkości efektu przyjęto pomocniczo, że wartości r^2 wynoszące około 0,01 oznaczają efekt mały, około 0,09 efekt umiarkowany, natomiast około 0,25 efekt duży.

Analizę korelacji przeprowadzono oddzielnie dla każdego z trzech warunków eksperymentalnych (Baseline, W, V), co umożliwiło ocenę, czy zastosowane interwencje modyfikują strukturę zależności między fazami testu Y.

We wszystkich analizach przyjęto poziom istotności $\alpha = 0,05$. Przeprowadzając opisane analizy, zapewniono, że wybór odpowiednich metod statystycznych był dostosowany do charakterystyki danych oraz układu eksperymentalnego z powtarzanymi pomiarami, co zwiększa wiarygodność i dokładność uzyskanych wyników. Interpretacja wielkości efektu umożliwiła dodatkowe zrozumienie znaczenia praktycznego uzyskanych różnic, co jest istotne dla oceny realnego wpływu badanych interwencji.

4. Wyniki badań

Zebrane dane z urządzenia pomiarowego pozwoliły odpowiedzieć na postawione pytania badawcze, a tym samym poddać weryfikacji założone hipotezy badawcze. Wyniki badań przedstawiono w kolejności zgodnej z prezentowanymi hipotezami.

4.1. Wpływ przysiadów z obciążeniem i wibracji całego ciała na wynik testu zmiany kierunku biegu bez zadania kognitywnego

W celu określenia wpływu rodzaju interwencji (Baseline, SQ z obciążeniem – W, WBV – V) na wyniki testu COD 5-10-5 bez dodatkowego zadania kognitywnego przeprowadzono serię analiz wariancji z powtarzanimi pomiarami (repeated measures ANOVA). Analizie poddano zmienne czasowe: czas pierwszego odcinka 10 m (10m_1), czas drugiego odcinka 10 m (10m_2) oraz łączny czas testu 20 m (20m).

Wyniki analizy wariancji przedstawiono w tabeli 2. Analiza nie wykazała istotnego głównego efektu interwencji dla żadnej z badanych zmiennych testu 5-10-5. Dla pierwszego odcinka 10 m (10m_1) uzyskano $F_{(2,50)} = 2,623$ ($p = 0,083$; $\eta^2 = 0,095$), dla drugiego odcinka (10m_2) $F_{(2,50)} = 0,020$ ($p = 0,981$; $\eta^2 = 0,001$), a dla łącznego czasu 20 m $F_{(2,50)} = 1,369$ ($p = 0,264$; $\eta^2 = 0,052$). Założenie sferyczności zostało spełnione dla wszystkich zmiennych.

Tabela 2. Wyniki analizy wariancji z powtarzanimi pomiarami dla testu 5-10-5 bez zadania kognitywnego ($N = 26$)

Zmienna	SS	df	MS	F	p	η^2	Sferyczność
10m_1	0,032	2	0,016	2,623	0,083	0,095	OK
10m_2	0,000	2	0,000	0,020	0,981	0,001	OK
20m	0,034	2	0,017	1,369	0,264	0,052	OK

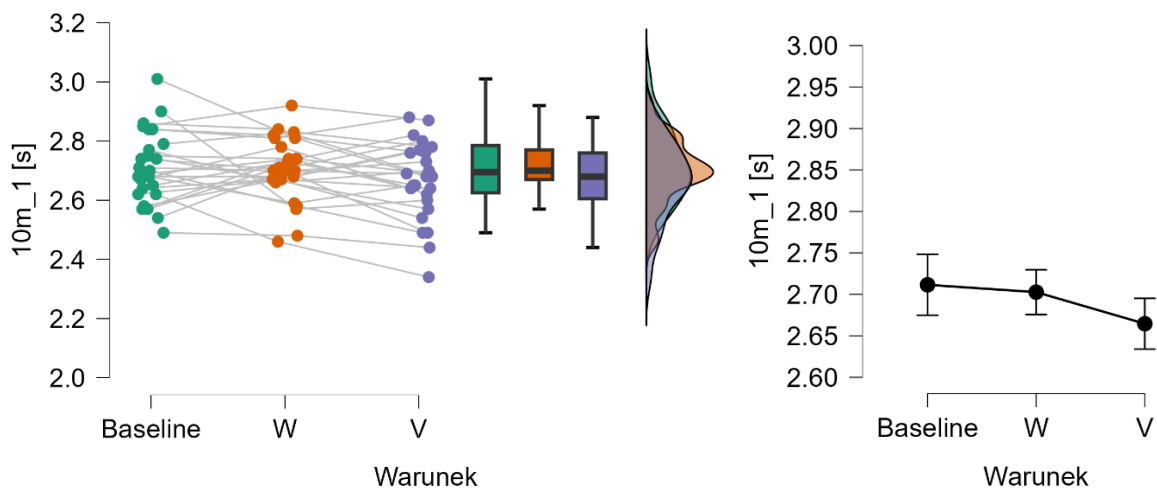
Adnotacja: SS – suma kwadratów; MS – średni kwadrat

Statystyki opisowe dla poszczególnych warunków eksperymentalnych przedstawiono w tabeli 3. Obserwuje się niewielki spadek średnich czasów w warunkach W i V w porównaniu z Baseline. Graficzną ilustrację rozkładu wyników przedstawiono na rycinach 4–6.

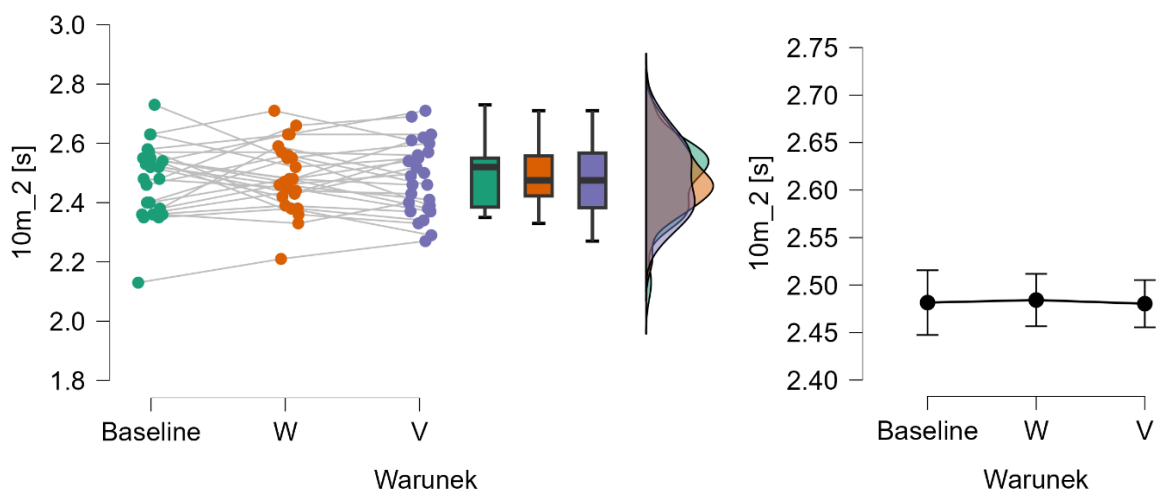
Tabela 3. Statystyki opisowe dla testu 5-10-5 bez zadania kognitywnego ($N = 26$)

Zmienna	Baseline (M ± SD)	W (M ± SD)	V (M ± SD)
10m_1 [s]	2,712 ± 0,123	2,703 ± 0,108	2,665 ± 0,131
10m_2 [s]	2,482 ± 0,124	2,484 ± 0,112	2,480 ± 0,122
20m [s]	5,192 ± 0,220	5,187 ± 0,194	5,146 ± 0,234

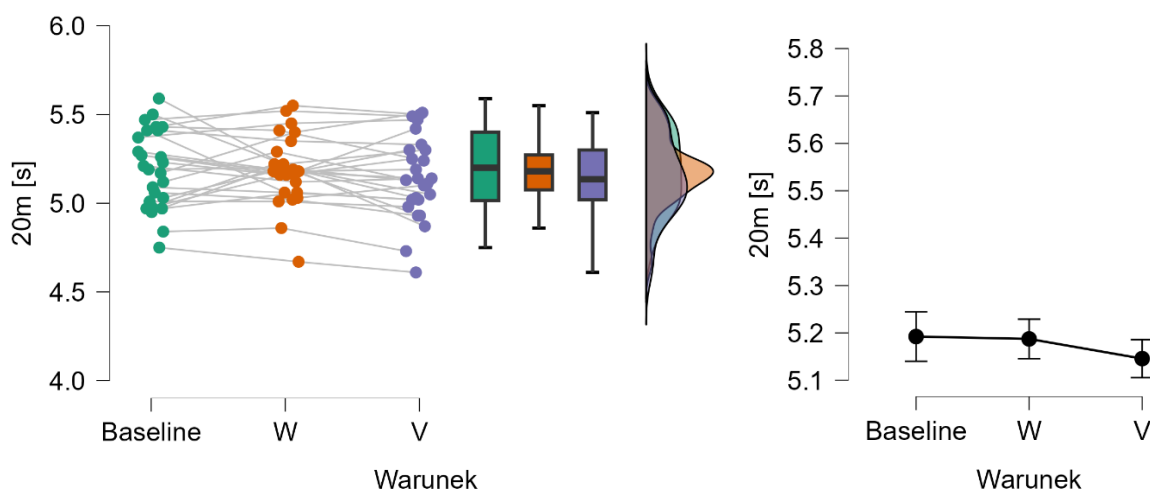
Adnotacja: M – średnia; SD – odchylenie standardowe



Rycina 4. Rozkład indywidualnych wyników dla zmiennej $10m_1$ w teście 5-10-5 oraz średnie wartości i 95% przedziały ufności.



Rycina 5. Rozkład indywidualnych wyników dla zmiennej $10m_2$ w teście 5-10-5 oraz średnie wartości i 95% przedziały ufności.



Rycina 6. Rozkład indywidualnych wyników dla zmiennej 20m w teście 5-10-5 oraz średnie wartości i 95% przedziały ufności.

Wyniki porównań post-hoc z 95% przedziałami ufności przedstawiono w tabeli 4. Przedziały ufności pozwalają ocenić zarówno istotność statystyczną (gdy CI nie zawiera zera), jak i precyzję oszacowania różnic między warunkami.

Tabela 4. Porównania post-hoc z 95% przedziałami ufności dla testu 5-10-5 ($N = 26$)

Porównanie	ΔM [s]	95% CI	p (Bonf.)	d
10m_1: Baseline vs W	0,009	[-0,037; 0,055]	1,000	0,08
10m_1: Baseline vs V	0,047	[-0,004; 0,098]	0,203	0,37
10m_1: W vs V	0,038	[0,002; 0,074]*	0,123	0,42
10m_2: Baseline vs W	-0,003	[-0,049; 0,044]	1,000	-0,02
10m_2: Baseline vs V	0,001	[-0,042; 0,044]	1,000	0,01
10m_2: W vs V	0,004	[-0,029; 0,036]	1,000	0,05
20m: Baseline vs W	0,005	[-0,065; 0,075]	1,000	0,03
20m: Baseline vs V	0,047	[-0,021; 0,115]	0,512	0,28
20m: W vs V	0,042	[-0,010; 0,093]	0,326	0,33

Adnotacja: ΔM – różnica średnich; CI – przedział ufności; d – d Cohena; * CI nie zawiera zera (istotne przy $\alpha = 0,05$ bez korekty)

Analiza przedziałów ufności dla porównania W vs V ujawniła, że dla zmiennej 10m_1 95% CI [0,002; 0,074] nie zawiera zera, co wskazuje na istotną różnicę między ćwiczeniami aktywacyjnymi przy poziomie $\alpha = 0,05$ (bez korekty na porównania wielokrotne). Wynik ten sugeruje nieznaczną przewagę V nad W w skracaniu czasu pierwszego odcinka testu. Jednakże różnica ta ($\Delta M = 0,038$ s) jest bardzo mała i może nie mieć znaczenia praktycznego. Dla pozostałych zmiennych przedziały ufności dla porównań W vs V zawierają zero, wskazując na brak istotnych różnic między ćwiczeniami aktywacyjnymi.

Dodatkowo przeprowadzono analizę wpływu interwencji na CODD w teście 5-10-5, obliczony jako różnica między czasem wykonania testu COD a czasem wykonania sprintu liniowego na tym samym dystansie. Wyniki analizy wariancji przedstawiono w tabeli 5. W przeciwieństwie do analizy czasu wykonania testu, analiza CODD wykazała istotny główny efekt interwencji dla wszystkich trzech zmiennych.

Tabela 5. Wyniki analizy wariancji dla CODD w teście 5-10-5 ($N = 26$)

Zmienna	SS	df	MS	F	p	η^2	Sferyczność
10m_1_def	0,121	2	0,060	7,916	,001**	0,240	OK
10m_2_def	0,037	2	0,018	3,381	,042*	0,119	OK
20m_def	0,285	2	0,143	9,440	< ,001***	0,274	OK

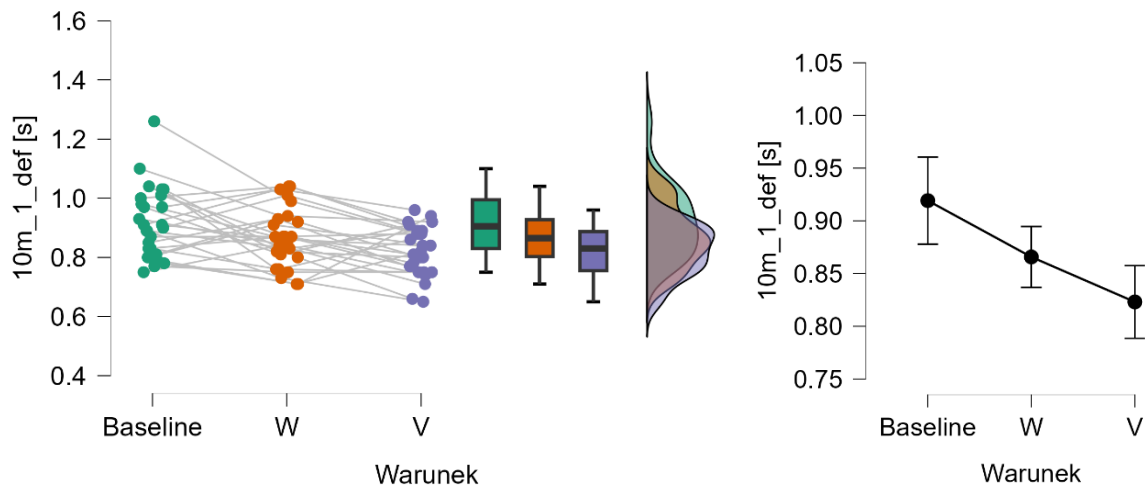
Adnotacja: * $p < ,05$; ** $p < ,01$; *** $p < ,001$; CODD = czas testu COD – czas sprintu liniowego na tym samym dystansie

Statystyki opisowe dla CODD (tabela 6) wskazują na wyraźny trend spadkowy od Baseline przez W do V. Graficzną ilustrację przedstawiono na rycinach 7–9.

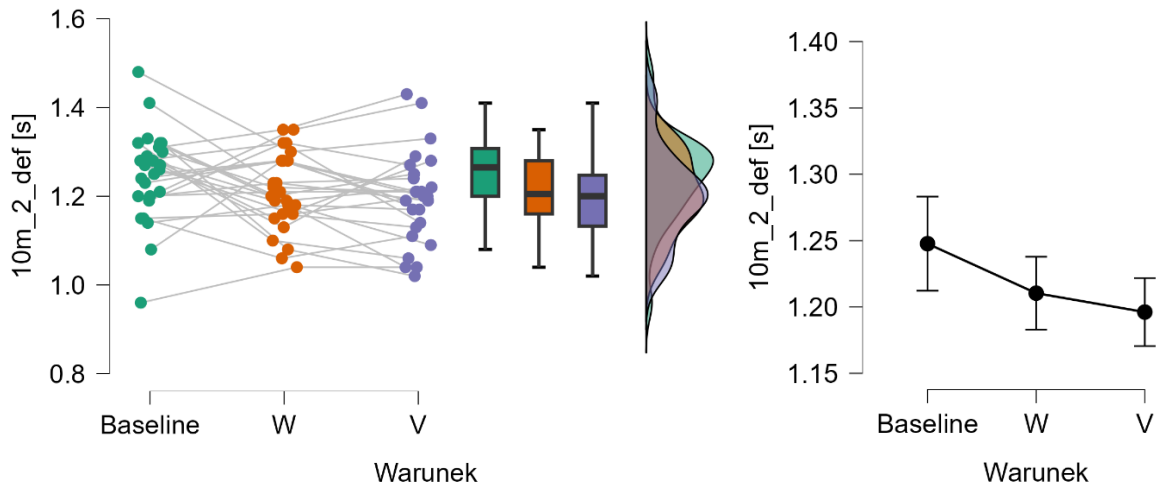
Tabela 6. Statystyki opisowe dla CODD w teście 5-10-5 ($N = 26$)

Zmienna	Baseline (M \pm SD)	W (M \pm SD)	V (M \pm SD)
10m_1_def [s]	0,919 \pm 0,118	0,866 \pm 0,101	0,823 \pm 0,084
10m_2_def [s]	1,248 \pm 0,103	1,210 \pm 0,087	1,196 \pm 0,104
20m_def [s]	2,167 \pm 0,189	2,077 \pm 0,142	2,020 \pm 0,155

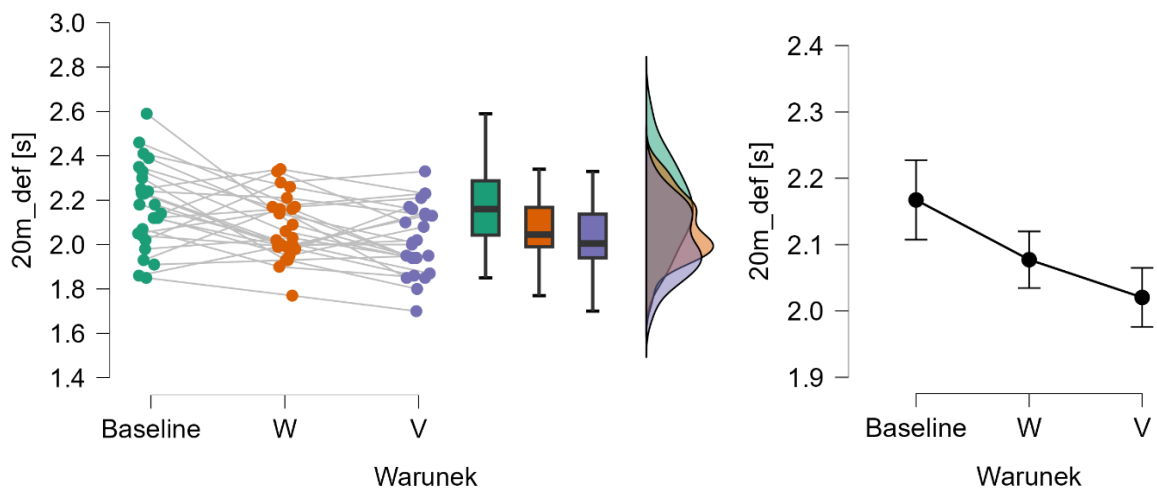
Adnotacja: CODD = czas testu COD – czas sprintu liniowego na danym dystansie



Rycina 7. Rozkład indywidualnych wyników dla CODD 10m_1_def oraz średnie wartości i 95% przedziały ufności.



Rycina 8. Rozkład indywidualnych wyników dla CODD 10m_2_def oraz średnie wartości i 95% przedziały ufności.



Rycina 9. Rozkład indywidualnych wyników dla CODD 20m_def oraz średnie wartości i 95% przedziały ufności.

Wyniki porównań post-hoc z przedziałami ufności (tabela 7) dostarczają kluczowych informacji o skuteczności obu interwencji oraz o różnicach między nimi.

Tabela 7. Porównania post-hoc z 95% przedziałami ufności dla CODD w teście 5-10-5 ($N = 26$)

Porównanie	ΔM [s]	95% CI	p (Bonf.)	d
10m_1_def: Baseline vs W	0,053	[0,002; 0,104]*	0,122	0,42
10m_1_def: Baseline vs V	0,096	[0,039; 0,154]*	0,006**	0,68
10m_1_def: W vs V	0,043	[0,003; 0,082]*	0,106	0,44
10m_2_def: Baseline vs W	0,037	[-0,010; 0,085]	0,352	0,32
10m_2_def: Baseline vs V	0,052	[0,006; 0,097]*	0,082	0,46
10m_2_def: W vs V	0,014	[-0,018; 0,047]	1,000	0,18
20m_def: Baseline vs W	0,090	[0,013; 0,167]*	0,070	0,47
20m_def: Baseline vs V	0,147	[0,068; 0,226]*	0,002**	0,75
20m_def: W vs V	0,057	[0,005; 0,109]*	0,099	0,44

Adnotacja: * CI nie zawiera zera (istotne przy $\alpha = 0,05$); d – d Cohena; ** $p < ,01$ po korekcie Bonferroniego

Kluczowe obserwacje dotyczące porównania ćwiczeń aktywacyjnych W vs V:

Analiza przedziałów ufności dla porównań między ćwiczeniami aktywacyjnymi (W vs V) ujawniła istotne różnice dla dwóch z trzech zmiennych CODD. Dla 10m_1_def 95% CI [0,003; 0,082] oraz dla 20m_def 95% CI [0,005; 0,109] nie zawierają zera, co wskazuje, że V skuteczniej redukuje CODD, niż W. Różnice te wynoszą odpowiednio 0,043 s i 0,057 s, przy umiarkowanych wielkościach efektu ($d \approx 0,44$). Wyniki te sugerują przewagę V nad W w kontekście CODD w teście 5-10-5.

Podsumowanie wyników dla testu 5-10-5. W odniesieniu do pytania badawczego P1 (wpływ na czas wykonania testu), nie stwierdzono istotnego efektu interwencji – hipoteza H1 nie została potwierdzona. W odniesieniu do wpływu na CODD, obie interwencje skutecznie redukują wspomniany CODD w porównaniu z Baseline. W kontekście różnic między zastosowanymi ćwiczeniami aktywacyjnymi analiza przedziałów ufności wskazuje na umiarkowaną **przewagę V nad W** w CODD dla zmiennych 10m_1_def i 20m_def.

4.2. Wpływ przysiadów z obciążeniem i wibracji całego ciała na wynik testu zmiany kierunku biegu z zadaniem kognitywnym

Drugą część analizy poświęcono ocenie wpływu interwencji na wyniki testu Y (test COD z zadaniem kognitywnym). Analizowano zmienne: czas pierwszego odcinka 5 m (Y_5m_1), czas drugiego odcinka 5 m (Y_5m_2), łączny czas testu 10 m (Y_10m) oraz CODD (Y_10m_def), obliczony jako różnica między czasem wykonania testu Y, a czasem sprintu liniowego na dystansie 10 m.

Wyniki analizy wariancji (tabela 8) wykazały istotny efekt interwencji dla trzech z czterech zmiennych: Y_5m_1 ($p = 0,019$), Y_10m ($p = 0,011$) oraz Y_10m_def ($p < 0,001$).

Tabela 8. Wyniki analizy wariancji dla testu Y z zadaniem kognitywnym ($N = 26$)

Zmienna	SS	df	MS	F	p	η^2	Sferyczność
Y_5m_1	0,022	2	0,011	4,296	,019*	0,147	OK
Y_5m_2	0,055	2	0,027	2,564	,087	0,093	OK
Y_10m	0,141	2	0,071	4,893	,011*	0,164	OK
Y_10m_def	0,335	2	0,167	9,547	< ,001***	0,276	$p = ,005^a$

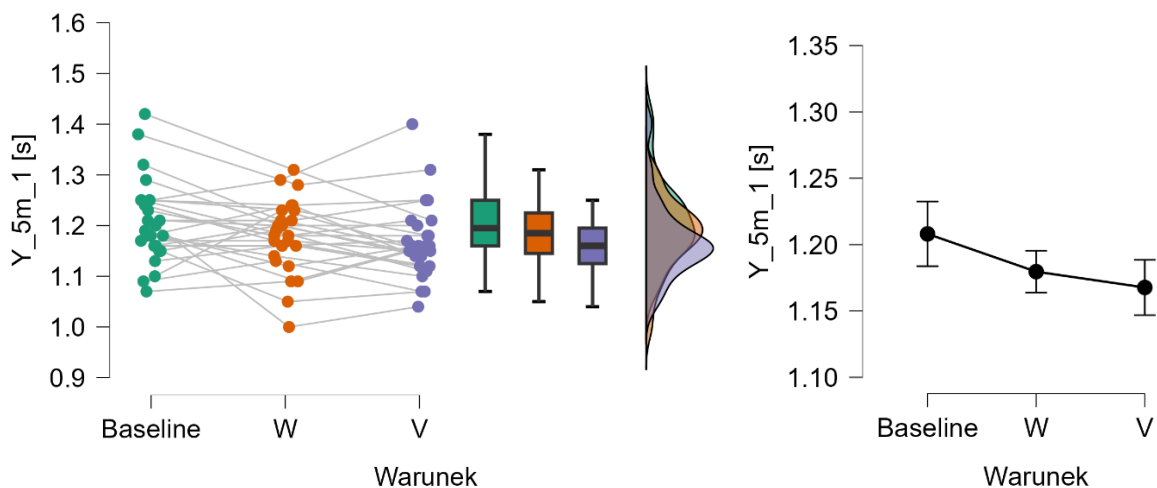
Adnotacja: * $p < ,05$; *** $p < ,001$; ^a zastosowano korektę Greenhouse-Geissera

Statystyki opisowe (tabela 9) wskazują na redukcję czasów COD i CODD w warunkach interwencji. Graficzną ilustrację przedstawiono na rycinach 10–13.

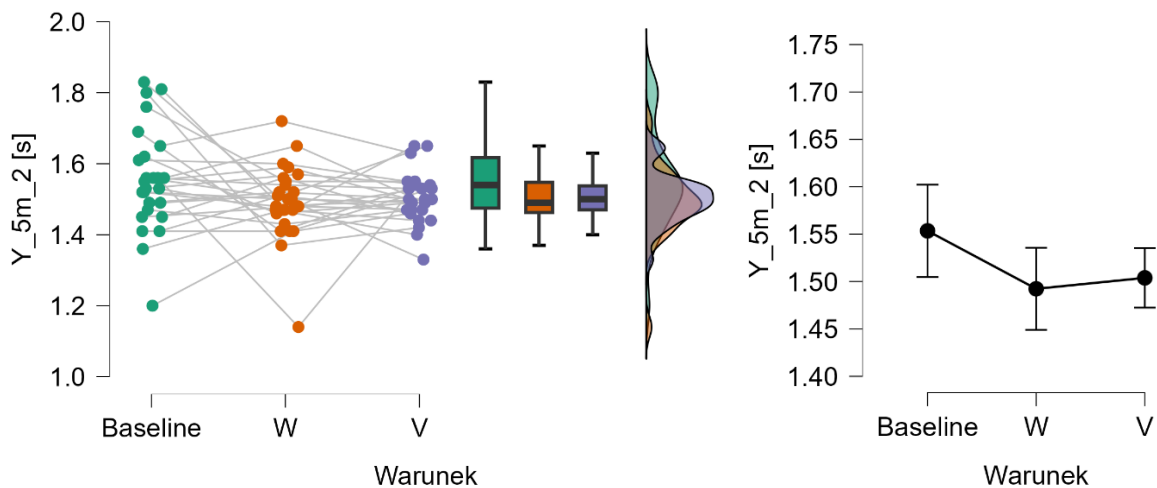
Tabela 9. Statystyki opisowe dla testu Y z zadaniem kognitywnym (N = 26)

Zmienna	Baseline (M ± SD)	W (M ± SD)	V (M ± SD)
Y_5m_1 [s]	1,208 ± 0,082	1,180 ± 0,072	1,168 ± 0,076
Y_5m_2 [s]	1,553 ± 0,145	1,492 ± 0,106	1,504 ± 0,072
Y_10m [s]	2,762 ± 0,176	2,672 ± 0,139	2,671 ± 0,126
Y_10m_def [s]	0,971 ± 0,181	0,835 ± 0,124	0,829 ± 0,121

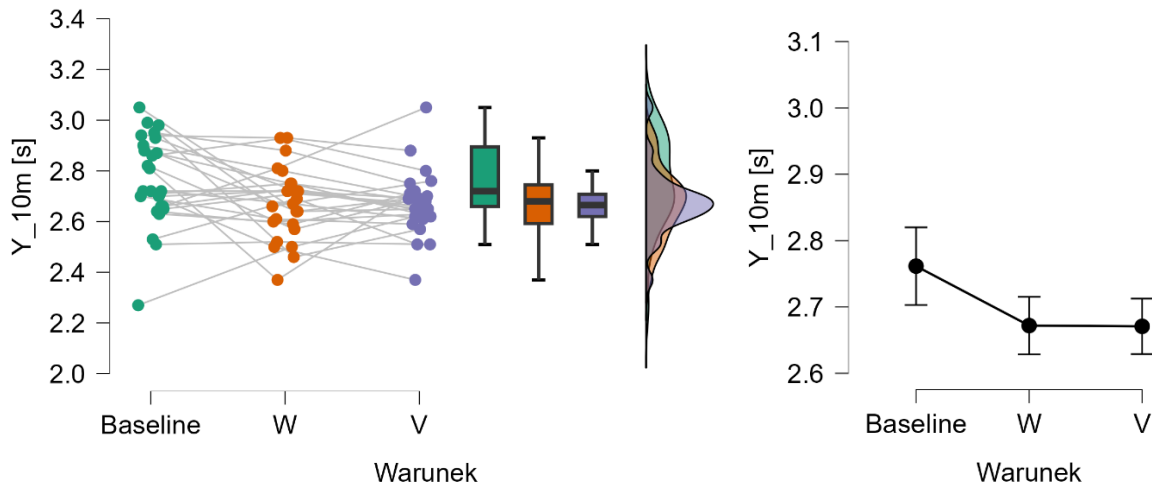
Adnotacja: Y_10m_def = czas testu Y – czas sprintu liniowego 10 m



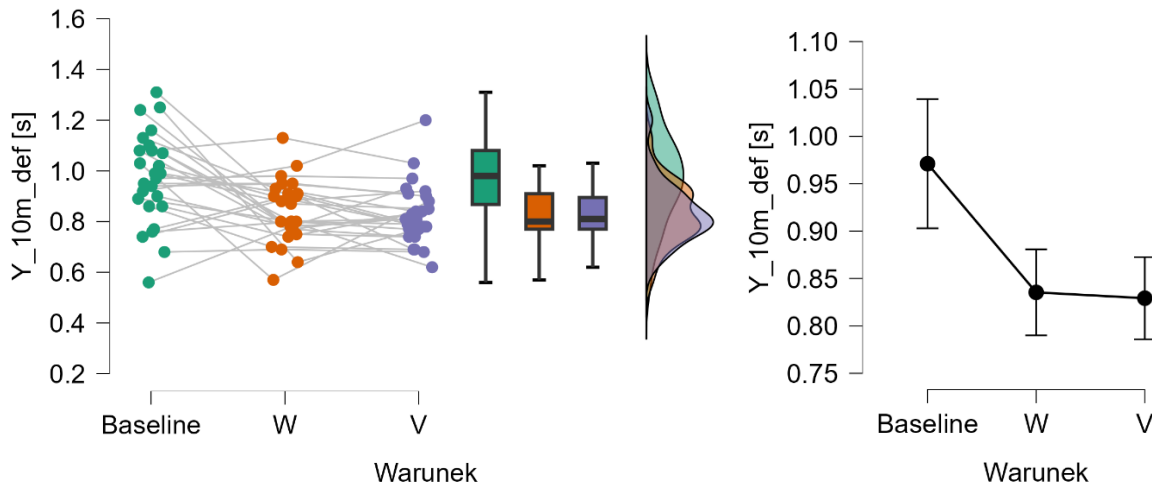
Rycina 10. Rozkład indywidualnych wyników dla zmiennej Y_5m_1 oraz średnie wartości i 95% przedziały ufności.



Rycina 11. Rozkład indywidualnych wyników dla zmiennej Y_5m_2 oraz średnie wartości i 95% przedziały ufności.



Rycina 12. Rozkład indywidualnych wyników dla zmiennej Y_{10m} oraz średnie wartości i 95% przedziały ufności.



Rycina 13. Rozkład indywidualnych wyników dla CODD Y_{10m_def} oraz średnie wartości i 95% przedziały ufności.

Wyniki porównań post-hoc z przedziałami ufności (tabela 10) pozwalają na szczegółową ocenę różnic między warunkami oraz między interwencjami.

Tabela 10. Porównania post-hoc z 95% przedziałami ufności dla testu Y ($N = 26$)

Porównanie	ΔM [s]	95% CI	p (Bonf.)	d
Y_5m_1: Baseline vs W	0,028	[-0,000; 0,057]	0,159	0,40
Y_5m_1: Baseline vs V	0,040	[0,006; 0,075]*	0,073	0,47
Y_5m_1: W vs V	0,012	[-0,011; 0,035]	0,866	0,21
Y_10m: Baseline vs W	0,090	[0,013; 0,167]*	0,073	0,47
Y_10m: Baseline vs V	0,091	[0,016; 0,166]*	0,060	0,49
Y_10m: W vs V	0,001	[-0,049; 0,052]	1,000	0,01
Y_10m_def: Baseline vs W	0,136	[0,048; 0,223]*	0,011*	0,63
Y_10m_def: Baseline vs V	0,142	[0,056; 0,228]*	0,007**	0,67
Y_10m_def: W vs V	0,006	[-0,040; 0,053]	1,000	0,05

Adnotacja: * CI nie zawiera zera lub $p < ,05$; d – d Cohena; ** $p < ,01$ po korekcie Bonferroniego

Kluczowe obserwacje dotyczące porównania ćwiczeń aktywacyjnych W vs V w teście Y: W przeciwieństwie do testu 5-10-5, analiza przedziałów ufności dla porównań W vs V w teście Y nie wykazała istotnych różnic między ćwiczeniami aktywacyjnymi dla żadnej zmiennej. Dla Y_10m 95% CI [-0,049; 0,052] oraz dla Y_10m_def 95% CI [-0,040; 0,053] wyraźnie zawierają zero, a różnice średnich są minimalne (0,001 s i 0,006 s). Wyniki te wskazują, że zastosowane ćwiczenia aktywacyjne **są równie skuteczne** w poprawie wyników testu Y z zadaniem kognitywnym. Ponadto obie interwencje istotnie redukują CODD w porównaniu z Baseline (o około 0,14 s), przy porównywalnych wielkościach efektu ($d \approx 0,65$).

Podsumowanie wyników dla testu Y. W odniesieniu do pytania badawczego P2, obie interwencje istotnie skracają czas wykonania testu Y w porównaniu z Baseline (przedziały ufności nie zawierają zera), przy czym nie ma różnic między W i V – hipoteza H2 potwierdzona dla dwóch ćwiczeń aktywacyjnych równocześnie. Obie interwencje skutecznie redukują również CODD – hipoteza H2 potwierdzona, przy czym wbrew oczekiwaniom nie zaobserwowano silniejszego efektu V.

Podsumowanie – porównanie skuteczności dwóch zastosowanych interwencji.

Analiza przedziałów ufności dostarcza zróżnicowanych wniosków w zależności od typu testu. W teście 5-10-5 (bez dodatkowego zadania kognitywnego) zaobserwowano **przewagę V nad W** w redukcji CODD – przedziały ufności dla porównań W vs V nie zawierają zera dla zmiennych 10m_1_def i 20m_def. Natomiast w teście Y (z zadaniem kognitywnym) **oba ćwiczenia aktywacyjne są równie skuteczne** – przedziały ufności wyraźnie zawierają zero dla wszystkich porównań W vs V.

Rozbieżność wyników między testami może wynikać z różnej specyfiki zadań motorycznych. W teście 5-10-5 WBV może skuteczniej aktywować mechanizmy neurofizjologiczne odpowiedzialne za szybką COD w prostszym schemacie motorycznym. W teście Y, który zawiera komponent decyzyjny (wybór kierunku na podstawie bodźca wzrokowego), oba ćwiczenia aktywacyjne mogą działać przez podobne mechanizmy aktywacyjne.

Implikacje praktyczne: Jeśli celem jest redukcja CODD w prostych zadaniach COD, preferowanym ćwiczeniem aktywacyjnym może być warunek V. Natomiast dla złożonych zadań reaktywnych z inherentnym komponentem decyzyjnym (jak test Y), oba ćwiczenia aktywacyjne mogą być stosowane zamiennie z porównywalną skutecznością.

4.3. Związek pomiędzy pierwszą, a drugą częścią testu Y

W celu zbadania związku pomiędzy czasem uzyskanym w pierwszej części testu Y (0-5 m), a czasem uzyskanym w jego drugiej części (5-10 m) przeprowadzono analizę korelacji dla każdego z trzech warunków eksperymentalnych.

Przed przystąpieniem do analizy korelacji zweryfikowano założenie o normalności rozkładu zmiennych za pomocą testu Shapiro-Wilka. Wyniki testu normalności oraz decyzja o wyborze odpowiedniego testu korelacji przedstawiono w tabeli 11.

Tabela 11. Wyniki testu normalności Shapiro-Wilka i wybór testu korelacji ($N = 26$)

Zmienna	W	p	Normalność	Test korelacji
Baseline Y_5m_1	0,951	0,238	TAK	Pearson
Baseline Y_5m_2	0,957	0,332	TAK	Pearson
W Y_5m_1	0,973	0,701	TAK	Spearman
W Y_5m_2	0,907	0,023*	NIE	Spearman
V Y_5m_1	0,916	0,037*	NIE	Spearman
V Y_5m_2	0,953	0,277	TAK	Spearman

Adnotacja: W – statystyka testu Shapiro-Wilka; * $p < ,05$ (rozkład istotnie odbiega od normalnego)

Dla warunku Baseline obie zmienne wykazały rozkład zgodny z normalnym ($p > 0,05$), dlatego zastosowano współczynnik korelacji Pearsona. W przypadku warunków W i V stwierdzono naruszenie założenia normalności dla co najmniej jednej zmiennej (W Y_5m_2: $p = 0,023$; V Y_5m_1: $p = 0,037$), dlatego zastosowano nieparametryczny współczynnik korelacji rang Spearmana.

Tabela 12 przedstawia wyniki analizy korelacji między Y_5m_1, a Y_5m_2 dla poszczególnych warunków eksperymentalnych.

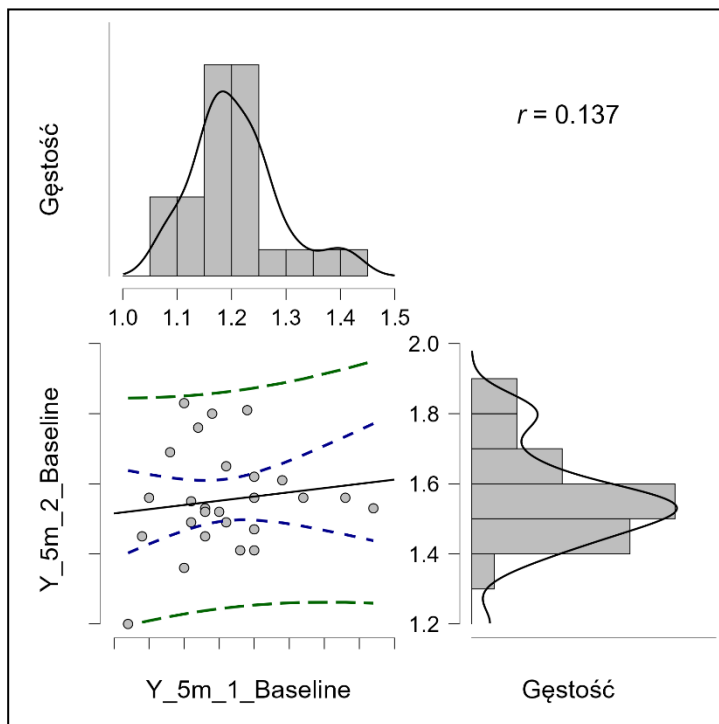
Tabela 12. Wyniki analizy korelacji między Y_5m_1, a Y_5m_2 w poszczególnych warunkach ($N = 26$)

Warunek	Test	r	P	r ²	Siła korelacji	Interpretacja r ²
Baseline	Pearson	0,137	0,505	0,019	słaba	mały efekt
W	Spearman	0,296	0,143	0,087	słaba	umiarkowany efekt
V	Spearman	0,220	0,280	0,048	słaba	umiarkowany efekt

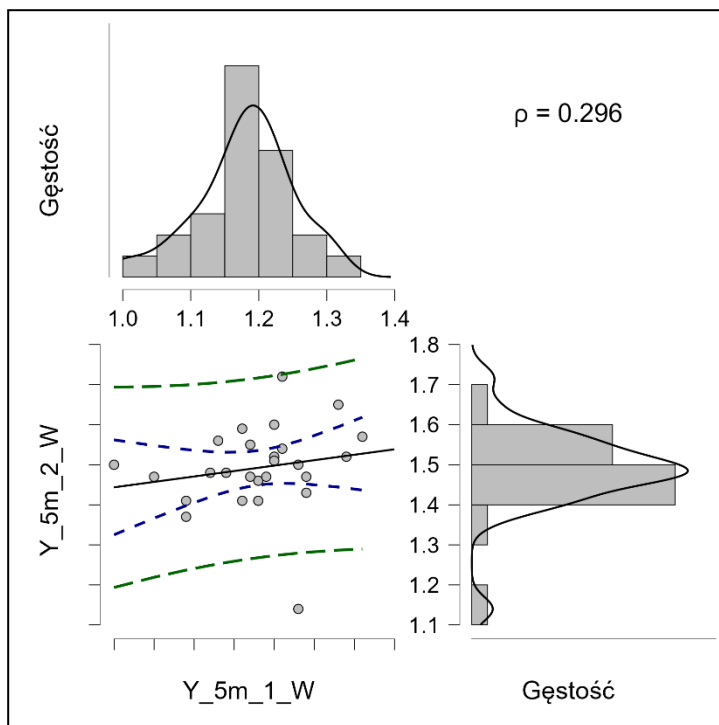
Adnotacja: r – współczynnik korelacji; r² – współczynnik determinacji; interpretacja r²: $< 0,04$ – mały efekt, $0,04-0,25$ – umiarkowany efekt, $> 0,25$ – duży efekt

Analiza wykazała, że we wszystkich trzech warunkach eksperymentalnych korelacja między czasem pierwszej, a drugiej części testu Y była słaba i nieistotna statystycznie. W warunku Baseline współczynnik korelacji Pearsona wyniósł $r = 0,137$ ($p = 0,505$), co oznacza, że jedynie 1,9% wariacji czasu drugiej części testu może być wyjaśnione przez czas pierwszej części (rycina 14). W warunku W współczynnik korelacji Spearmana wzrósł do

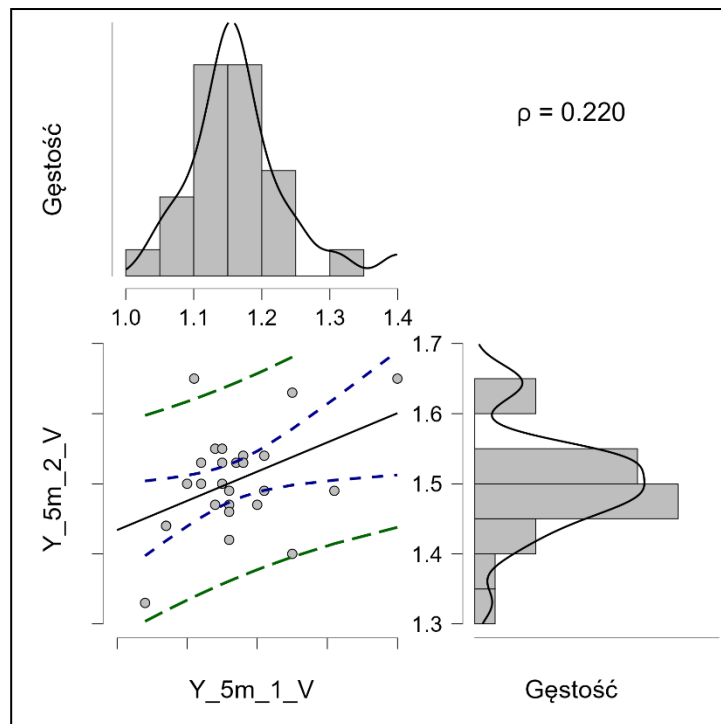
$\rho = 0,296$ ($p = 0,143$; $r^2 = 0,087$) (rycina 15), natomiast w warunku V wyniósł $\rho = 0,220$ ($p = 0,280$; $r^2 = 0,048$) (rycina 16).



Rycina 14. Wykres korelacji między czasem pierwszej (Y_{5m_1}), a drugiej części testu Y (Y_{5m_2}) po warunku Baseline z histogramami rozkładu zmiennych, linią regresji i 95% przedziałami ufności.



Rycina 15. Wykres korelacji między czasem pierwszej ($Y_{5m_1_W}$), a drugiej części testu Y ($Y_{5m_2_W}$) po SQ z obciążeniem z histogramami rozkładu zmiennych, linią regresji i 95% przedziałami ufności.



Rycina 16. Wykres korelacji między czasem pierwszej ($Y_{5m_1_V}$), a drugiej części testu Y ($Y_{5m_2_V}$) po WBV z histogramami rozkładu zmiennych, linią regresji i 95% przedziałami ufności.

Wizualizacja zależności na rycinach 14–16 potwierdza słaby charakter korelacji we wszystkich warunkach – punkty są szeroko rozproszone wokół linii regresji, a szerokie przedziały ufności (linie przerywane) wskazują na znaczną niepewność oszacowania kierunku zależności.

W celu weryfikacji hipotezy H3 dotyczącej różnic w sile korelacji między warunkami przeprowadzono porównania parowe z wykorzystaniem transformacji Fishera r-do-z. Wyniki przedstawiono w tabeli 13.

Tabela 13. Porównanie siły korelacji między warunkami eksperymentalnymi (test Fishera)

Porównanie	r_1	r_2	z	p	Istotna różnica
Baseline vs W	0,137	0,296	-0,567	,571	NIE
Baseline vs V	0,137	0,220	-0,292	,770	NIE
W vs V	0,296	0,220	0,275	,784	NIE

Adnotacja: z – statystyka testu Fishera dla porównania dwóch współczynników korelacji

Porównania parowe nie wykazały istotnych statystycznie różnic w sile korelacji między żadnymi warunkami eksperymentalnymi (wszystkie $p > 0,05$). Różnica między warunkiem W ($r = 0,296$) a V ($r = 0,220$) nie była istotna statystycznie ($z = 0,275$; $p = 0,784$). Wyniki te nie potwierdzają hipotezy H3 zakładającej, że związek między czasem pierwszej, a drugiej

części testu Y będzie silniejszy po zastosowaniu WBV, niż po SQ z obciążeniem. W rzeczywistości zaobserwowano odwrotną tendencję – najsilniejszą korelację odnotowano w warunku W, jednak różnica ta nie osiągnęła progu istotności statystycznej,

Podsumowując, związek między czasem pierwszej części testu Y (0-5 m), a czasem jego drugiej części (5-10 m) był słaby i nieistotny statystycznie we wszystkich warunkach eksperymentalnych. Zastosowane interwencje nie zmodyfikowały istotnie struktury tej zależności.

5. Dyskusja

5.1. Wprowadzenie

Zdolność do szybkiego, skutecznego startu, zatrzymania się (Kutlu i in., 2012; Little i Williams, 2005) i COD są uważane za niezbędne do osiągnięcia sukcesów w większości sportów zespołowych (Brughelli i in., 2008; Kutlu i in., 2012; Little i Williams, 2005). Jest to szczególnie istotne w przypadku sportów, które wymagają przerywanych, powtarzających się sprintów, takich jak piłka nożna. Bloomfield i in. (2007) wskazują, iż w ciągu 90-minutowego meczu zawodnicy mogą wykonać 600, a na najwyższym poziomie ponad 700 COD pod różnymi kątami, co wskazuje bardzo duże znaczenie szybkości wykonania tego elementu (Gil i in., 2014). Szybkość COD piłkarzy jest wyznacznikiem podczas decydujących działań ofensywnych i defensywnych.

Wstępnie zaplanowana szybkość COD może być definiowana, jako sprint ze zmianą kierunku, podczas gdy RA jest klasyfikowana, jako sprinty z COD w odpowiedzi na bodziec (Brughelli i in., 2008; Salaj i Markovic, 2011). RA w piłce nożnej przejawia się między innymi w przewidywaniu kierunku i lotu piłki, bez z góry zaplanowanych działań w odpowiedzi na ruchy przeciwnika (bodźce) i jest kwestią kluczową dla sukcesu w grze (Brughelli i in., 2008; Jones i in., 2009; Salaj i Markovic, 2011; Sheppard i in., 2006).

Istnieje wiele opracowań naukowych, postulujących pozytywny wpływ różnych bodźców treningowych w osiąganiu efektywniejszych wyników w sporcie. Spośród nich wybrano dwie interwencje, które nie są jeszcze wystarczająco zbadane, a mianowicie porównanie SQ z obciążeniem i WBV. Wobec tego, iż COD i RA są tak istotne dla sukcesu poszukuje się ćwiczeń aktywacyjnych, które będą zwiększać te zdolności. Nie ma jednak naukowego konsensusu stwierdzającego, która z wymienionych interwencji jest bardziej efektywna. Dla optymalizacji przygotowania zawodników do zawodów i ułatwienia pracy trenerom ważne jest określenie odpowiednich ćwiczeń aktywacyjnych przed współzawodnictwem w piłce nożnej.

Celem niniejszej pracy było porównanie wpływu jednorazowego ćwiczenia aktywacyjnego w postaci SQ z obciążeniem oraz WBV na czas wykonania testów COD u piłkarzy o średnim poziomie zaawansowania sportowego. Badanie miało na celu określenie, czy zastosowane interwencje przynoszą korzystne efekty w porównaniu z pomiarem wyjściowym (Baseline) oraz czy jedno z ćwiczeń aktywacyjnych wykazuje przewagę nad drugim w kontekście wykonywania zadań motorycznych wymagających szybkiej COD, zarówno bez dodatkowego obciążenia poznawczego, jak i z zadaniem kognitywnym.

5.2. Podsumowanie głównych wyników

Uzyskane wyniki dostarczają zróżnicowanych wniosków w zależności od typu zastosowanego testu oraz analizowanej zmiennej zależnej, co wskazuje na złożoność mechanizmów leżących u podstaw obserwowanych efektów. W teście 5-10-5, reprezentującym prosty schemat COD bez dodatkowego obciążenia poznawczego, nie zaobserwowano istotnego wpływu interwencji na bezwzględne czasy wykonania testu (10m_1: $F = 2,623$, $p = 0,083$; 10m_2: $F = 0,020$, $p = 0,981$; 20m: $F = 1,369$, $p = 0,264$). Jednakże analiza CODD wykazała istotny efekt obu interwencji dla wszystkich zmiennych (10m_1_def: $F = 7,916$, $p = 0,001$, eta-kwadrat = 0,240; 10m_2_def: $F = 3,381$, $p = 0,042$; 20m_def: $F = 9,440$, $p < 0,001$, eta-kwadrat = 0,274), przy czym WBV okazała się skuteczniejsza od SQ z obciążeniem w redukcji CODD.

W teście Y, zawierającym komponent kognytywny (reaktywny wybór kierunku na podstawie sygnału świetlnego), obie interwencje istotnie skróciły czas wykonania testu w porównaniu z Baseline (Y_5m_1: $F = 4,296$, $p = 0,019$; Y_10m: $F = 4,893$, $p = 0,011$) oraz zredukowały CODD (Y_10m_def: $F = 9,547$, $p < 0,001$, eta-kwadrat = 0,276). W przeciwieństwie do testu 5-10-5, nie zaobserwowano istotnych różnic w skuteczności między SQ z obciążeniem i WBV w teście Y – przedziały ufności dla wszystkich porównań pomiędzy interwencjami wyraźnie zawierały zero.

5.3. Weryfikacja hipotez badawczych

Hipoteza H1 zakładała, że obie interwencje spowodują poprawę wyników testu COD bez zadania kognytywnego w porównaniu z pomiarem wyjściowym, z możliwością zróżnicowania efektu w zależności od złożoności zadania. Hipoteza ta **nie została potwierdzona**. W teście 5-10-5 nie stwierdzono istotnego efektu głównej interwencji dla żadnej ze zmiennych czasowych. W odniesieniu do wpływu na CODD, obie interwencje skutecznie redukują wspomniany CODD w porównaniu z Baseline. Ponadto analiza przedziałów ufności wykazała przewagę WBV nad SQ z obciążeniem w redukcji CODD – dla zmiennych 10m_1_def (95% CI [0,003; 0,082]) oraz 20m_def (95% CI [0,005; 0,109]), gdzie przedziały ufności dla porównania tych interwencji nie zawierały zera. Różnice te odpowiadały umiarkowanym wielkościom efektu ($d \approx 0,44$).

Hipoteza H2 zakładała, że obie interwencje spowodują poprawę wyników testów COD z zadaniem kognytywnym w porównaniu z pomiarem wyjściowym, z możliwością zróżnicowania efektu w zależności od złożoności zadania. Hipoteza ta **została częściowo potwierdzona**. Obie interwencje istotnie skracają czas wykonania testu Y w porównaniu z Baseline (przedziały ufności nie zawierają zera), przy czym nie ma różnic między interwencjami SQ z obciążeniem i WBV – hipoteza H2 potwierdzona dla dwóch

zastosowanych ćwiczeń aktywacyjnych równocześnie. W teście Y z komponentem kognitywnym zaobserwowano istotne skrócenie czasu wykonania pierwszego odcinka (Y_5m_1) oraz łącznego czasu testu (Y_10m). Wyniki te sugerują, że efekt aktywacyjny obu interwencji manifestuje się wyraźniej w zadaniach o większej złożoności sensomotorycznej, co jest zgodne z założeniem o możliwym zróżnicowaniu efektu w zależności od charakteru zadania. Przedziały ufności dla wszystkich porównań wyników po interwencji SQ z obciążeniem i WBV wyraźnie zawierały zero (np. Y_10m: 95% CI [-0,049; 0,052]), co wskazuje na równowagę dwóch ćwiczeń aktywacyjnych w tym kontekście. Obserwacja ta stanowi istotny wkład w rozumienie specyficzności działania poszczególnych ćwiczeń aktywacyjnych.

W teście Y stwierdzono również istotny efekt interwencji dla zmiennych CODD. Wielkości efektu dla zmiennych CODD były duże ($\eta^2 > 0,14$), co wskazuje na praktyczne znaczenie obserwowanych różnic. Wyniki te potwierdzają, że zarówno SQ z obciążeniem, jak i WBV skutecznie poprawiają zdolność do wykonywania manewrów COD w porównaniu z pomiarem wyjściowym, niezależnie od charakteru zadania. Jest to kluczowe odkrycie niniejszego badania, ponieważ wprowadzenie pomiaru Baseline pozwoliło na wykazanie rzeczywistej skuteczności obu interwencji względem stanu wyjściowego.

Hipoteza H3 o eksploracyjnym charakterze, dotycząca modyfikacji struktury zależności między fazami testu Y, **nie została potwierdzona**. We wszystkich warunkach eksperymentalnych korelacja między czasem pierwszej (Y_5m_1), a drugiej części testu (Y_5m_2) była słaba i nieistotna statystycznie (Baseline: $r = 0,137$, $p = 0,505$; W: $\rho = 0,296$, $p = 0,143$; V: $\rho = 0,220$, $p = 0,280$). Test Fishera nie wykazał istotnych różnic w sile korelacji między warunkami (wszystkie $p > 0,05$). Warto odnotować, że wbrew intuicyjnym oczekiwaniom, najsilniejszą (choć wciąż słabą) korelację zaobserwowano po SQ z obciążeniem, nie po WBV.

5.4. Wpływ zastosowanych interwencji na wyniki testu zmiany kierunku biegu bez zadania kognitywnego

Wyniki niniejszego badania wykazały, że obie interwencje skutecznie redukują CODD w teście 5-10-5 w porównaniu z pomiarem wyjściowym, przy czym WBV okazała się skuteczniejsza od SQ z obciążeniem. Obserwacja ta jest zgodna z wcześniejszymi badaniami wskazującymi na pozytywny wpływ ćwiczeń aktywacyjnych na zdolność do COD.

Zdaniem różnych autorów (Asadi i in., 2016; Ingle i in., 2006; Rædergård i in., 2020; Zois i in., 2011) trening siłowy i plajometryczny mogą być korzystne w poprawie szybkości COD. SQ jest najczęściej stosowanym i najskuteczniejszym ćwiczeniem w treningu oporowym

do wzmacniania dolnej części ciała w celu poprawy wyników sportowych (Martínez-Cava i in., 2019). W opinii spójnych badań (Loturco i in., 2015; Requena i in., 2009; Wisløff i in., 2004) wskazuje się, że wytwarzanie siły pionowej może znacząco wpływać na szybkość piłkarzy nożnych. Również w badaniach (Sole i in., 2013; Zois i in., 2011) zaobserwowano poprawę wyników w COD po rozgrzewce, która obejmowała ćwiczenia z obciążeniem, a poprawa ta może być związana z nagłym wzrostem siły dynamicznej (Sole i in., 2013), czyli szybkiego przejścia z fazy ekscentrycznej do koncentrycznej podczas cyklu rozciągnięcie-skurcz mięśnia. Głównym odkryciem badania prowadzonego przez Papla i in. (2020) było to, że siła SQ 1RM i moc szczytowa wyjściowa uzyskana podczas SQ przy 50% 1RM i sprint liniowy na 20 m nie były skorelowane ze sobą, ani z żadnym z mierzonych testów COD (pod kątem 90° i 135°), co wskazuje, że są to oddzielne cechy fizyczne (niezależne od siebie). Ponadto autorzy dowiedli, iż intensywność rozgrzewki na poziomie 50% 1RM SQ nie przynosi korzyści dla testów COD, ale efekty są widoczne po zastosowaniu 80% 1RM. Efekty badań Petisco i in. (2019) również dowodzą, iż umiarkowana intensywność rozgrzewki (tj. 80% 1RM SQ) może wywołać większe PAP, w tym poprawę skoków, pojedynczej i powtarzającej się szybkości COD u wysokokwalifikowanych piłkarzy płci męskiej. W niniejszej pracy zastosowano wartość 85% 1RM, co jest zgodne z zaleceniami wielu autorów. Przymuszczalnie jednak ustalona intensywność i zadany wysiłek mogły być stosunkowo wysokie dla piłkarzy z niższych klas rozgrywkowych, którzy mają mniejsze doświadczenie treningowe oraz staż w zakresie wykonywania ćwiczeń SQ z obciążeniem niż piłkarze z wyższego poziomu, co mogło wpłynąć na mniejszą skuteczność tego ćwiczenia aktywacyjnego w porównaniu z WBV. Z innej perspektywy ćwiczenia SQ z obciążeniem są powszechniej stosowane na średnim poziomie zaawansowania sportowego niż WBV.

Trening WBV może wywoływać adaptacje biologiczne podobne do ćwiczeń oporowych (Delecluse i in., 2003). Jednak przewaga WBV nad SQ w teście 5-10-5 może wynikać z kilku mechanizmów neurofizjologicznych. Po pierwsze, WBV indukuje TVR, który zwiększa pobudliwość motoneuronów alfa i ułatwia rekrutację jednostek motorycznych (Bosco i in., 2000). Po drugie, stymulacja proprioceptorów (wrzecion mięśniowych i narządów ścięgnistych Golgiego) przez wibracje może poprawiać kontrolę sensomotoryczną niezbędną podczas szybkich COD (Cardinale i Bosco, 2003). Po trzecie, WBV może prowadzić do chwilowego zwiększenia sztywności mięśniowo-ścięgnistej, co jest korzystne dla efektywnego wykorzystania cyklu rozciąganie-skurcz podczas hamowania i ponownego przyspieszania. Po czwarte, wykazano, bowiem, że WBV wpływają na wrażliwe części ludzkiego ciała takie jak skóra, stawy i wtórne obwodowe układy nerwowe (Cochrane i Booker, 2014). Ponadto należy

wspomnieć, że temperatura wewnątrz mięśni sama w sobie zwiększa siłę mięśni. Wydaje się, zatem, że zwiększanie mocy przez efekty WBV może przynajmniej częściowo być tłumaczone przez wzrost temperatury wewnątrzmięśniowej (Kersch-Schindl i in., 2001; Lohman i in., 2007).

Niektórzy badacze (Cloak i in., 2014; Cochrane i in., 2004) twierdzą, iż WBV mają ograniczoną skuteczność w zwiększaniu zdolności COD. Cloak i in. (2014) wykazali, że 30-sekundowe WBV ($f = 40$ Hz; $A = 8$ mm) również nie przyniosły żadnej korzyści w teście 5-0-5. Ponadto Cochrane i in. (2004) nie odnotowali poprawy w teście 5-0-5 po dziewięciu sesjach treningu WBV ($f = 26$ Hz; $A = 12$ mm). Rozbieżność z wynikami niniejszego badania może być związana z zastosowaną częstotliwością drgań – w powyższych badaniach stosowano częstotliwości na poziomie 15-40 Hz, podczas gdy w niniejszej pracy zastosowano częstotliwość 60 Hz, amplitudę 4 mm przez okres dwóch serii po 60 s każda. Zastosowane parametry wywołały przypuszczalnie lepszy efekt pobudzenia u badanych.

Wpływ WBV na wyniki w COD był również analizowany w sportach zespołowych u graczy rugby. Gracze rugby płci męskiej wykonali czterominutowy częściowy SQ izometryczny (kolana zgięte pod kątem 60°) z trzema rodzajami protokołu WBV na dwupłytovej maszynie WBV, w tym jeden protokół WBV o podwójnej częstotliwości, z nogą dominującą odbierającą 35 Hz i niedominującą odbierającą 45 Hz oraz dwa protokoły WBV o pojedynczej częstotliwości z 35 Hz lub 45 Hz dostarczane do obu nóg przez trzy różne dni. Wyniki pokazały, że wszystkie protokoły wibracji znacznie poprawiły wyniki skoku z SQ i wyskoku dosiężnego z zamachem natomiast tylko pierwszy protokół znacząco poprawił zdolność COD o około 3%. W związku z wynikami eksperymentu na podstawie pierwszego protokołu badacze sugerują, że indukując różne kierunki ruchu można poprawić pracę mięśniową kończyn dolnych, co skutkuje zwiększeniem zdolności COD. Wydaje się, więc, że wyniki badań Yang i in. (2017) z dwuczęstotliwościowym (inny na nogę wiodącą i inny na nogę niewiodącą) protokołem rozgrzewki mogą przyczyniać się do zwiększonej RA, ponieważ zdolność COD jest kluczowym elementem zwinności (Gabbett i in., 2008). Należy jednak zwrócić tutaj uwagę na różne bodźce dla nogi dominującej i niedominującej. Tylko pierwszy protokół znacząco poprawił zdolność COD, co mogło być skutkiem większego bodźca na nogę niedominującą, który to mógł zniwelować różnice w obu kończynach do szybkości COD (zwykle jedna z nich jest kończyną sprawniejszą). W przypadku, gdy zastosowano to samo ćwiczenie aktywacyjne nie zauważono poprawy zdolności do COD. Porównując wyniki z badaniami autora można przypuszczać, iż rozróżniając interwencję poprzez WBV na nogę wiodącą i niewiodącą mogłyby zostać osiągnięte lepsze rezultaty.

Rozbieżności w wynikach badań przynajmniej częściowo wyjaśnia się różnymi urządzeniami WBV, z których korzystają badacze, różnicami w protokołach treningowych; czasie trwania, intensywności, różnym czasem regeneracji, amplitudzie, czy stosowanymi typami ćwiczeń.

5.5. Wpływ zastosowanych interwencji na wyniki testu zmiany kierunku biegu z zadaniem kognitywnym

W teście Y z zadaniem kognitywnym obie interwencje wykazały porównywalną skuteczność w poprawie wyników względem Baseline. Jest to istotne odkrycie, ponieważ wskazuje na uniwersalność efektu aktywacyjnego obu ćwiczeń w kontekście zadań reaktywnych, charakterystycznych dla gry w piłkę nożną. W opinii innych autorów (Henry i in., 2011; Serpell i in., 2010; W. B. Young i Rogers, 2014) jest ona korzystna dla atakujących, aby uniknąć presji przeciwnika, ataków, odbiorów piłki, a dla obrońców, aby zmniejszyć przestrzeń na boisku oraz aby ograniczyć ruchy atakujących lub potencjalnie osiągnąć korzyść.

W wynikach badań naukowców wykazano, że istnieje ograniczona zależność między planowaną zmianą kierunku, a RA (Lockie i in., 2013; M. J. Sheppard i in., 2006) wykazując, że są to dwie różne czynności. Współcześnie proponowane są specyficzne programy treningowe, które wymagają reagowania na dany bodziec, jakim może być pozycja piłki, pozycja przeciwnika lub kolegi z drużyny (Chaouachi i in., 2014; W. B. Young i Rogers, 2014). W badaniach Lovell i in. (2015) wykazano rozwój RA i szybkości COD w różnych grupach wiekowych. Stwierdzono również istotną i wysoką korelację między COD, a RA u młodszych sportowców (U12-U16), podczas gdy wraz z wiekiem stopniowo malała ona (Fiorilli i in., 2017). W rzeczywistości stwierdzono niską oraz brak istotnych korelacji w wynikach testu w U18 (Fiorilli i in., 2017), a efekty te potwierdziły wcześniejsze badania na ten temat (Chaouachi i in., 2012; Fiorilli i in., 2017; Spiteri i in., 2014; W. B. Young i Rogers, 2014). Według innych badań, kiedy sportowcy osiągają dojrzałość fizyczną i biegłe doświadczenie w piłce nożnej COD i RA reprezentują się, jako niezależne umiejętności u sportowców U18, mimo że te same cechy fizyczne były związane zarówno z szybkością COD jak i RA (Salaj i Markovic, 2011), a specyficzny i oddzielny trening tych dwóch umiejętności może być najbardziej efektywny.

Trening i testowanie RA są bardziej odpowiednie dla gry w piłkę nożną, ponieważ gracze rzadko wykonują COD bez bodźca. W badaniu Chung-Cheng i in. (2021) jednodominutowa interwencja WBV ($f = 30$ Hz; $A = 2$ mm) u profesjonalnych siatkarzy nie poprawiła znacząco wyników sprintu na 10 m i testu COD (T-test) wśród uczestników badań, ale poprawiła znacznie obronę charakterystyczną dla siatkówki w teście zwinności bloku.

Cochrane (2013) zbadał wpływ przerywanego (5 x 1 minuta z jedną minutą odpoczynku) protokołu WBV ($f = 26$ Hz; $A = 6$ mm) na RA. Wyniki badań nie wykazały istotnych zmian w teście RA. Równoległe badania zostały przedstawione przez Pienaar (2013), który realizował protokół WBV przed dynamiczną rozgrzewką specyficzną dla hokeja, próbując zbadać jego wpływ na wyniki testu zwinności T. Wyniki również nie wykazały żadnego istotnego wpływu WBV na wyniki zwinności, natomiast odnotowano poprawę w zastosowanym czasie w teście zwinności T. Wyniki badań Fereydounnia i Shadmehr (2020) wykazały, że u kobiet z prawidłową lordozą lędźwiową po wykonaniu pięciominutowej sesji WBV ($f = 30$ Hz; $A = 5$ mm) czas reakcji różnicowej na bodziec słuchowy uległ skróceniu, a umiejętność przewidywania z dużą szybkością wzrosła (odpowiednio $P = 0,01$, $P = 0,01$). Ponadto czas reakcji na bodziec wzrokowy u kobiet z hiperlordozą lędźwiową istotnie skrócił się po interwencji WBV. Chociaż inne zmienne w obu grupach spadły po WBV, zmiany te nie były istotne statystycznie. Badanie to wykazało, że WBV miało pozytywny, natychmiastowy wpływ na czas reakcji w obu grupach, jednakże miało negatywny wpływ na zdolność przewidywania przy dużej prędkości u kobiet z prawidłową lordozą lędźwiową. Te negatywne skutki wydawały się być spowodowane zmęczeniem psychicznym uczestników. Do podobnych wniosków dotarł Regterschot i in. (2014), gdzie w efekcie dwóch minut WBV uzyskał natychmiastowy pozytywny wpływ na skupienie uwagi u młodych ludzi pomimo ich wysokich zdolności kognitywnych. Niektóre badania (Conway i in., 2007) wykazały niekorzystny wpływ WBV o wysokiej częstotliwości (powyżej 60 Hz) na czynności zależne od celu, jak percepcja wzrokowa i precyzyjna kontrola motoryczna.

W literaturze większość badań wykorzystywała przebieg testu w kształcie litery Y z wprowadzeniem sygnałów świetlnych, wideo i bodźców wykonywanych przez człowieka (Paul i in., 2016). Ponieważ wspomniany test implikuje jednoczesną ocenę zarówno umiejętności fizycznych, jak i poznawczych można go uznać za bardzo odpowiedni do oceny zwinności w porównaniu z testami odnoszącymi się wyłącznie do komponentu fizycznego (Trecroci i in., 2019). Podczas oceny zwinności stosuje się wersje ćwiczenia Y, aby utrzymać wysoką prędkość sprintu i wykonywać „cięcie” (ang. cut) powszechnie obserwowane podczas sportów zespołowych i inwazyjnych (Gabbett i in., 2008; Spiteri i in., 2012).

Równoważność dwóch ćwiczeń aktywacyjnych w teście Y może być związana z faktem, że komponent kognitywny tego zadania dominuje nad różnicami w mechanizmach aktywacji obwodowej. Gdy zadanie wymaga przetwarzania informacji wzrokowej i podejmowania decyzji pod presją czasu, kluczowym czynnikiem limitującym wydajność staje się sprawność procesów centralnych, a nie poziom aktywacji nerwowo-mięśniowej. W tym

kontekście zarówno WBV, jak i SQ z obciążeniem mogą działać poprzez podobny mechanizm ogólnego pobudzenia (arousal), który poprawia gotowość do działania niezależnie od specyficznego charakteru interwencji.

Analiza danych zebranych w prezentowanej pracy wskazuje, że osiągnięte porównywalne efekty obu interwencji w teście Y można przypisać dużemu znaczeniu elementu kognitywnego. Oprócz samego efektu interwencji na wynik końcowy testu zależy on również od zdolności percepcyjnych badanego, szybkości odbierania informacji oraz szybkości reakcji na wskazany bodziec. Element ten z całą pewnością miał duży wpływ na uzyskane dane i mógł zamaskować ewentualne różnice między interwencjami w komponencie motorycznym.

5.6. Deficyt zmiany kierunku biegu jako bardziej czuły wskaźnik efektu aktywacyjnego

Wyniki niniejszego badania wskazują, że CODD jest bardziej czułym wskaźnikiem efektu interwencji aktywacyjnych niż bezwzględne czasy wykonania testów COD. W teście 5-10-5 istotne efekty zaobserwowano wyłącznie dla zmiennych CODD, podczas gdy czasy wykonania nie uległy istotnej zmianie. Zjawisko to można wyjaśnić faktem, że CODD izoluje komponent związany z COD, eliminując wpływ czystej szybkości liniowej.

Interwencje aktywacyjne mogą oddziaływać specyficznie na zdolność do hamowania i ponownego przyspieszania, bez istotnego wpływu na maksymalną szybkość biegu. CODD, obliczony jako różnica między czasem wykonania testu COD, a czasem sprintu liniowego na odpowiadającym dystansie, pozwala wyizolować ten specyficzny komponent. Obserwacja ta ma istotne implikacje metodologiczne – w przyszłych badaniach dotyczących efektów aktywacyjnych na zdolność do COD zaleca się uwzględnienie CODD, jako głównej zmiennej zależnej.

5.7. Związek między fazami testu Y

Słabe i nieistotne korelacje między czasem pierwszej (akceleracja 0-5 m), a drugiej części testu Y (zmiana kierunku 5-10 m) we wszystkich warunkach eksperymentalnych sugerują, że obie fazy testu angażują relatywnie niezależne zdolności motoryczne. Faza akceleracji wymaga przede wszystkim zdolności do szybkiego generowania siły w kierunku poziomym, podczas gdy faza zmiany kierunku obejmuje dodatkowo procesy hamowania, reorientacji ciała i reaktywnego wyboru kierunku na podstawie bodźca wzrokowego.

Brak istotnej modyfikacji tej struktury zależności przez interwencje wskazuje, że zarówno WBV, jak i SQ z obciążeniem nie zmieniają fundamentalnej organizacji wzorca motorycznego w teście Y. Wynik ten jest sprzeczny z wcześniejszymi oczekiwaniami, że WBV może skuteczniej integrować kolejne fazy ruchu poprzez stymulację proprioceptywną. Warto jednak zauważyć, że najsilniejszą (choć wciąż słabą i nieistotną) korelację zaobserwowano po

SQ z obciążeniem ($\rho = 0,296$), co może sugerować inny mechanizm działania tej interwencji na koordynację między fazami ruchu.

5.8. Implikacje praktyczne

Wyniki niniejszego badania mają istotne implikacje dla praktyki sportowej. Po pierwsze, zarówno WBV, jak i SQ mogą być skutecznie stosowane jako ćwiczenia aktywacyjne przed treningiem lub zawodami wymagającymi szybkich COD. Dwa zastosowane ćwiczenia aktywacyjne skutecznie redukują CODD w porównaniu z pomiarem wyjściowym, co przekłada się na poprawę zdolności do wykonywania COD. Jest to kluczowe odkrycie, ponieważ wprowadzenie pomiaru Baseline do schematu badawczego pozwoliło na jednoznaczne wykazanie skuteczności obu interwencji względem stanu bez aktywacji. Po drugie, wybór ćwiczenia aktywacyjnego może być uzależniony od specyfiki planowanych zadań motorycznych. Jeśli celem jest poprawa wydajności w prostych, antycypowanych zadaniach zmiany kierunku (np. slalom, biegi wahadłowe z ustaloną trasą), WBV może być preferowanym ćwiczeniem aktywacyjnym ze względu na jej większą skuteczność w redukcji CODD. Natomiast dla złożonych zadań reaktywnych z inherentnym komponentem decyzyjnym (np. sytuacje jeden na jeden w grze, reagowanie na ruchy przeciwnika) dwa zastosowane ćwiczenia aktywacyjne mogą być stosowane zamiennie z porównywalną skutecznością. Po trzecie, z praktycznego punktu widzenia warto rozważyć aspekty logistyczne i dostępność sprzętu. SQ z obciążeniem wymagają jedynie sztangi i obciążników, które są powszechnie dostępne w każdej siłowni. Platforma wibracyjna jest sprzętem bardziej specjalistycznym i kosztownym, co może ograniczać możliwość jej wykorzystania w niektórych kontekstach. W sytuacjach, gdy dwa ćwiczenia aktywacyjne są dostępne i zadanie ma charakter reaktywny, wybór może być podyktowany preferencjami zawodnika lub względami organizacyjnymi.

Należy jednak podkreślić, że warunki czasowe i logistyczne w badaniu były ściśle kontrolowane (rozgrzewka około 12 min, interwencja, przerwa około 7 min, testy) – w warunkach meczowych zmienność tych parametrów może być istotna. W związku z tym sugerujemy, że trenerzy i specjaliści przygotowania motorycznego mogą rozważyć wprowadzenie takiego protokołu jako części rozgrzewki, pod warunkiem zapewnienia odpowiednich warunków logistycznych i czasowych.

5.9. Ograniczenia badania

Interpretując wyniki niniejszego badania, należy uwzględnić kilka ograniczeń metodologicznych. Po pierwsze, badanie przeprowadzono na grupie piłkarzy o średnim poziomie zaawansowania sportowego, co może ograniczać generalizację wyników na

populację o innym poziomie wytrenowania. Zawodnicy elitarni, charakteryzujący się wyższym poziomem adaptacji nerwowo-mięśniowych, mogą wykazywać odmienny wzorzec odpowiedzi na zastosowane interwencje. Związane może to być również z samym doświadczeniem w ćwiczeniach SQ z obciążeniem oraz WBV, gdzie szczególnie ta druga interwencja na wspomnianym poziomie sportowym jest rzadziej stosowana. To ograniczenie, wynikające z niespotykanego wcześniej bodźca, mogło wywołać efekt przeciążenia. Po drugie, badanie miało charakter jednorazowy i nie uwzględniało efektów kumulacyjnych wielokrotnego stosowania interwencji aktywacyjnych. Możliwe, że regularne stosowanie SQ z obciążeniem i WBV przed treningiem prowadzi do odmiennych adaptacji długoterminowych. Po trzecie, zastosowano standardowe protokoły interwencji opisane w literaturze, jednak optymalne parametry (częstotliwość i amplituda wibracji, obciążenie w przysiadach, czas trwania) mogą być indywidualnie zróżnicowane. W interwencji SQ z obciążeniem badani mieli indywidualnie dobrane obciążenia, natomiast podczas ćwiczeń WBV wszyscy badani otrzymali ćwiczenie aktywacyjne o tej samej intensywności, a tolerancja na niego może być odmienna. Po czwarte, wielkość próby (N = 26), choć wystarczająca do wykrycia dużych i średnich efektów, może być niewystarczająca do identyfikacji mniejszych różnic między warunkami eksperymentalnymi, szczególnie w analizach korelacji. Po piąte, badania przeprowadzono po zakończeniu sezonu, co mogło skutkować spadkiem zdolności wysiłkowych badanych w miarę wydłużania się okresu roztrenowania. Sugerowane jest przeprowadzenie badań w sezonie, kiedy organizm zawodnika jest w pełni przygotowany do rytmu meczowego. Po szóste ograniczeniem może być fakt przeprowadzenia badań w godzinach popołudniowych. Wprawdzie badani zostali poinformowani o braku jakiegokolwiek aktywności fizycznej w danym dniu, niemniej jednak mogło pojawić się zmęczenie fizyczne, psychiczne (związane dodatkowo z możliwym stresem badanych) po całym dniu, co również mogło wpłynąć na osiągnięte wyniki.

Na koniec należy dodać, iż ewentualna weryfikacja mechanizmu PAPE wymagałaby dodatkowych pomiarów fizjologicznych (np. EMG, temperatura mięśni), które nie były uwzględnione w niniejszym badaniu.

5.10. Implikacje badawcze i kierunki przyszłych badań

Uzyskane wyniki wskazują na kilka kierunków przyszłych badań. Po pierwsze, zasadne wydaje się przeprowadzenie analogicznych badań u piłkarzy o różnym poziomie zaawansowania (półprofesjoniści, profesjoniści) oraz u kobiet, aby ocenić, czy obserwowane efekty są uniwersalne. Po drugie, uzasadnione będą kolejne prace mające na celu porównanie efektów interwencji po krótkich oraz dłuższych zaplanowanych wcześniej

programach treningowych. Interesujące byłoby zbadanie, czy regularne stosowanie WBV lub SQ z obciążeniem jako ćwiczeń aktywacyjnych prowadzi do kumulacji efektów lub adaptacji. Po trzecie, sugeruje się przeprowadzenie podobnych interwencji w testach COD z różnymi kątami zmiany kierunku (np. 45 stopni, 90 stopni, 135 stopni), które są charakterystyczne dla różnych sytuacji w piłce nożnej. Po czwarte, przy planowaniu kolejnych badań warto zastanowić się nad przeprowadzeniem ich w różnych okresach treningowych (np. w trakcie trwania sezonu piłkarskiego). Po piąte, przyszłe badania powinny uwzględnić bezpośrednie pomiary mechanizmów fizjologicznych (EMG, temperatura wewnątrzmięśniowa, pobudliwość motoneuronów), aby zweryfikować hipotezy dotyczące mechanizmów obserwowanych efektów.

Wnioski

Analiza wyników przeprowadzonych badań pozwala na sformułowanie następujących wniosków:

1. Obie interwencje aktywacyjne (SQ z obciążeniem i WBV) skutecznie redukują CODD w porównaniu z pomiarem wyjściowym (Baseline), zarówno w teście bez zadania kognitywnego, jak i z komponentem kognitywnym. Potwierdza to skuteczność dwóch ćwiczeń aktywacyjnych przed zadaniami wymagającymi szybkiej COD.
2. Wpływ interwencji na bezwzględne czasy wykonania testów COD jest zależny od charakteru zadania – istotne skrócenie czasu zaobserwowano jedynie w teście Y z komponentem kognitywnym, co sugeruje, że efekt aktywacyjny manifestuje się wyraźniej w zadaniach o większej złożoności sensomotorycznej.
3. WBV wykazuje przewagę nad SQ z obciążeniem w redukcji CODD w prostym teście COD (5-10-5), natomiast w teście reaktywnym (Y) dwa zastosowane ćwiczenia aktywacyjne są równie skuteczne. Obserwacja ta wskazuje na zależność względnej skuteczności interwencji od specyfiki zadania motorycznego.
4. Fazy akceleracji i zmiany kierunku w teście Y są relatywnie niezależne – korelacje między nimi są słabe i nie ulegają istotnej modyfikacji pod wpływem zastosowanych interwencji, co sugeruje, że obie fazy angażują odmienne zdolności motoryczne.
5. CODD jest bardziej czułym wskaźnikiem efektu interwencji aktywacyjnych niż bezwzględne czasy wykonania testów COD, co ma istotne implikacje metodologiczne dla przyszłych badań w tym obszarze.

Bibliografía

- Abade, E., Sampaio, J., Goncalves, B., Baptista, J., Alves, A., & Viana, J. (2017). Effects of different re-warm up activities in football players' performance. *PLoS ONE*, *12*(6), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180152>
- Ade, J., Fitzpatrick, J., & Bradley, P. S. (2016). High-intensity efforts in elite soccer matches and associated movement patterns, technical skills and tactical actions. Information for position-specific training drills. *Journal of Sports Sciences*, *34*(24), 2205–2214. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1217343>
- Aguilar, A. J., DiStefano, L. J., Brown, C. N., Herman, D. C., Guskiewicz, K. M., & Padua, D. A. (2012). A Dynamic Warm-up Model Increases Quadriceps Strength and Hamstring Flexibility. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *26*(4), 1130–1141. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31822e58b6>
- Al Attar, W. S. A., Soomro, N., Pappas, E., Sinclair, P. J., & Sanders, R. H. (2016). How Effective are F-MARC Injury Prevention Programs for Soccer Players? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, *46*(2), 205–217. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0404-x>
- Alonso-Aubin, D. A., Picón-Martínez, M., & Chulvi-Medrano, I. (2021). Strength and power characteristics in national amateur rugby players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(11). <https://doi.org/10.3390/ijerph18115615>
- Armstrong, W. J., Grinnell, D. C., & Warren, G. S. (2010). The Acute Effect of Whole-Body Vibration on the Vertical Jump Height. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *24*(10), 2835–2839. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e271cc>
- Asadi, A., Arazi, H., Young, W. B., & De Villarreal, E. S. (2016). The effects of plyometric training on change-of-direction ability: A meta-analysis. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *11*(5), 563–573. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2015-0694>
- Baechle TR, Earle RW, W. D. (2008). *Resistance training. In: Essentials of Strength Training and Conditioning. eds. Champaign, IL: Human Kinetics 2008*, 381–412.
- Barbalho, M., Gentil, P., Raiol, R., Del Vecchio, F. B., Ramirez-Campillo, R., & Coswig, V. S. (2018). Non-linear resistance training program induced power and strength but not linear sprint velocity and agility gains in young soccer players. *Sports*, *6*(2), 1–10. <https://doi.org/10.3390/sports6020043>
- Barengo, N. C., Meneses-Echávez, J. F., Ramírez-Vélez, R., Cohen, D. D., Tovar, G., & Enrique Correa Bautista, J. (2014). The impact of the fifa 11+ training program on injury prevention in football players: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *11*(11), 11986–12000. <https://doi.org/10.3390/ijerph11111986>
- Barroso, R., Silva-Batista, C., Tricoli, V., Roschel, H., & Ugrinowitsch, C. (2013). The Effects of Different Intensities and Durations of the General Warm-up on Leg Press 1RM. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *27*(4), 1009–1013. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182606cd9>

- Baudry, S., & Duchateau, J. (2007). Postactivation potentiation in a human muscle: Effect on the rate of torque development of tetanic and voluntary isometric contractions. *Journal of Applied Physiology*, *102*(4), 1394–1401. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01254.2006>
- Bedient, A. M., Adams, J. B., Edwards, D. A., Serravite, D. H., Huntsman, E., Mow, S. E., Roos, B. A., & Signorile, J. F. (2009). Displacement and Frequency for Maximizing Power Output Resulting From A Bout of Whole-Body Vibration. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *23*(6), 1683–1687. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b45bdc>
- Besier, T. F., Lloyd, D. G., Ackland, T. R., & Cochrane, J. L. (2001). Anticipatory effects on knee joint loading during running and cutting maneuvers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *33*(7), 1176–1181. <https://doi.org/10.1097/00005768-200107000-00015>
- Bevan, H. R., Cunningham, D. J., Tooley, E. P., Owen, N. J., Cook, C. J., & Kilduff, L. P. (2010). Influence of Postactivation Potentiation on Sprinting Performance in Professional Rugby Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *24*(3), 701–705. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c7b68a>
- Bianchi, M., Coratella, G., Dello Iacono, A., & Beato, M. (2019). Comparative effects of single vs. double weekly plyometric training sessions on jump, sprint and change of directions abilities of elite youth football players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *59*(6), 910–915. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.08804-7>
- Biel, P., Zubik, M., Filip-Stachnik, A., Ewertowska, P., & Krzysztofik, M. (2023). Acute effects of unilateral and bilateral conditioning activity on countermovement jump, linear speed, and muscle stiffness: A randomized crossover study. *PLoS ONE*, *18*(10 October), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0292999>
- Bizzini, M., Eiles, M., Fulcher, M., Z, H., & Dvorak, J. (2016). Injury prevention in football and the Fifa 11+. *Aspetar Sports Medicine Journal*, *5*(March), 42–49.
- Bizzini, M., Impellizzeri, F. M., Dvorak, J., Bortolan, L., Schena, F., Modena, R., & Junge, A. (2013). Physiological and performance responses to the „FIFA 11+” (part 1): Is it an appropriate warm-up? *Journal of Sports Sciences*, *31*(13), 1481–1490. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.802922>
- Blazevich, A. J., & Babault, N. (2019). Post-activation Potentiation Versus Post-activation Performance Enhancement in Humans: Historical Perspective, Underlying Mechanisms, and Current Issues. *Frontiers in Physiology*, *10*(November). <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01359>
- Bloomfield, J., Polman, R., & O’Donoghue, P. (2007). Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *Journal of Sports Science and Medicine*, *6*(1), 63–70.
- Bogaerts, A., Delecluse, C., Claessens, A. L., Coudyzer, W., Boonen, S., & Verschueren, S. M. P. (2007). Impact of whole-body vibration training versus fitness training on muscle strength and muscle mass in older men: A 1-year randomized controlled trial. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, *62*(6), 630–635. <https://doi.org/10.1093/gerona/62.6.630>
- Bompa, T., Zając, A., Waśkiewicz, Z., & Chmura, J. (2013). *Przygotowanie sprawnościowe w zespołowych grach sportowych*. AWF Katowice.

- Bosco, C., Iacovelli, M., Tsarpela, O., Cardinale, M., Bonifazi, M., Tihanyi, J., Viru, M., De Lorenzo, A., & Viru, A. (2000). Hormonal responses to whole-body vibration in men. *European Journal of Applied Physiology*, 81(6), 449–454. <https://doi.org/10.1007/s004210050067>
- Brink, N. J., Constantinou, D., & Torres, G. (2022). Postactivation performance enhancement (PAPE) of sprint acceleration performance. *European Journal of Sport Science*, 22(9), 1411–1417. <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1955012>
- Brown, L. E., & Weir, J. P. (2001). ASEP procedures recommendation I: Accurate assessment of muscular strength and power. *Journal of Exercise Physiology Online*, 4(3), 1–21.
- Brughelli, M., Cronin, J., Levin, G., & Chaouachi, A. (2008). Understanding change of direction ability in sport: A review of resistance training studies. *Sports Medicine*, 38(12), 1045–1063. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838120-00007>
- Buchheit, M. (2012). Repeated-sprint performance in team sport players: Associations with measures of aerobic fitness, metabolic control and locomotor function. *International Journal of Sports Medicine*, 33(3), 230–239. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1291364>
- Buchheit, M., Haydar, B., & Ahmaidi, S. (2012). Repeated sprints with directional changes: do angles matter? *Journal of Sports Sciences*, 30(6), 555–562. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.658079>
- Bullock, N., Martin, D. T., Ross, A., Rosemond, C. D., Jordan, M. J., & Marino, F. E. (2008). Acute effect of whole-body vibration on sprint and jumping performance in elite skeleton athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(4), 1371–1374. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816a44b5>
- Cairns, S. P., & Borrani, F. (2015). β -Adrenergic modulation of skeletal muscle contraction: Key role of excitation-contraction coupling. *Journal of Physiology*, 593(21), 4713–4727. <https://doi.org/10.1113/JP270909>
- Cardinale, M., & Bosco, C. (2003). The use of vibration as an exercise intervention. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 31(1), 3–7. <https://doi.org/10.1097/00003677-200301000-00002>
- Cardinale, M., & Wakeling, J. (2005). Whole body vibration exercise: Are vibrations good for you? *British Journal of Sports Medicine*, 39(9), 585–589. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.016857>
- Chaalali, A., Rouissi, M., Chtara, M., Owen, A., Bragazzi, N. L., Moalla, W., Chaouachi, A., Amri, M., & Chamari, K. (2016). Agility training in young elite soccer players: Promising results compared to change of direction drills. *Biology of Sport*, 33(4), 345–351. <https://doi.org/10.5604/20831862.1217924>
- Chamari, K., Hachana, Y., Ahmed, Y. B., Galy, O., Sghaïer, F., Chatard, J. C., Hue, O., & Wisløff, U. (2004). Field and laboratory testing in young elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38(2), 191–196. <https://doi.org/10.1136/bjism.2002.004374>
- Chaouachi, A., Castagna, C., Chtara, M., Brughelli, M., Turki, O., Galy, O., Chamari, K., & Behm, D. G. (2010). Effect of Warm-Ups Involving Static or Dynamic Stretching on Agility, Sprinting, and Jumping Performance in Trained Individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(8), 2001–2011.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181aeb181>

- Chaouachi, A., Chtara, M., Hammami, R., Chtara, H., Turki, O., & Castagna, C. (2014). Multidirectional Sprints and Small-Sided Games Training Effect on Agility and Change of Direction Abilities in Youth Soccer. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(11), 3121–3127. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000505>
- Chaouachi, A., Manzi, V., Chaalali, A., Wong, D. P., Chamari, K., & Castagna, C. (2012). Determinants Analysis of Change-of-Direction Ability in Elite Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(10), 2667–2676. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318242f97a>
- Chaouachi, A., Poulos, N., Abed, F., Turki, O., Brughelli, M., Chamari, K., Drinkwater, E. J., & Behm, D. G. (2011). Volume, intensity, and timing of muscle power potentiation are variable. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 36(5), 736–747. <https://doi.org/10.1139/h11-079>
- Chatzopoulos, D. E., Michailidis, C. J., Giannakos, A. K., Alexiou, K. C., Patikas, D. A., Antonopoulos, C. B., & Kotzamanidis, C. M. (2007). Postactivation Potentiation Effects After Heavy Resistance Exercise on Running Speed. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1278. <https://doi.org/10.1519/R-21276.1>
- Chen, Z.-R., Wang, Y.-H., Peng, H.-T., Yu, C.-F., & Wang, M.-H. (2013). The Acute Effect of Drop Jump Protocols With Different Volumes and Recovery Time on Countermovement Jump Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(1), 154–158. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182518407>
- Chen, Z., Lo, S., Wang, M., & Yu, C. (2017). *Can Different Complex Training Improve the Individual Phenomenon of Post-Activation Potentiation?* by. 56(March), 167–175. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0034>
- Chiu, L. Z. F., Fry, A. C., Weiss, L. W., Schilling, B. K., Brown, L. E., & Smith, S. L. (2003). Postactivation Potentiation Response in Athletic and Recreationally Trained Individuals. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 671. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2003\)017<0671:PPRIAA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2003)017<0671:PPRIAA>2.0.CO;2)
- Chmura, J. (2014). *Rozgrzewka – podstawy fizjologiczne i zastosowanie praktyczne*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL.
- Ciocca, G., Tschan, H., & Tessitore, A. (2021). Effects of Post-Activation Performance Enhancement (PAPE) Induced by a Plyometric Protocol on Deceleration Performance. *Journal of Human Kinetics*, 80(1), 5–16. <https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0085>
- Cloak, R., Lane, A., & Wyon, M. (2016). *Professional Soccer Player Neuromuscular Responses and Perceptions to Acute Whole Body Vibration Differ from Amateur Counterparts Professional Soccer Player Neuromuscular Responses and Perceptions to Acute Whole Body Vibration Differ from Amateur Counterp.* February.
- Cloak, R., Nevill, A., Smith, J., & Wyon, M. (2014). The acute effects of vibration stimulus following FIFA 11+ on agility and reactive strength in collegiate soccer players. *Journal of Sport and Health Science*, 3(4), 293–298. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.03.014>
- Cochrane, D. J. (2013). The effect of acute vibration exercise on short-distance sprinting and reactive agility. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12(3), 497–501.

- Cochrane, D. J., Legg, S. J., & Hooker, M. J. (2004). The Short-Term Effect of Whole-Body Vibration Training on Vertical Jump, Sprint, and Agility Performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(4), 828. <https://doi.org/10.1519/14213.1>
- Cochrane, D. J., North, P., & Zealand, N. (2011). *Vibration Exercise : The Potential Benefits*. 75–99.
- Cochrane, D. J., & Stannard, S. R. (2005). Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players. *British Journal of Sports Medicine*, 39(11), 860–865. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.019950>
- Cochrane, D. J., Stannard, S. R., Firth, E. C., & Rittweger, J. (2009). *Acute whole-body vibration elicits post-activation potentiation*. October. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1215-2>
- Cochrane, D. J., Stannard, S. R., Firth, E. C., & Rittweger, J. (2010). Acute whole-body vibration elicits post-activation potentiation. *European Journal of Applied Physiology*, 108(2), 311–319. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1215-2>
- Čoh, M., Vodičar, J., Žvan, M., Šimenko, J., Stodolka, J., Rauter, S., & Mačkala, K. (2018). Are Change-of-Direction Speed and Reactive Agility Independent Skills Even When Using the Same Movement Pattern? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(7), 1929–1936. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002553>
- Comyns, T. M., Harrison, A. J., Hennessy, L. K., & Jensen, R. L. (2006). The optimal complex training rest interval for athletes from anaerobic sports. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3), 471–476. <https://doi.org/10.1519/18445.1>
- Coratella, G., Beato, M., Cè, E., Scurati, R., Milanese, C., Schena, F., & Esposito, F. (2019). Effects of in-season enhanced negative work-based vs traditional weight training on change of direction and hamstrings-to-quadriceps ratio in soccer players. *Biology of Sport*, 36(3), 241–248. <https://doi.org/10.5114/biolport.2019.87045>
- Cormie, P., Deane, R. S., Triplett, N. T., & McBride, J. M. (2006). Acute effects of whole-body vibration on muscle activity, strength, and power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2), 257–261. <https://doi.org/10.1519/R-17835.1>
- Cressey, E. M., West, C. A., Tiberio, D. P., Kraemer, W. J., & Maresh, C. M. (2007). The Effects of Ten Weeks of Lower-Body Unstable Surface Training on Markers of Athletic Performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 561. <https://doi.org/10.1519/R-19845.1>
- Cronin, J. B., & Hansen, K. T. (2005). Strength and Power Predictors of Sports Speed. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 349. <https://doi.org/10.1519/14323.1>
- Crow, J. F., Buttifant, D., Kearny, S. G., & Hrysomallis, C. (2012). Low Load Exercises Targeting the Gluteal Muscle Group Acutely Enhance Explosive Power Output in Elite Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(2), 438–442. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318220dfab>
- Cuenca-Fernández, F., Smith, I. C., Jordan, M. J., MacIntosh, B. R., López-Contreras, G., Arellano, R., & Herzog, W. (2017). Nonlocalized postactivation performance enhancement (PAPE) effects in trained athletes: A pilot study. *Applied Physiology*,

- Nutrition and Metabolism*, 42(10), 1122–1125. <https://doi.org/10.1139/apnm-2017-0217>
- Cuthbert, M., Thomas, C., Dos'Santos, T., & Jones, P. A. (2019). Application of Change of Direction Deficit to Evaluate Cutting Ability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(8), 2138–2144. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002346>
- Dallas, G., Paradisis, G., Kirialanis, P., Mellos, V., Argitaki, P., & Smirniotou, A. (2015). The acute effects of different training loads of whole body vibration on flexibility and explosive strength of lower limbs in divers. *Biology of Sport*, 32(3), 235–241. <https://doi.org/10.5604/20831862.1163373>
- Dallas, G., Smirniotou, A., Tsiganos, G., Tsopani, D., Di Cagno, A., & Tsolakis, C. (2014). Acute effect of different stretching methods on flexibility and jumping performance in competitive artistic gymnasts. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 54(6), 683–690.
- de Ruiter, C. J., van der Linden, R. M., van der Zijden, M. J. A., Hollander, A. P., & de Haan, A. (2003). Short-term effects of whole-body vibration on maximal voluntary isometric knee extensor force and rate of force rise. *European Journal of Applied Physiology*, 88(4–5), 472–475. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0723-0>
- de Villarreal, E. S. S., Requena, B., & Newton, R. U. (2010). Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(5), 513–522. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.08.005>
- Delecluse, C., Roelants, M., & Verschueren, S. (2003). Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(6), 1033–1041. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000069752.96438.B0>
- Dellal, A., Keller, D., Carling, C., Chaouachi, A., Wong, D. P., & Chamari, K. (2010). Physiologic Effects of Directional Changes in Intermittent Exercise in Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(12), 3219–3226. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b94a63>
- 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. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1458400>
- Di Iorio, F., Cesarelli, M., Bifulco, P., Fratini, A., Roveda, E., & Ruffo, M. (2005). The Effect of Whole Body Vibration on Oxygen Uptake and Electromyographic Signal of the Rectus Femoris Muscle during Static and Dynamic Squat. *Journal of Exercise Physiology*, 8(1), 11–25.
- Docherty, D., & Hodgson, M. J. (2007). The application of postactivation potentiation to elite sport. *International journal of sports physiology and performance*, 2(4), 439–444. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2.4.439>
- Dos'Santos, T., Thomas, C., Comfort, P., & Jones, P. A. (2018). The Effect of Angle and Velocity on Change of Direction Biomechanics: An Angle-Velocity Trade-Off. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(10), 2235–2253. <https://doi.org/10.1007/S40279-018-0968-3>
- Dos'Santos, T., Thomas, C., Jones, P. A., & Comfort, P. (2019). Assessing Asymmetries in Change of Direction Speed Performance: Application of Change of Direction Deficit.

-
- Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(11), 2953–2961.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002438>
- Dugdale, J. H., Sanders, D., & Hunter, A. M. (2020). Reliability of Change of Direction and Agility Assessments in Youth Soccer Players. *Sports (Basel, Switzerland)*, 8(4).
<https://doi.org/10.3390/SPORTS8040051>
- Esformes, J. I., Cameron, N., & Bampouras, T. M. (2010). Postactivation Potentiation Following Different Modes of Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(7), 1911–1916. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181dc47f8>
- Falch, H. N., Rædergård, H. G., & Tillaar, R. Van Den. (2019). *Effect of Different Physical Training Forms on Change of Direction Ability : a Systematic Review and Meta-analysis*.
- Falch, H. N., Rædergård, H. G., & Van Den Tillaar, R. (2020). Relationship of performance measures and muscle activity between a 180° change of direction task and different countermovement jumps. *Sports*, 8(4). <https://doi.org/10.3390/sports8040047>
- Faude, O., Koch, T., & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *Journal of Sports Sciences*, 30(7), 625–631. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.665940>
- Fauth, M. L., Petushek, E. J., Feldmann, C. R., Hsu, B. E., Garceau, L. R., Lutsch, B. N., & Ebben, W. P. (2010). Reliability of Surface Electromyography During Maximal Voluntary Isometric Contractions, Jump Landings, and Cutting. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(4), 1131–1137. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cc2353>
- Feros, S. A., Young, W. B., Rice, A. J., & Talpey, S. W. (2012). The Effect of Including a Series of Isometric Conditioning Contractions to the Rowing Warm-Up on 1,000-M Rowing Ergometer Time Trial Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(12), 3326–3334. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182495025>
- Fiorilli, G., Mitrotasios, M., Iuliano, E., Pistone, E. M., Aquino, G., Calcagno, G., & Di Cagno, A. (2017). Agility and change of direction in soccer: Differences according to the player ages. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(12), 1597–1604. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.16.06562-2>
- Fletcher, I. M., & Monte-Colombo, M. M. (2010). An Investigation into the Effects of Different Warm-Up Modalities on Specific Motor Skills Related to Soccer Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(8), 2096–2101. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e312db>
- Fradkin, A. J., Zazryn, T. R., & Smoliga, J. M. (2010). Effects of Warming-up on Physical Performance: A Systematic Review With Meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1), 140–148. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c643a0>
- Freitas, T. T., Pereira, L. A., Alcaraz, P. E., Arruda, A. F. S., Guerriero, A., Azevedo, P. H. S. M., & Loturco, I. (2019). Influence of strength and power capacity on change of direction speed and deficit in elite team-sport athletes. *Journal of Human Kinetics*, 68(1), 167–176. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0069>
- Gabbett, T. J. (2007). Physiological and anthropometric characteristics of elite women rugby league players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 875–881.

<https://doi.org/10.1519/R-20466.1>

- Gabbett, T. J., Kelly, J. N., & Sheppard, J. M. (2008). Speed, Change of Direction Speed, and Reactive Agility of Rugby League Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(1), 174–181. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31815ef700>
- Gamble, P. (2006). Periodization of training for team sports athletes. *Strength and Conditioning Journal*, 28(5), 56–66. <https://doi.org/10.1519/00126548-200610000-00009>
- Gannon, E. A., Stokes, K. A., & Trewartha, G. (2016). Strength and power development in professional rugby union players over a training and playing season. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(3), 381–387. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0337>
- Garbisu-Hualde, A., & Santos-Concejero, J. (2021). Post-Activation Potentiation in Strength Training: A Systematic Review of the Scientific Literature. *Journal of Human Kinetics*, 78(1), 141–150. <https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0034>
- Gerakaki, M. E., Evangelidis, P. E., Tziortzis, S., & Paradisis, G. P. (2013). Acute effects of dynamic whole body vibration in well trained track & field sprinters. *Journal of Physical Education and Sport*, 13(3), 270–277. <https://doi.org/10.7752/jpes.2013.03045>
- Gil, S. M., Zabala-Lili, J., Bidaurrezaga-Letona, I., Aduna, B., Lekue, J. A., Santos-Concejero, J., & Granados, C. (2014). Talent identification and selection process of outfield players and goalkeepers in a professional soccer club. *Journal of Sports Sciences*, 32(20), 1931–1939. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.964290>
- 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(1), 95–106. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0197>
- Gomes Neto, M., Conceição, C. S., De Lima Brasileiro, A. J. A., De Sousa, C. S., Carvalho, V. O., & De Jesus, F. L. A. (2017). Effects of the FIFA 11 training program on injury prevention and performance in football players: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, 31(5), 651–659. <https://doi.org/10.1177/0269215516675906>
- González-Alonso, J., Quistorff, B., Krstrup, P., Bangsbo, J., & Saltin, B. (2000). Heat production in human skeletal muscle at the onset of intense dynamic exercise. *Journal of Physiology*, 524(2), 603–615. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2000.00603.x>
- Gourgoulis, V., Aggeloussis, N., Kasimatis, P., Mavromatis, G., & Garas, A. (2003). Effect of a Submaximal Half-Squats Warm-up Program on Vertical Jumping Ability. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(2), 342. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2003\)017<0342:EOASHW>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2003)017<0342:EOASHW>2.0.CO;2)
- Gouvêa, A. L., Fernandes, I. A., César, E. P., Silva, W. A. B., & Gomes, P. S. C. (2013). The effects of rest intervals on jumping performance: A meta-analysis on post-activation potentiation studies. *Journal of Sports Sciences*, 31(5), 459–467. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.738924>
- Green, B. S., Blake, C., & Caulfield, B. M. (2011). A Comparison of Cutting Technique Performance in Rugby Union Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(10), 2668–2680. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318207ed2a>

- Grooms, D. R., Palmer, T., Onate, J. A., Myer, G. D., & Grindstaff, T. (2013). Soccer-specific warm-up and lower extremity injury rates in collegiate male soccer players. *Journal of Athletic Training*, 48(6), 782–789. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-48.4.08>
- Guggenheimer, J. D., Dickin, D. C., Reyes, G. F., & Dolny, D. G. (2009). The Effects of Specific Preconditioning Activities on Acute Sprint Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(4), 1135–1139. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318191892e>
- Hader, K., Mendez-Villanueva, A., Palazzi, D., Ahmaidi, S., & Buchheit, M. (2016). Metabolic power requirement of change of direction speed in young soccer players: Not all is what it seems. *PLoS ONE*, 11(3), 1–21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149839>
- Hader, K., Palazzi, D., & Buchheit, M. (2015). Change of direction speed in soccer: How much braking is enough? *Kinesiology*, 47(1), 67–74.
- Hammami, A., Ksarsaid, P. E., Zois, J., Slimani, M., & Russell, M. (2016). *The efficacy , and characteristics , of warm-up and re-warm-up practices in soccer players : a systematic review Running head: Warm-up and re-warm-up in soccer players. October.* <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.16.06806-7>
- Hammami, A., Zois, J., Slimani, M., 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), 135–149. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.16.06806-7>
- Hancock, A. P., Sparks, K. E., & Kullman, E. L. (2015). Postactivation Potentiation Enhances Swim Performance in Collegiate Swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(4), 912–917. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000744>
- Hazell, T. J., Jakobi, J. M., & Kenno, K. A. (2007). The effects of whole-body vibration on upper- and lower-body EMG during static and dynamic contractions. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 32(6), 1156–1163. <https://doi.org/10.1139/H07-116>
- Henry, G., Dawson, B., Lay, B., & Young, W. (2011). Validity of a Reactive Agility Test for Australian Football. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(4), 534–545. <https://doi.org/10.1123/ijssp.6.4.534>
- Hewett, T. E., Ford, K. R., Hoogenboom, B. J., & Myer, G. D. (2010). Understanding and preventing acl injuries: current biomechanical and epidemiologic considerations - update 2010. *North American journal of sports physical therapy : NAJSPT*, 5(4), 234–251.
- Hodgson, M., Docherty, D., & Robbins, D. (2005). Post-Activation Potentiation. *Sports Medicine*, 35(7), 585–595. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535070-00004>
- Hoffman, J. R., Ratamess, N. A., Cooper, J. J., Kang, J., Chilakos, A., & Faigenbaum, A. D. (2005). Comparison of Loaded and Unloaded Jump Squat Training on Strength/Power Performance in College Football Players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(4), 810. <https://doi.org/10.1519/R-16774.1>
- Impellizzeri, F. M., Bizzini, M., Dvorak, J., Pellegrini, B., Schena, F., & Junge, A. (2013). Physiological and performance responses to the FIFA 11+ (part 2): A randomised controlled trial on the training effects. *Journal of Sports Sciences*, 31(13), 1491–1502. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.802926>

- Ingle, L., Sleaf, M., & Tolfrey, K. (2006). The effect of a complex training and detraining programme on selected strength and power variables in early pubertal boys. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 987–997. <https://doi.org/10.1080/02640410500457117>
- Jeffriess, M. D., Schultz, A. B., McGann, T. S., Callaghan, S. J., & Lockie, R. G. (2015). Effects of preventative ankle taping on planned change-of-direction and reactive agility performance and ankle muscle activity in basketballers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 14(4), 864–876.
- 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), 345–349. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2003\)017<0345:KAOCTR>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2003)017<0345:KAOCTR>2.0.CO;2)
- Jones, P., Bampouras, T. M., & Marrin, K. (2009). An investigation into the physical determinants of change of direction speed. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 49(1), 97–104.
- Jones, P., & Lees, A. (2003). A Biomechanical Analysis of the Acute Effects of Complex Training Using Lower Limb Exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 694–700. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2003\)017<0694:ABAOTA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2003)017<0694:ABAOTA>2.0.CO;2)
- Juhari, F., Ritchie, D., O'Connor, F., Pitchford, N., Weston, M., Thornton, H. R., & Bartlett, J. D. (2018). The quantification of within-week session intensity, duration, and intensity distribution across a season in Australian football using the session rating of perceived exertion method. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(7), 940–946. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0626>
- Keiner, M., Sander, A., Wirth, K., Caruso, O., Immesberger, P., & Zawieja, M. (2013). Strength Performance in Youth. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(2), 357–362. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182576fbf>
- Kerschman-Schindl, K., Grampp, S., Henk, C., Resch, H., Preisinger, E., Fialka-Moser, V., & Imhof, H. (2001). Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume. *Clinical Physiology*, 21(3), 377–382. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2281.2001.00335.x>
- Khamoui, A. V., Brown, L. E., Coburn, J. W., Judelson, D. A., Uribe, B. P., Nguyen, D., Tran, T., Eurich, A. D., & Noffal, G. J. (2009). Effect of Potentiating Exercise Volume on Vertical Jump Parameters in Recreationally Trained Men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(5), 1465–1469. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a5bcdd>
- Kilduff, L. P., Owen, N., Bevan, H., Bennett, M., Kingsley, M. I. C., & Cunningham, D. (2008). Influence of recovery time on post-activation potentiation in professional rugby players. *Journal of Sports Sciences*, 26(8), 795–802. <https://doi.org/10.1080/02640410701784517>
- Kontou, E. I., Berberidou, F. T., Pilianidis, T. C., Mantzouranis, N. I., & Methenitis, S. K. (2018). Acute Effect of Upper and Lower Body Postactivation Exercises on Shot Put Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(4), 970–982. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001982>
- Król, P., Piecha, M., Slomka, K., Sobota, G., & Polak, A. (2014). *The Effect of Whole-Body Vibration Frequency and Amplitude on the Myoelectric Activity of Vastus Medialis and*

- Vastus Lateralis The effect of whole-body vibration frequency and amplitude on the myoelectric activity of vastus medialis and vastus lateralis. March 2011.*
- Kurt, C. (2015). Alternative to traditional stretching methods for flexibility enhancement in well-trained combat athletes: Local vibration versus whole-body vibration. *Biology of Sport*, 32(3), 225–233. <https://doi.org/10.5604/20831862.1150305>
- Kurt, C., & Pekünlü, E. (2015). Acute effect of whole body vibration on isometric strength, squat jump, and flexibility in well-trained combat athletes. *Biology of Sport*, 32(2), 115–122. <https://doi.org/10.5604/20831862.1134558>
- Kutlu, M., Yapici, H., Yoncalik, O., & Çelik, S. (2012). Comparison of a new test for agility and skill in soccer with other agility tests. *Journal of Human Kinetics*, 33(1), 143–150. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0053-1>
- Lim, J. J. H., & Kong, P. W. (2013). Effects of Isometric and Dynamic Postactivation Potentiation Protocols on Maximal Sprint Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(10), 2730–2736. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182815995>
- Little, T., & Williams, A. G. (2005). Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 76–78. <https://doi.org/10.1519/14253.1>
- Little, T., & Williams, A. G. (2006). Effects of differential stretching protocols during warm-ups on high-speed motor capacities in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(1), 203–207. <https://doi.org/10.1519/R-16944.1>
- Lockie, R. G., Farzad, J., Orjalo, A. J., Giuliano, D. V., Moreno, M. R., & Wright, G. A. (2017). A Methodological Report: Adapting the 505 Change-of-Direction Speed Test Specific to American Football. *Journal of strength and conditioning research*, 31(2), 539–547. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001490>
- Lockie, R. G., Jay Dawes, J., & Callaghan, S. J. (2020). Lower-body power, linear speed, and change-of-direction speed in Division I collegiate women's volleyball players. *Biology of sport*, 37(4), 423–428. <https://doi.org/10.5114/BIOLSPORT.2020.96944>
- Lockie, R. G., Lazar, A., Davis, D. S. L., & Moreno, M. R. (2018). Effects of Postactivation Potentiation on Linear and Change-of-Direction Speed: Analysis of the Current Literature and Applications for the Strength and Conditioning Coach. *Strength and Conditioning Journal*, 40(1), 75–91. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000277>
- Lockie, R. G., Schultz, A. B., Callaghan, S. J., Jeffriess, M. D., & Simon, P. (2013). *Reliability and Validity of a New Test of Change-of-Direction Speed for Field- Based Sports : the Change-of-Direction and Acceleration Test (CODAT)*. March, 88–96.
- Lockie, R. G., Schultz, A. B., Callaghan, S. J., Jordan, C. A., Luczo, T. M., & Jeffriess, M. D. (2015). A preliminary investigation into the relationship between functional movement screen scores and athletic physical performance in female team sport athletes. *Biology of Sport*, 32(1), 41–51. <https://doi.org/10.5604/20831862.1127281>
- Lohman, E. B., Petrofsky, J. S., Maloney-Hinds, C., Betts-Schwab, H., & Thorpe, D. (2007). The effect of whole body vibration on lower extremity skin blood flow in normal subjects. *Medical Science Monitor*, 13(2), 71–76.

- Loturco, I., A. Pereira, L., T. Freitas, T., E. Alcaraz, P., Zanetti, V., Bishop, C., & Jeffreys, I. (2019). Maximum acceleration performance of professional soccer players in linear sprints: Is there a direct connection with change-of-direction ability? *PLOS ONE*, *14*(5), e0216806. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216806>
- Loturco, I., Jeffreys, I., Abad, C. C. C., Kobal, R., Zanetti, V., Pereira, L. A., & Nimphius, S. (2020). Change-of-direction, speed and jump performance in soccer players: a comparison across different age-categories. *Journal of Sports Sciences*, *38*(11–12), 1279–1285. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1574276>
- Loturco, I., Nimphius, S., Kobal, R., Bottino, A., Zanetti, V., Pereira, L. A., & Jeffreys, I. (2018). Change-of direction deficit in elite young soccer players: The limited relationship between conventional speed and power measures and change-of-direction performance. *German Journal of Exercise and Sport Research*, *48*(2), 228–234. <https://doi.org/10.1007/s12662-018-0502-7>
- Loturco, I., Pereira, L. A., Kobal, R., Zanetti, V., Kitamura, K., Abad, C. C. C., & Nakamura, F. Y. (2015). Transference effect of vertical and horizontal plyometrics on sprint performance of high-level U-20 soccer players. *Journal of Sports Sciences*, *33*(20), 2182–2191. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1081394>
- Loturco, I., Pereira, L. A., Moraes, J. E., Kitamura, K., Abad, C. C. C., Kobal, R., & Nakamura, F. Y. (2017). Jump-squat and half-squat exercises: Selective influences on speed-power performance of elite rugby sevens players. *PLoS ONE*, *12*(1), 1–11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170627>
- Lovell, R., Midgley, A., Barrett, S., Carter, D., & Small, K. (2013). Effects of different half-time strategies on second half soccer-specific speed, power and dynamic strength. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, *23*(1), 105–113. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01353.x>
- Low, D., Harsley, P., Shaw, M., & Peart, D. (2015). The effect of heavy resistance exercise on repeated sprint performance in youth athletes. *Journal of Sports Sciences*, *33*(10), 1028–1034. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.979857>
- Luo, J., McNamara, B., & Moran, K. (2005). The use of vibration training to enhance muscle strength and power. *Sports Medicine*, *35*(1), 23–41. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535010-00003>
- MacIntosh, B. R., Robillard, M. E., & Tomaras, E. K. (2012). Should postactivation potentiation be the goal of your warm-up? *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, *37*(3), 546–550. <https://doi.org/10.1139/H2012-016>
- MacIntosh, B. R., & Willis, J. C. (2000). Force-frequency relationship and potentiation in mammalian skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, *88*(6), 2088–2096. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.88.6.2088>
- Makuch, R., Oślizło, M., Mucha, D., & Pałka, T. (2022). *Warm-up in football - theoretical and practical aspects. Vademecum for teachers of physical education and football coaches.* Sciendo. <https://doi.org/10.2478/9788367405027>
- Maloney, S. J., Turner, A. N., & Fletcher, I. M. (2014). Ballistic Exercise as a Pre-Activation Stimulus: A Review of the Literature and Practical Applications. *Sports Medicine*, *44*(10),

1347–1359. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0214-6>

- Mangus, B. C., Takahashi, M., Mercer, J. A., Holcomb, W. R., McWhorter, J. W., & Sanchez, R. (2006). Investigation of Vertical Jump Performance After Completing Heavy Squat Exercises. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *20*(3), 597. <https://doi.org/10.1519/R-18005.1>
- Marín, P. J., & Rhea, M. R. (2010). Effects of Vibration Training on Muscle Strength: A Meta-Analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *24*(2), 548–556. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c09d22>
- Markovic, G., Jukic, I., Milanovic, D., & Metikos, D. (2007). Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *21*(2), 543–549. <https://doi.org/10.1519/R-19535.1>
- Markovic, G., & Mikulic, P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports Medicine*, *40*(10), 859–895. <https://doi.org/10.2165/11318370-000000000-00000>
- Martínez-Cava, A., Morán-Navarro, R., Sánchez-Medina, L., González-Badillo, J. J., & Pallarés, J. G. (2019). Velocity- and power-load relationships in the half, parallel and full back squat. *Journal of Sports Sciences*, *37*(10), 1088–1096. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1544187>
- Masamoto, N., Larson, R., Gates, T., & Faigenbaum, A. (2003). Acute effects of plyometric exercise on maximum squat performance in male athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *17*(1), 68–71. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2003\)017<0068:AEOPEO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2003)017<0068:AEOPEO>2.0.CO;2)
- Matthews, M. J., Matthews, H. P., & Snook, B. (2004). The acute effects of a resistance training warmup on sprint performance. *Research in Sports Medicine*, *12*(2), 151–159. <https://doi.org/10.1080/15438620490460503>
- Mayo, M., Seijas, R., & Álvarez, P. (2014). Structured neuromuscular warm-up for injury prevention in young elite football players. *Revista Espanola de Cirugia Ortopedica y Traumatologia*, *58*(6), 336–342. <https://doi.org/10.1016/j.recot.2014.05.008>
- McBride, J. M., NIMPHIUS, S., & ERICKSON, T. M. (2005). the Acute Effects of Heavy-Load Squats and Loaded Countermovement Jumps on Sprint Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *19*(4), 893–897. <https://doi.org/10.1519/00124278-200511000-00029>
- McBride, J. M., Nuzzo, J. L., Dayne, A. M., Israetel, M. A., Nieman, D. C., & Triplett, N. T. (2010). Effect of an Acute Bout of Whole Body Vibration Exercise on Muscle Force Output and Motor Neuron Excitability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *24*(1), 184–189. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31819b79cf>
- McCann, M. R., & Flanagan, S. P. (2010). The Effects of Exercise Selection and Rest Interval on Postactivation Potentiation of Vertical Jump Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *24*(5), 1285–1291. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d6867c>
- McCormick, B. (2014). the Relationship Between Lateral Movement and Power in Female Adolescent Basketball Play. *Arena-Journal of Physical Activities*, *0*(3), 13–26.

- McFarland, I. T., Dawes, J. J., Elder, C. L., & Lockie, R. G. (2016). Relationship of Two Vertical Jumping Tests to Sprint and Change of Direction Speed among Male and Female Collegiate Soccer Players. *Sports (Basel, Switzerland)*, 4(1). <https://doi.org/10.3390/SPORTS4010011>
- McLean, S. G., Lipfert, S. W., & Van Den Bogert, A. J. (2004). Effect of gender and defensive opponent on the biomechanics of sidestep cutting. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(6), 1008–1016. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000128180.51443.83>
- Meylan, C., McMaster, T., Cronin, J., Mohammad, N. I., Rogers, C., & DeKlerk, M. (2009). Single-Leg Lateral, Horizontal, and Vertical Jump Assessment: Reliability, Interrelationships, and Ability to Predict Sprint and Change-of-Direction Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(4), 1140–1147. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318190f9c2>
- Miarka, B., Del Vecchio, F. B., & Franchini, E. (2011). Acute Effects and Postactivation Potentiation in the Special Judo Fitness Test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2), 427–431. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181bf43ff>
- Milanović, Z., Sporiš, G., Trajković, N., James, N., & Šamija, K. (2013). Effects of a 12 week SAQ training programme on agility with and without the ball among young soccer players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12(1), 97–103.
- Mohr, M., Krustup, P., Nybo, L., Nielsen, J. J., & Bangsbo, J. (2004). Muscle temperature and sprint performance during soccer matches - Beneficial effect of re-warm-up at half-time. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 14(3), 156–162. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2004.00349.x>
- Munro, L. A., Stannard, S. R., Fink, P. W., & Foskett, A. (2017). Potentiation of sprint cycling performance: the effects of a high-inertia ergometer warm-up. *Journal of Sports Sciences*, 35(14), 1442–1450. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1215492>
- Naylor, J., Greig, M., & Uk, A. (2015). *A hierarchical model of factors influencing a battery of agility tests CORE View metadata, citation and similar papers at core.*
- Needham, R. A., Morse, C. I., & Degens, H. (2009). The Acute Effect of Different Warm-up Protocols on Anaerobic Performance in Elite Youth Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(9), 2614–2620. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b1f3ef>
- Negra, Y., Chaabene, H., Hammami, M., Amara, S., Sammoud, S., Mkaouer, B., & Hachana, Y. (2017). Agility in Young Athletes: Is It a Different Ability From Speed and Power? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(3), 727–735. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001543>
- Negrete, R., & Brophy, J. (2000). The relationship between isokinetic open and closed chain lower extremity strength and functional performance. *Journal of Sport Rehabilitation*, 9(1), 46–61. <https://doi.org/10.1123/jsr.9.1.46>
- Nimphius, S., Callaghan, S. J., Bezodis, N. E., Lockie, R. G., Sciences, H., Sports, A., & Kingdom, U. (2018). *Change of Direction and Agility Tests : Challenging Our Current Measures of Performance*. 40(1), 26–38.
- Nimphius, S., Callaghan, S. J., Spiteri, T., & Lockie, R. G. (2016). Change of Direction Deficit:

- A More Isolated Measure of Change of Direction Performance Than Total 505 Time. *Journal of strength and conditioning research*, 30(11), 3024–3032. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001421>
- Nimphius, S., Geib, G., Spiteri, T., & Carlisle, D. (2013). „Change of direction deficit” measurement in Division I American football players. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 21(2), 115–117.
- Nimphius, S., Mcguigan, M. R., & Newton, R. U. (2010). Relationship Between Strength, Power, Speed, and Change of Direction Performance of Female Softball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(4), 885–895. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d4d41d>
- Nuhu, A., Jelsma, J., Dunleavy, K., & Burgess, T. (2021). Effect of the FIFA 11+ soccer specific warm up programme on the incidence of injuries: A cluster-randomised controlled trial. *PLoS ONE*, 16(5 May), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251839>
- Okuno, N. M., Tricoli, V., Silva, S. B. C., Bertuzzi, R., Moreira, A., & Kiss, M. A. P. D. M. (2013). Postactivation Potentiation on Repeated-Sprint Ability in Elite Handball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 662–668. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31825bb582>
- Orjalo, A. J., Lockie, R. G., Balfany, K., & Callaghan, S. J. (2020). The Effects of Lateral Bounds on Post-Activation Potentiation of Change-of-Direction Speed Measured by the 505 Test in College-Aged Men and Women. *Sports*, 8(5), 71. <https://doi.org/10.3390/sports8050071>
- Osawa, Y., & Oguma, Y. (2013). Effects of vibration on flexibility: A meta-analysis. *Journal of Musculoskeletal Neuronal Interactions*, 13(4), 442–453.
- Owoeye, O. B. A., Akinbo, S. R. A., Tella, B. A., & Olawale, O. A. (2014). Efficacy of the FIFA 11+ Warm-Up Programme in Male Youth Football: A Cluste...: EBSCOhost. *Journal of Sports Science and Medicine*, December 2013, 321–328.
- Papla, M., Ewertowska, P., & Krzysztofik, M. (2023). Acute Effects of Complex Conditioning Activities on Athletic Performance and Achilles Tendon Stiffness in Male Basketball Players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 22(2), 281–287. <https://doi.org/10.52082/jssm.2023.281>
- Papla, M., Krzysztofik, M., Wojdala, G., Rocznik, R., & Oslizlo, M. (2020). *Relationships between Linear Sprint, Lower-Body Power Output and Change of Direction Performance in Elite Soccer Players*. August. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176119>
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & González-Badillo, J. J. (2014). Effect of movement velocity during resistance training on neuromuscular performance. *International Journal of Sports Medicine*, 35(11), 916–924. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1363985>
- Paul, D. J., Gabbett, T. J., & Nassis, G. P. (2016). Agility in Team Sports: Testing, Training and Factors Affecting Performance. *Sports Medicine*, 46(3), 421–442. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0428-2>
- Paule, K., Madole, K., Garhammer, J., Lacourse, M., & Rozenek, R. (2000). Reliability and Validity of the T-Test as a Measure of Agility, Leg Power, and Leg Speed in College-

- Aged Men and Women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(4), 443–450. <https://doi.org/10.1519/00124278-200011000-00012>
- Petisco, C., Ramirez-campillo, R., Hernández, D., Gonzalo-skok, O., Nakamura, F. Y., Sanchez-sanchez, J., Gonzalez-rave, J. M., & Sanchez-sanchez, J. (2019). *Post-activation Potentiation: Effects of Different Conditioning Intensities on Measures of Physical Fitness in Male Young Professional Soccer Players*. 10(June), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01167>
- Pienaar, C. (2013). The acute effect of whole body vibration (WBV) training on power-related measurements of field hockey players. *African Journal for Physical, Health Education, Recreation and Dance*, 16(4). <https://doi.org/10.4314/ajpherd.v16i4.64089>
- Pojksic, H., Pagaduan, J., Uzicanin, E., Babajic, F., Muratovic, M., & Tomljanovic, M. (2015). *Acute Effects of Loaded Whole Body Vibration Training on Performance*. 6(1), 4–10. <https://doi.org/10.5812/asjism.24054>
- Polman, R., Walsh, D., Bloomfield, J., & Nesti, M. (2004). Effective conditioning of female soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 22(2), 191–203. <https://doi.org/10.1080/02640410310001641458>
- Poulos, N., Chaouachi, A., Buchheit, M., Slimani, D., Haff, G. G., & Newton, R. U. (2018). Complex training and countermovement jump performance across multiple sets: Effect of back squat intensity. *Kinesiology*, 50(2018), 75–89.
- Prieske, O., Behrens, M., Chaabene, H., Granacher, U., & Maffiuletti, N. A. (2020). Time to Differentiate Postactivation “Potentiation” from “Performance Enhancement” in the Strength and Conditioning Community. *Sports Medicine*, 50(9), 1559–1565. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01300-0>
- Rædergård, H. G., Falch, H. N., & Tillaar, R. Van Den. (2020). Effects of Strength vs. Plyometric Training on Change of Direction Performance in Experienced Soccer Players. *Sports (Basel, Switzerland)*, 8(11), 1–20. <https://doi.org/10.3390/SPORTS8110144>
- Rahimi, R. (2014). *Rahimi R. (2007). The acute effects of heavy versus light-load Squats on sprint performance. Facta Univ: Phys Educ Sport, 5 (2): 163-169 THE ACUTE EFFECTS OF HEAVY VERSUS LIGHT-LOAD SQUATS ON SPRINT PERFORMANCE Rahman Rahimi. 5(June 2007), 163–169.*
- Ramirez-Campillo, R., Alvarez, C., Gentil, P., Loturco, I., Sanchez-Sanchez, J., Izquierdo, M., Moran, J., Nakamura, F. Y., Chaabene, H., & Granacher, U. (2020). Sequencing Effects of Plyometric Training Applied Before or After Regular Soccer Training on Measures of Physical Fitness in Young Players. *Journal of strength and conditioning research*, 34(7), 1959–1966. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002525>
- Ramírez-Campillo, R., Burgos, C. H., Henríquez-Olguín, C., Andrade, D. C., Martínez, C., Álvarez, C., Castro-Sepúlveda, M., Marques, M. C., & Izquierdo, M. (2015). Effect of Unilateral, Bilateral, and Combined Plyometric Training on Explosive and Endurance Performance of Young Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(5), 1317–1328. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000762>
- Reilly, T., Bangsbo, J., & Franks, A. (2000). Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *Journal of Sports Sciences*, 18(9), 669–683.

<https://doi.org/10.1080/02640410050120050>

- Requena, B., González-Badillo, J. J., Villareal, E. S. S. de, Erelina, J., García, I., Gapeyeva, H., & Pääsuke, M. (2009). Functional Performance, Maximal Strength, and Power Characteristics in Isometric and Dynamic Actions of Lower Extremities in Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(5), 1391–1401. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a4e88e>
- Requena, B., Sáez-Sáez de Villarreal, E., Gapeyeva, H., Erelina, J., García, I., & Pääsuke, 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. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181be31aa>
- Ribeiro, B., Pereira, A., Alves, A. R., Neves, P. P., Marques, M. C., Marinho, D. A., & Neiva, H. P. (2021). Specific warm-up enhances movement velocity during bench press and squat resistance training. *Journal of Men's Health*, 17(4), 226–233. <https://doi.org/10.31083/jomh.2021.069>
- Ritchie, D., Hopkins, W. G., Buchheit, M., Cordy, J., & Bartlett, J. D. (2016). Quantification of Training and Competition Load Across a Season in an Elite Australian Football Club. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(4), 474–479. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0294>
- Rittweger, J. (2010). Vibration as an exercise modality: How it may work, and what its potential might be. *European Journal of Applied Physiology*, 108(5), 877–904. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1303-3>
- Rittweger, J., Mutschelknauss, M., & Felsenberg, D. (2003). Acute changes in neuromuscular excitability after exhaustive whole body vibration exercise as compared to exhaustion by squatting exercise. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 23(2), 81–86. <https://doi.org/10.1046/j.1475-097X.2003.00473.x>
- Rittweger, J., Schiessl, H., & Felsenberg, D. (2001). Oxygen uptake during whole-body vibration exercise: Comparison with squatting as a slow voluntary movement. *European Journal of Applied Physiology*, 86(2), 169–173. <https://doi.org/10.1007/s004210100511>
- Robbins, D. W. (2005). Postactivation Potentiation and Its Practical Applicability: A Brief Review. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 453. <https://doi.org/10.1519/R-14653.1>
- Rønnestad, B. R. (2004). Comparing the Performance-Enhancing Effects of Squats on a Vibration Platform With Conventional Squats in Recreationally Resistance-Trained Men. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(4), 839. <https://doi.org/10.1519/14573.1>
- Rønnestad, B. R. (2009). Acute Effects of Various Whole-Body Vibration Frequencies on Lower-Body Power in Trained and Untrained Subjects. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(4), 1309–1315. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318199d720>
- Rønnestad, B. R., & Ellefsen, S. (2011). The Effects of Adding Different Whole-Body Vibration Frequencies to Preconditioning Exercise on Subsequent Sprint Performance.

-
- Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(12), 3306–3310. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318215f298>
- Rønnestad, B. R., Holden, G., Samnøy, L. E., & Paulsen, G. (2012). Acute Effect of Whole-Body Vibration on Power, One-Repetition Maximum, and Muscle Activation in Power Lifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(2), 531–539. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318220d9bb>
- Rosler, R., Verhagen, E., Rommers, N., Dvorak, J., Junge, A., Lichtenstein, E., Donath, L., & Faude, O. (2019). Comparison of the „11+ Kids” injury prevention programme and a regular warmup in children’s football (soccer): A cost effectiveness analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 53(5), 309–314. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099395>
- Russell, M., West, D. J., Harper, L. D., Cook, C. J., & Kilduff, L. P. (2015). Half-Time Strategies to Enhance Second-Half Performance in Team-Sports Players: A Review and Recommendations. *Sports Medicine*, 45(3), 353–364. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0297-0>
- Saez Saez de Villarreal, E., González-Badillo, J. J., & Izquierdo, M. (2007). Optimal warm-up stimuli of muscle activation to enhance short and long-term acute jumping performance. *European Journal of Applied Physiology*, 100(4), 393–401. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0440-9>
- Salaj, S., & Markovic, G. (2011). Specificity of Jumping, Sprinting, and Quick Change-of-Direction Motor Abilities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1249–1255. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181da77df>
- Sale, D. (2004). Postactivation potentiation: role in performance The role of postactivation potentiation in enhancement of strength and speed performance requires further research. *British Medical Journal*, 30, 138–143. <https://doi.org/10.1136/bjism.2004.003392>
- Sammoud, S., Bouguezzi, R., Negra, Y., & Chaabene, H. (2021). The Reliability and Sensitivity of Change of Direction Deficit and Its Association with Linear Sprint Speed in Prepubertal Male Soccer Players. *Journal of functional morphology and kinesiology*, 6(2). <https://doi.org/10.3390/JFMK6020041>
- Sanchez-sanchez, J., Rodriguez, A., & Petisco, C. (2018). *Effects of Different Post-Activation Potentiation Warm-Ups on Repeated Sprint Ability in Soccer Players from Different Competitive Levels by*. 61(March), 189–197. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0131>
- Sasaki, S., Nagano, Y., Kaneko, S., Sakurai, T., & Fukubayashi, T. (2011). The relationship between performance and trunk movement during change of direction. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10(1), 112–118.
- Sayers, M. G. L. (2015). Influence of Test Distance on Change of Direction Speed Test Results. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(9), 2412–2416. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001045>
- Scanlan, A. T., Madueno, M. C., Guy, J. H., Giamarelos, K., Spiteri, T., & Dalbo, V. J. (2021). Measuring Decrement in Change-of-Direction Speed Across Repeated Sprints in Basketball: Novel vs. Traditional Approaches. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(3), 841–845. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002792>

- Seitz, L. B., de Villarreal, E. S., & Haff, G. G. (2014). The Temporal Profile of Postactivation Potentiation Is Related to Strength Level. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(3), 706–715. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a73ea3>
- Sekulic, D., Spasic, M., Mirkov, D., Cavar, M., & Sattler, T. (2013). Gender-Specific Influences of Balance, Speed, and Power on Agility Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 802–811. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31825c2cb0>
- Serpell, B. G., Ford, M., & Young, W. B. (2010). The Development of a New Test of Agility for Rugby League. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(12), 3270–3277. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b60430>
- Serpell, B. G., Young, W. B., & Ford, M. (2011). Are the Perceptual and Decision-Making Components of Agility Trainable? A Preliminary Investigation. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1240–1248. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d682e6>
- Shalfawi, S. A. I., Haugen, T., Jakobsen, T. A., Enoksen, E., & Tønnessen, E. (2013). The Effect of Combined Resisted Agility and Repeated Sprint Training Vs. Strength Training on Female Elite Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(11), 2966–2972. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31828c2889>
- Sharma, S. K., Raza, S., Moiz, J. A., Verma, S., Naqvi, I. H., Anwer, S., & Alghadir, A. H. (2018). Postactivation Potentiation Following Acute Bouts of Plyometric versus Heavy-Resistance Exercise in Collegiate Soccer Players. *BioMed Research International*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/3719039>
- Sheppard, J., & Young, W. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 919–932. <https://doi.org/10.1080/02640410500457109>
- Sheppard, M. J., Young, W. B., & Doyle, T. L.A., Sheppard, T. A., Newton, R. U. (2006). An evaluation of a new test of reactive agility and its relationship to sprint speed and change of direction speed. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9(4), 342–349. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2006.05.019>
- Sibley, B. A., Etnier, J. L., & Le Masurier, G. C. (2006). Effects of an acute bout of exercise on cognitive aspects of stroop performance. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 28(3), 285–299. <https://doi.org/10.1123/jsep.28.3.285>
- Silva, L. M., Neiva, H. P., Marques, M. C., Izquierdo, M., & Marinho, D. A. (2018). Effects of Warm-Up, Post-Warm-Up, and Re-Warm-Up Strategies on Explosive Efforts in Team Sports: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 48(10), 2285–2299. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0958-5>
- Silvers-Granelli, H., Mandelbaum, B., Adeniji, O., Insler, S., Bizzini, M., Pohlig, R., Junge, A., Snyder-Mackler, L., & Dvorak, J. (2015). Efficacy of the FIFA 11+ Injury Prevention Program in the Collegiate Male Soccer Player. *The American Journal of Sports Medicine*, 43(11), 2628–2637. <https://doi.org/10.1177/0363546515602009>
- Simpson, A., Waldron, M., Cushion, E., & Tallent, J. (2021). Optimised force-velocity training during pre-season enhances physical performance in professional rugby league players. *Journal of sports sciences*, 39(1), 91–100.

<https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1805850>

- Słomka, K. (2015). *Wpływ wysiłków o charakterze siłowym oraz wytrzymałościowym na przejawy kinestetycznego różnicowania*. AWF Katowice.
- Smith, C. E., Hannon, J. C., McGladrey, B., Shultz, B., Eisenman, P., & Lyons, B. (2014). The effects of a postactivation potentiation warm-up on subsequent sprint performance. *Human Movement, 15*(1), 36–44. <https://doi.org/10.2478/humo-2013-0050>
- Sole, C. J., Moir, G. L., Davis, S. E., & Witmer, C. A. (2013). Mechanical Analysis of the Acute Effects of a Heavy Resistance Exercise Warm-Up on Agility Performance in Court-Sport Athletes. *Journal of Human Kinetics, 39*(1), 147–156. <https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0077>
- Soligard, T., Myklebust, G., Steffen, K., Holme, I., Silvers, H., Bizzini, M., Junge, A., Dvorak, J., Bahr, R., & Andersen, T. E. (2009). Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: Cluster randomised controlled trial. *BMJ (Online), 338*(7686), 95–99. <https://doi.org/10.1136/bmj.a2469>
- Spiteri, T., Cochrane, J. L., Hart, N. H., Haff, G. G., & Nimphius, S. (2013). Effect of strength on plant foot kinetics and kinematics during a change of direction task. *European Journal of Sport Science, 13*(6), 646–652. <https://doi.org/10.1080/17461391.2013.774053>
- Spiteri, T., Cochrane, J. L., & Nimphius, S. (2012). Human stimulus reliability during an offensive and defensive agility protocol. *Journal of Australian Strength and Conditioning, 20*(4), 20–27.
- Spiteri, T., Newton, R. U., Binetti, M., Hart, N. H., Sheppard, J. M., & Nimphius, S. (2015). Mechanical Determinants of Faster Change of Direction and Agility Performance in Female Basketball Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research, 29*(8), 2205–2214. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000876>
- Spiteri, T., Nimphius, S., Hart, N. H., Specos, C., Sheppard, J. M., & Newton, R. U. (2014). Contribution of Strength Characteristics to Change of Direction and Agility Performance in Female Basketball Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research, 28*(9), 2415–2423. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000547>
- Sporis, G., Vuleta, D., Vuleta Jr, D., M. D. (2010). Fitness profiling in handball: physical and physiological characteristics of elite players. *Coll Antropol., Sep;34*(3):1009-14.
- Sporis, G., Jukic, I., & Sampedro, J. (2014). *THE EFFECT OF AGILITY TRAINING*. April.
- Spurrier, D. (2019). Critically appraised paper: The 11+ Kids' warm-up program performed at least once a week reduces severe and lower extremity injuries in children playing football [commentary]. *Journal of Physiotherapy, 65*(1), 53. <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2018.10.001>
- Steffen, K., Emery, C. A., Romiti, M., Kang, J., Bizzini, M., Dvorak, J., Finch, C. F., & Meeuwisse, W. H. (2013). High adherence to a neuromuscular injury prevention programme (FIFA 11+) improves functional balance and reduces injury risk in Canadian youth female football players: A cluster randomised trial. *British Journal of Sports Medicine, 47*(12), 794–802. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091886>
- Suarez-Arrones, L., Gonzalo-Skok, O., Carrasquilla, I., Asián-Clemente, J., Santalla, A., Lara-

- Lopez, P., & Núñez, F. J. (2020). Relationships between change of direction, sprint, jump, and squat power performance. *Sports*, 8(3), 7–9. <https://doi.org/10.3390/sports8030038>
- Taylor, J. M., Cunningham, L., Hood, P., Thorne, B., Irvin, G., & Weston, M. (2019). The reliability of a modified 505 test and change-of-direction deficit time in elite youth football players. *Science and Medicine in Football*, 3(2), 157–162. <https://doi.org/10.1080/24733938.2018.1526402>
- 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. <https://doi.org/10.2165/00007256-200939020-00004>
- Titton, A., & Franchini, E. (2017). *Postactivation potentiation in elite young soccer players. April*. <https://doi.org/10.12965/jer.1734912.456>
- Tobin, D. P., & Delahunt, E. (2014). The Acute Effect of a Plyometric Stimulus on Jump Performance in Professional Rugby Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(2), 367–372. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318299a214>
- Towson, C., Midgley, A. W., & Lovell, R. (2013). Warm-up strategies of professional soccer players: Practitioners' perspectives. *Journal of Sports Sciences*, 31(13), 1393–1401. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.792946>
- Trajković, N., Milanović, Z., Sporis, G., Milić, V., & Stanković, R. (2012). The Effects of 6 Weeks of Preseason Skill-Based Conditioning on Physical Performance in Male Volleyball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(6), 1475–1480. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318231a704>
- Tramel, W., Lockie, R. G., Lindsay, K. G., & Dawes, J. J. (2019). Associations between absolute and relative lower body strength to measures of power and change of direction speed in division ii female volleyball players. *Sports*, 7(7). <https://doi.org/10.3390/sports7070160>
- Trecroci, A., Longo, S., Perri, E., Iaia, F. M., & Alberti, G. (2019). Field-based physical performance of elite and sub-elite middle-adolescent soccer players. *Research in Sports Medicine*, 27(1), 60–71. <https://doi.org/10.1080/15438627.2018.1504217>
- Trecroci, A., Milanović, Z., Rossi, A., Broggi, M., Formenti, D., & Alberti, G. (2016). Agility profile in sub-elite under-11 soccer players: is SAQ training adequate to improve sprint, change of direction speed and reactive agility performance? *Research in Sports Medicine*, 24(4), 331–340. <https://doi.org/10.1080/15438627.2016.1228063>
- Turner, A. P., Bellhouse, S., Kilduff, L. P., & Russell, M. (2015). Postactivation Potentiation of Sprint Acceleration Performance Using Plyometric Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(2), 343–350. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000647>
- Ulrich, G., & Parstorfer, M. (2017). Effects of plyometric versus concentric and eccentric conditioning contractions on upper-body postactivation potentiation. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(6), 736–741. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0278>
- van den Tillaar, R. (2006). Will Whole-Body Vibration Training Help Increase the Range of Motion of the Hamstrings? *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(1), 192. <https://doi.org/10.1519/R-17064.1>

- Vandenboom, R. (2017). Modulation of skeletal muscle contraction by myosin phosphorylation. *Comprehensive Physiology*, 7(1), 171–212. <https://doi.org/10.1002/cphy.c150044>
- Vera-Assaoka, T., Ramirez-Campillo, R., Alvarez, C., Garcia-Pinillos, F., Moran, J., Gentil, P., & Behm, D. (2020). Effects of Maturation on Physical Fitness Adaptations to Plyometric Drop Jump Training in Male Youth Soccer Players. *Journal of strength and conditioning research*, 34(10), 2760–2768. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000003151>
- Vescovi, J. D., & McGuigan, M. R. (2008). Relationships between sprinting, agility, and jump ability in female athletes. *Journal of Sports Sciences*, 26(1), 97–107. <https://doi.org/10.1080/02640410701348644>
- Watts, D. (2015). A brief review on the role of maximal strength in change of direction speed. *J. Aust. Strength Cond.*, 23(2), 100–108.
- 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(3), 726–730. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181660899>
- Whelan, N., O'Regan, C., & Harrison, A. J. (2014). Resisted Sprints Do Not Acutely Enhance Sprinting Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(7), 1858–1866. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000000357>
- Wilson, J. M. C., Duncan, N. M., Marin, P. J., Brown, L. E., Loenneke, J. P., Wilson, S. M. C., Jo, E., Lowery, R. P., & Ugrinowitsch, C. (2013). Meta-Analysis of Postactivation Potentiation and Power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 854–859. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31825c2bdb>
- Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38(3), 285–288. <https://doi.org/10.1136/bjism.2002.002071>
- Woods, K., Bishop, P., & Jones, E. (2007). Warm-up and stretching in the prevention of muscular injury. *Sports Medicine*, 37(12), 1089–1099. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737120-00006>
- Wrzos, J. (2006). *Wielki futbol*. Oficyna Wydawnicza G&P.
- Wu, C. C., Wang, M. H., Chang, C. Y., Hung, M. H., Wang, H. H., Chen, K. C., Ger, T. R., & Lin, K. C. (2021). The acute effects of whole body vibration stimulus warm-up on skill-related physical capabilities in volleyball players. *Scientific Reports*, 1–7. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-85158-w>
- Wyon, M., Guinan, D., & Hawkey, A. (2010). Whole-Body Vibration Training Increases Vertical Jump Height in a Dance Population. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3), 866–870. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c7c640>
- Yang, W., Chou, L., Chen, W., Shiang, T., & Liu, C. (2017). Dual-frequency whole body vibration enhances vertical jumping and change-of-direction ability in rugby players. *Journal of Sport and Health Science*, 6(3), 346–351. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2015.12.009>

- 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), 159–165. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31815f958d>
- Young, W. B., & Farrow, D. (2006). A review of agility: Practical applications for strength and conditioning. *Strength and Conditioning Journal*, 28(5), 24–29. <https://doi.org/10.1519/00126548-200610000-00004>
- Young, W. B., McDowell, M. H., & Scarlett, B. J. (2001). Specificity of Sprint and Agility Training Methods. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(3), 315–319. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2001\)015<0315:SOSAAT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2001)015<0315:SOSAAT>2.0.CO;2)
- Young, W. B., & Rogers, N. (2014). Effects of small-sided game and change-of-direction training on reactive agility and change-of-direction speed. *Journal of Sports Sciences*, 32(4), 307–314. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.823230>
- Young, W., James, R., & Montgomery, I. (2002). Is muscle power related to running speed with changes of direction? *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42(3), 282–288.
- Yu, B., & Garrett, W. E. (2007). Mechanisms of non-contact ACL injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 41(SUPPL. 1), 47–51. <https://doi.org/10.1136/bjism.2007.037192>
- Zajac, A., & Chmura, J. (2016). *Współczesny system szkolenia w zespołowych grach sportowych*. AWF Katowice.
- Zois, J., Bishop, D., & Aughey, R. (2015). High-intensity warm-ups: Effects during subsequent intermittent exercise. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(4), 498–503. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0338>
- Zois, J., Bishop, D. J., Ball, K., & Aughey, R. J. (2011). High-intensity warm-ups elicit superior performance to a current soccer warm-up routine. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14(6), 522–528. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2011.03.012>

Spis rycin

Rycina 1. Struktura rozgrzewki FIFA 11+.....	42
Rycina 2. Schemat przebiegu testu 5-10-5.....	44
Rycina 3. Schemat przebiegu testu Y.....	44
Rycina 4. Rozkład indywidualnych wyników dla zmiennej 10m_1 w teście 5-10-5 oraz średnie wartości i 95% przedziały ufności.....	50
Rycina 5. Rozkład indywidualnych wyników dla zmiennej 10m_2 w teście 5-10-5 oraz średnie wartości i 95% przedziały ufności.....	50
Rycina 6. Rozkład indywidualnych wyników dla zmiennej 20m w teście 5-10-5 oraz średnie wartości i 95% przedziały ufności.....	51
Rycina 7. Rozkład indywidualnych wyników dla CODD 10m_1_def oraz średnie wartości i 95% przedziały ufności.....	52
Rycina 8. Rozkład indywidualnych wyników dla CODD 10m_2_def oraz średnie wartości i 95% przedziały ufności.....	53
Rycina 9. Rozkład indywidualnych wyników dla CODD 20m_def oraz średnie wartości i 95% przedziały ufności.....	53
Rycina 10. Rozkład indywidualnych wyników dla zmiennej Y_5m_1 oraz średnie wartości i 95% przedziały ufności.....	55
Rycina 11. Rozkład indywidualnych wyników dla zmiennej Y_5m_2 oraz średnie wartości i 95% przedziały ufności.....	55
Rycina 12. Rozkład indywidualnych wyników dla zmiennej Y_10m oraz średnie wartości i 95% przedziały ufności.....	56
Rycina 13. Rozkład indywidualnych wyników dla CODD Y_10m_def oraz średnie wartości i 95% przedziały ufności.....	56
Rycina 14. Wykres korelacji między czasem pierwszej (Y_5m_1), a drugiej części testu Y (Y_5m_2) po warunku Baseline z histogramami rozkładu zmiennych, linią regresji i 95% przedziałami ufności.....	59
Rycina 15. Wykres korelacji między czasem pierwszej (Y_5m_1_W), a drugiej części testu Y (Y_5m_2_W) po SQ z obciążeniem z histogramami rozkładu zmiennych, linią regresji i 95% przedziałami ufności.....	60

Rycina 16. Wykres korelacji między czasem pierwszej ($Y_{5m_1_V}$), a drugiej części testu Y ($Y_{5m_2_V}$) po WBV z histogramami rozkładu zmiennych, linią regresji i 95% przedziałami ufności.....60

Spis tabel

Tabela 1. Charakterystyka grupy badanej.....	38
Tabela 2. Wyniki analizy wariancji z powtarzanymi pomiarami dla testu 5-10-5 bez zadania kognitywnego (N = 26).....	47
Tabela 3. Statystyki opisowe dla testu 5-10-5 bez zadania kognitywnego (N = 26).....	48
Tabela 4. Porównania post-hoc z 95% przedziałami ufności dla testu 5-10-5 (N = 26).....	49
Tabela 5. Wyniki analizy wariancji dla CODD w teście 5-10-5 (N = 26).....	49
Tabela 6. Statystyki opisowe dla CODD w teście 5-10-5 (N = 26).....	50
Tabela 7. Porównania post-hoc z 95% przedziałami ufności dla CODD w teście 5-10-5 (N = 26).....	51
Tabela 8. Wyniki analizy wariancji dla testu Y z zadaniem kognitywnym (N = 26).....	52
Tabela 9. Statystyki opisowe dla testu Y z zadaniem kognitywnym (N = 26).....	53
Tabela 10. Porównania post-hoc z 95% przedziałami ufności dla testu Y (N = 26).....	54
Tabela 11. Wyniki testu normalności Shapiro-Wilka i wybór testu korelacji (N = 26).....	55
Tabela 12. Wyniki analizy korelacji między Y_5m_1, a Y_5m_2 w poszczególnych warunkach (N = 26).....	56
Tabela 13. Porównanie siły korelacji między warunkami eksperymentalnymi (test Fishera).....	100

Porównanie efektów jednorazowego ćwiczenia aktywacyjnego w postaci przysiadów z obciążeniem i wibracji całego ciała na osiągnięte wyniki zmian kierunku biegu u piłkarzy nożnych na średnim poziomie zaawansowania sportowego

Streszczenie

Współczesny futbol wymaga od zawodników wykonywania złożonych i różnorodnych czynności motorycznych, takich jak gwałtowne zmiany kierunku biegu (ang. *change of direction*, COD), sprinty, wyskoki do piłki, a także precyzyjne podania i strzały. Przysiady z obciążeniem (ang. *squats*, SQ) oraz wibracje całego ciała (ang. *whole body vibration*, WBV) mogą być wykorzystywane jako ćwiczenia aktywacyjne, co – przy zastosowaniu w odpowiednich warunkach – może przekładać się na zwiększenie siły eksplozywnej oraz poprawę wydajności motorycznej. W praktyce zastosowanie wspomnianych ćwiczeń aktywacyjnych u piłkarzy powinno umożliwić lepsze przygotowanie zawodników do dynamicznych sytuacji boiskowych, takich jak sprinty czy COD w trakcie gry.

Mając na uwadze powyższe, celem niniejszej pracy było porównanie efektów jednorazowego ćwiczenia aktywacyjnego SQ z obciążeniem oraz WBV na wyniki testów COD u piłkarzy o średnim poziomie zaawansowania sportowego. Badanie miało na celu określenie, czy dwa zastosowane ćwiczenia aktywacyjne przyniosą korzystniejsze rezultaty w zadaniach motorycznych wymagających szybkiej COD w porównaniu z pomiarem wyjściowym (Baseline), a także wskazanie ćwiczenia aktywacyjnego potencjalnie bardziej efektywnego. Uzyskane wyniki mogą okazać się przydatne dla trenerów, fizjoterapeutów oraz samych zawodników, dążących do maksymalizacji wyników sportowych i minimalizacji ryzyka urazów.

W badaniu uczestniczyło 26 półprofesjonalnych piłkarzy, na co dzień występujących w niższych klasach rozgrywkowych (wiek: $19,80 \pm 3,2$ lat; wysokość ciała: $186,98 \pm 12,98$ cm; masa ciała: $82,28 \pm 22,28$ kg). Po przeprowadzeniu rozgrzewki FIFA 11+ zawodnicy wykonywali bieg na dystansie 40 m po linii prostej oraz testy COD, tj. test 5-10-5 bez zadania kognitywnego oraz test Y z zadaniem kognitywnym. Pomiary realizowano podczas pomiaru wyjściowego (Baseline), po interwencji w postaci SQ z obciążeniem oraz po zastosowaniu WBV.

W sesji eksperymentalnej poprzedzonej SQ z obciążeniem uczestnicy przed każdym testem biegowym wykonywali dwie serie przysiadów po 2–3 powtórzenia z indywidualnie dobranym obciążeniem wynoszącym 85% jednokrotnego maksymalnego powtórzenia (1RM).

Przerwa pomiędzy seriami wynosiła półtora minuty, natomiast czas odpoczynku po drugiej serii ćwiczeń, przed rozpoczęciem testów biegowych, wynosił siedem minut. W sesji eksperymentalnej poprzedzonej WBV parametry wibracji ustawiono na częstotliwość 60 Hz oraz amplitudę 4 mm. Zrealizowano dwie serie wibracji, z przerwą 30 sekund pomiędzy nimi, przy czasie trwania pojedynczej serii wynoszącym 60 sekund. Czas przerwy po drugiej serii wibracji przed testami biegowymi również wynosił siedem minut.

Do uzyskania parametrów niezbędnych do analizy wykorzystano następujące narzędzia badawcze i sprzęt: system fotokomórek SmartSpeed, platformę wibracyjną Fitvibe 600 oraz sztangę z obciążeniem. System SmartSpeed umożliwiał rejestrację czasów uzyskiwanych w testach biegowych na wyznaczonych odcinkach, które były automatycznie zapisywane w przygotowanych wcześniej protokołach badawczych.

W teście COD 5-10-5 bez zadania kognitywnego nie stwierdzono istotnego efektu zastosowanych interwencji, wobec czego hipoteza H1 nie została potwierdzona. W odniesieniu do deficytu zmiany kierunku biegu (ang. *change of direction deficit*, CODD) obie interwencje skutecznie redukowały wartość CODD w porównaniu z pomiarem wyjściowym. Analiza przedziałów ufności dla różnic między interwencjami nie obejmowała zera (dla 10m_1_def: 95% CI [0,003; 0,082] oraz dla 20m_def: 95% CI [0,005; 0,109]), co wskazuje na umiarkowaną przewagę interwencji WBV nad SQ z obciążeniem w zakresie redukcji CODD dla zmiennych 10m_1_def i 20m_def.

W teście COD z zadaniem kognitywnym (test Y) zastosowane ćwiczenia aktywacyjne – SQ z obciążeniem oraz WBV – przyniosły porównywalne efekty. W obu przypadkach zaobserwowano istotne skrócenie czasu wykonania testu Y w porównaniu z pomiarem wyjściowym we wszystkich analizowanych zmiennych, co potwierdza hipotezę H2. Wbrew oczekiwaniom nie stwierdzono silniejszego efektu po zastosowaniu WBV. Ponadto obie interwencje istotnie redukowały CODD w porównaniu z Baseline ($\approx 0,14$ s), przy porównywalnych wielkościach efektu ($d \approx 0,65$), również bez przewagi WBV.

Zaobserwowane rozbieżności pomiędzy wynikami testów mogą wynikać z odmiennej specyfiki realizowanych zadań motorycznych. W teście 5-10-5 WBV może skuteczniej aktywować mechanizmy neurofizjologiczne odpowiedzialne za szybką COD w prostszym schemacie ruchowym. Z kolei w teście Y, zawierającym komponent decyzyjny (wybór kierunku na podstawie bodźca wzrokowego), zastosowane ćwiczenia aktywacyjne mogą być stosowane zamiennie, wykazując porównywalną skuteczność poprzez podobne mechanizmy aktywacyjne. WBV wykazuje przewagę nad SQ z obciążeniem w redukcji CODD w prostym teście 5-10-5, natomiast w teście reaktywnym Y obie ćwiczenia są równie efektywne.

We wszystkich warunkach eksperymentalnych korelacja pomiędzy czasem pierwszej (Y_{5m_1}), a drugiej części testu Y (Y_{5m_2}) była słaba i nieistotna statystycznie (Baseline: $r = 0,137$, $p = 0,505$; SQ: $\rho = 0,296$, $p = 0,143$; WBV: $\rho = 0,220$, $p = 0,280$), wobec czego hipoteza H3 nie została potwierdzona. Test Fishera nie wykazał istotnych różnic w sile korelacji pomiędzy warunkami (wszystkie $p > 0,05$). Warto jednak odnotować, że – wbrew intuicyjnym oczekiwaniom – najsilniejszą (choć nadal słabą) korelację zaobserwowano po SQ z obciążeniem, a nie po WBV.

Comparison of the effects of a single activation exercise in the form of weighted squats and whole-body vibration on change of direction performance in intermediate-level soccer players

Summary

Modern football requires players to perform complex and diverse motor tasks, such as rapid changes of direction (COD), sprints, jumps for the ball, as well as precise passes and shots. Squats with additional load (SQ) and whole-body vibration (WBV) can be used as activation exercises, which—when applied under appropriate conditions—may enhance explosive strength and improve motor performance. In practice, the use of these activation exercises in football players is expected to better prepare athletes for dynamic on-field situations, such as sprints or COD during gameplay.

Considering the above, the aim of this study was to compare the effects of a single activation session using SQ with additional load and WBV on COD test performance in semi-professional football players of intermediate skill level. The study sought to determine whether the two activation exercises would provide superior results in motor tasks requiring rapid COD compared to baseline measurements and to identify the potentially more effective activation exercise. The results may be useful for coaches, physiotherapists, and athletes seeking to maximize sports performance while minimizing injury risk.

Twenty-six semi-professional football players, competing in lower-tier leagues (age: 19.80 ± 3.2 years; height: 186.98 ± 12.98 cm; body mass: 82.28 ± 22.28 kg), participated in the study. Following the FIFA 11+ warm-up, participants performed a 40-meter straight-line sprint and COD tests, including the 5–10–5 test without a cognitive component and the Y-test with a cognitive component. Measurements were taken at baseline, after SQ intervention, and following WBV.

In the SQ session, participants performed two sets of 2–3 repetitions of squats with individually selected loads corresponding to 85% of one-repetition maximum (1RM), with a 90-second rest between sets and a seven-minute rest after the second set before performing the sprint tests. In the WBV session, vibration parameters were set at 60 Hz frequency and 4 mm amplitude. Two sets of 60 seconds each were performed, with 30 seconds of rest between sets and a seven-minute rest after the second set before testing.

Data were collected using the SmartSpeed photocell system, the Fitvibe 600 vibration platform, and a loaded barbell. The SmartSpeed system allowed automatic recording of sprint times over designated distances, which were logged in pre-prepared research protocols.

In the 5–10–5 COD test without a cognitive component, no significant effect of the interventions was observed, and hypothesis H1 was not confirmed. However, both interventions effectively reduced the change of direction deficit (CODD) compared to baseline. Confidence interval analysis for differences between interventions did not include zero (10m_1_def: 95% CI [0.003; 0.082]; 20m_def: 95% CI [0.005; 0.109]), indicating a moderate advantage of WBV over SQ in reducing CODD for the 10m_1_def and 20m_def variables.

In the COD test with a cognitive component (Y-test), both activation exercises—SQ and WBV—produced comparable effects. Significant reductions in Y-test completion times were observed compared to baseline for all analyzed variables, confirming hypothesis H2. Contrary to expectations, no stronger effect of WBV was observed. Both interventions also significantly reduced CODD compared to baseline (≈ 0.14 s), with comparable effect sizes ($d \approx 0.65$) and no superiority of WBV.

Differences between test results may be explained by the distinct characteristics of the motor tasks. In the 5–10–5 test, WBV may more effectively activate neurophysiological mechanisms responsible for rapid COD in a simpler movement pattern. In contrast, in the Y-test, which includes a decision-making component (direction choice based on visual stimuli), both activation exercises can be used interchangeably, showing similar effectiveness through comparable activation mechanisms. WBV demonstrates an advantage over SQ in reducing CODD in the simple 5–10–5 test, whereas both exercises are equally effective in the reactive Y-test.

Across all experimental conditions, the correlation between the first (Y_5m_1) and second parts (Y_5m_2) of the Y-test was weak and not statistically significant (Baseline: $r = 0.137$, $p = 0.505$; SQ: $\rho = 0.296$, $p = 0.143$; WBV: $\rho = 0.220$, $p = 0.280$), and hypothesis H3 was not confirmed. Fisher's test revealed no significant differences in correlation strength between conditions (all $p > 0.05$). Interestingly, contrary to intuitive expectations, the strongest (though still weak) correlation was observed after SQ rather than WBV.