

Akademia Wychowania Fizycznego

im. Jerzego Kukuczki w Katowicach

mgr Jakub Jarosz

**WPLYW MIĘDZYWYSIŁKOWEGO OGRANICZENIA PRZEPŁYWU
KRWI NA PRĘDKOŚĆ SZTANGI PODCZAS WYCISKANIA LEŻĄC
NA ŁAWCE POZIOMEJ**

Autoreferat rozprawy na stopień doktora nauk o kulturze fizycznej

PROMOTOR:

dr hab. Michał Wilk prof. AWF Katowice

KATOWICE 2023

Spis treści

Wprowadzenie	3
1. Problem badawczy.....	5
1.1. Cel pracy.....	7
1.2. Hipotezy badawcze	8
2. Materiał i metody badawcze.....	9
2.1. Charakterystyka badanych.....	9
2.2. Sesja zapoznawcza i test jednego powtórzenia maksymalnego (1RM).....	10
2.3. Sesja eksperymentalna	11
2.4. Procedura ograniczenia przepływu krwi (BFR)	12
2.5. Metody i narzędzia pomiarowe.....	12
2.6. Narzędzia analizy statystycznej	13
3. Wyniki badań.....	14
3.1. Analizy statystyczne dla średniej prędkości sztangi MV [m/s]	14
3.2. Analiza wartości przyrostów (delta) w odniesieniu do serii pierwszej dla średniej prędkości sztangi MV [m/s].....	15
3.3. Analizy statystyczne dla szczytowej prędkości sztangi PV [m/s]	16
3.4. Analiza wartości przyrostów (delta) w odniesieniu do serii pierwszej dla szczytowej prędkości sztangi PV [m/s]	17
4. Wnioski.....	19

Wprowadzenie

Zaobserwowany w ostatnich latach gwałtowny postęp badawczy w dziedzinie treningu sportowego, doprowadził do znowelizowania procesu szkolenia sportowego. Narastająca komercjalizacja oraz dążenie do maksymalizacji wyników sportowych, skłoniła badaczy do opracowania innowacyjnych środków i metod treningowych ukierunkowanych na rozwój zdolności motorycznych, do których należą m.in.: siła, moc mięśniowa, szybkość, zwinność, gibkość oraz wytrzymałość tlenowa i beztlenowa (Berthelot i wsp. 2015; Kataoka i wsp. 2021). Najnowsze doniesienia naukowe zwracają szczególną uwagę na rolę kształtowania siły mięśniowej, która jest istotnym elementem budowy formy sportowej w wielu dyscyplinach sportowych (Maestroni i wsp. 2020). Trening z wykorzystaniem oporu zewnętrznego od lat wykorzystywany jest przez trenerów i specjalistów w profilaktyce urazów zawodnika, protokołach rehabilitacyjnych oraz w dążeniu do poprawy wszechstronnej i specjalistycznej sprawności fizycznej zawodnika (DiNubile 1991). Analiza literatury pozwala wnioskować, iż poziom siły mięśniowej, jest ściśle związany z osiąganymi wynikami sportowymi (ACSM 2009). Kształtowanie siły i mocy mięśniowej za pomocą treningu oporowego wymaga kontrolowania wielu zmiennych treningowych, takich jak: intensywność i objętość treningowa, częstotliwość, rodzaj i kolejność wykonywanych ćwiczeń, tempo wykonywanej czynności ruchowej, oraz czas przerwy wypoczynkowej pomiędzy seriami (Schoenfeld i wsp. 2017a,b; Grgic i wsp. 2018; Nunes i wsp. 2021; Wilk i wsp. 2021a).

W celu poprawy wyników sportowych, a także kontroli bieżących postępów oraz uniknięcia efektu przetrenowania i stagnacji, zawodnicy i trenerzy wykorzystują różnego rodzaju alternatywne (dla tradycyjnego treningu oporowego) metody treningowe oraz innowacyjne urządzenia pomiarowe wspomagające proces treningowy m.in.: elektromiografię powierzchniową (sEMG – surface electromyography), platformy dynamograficzne czy przybory treningowe takie jak: urządzenia pneumatyczne lub kompresyjne ograniczające przepływ krwi w poszczególnych obszarach mięśniowych (Marocolo i wsp. 2018). Jedną z metod treningowych zyskujących coraz większe zainteresowanie wśród trenerów i zawodników jest metoda ograniczonego przepływu krwi (BFR - blood flow restriction), która może być stosowana praktycznie podczas każdej formy wysiłku fizycznego. BFR wywoływane jest za pomocą nadmuchiwanym mankietów lub opasek uciskowych. Mankiet lub opaska uciskowa zakładana jest wokół proksymalnych części kończyn górnych lub dolnych (Loenneke i wsp. 2012a), co w konsekwencji wpływa na zmniejszenie przepływu krwi tętniczej i zamknięcie przepływu krwi żyłnej (Wilk i wsp. 2018b). BFR spowodowane przez mankiet jest

bezpieczne i łatwe do praktycznego zastosowania (Marocolo i wsp. 2018). Początkowo BFR było wykorzystywane w rehabilitacji, przede wszystkim w sytuacjach, w których pacjent nie był w stanie stosować treningu oporowego o wysokiej intensywności (Hughes i wsp. 2017; Domingos i Polito 2018; Neto i wsp. 2018; Patterson i wsp. 2019). Do tej pory analizowano wykorzystanie BFR w połączeniu z treningiem oporowym o niskiej intensywności w takich dyscyplinach sportu jak: pływanie (Marocolo i wsp. 2015; Ferreira i wsp. 2016), lekkoatletyka (Sabino-Carvalho i wsp. 2017), czy kolarstwo (Paradis-Deschênes i wsp. 2016). Powyższe badania koncentrowały się na wpływie BFR na poprawę wytrzymałości siłowej, natomiast w dalszym ciągu przeprowadzono niewiele badań dotyczących oceny wpływu stosowanego BFR w połączeniu z treningiem oporowym o wysokiej intensywności (Rawska i wsp. 2019; Gepfert i wsp. 2021).

Dodatkowo, pomimo że stosowanie BFR w treningu oporowym jest coraz bardziej powszechne, to w obecnie dostępnej literaturze próżno jest szukać publikacji naukowych przedstawiających precyzyjne zalecenia dotyczące treningu oporowego z wykorzystaniem różnych metod stosowania BFR w kształtowaniu siły i mocy mięśniowej. Dlatego rozważania podjęte w niniejszej dysertacji mają na celu rozszerzyć poziom dotychczasowej wiedzy z zakresu treningu BFR oraz pomóc w zoptymalizowaniu metod treningu oporowego z BFR.

1. Problem badawczy

W obecnej literaturze trening z wykorzystaniem BFR jest nadal szeroko badany zarówno pod kątem wpływu BFR na poprawę wyników sportowych, ale także z uwagi na bezpieczeństwo oraz praktyczne zastosowanie BFR w protokołach treningowych (Marocolo i wsp. 2015, 2018; Gepfert i wsp. 2020; Jarosz i wsp. 2021; Wilk i wsp. 2021b; Schwiete i wsp. 2021). Patterson i wsp. (2019) opracowali zalecenia treningowe dotyczące stosowania BFR w treningu oporowym w celu wywołania adaptacji mięśniowej (wzrostu siły i hipertrofii mięśniowej). Sugerują one stosowanie: wartości ciśnienia mankietów w zakresie 40-80%AOP, obciążenia zewnętrznego wynoszącego 20-40%1RM, zastosowania zróżnicowanych szerokości mankietów 5-18cm oraz przerwy wypoczynkowej pomiędzy seriami trwającej 30-60 sek. Natomiast rekomendacje te są nieprecyzyjne, z uwagi na brak odniesienia do stosowania metody międzywysiłkowego BFR w ramach treningu oporowego, gdyż uwzględniają tylko metodę ciągłego i przerywanego BFR. Dodatkowo zalecenia treningowe opracowane przez Pattersona i wsp. (2019) nie obejmują oceny poziomu zmian generowanej prędkości sztangi, co stanowi również istotne ograniczenie. W dostępnej literaturze naukowej próżno jest szukać optymalnych parametrów treningowych z BFR dotyczących: stosowania metody międzywysiłkowego BFR, wartości optymalnego ciśnienia ucisku mankietów oraz zakresu stosowania obciążenia zewnętrznego, gdy celem jest natychmiastowy wzrost generowanej mocy i prędkości sztangi. (Incognito i wsp. 2016; Wilk i wsp. 2018b; Jarosz i wsp. 2021; Wilk i wsp. 2021b).

W dwóch badaniach podjęto się oceny wpływu metody międzywysiłkowego BFR na natychmiastowe zmiany w generowanej prędkości sztangi podczas ćwiczeń oporowych angażujących górną część ciała. Zarówno w badaniu Jarosza i wsp. (2021) oraz Wilka i wsp. (2021b) zanotowano istotny wzrost generowanej prędkości sztangi w warunkach BFR z 80%AOP w porównaniu do grupy kontrolnej (bez BFR), co potwierdza ogromny potencjał stosowania tego typu metody BFR. Jednakże czynnikiem różnicującym oba protokoły, a mającym istotny wpływ na poziom generowanej mocy i prędkości sztangi podczas treningu oporowego z BFR, jest wartość stosowanego obciążenia zewnętrznego. W badaniu Jarosza i wsp. (2021) zastosowano protokół z progresywnym obciążeniem zewnętrznym 20-90%1RM i 80%AOP, w którym uzyskano wzrost generowanej mocy i prędkości sztangi z obciążeniem zewnętrznym wynoszącym 20 i 50%1RM. Jednakże podczas stosowania obciążeń zewnętrznych powyżej 60%1RM nie zanotowano istotnych różnic. Natomiast w badaniu Wilka i wsp. (2021b) podczas stosowania stałego obciążenia zewnętrznego

wynoszącego 60%1RM i 80%AOP, zaobserwowano istotny wzrost generowanej mocy i prędkości sztangi w porównaniu z grupą kontrolną (bez BFR). Brak istotnych różnic występujących w badaniu Jarosza i wsp. (2021) z progresywnym obciążeniem zewnętrznym powyżej 60%1RM, może determinować wystąpienie narastającego zmęczenia, wynikającego z większej liczby serii pomiarowych (8), w porównaniu do protokołu Wilk i wsp. (2021b) z niższą liczbą serii pomiarowych (5) i stałym obciążeniem zewnętrznym. Dodatkowo według wytycznych literatury naukowej dotyczących kształtowania mocy mięśniowej w treningu oporowym, optymalny zakres stosowania obciążenia zewnętrznego podczas wyciskania sztangi leżąc pozwalający generować największą prędkość sztangi wynosi 50-60%1RM. Dlatego stosowane obciążenie zewnętrzne, a przede wszystkim liczba serii pomiarowych a tym samym liczba cykli BFR, może w istotny sposób wpłynąć na efektywność stosowania BFR w treningu oporowym.

Warto również zaznaczyć, że w obu protokołach badawczych Jarosza i wsp. (2021) i Wilka i wsp. (2021b), zastosowano taką samą wartość ciśnienia mankietów wynoszącą 80%AOP, co stanowi kolejne ograniczenie porównawcze, ponieważ nadal nie określono, czy podobne efekty będą występowały przy zastosowaniu niższego ciśnienia mankietów. Dodatkowo istotnym brakiem metodologicznym dotyczącym zarówno wytycznych Pattersona i wsp. (2019), oraz metody międzywysiłkowej BFR stosowanej w badaniach Jarosza i wsp. (2021) oraz Wilka i wsp. (2021b), jest również brak stosowania w procedurach badawczych sesji pomiarowej z BFR-SHAM – grupa stosująca pozorowane ograniczenie przepływu krwi wynoszące 20 mmHg (Wilk i wsp. 2021b). Według Wilka i wsp. (2021b) efekt pozorowany jest metodologicznym czynnikiem zakłócającym efektywność potencjalnych środków wspomagających w badaniach naukowych (Ferreira i wsp., 2016; Marocolo i wsp., 2018), który w istotny sposób może oddziaływać na efektywność wynikającą z zastosowania BFR w treningu oporowym i wpłynąć na poprawę wyników sportowych. Jednym z badań, które potwierdza konieczność stosowania sesji pomiarowej z BFR-SHAM (20 mmHg) w procedurach badawczych z BFR w treningu oporowym, jest eksperyment przeprowadzony przez Marocolo i wsp. (2015). W badaniu Marocolo i wsp. (2015) podczas stosowania metody wstępnego BFR oceniano wpływ treningu oporowego w warunkach BFR z ciśnieniem mankietu wynoszącym 220mmHg oraz BFR-SHAM (20 mmHg) podczas ćwiczenia leg extension (wyprost stawu kolanowego za pomocą trenażera) w porównaniu z grupą kontrolną (bez BFR). Wyniki badań Marocolo i wsp. (2015) sugerują, że wartość ciśnienia mankietów z BFR-SHAM (20 mmHg) oraz w warunkach BFR z 220mmHg istotnie wpływa na poprawę wytrzymałości siłowej w porównaniu z grupą kontrolną (bez BFR), co skłania do stosowania

sesji pomiarowych z BFR-SHAM (20 mmHg) w procedurach badawczych z BFR. Jednakże nieustanny brak w literaturze naukowej możliwości porównania procedur badawczych stosujących zróżnicowane wartości ciśnień mankietów, uzasadnia potrzebę prowadzenia dalszych badań w celu opracowania wytycznych treningowych dotyczących stosowania metody międzywysiłkowego BFR w treningu oporowym.

Wobec tego wydaje się uzasadnione, aby uzupełnić braki w dotychczasowej wiedzy i udoskonalić metodologię stosowania metody międzywysiłkowego BFR w treningu oporowym w celu kształtowania mocy mięśniowej. Dlatego głównym celem niniejszej pracy była ocena wpływu różnych wartości ciśnienia mankieta tj. (20 mmHg, 50 i 80%AOP) na uzyskiwane wartości średniej i szczytowej prędkości sztangi podczas wyciskania leżąc na ławce poziomej z zastosowaniem metody międzywysiłkowego BFR i stałym obciążeniem zewnętrznym równym 60%1RM. Przewiduje się, że uzyskane implikacje praktyczne mogą stanowić alternatywę dla zawodników i trenerów podczas planowania jednostek treningowych oraz wyznaczyć zakres parametrów treningowych stosowania metody międzywysiłkowego BFR w treningu oporowym, gdy celem jest natychmiastowy wzrost mocy i prędkości sztangi.

1.1. Cel pracy

Uwzględniając powyższe rozważania, dotychczasową wiedzę oraz zauważając w niej pewne niedostatki, celem pracy była ocena wpływu stosowania BFR z wartością ciśnienia (20 mmHg, 50 i 80% AOP) na uzyskiwane wartości MV i PV podczas wyciskania sztangi leżąc na ławce poziomej z zastosowaniem metody międzywysiłkowego BFR i 60%1RM oraz 4,5 min czasem trwania BFR i 30 sek. reperfuzji po BFR. Realizację tak sformułowanego celu badań sprowadzono do poszukiwania odpowiedzi na poniższe pytania:

1. Czy stosowanie międzywysiłkowego BFR ma istotny wpływ na poziom generowanej prędkości sztangi podczas wyciskania leżąc z obciążeniem zewnętrznym wynoszącym 60%1RM?
2. Która z wartości stosowanego ciśnienia ucisku tj. 20 mmHg, 50 i 80%AOP podczas stosowania międzywysiłkowego BFR powoduje istotne zmiany prędkości sztangi MV i PV podczas wyciskania leżąc z obciążeniem zewnętrznym wynoszącym 60%1RM?
3. Czy liczba cykli BFR ma istotny wpływ na wielkość zmian prędkości sztangi MV i PV podczas wyciskania leżąc z obciążeniem zewnętrznym wynoszącym 60%1RM?

4. Czy zastosowanie wartości ciśnienia ucisku 20 mmHg jako pozorowane ograniczenie przepływu krwi, powoduje istotne zmiany prędkości sztangi w trakcie stosowania międzywysiłkowego BFR podczas wyciskania leżąc z obciążeniem zewnętrznym wynoszącym 60%1RM?

1.2. Hipotezy badawcze

1. Stosowanie międzywysiłkowego BFR powoduje istotny wzrost generowanej prędkości sztangi podczas wyciskania leżąc z obciążeniem zewnętrznym wynoszącym 60%1RM.
2. Wartość stosowanego ciśnienia ucisku wynoszącego 80%AOP w trakcie międzywysiłkowego BFR, powoduje większy wzrost poziomu generowanej prędkości sztangi MV i PV, w porównaniu z 50%AOP i 20 mmHg podczas wyciskania sztangi leżąc z obciążeniem zewnętrznym wynoszącym 60%1RM.
3. Wzrost liczby cykli BFR powoduje nasilenie efektu wzrostu wartości generowanej prędkości sztangi MV i PV w trakcie międzywysiłkowego BFR podczas wyciskania leżąc na ławce poziomej z obciążeniem zewnętrznym wynoszącym 60%1RM.
4. Zastosowanie wartości ciśnienia ucisku 20 mmHg jako pozorowane ograniczenie przepływu krwi, nie powoduje istotnego wzrostu prędkości sztangi w trakcie stosowania międzywysiłkowego BFR podczas wyciskania leżąc z obciążeniem zewnętrznym wynoszącym 60%1RM.

2. Materiał i metody badawcze

2.1. Charakterystyka badanych

W badaniach wzięło udział 15 zdrowych mężczyzn. Dobór badanych miał charakter celowy. Kryteria włączenia do grupy badanych zawierały: płeć męską, trening oporowy wykonywany regularnie minimum 3 razy w tygodniu od 3 lat, zadeklarowaną wartość 1RM w wyciskaniu sztangi leżąc na ławce poziomej wynoszącą co najmniej 150% masy ciała (84 ± 11) (weryfikowaną podczas sesji zapoznawczej), brak chorób układu krążenia m.in. nadciśnienie tętnicze, migotanie przedsionków, zakrzepica, niewydolność serca (osobista deklaracja) oraz brak urazów układu mięśniowo-szkieletowego co najmniej 6 miesięcy przed rozpoczęciem badania. Kryterium wyłączenia do grupy badanych zawierały: choroby układu krążenia (osobista deklaracja), wartość 1RM w wyciskaniu leżąc na ławce poziomej wynoszącą mniej niż 150% masy ciała.

Charakterystyka badanych została przedstawiona w tabeli 1.

Tabela 1. Charakterystyka badanych

Wiek [lata]	Masa ciała [kg]	Wysokość ciała [cm]	1RM - wyciskanie sztangi leżąc [kg]	100%AOP [mmHg]	Staż treningowy [lata]
23±3	84±11	181±5	132±23	158±8	6±3

Wszystkie próby testowe przeprowadzone zostały w Laboratorium Siły i Mocy Mięśniowej Akademii Wychowania Fizycznego w Katowicach. Badani zostali poproszeni o niewykonywanie żadnych ćwiczeń oporowych 24 godziny przed rozpoczęciem eksperymentu. Uczestnicy zostali poinstruowani, aby w trakcie badań utrzymywali swoje nawyki żywieniowe i nie stosowali żadnych suplementów ani środków pobudzających przed i podczas trwania eksperymentu badawczego, który trwał 6 tygodni. Badani zostali poinformowani o potencjalnych zagrożeniach i korzyściach wynikających z uczestnictwa w projekcie oraz o możliwości zrezygnowania z udziału w eksperymencie w dowolnej chwili.

Wszyscy uczestnicy podpisali pisemne zgody na udział w badaniach, jednakże nie otrzymali informacji o przebiegu badania oraz oczekiwanych wynikach. W badaniu wykorzystano randomizowane, kontrolowane dezinformowanie, w którym każdy uczestnik nie wiedział o podejmowanym warunku testowym. Dodatkowo każdy z badanych wykonywał sesje eksperymentalne pojedynczo w celu uniknięcia rywalizacji z pozostałymi uczestnikami badania. Randomizacja została przeprowadzona za pomocą generatora randomization.com. Każdemu z uczestników wygenerowano numer i kolejność wykonania poszczególnych sesji. Po losowym przydzieleniu do interwencji treningowej, uczestnicy nie znali dalszego przebiegu eksperymentu. Protokół badań został zaakceptowany przez Uczelnianą Komisję Bioetyczną ds. Badań Naukowych Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach (02/2019), a wszystkie procedury były zgodne z zasadami etyki standardu Deklaracji Helsińskiej, 2013.

2.2. Sesja zapoznawcza i test jednego powtórzenia maksymalnego (1RM)

Trzy tygodnie przed rozpoczęciem głównej sesji eksperymentalnej uczestnicy przeprowadzili dwie sesje zapoznawcze. Sesje zapoznawcze oraz sesje eksperymentalne przeprowadzono o tej samej porze dnia (między godziną 9:00 a 11:00), w celu zachowania stałego rytmu dobowego. Podczas sesji zapoznawczych jako element rozgrzewki, uczestnicy wykonali wysiłek na cykloergometrze przez 5 min (tętno: 130 uderzeń/ min), po czym wykonano rozgrzewkę składającą się z ćwiczeń mobilizacyjnych i aktywacyjnych angażujących górną część ciała oraz 15 ugięć ramion w podporze przodem i 5 podciągnięć na drążku z obciążeniem własnego ciała. Następnie zawodnicy przeprowadzili specjalistyczną rozgrzewkę, w której wykonali kolejno 15, 10 i 5 powtórzeń wyciskania sztangi leżąc na ławce poziomej z zastosowaniem obciążenia zewnętrznego wynoszącego 20 kg, a następnie 40% i 60% szacowanej wartości 1RM z wolicjonalną prędkością ruchu (Krzysztofik i wsp. 2021). W trakcie trwania sesji zapoznawczych każdy z uczestników wykonał pięć serii wyciskania sztangi leżąc na ławce poziomej z obciążeniem zewnętrznym szacowanym jako 60%1RM z zastosowaniem BFR tylko podczas przerwy wypoczynkowej z wartością ciśnienia mankietu wynoszącą 50%AOP w pierwszej sesji zapoznawczej oraz z 80%AOP w drugiej sesji zapoznawczej. Tydzień przed główną sesją eksperymentalną przeprowadzono test pojedynczego powtórzenia maksymalnego (1RM). Protokół rozgrzewki (1RM), był taki sam jak podczas sesji zapoznawczej. Po przeprowadzeniu specjalistycznej rozgrzewki wyznaczono pierwsze obciążenie testowe wynoszące około 80%1RM, które zwiększono w każdej kolejnej

próbie od 2,5 do 10 kg, a proces ten powtarzano, aż do wykonania nieudanej próby. Czas przerwy wypoczynkowej pomiędzy seriami wynosił 5 min. Szerokość chwytu sztangi została wyznaczona jako 150% indywidualnej odległości wyrostków barkowych i była stosowana we wszystkich głównych próbach podczas sesji eksperymentalnej (Wilk i wsp. 2021a).

W badaniach wykorzystano sprzęt olimpijski firmy Eleiko (sztanga: 2.8 cm średnica; 1.92 m długość).

2.3. Sesja eksperymentalna

Uczestnicy badania wykonali cztery sesje pomiarowe wyciskania sztangi leżąc na ławce poziomej w odstępie minimum 72 godzin. Każdy z uczestników zgodnie z randomizacją uczestniczył w 4 warunkach interwencji podejmowanych w losowej kolejności:

1. CONT – (grupa niestosująca ograniczenia przepływu krwi)
2. BFR-SHAM – (grupa stosująca pozorowane ograniczenie przepływu krwi wynoszące 20 mmHg)
3. BFR-50 – (grupa stosująca ograniczenie przepływu krwi wynoszące 50%AOP)
4. BFR-80 – (grupa stosująca ograniczenie przepływu krwi wynoszące 80%AOP)

Procedura rozgrzewki oraz szerokość chwytu sztangi podczas każdej z sesji eksperymentalnych badania była taka, jak podczas sesji zapoznawczej i testu 1RM. Badani rozpoczynając każdą próbę zostali poinstruowani o przyjęciu prawidłowej pozycji wyjściowej: głowa przylegająca do ławki, łopatki zbliżone do siebie, klatka piersiowa uwypuklona do przodu, a mięśnie brzucha napięte. W trakcie trwania każdego powtórzenia dwie doświadczone osoby w treningu siły mięśniowej asekurowały uczestników w celu bezpieczeństwa oraz uzyskania maksymalnej prędkości ruchu sztangi.

Podczas każdej sesji eksperymentalnej badany wykonał 5 serii wyciskania sztangi leżąc na ławce poziomej z obciążeniem zewnętrznym wynoszącym 60% 1RM i 5 – min przerwą wypoczynkową pomiędzy seriami oraz z zastosowaniem BFR tylko podczas przerwy wypoczynkowej (4,5 min z BFR i 30 sek. czas reperfuzji po BFR). Podczas każdej serii testowej, zawodnicy wykonywali trzy powtórzenia z maksymalną prędkością ruchu bez zatrzymywania sztangi w dolnym oraz górnym położeniu (Wilk i wsp. 2020a,c, 2021a).

2.4. Procedura ograniczenia przepływu krwi (BFR)

Podczas sesji testowych z BFR, mankiety zostały założone przed pierwszą serią tj. (4,5 min – czas BFR) oraz natychmiast po zakończeniu każdej serii i usunięte na 30 sek. (czas reperfuzji po BFR) przed pierwszą i kolejną serią testową. Mankiety powodujące BFR zostały umiejscowione w proksymalnych częściach kończyn górnych, w okolicy dołu pachowego obu ramion. W powyższym badaniu zastosowano mankiety firmy (Fit Cuffs® Arm Cuffs V3.1, szerokość 10,5cm, Denmark). Indywidualne wartości ciśnienia mankietu, określono bezpośrednio przed każdą sesją testową z BFR. W celu określenia indywidualnej wartości ciśnienie ucisku mankietu, po zakończeniu rozgrzewki oraz 5 min przerwie wypoczynkowej, wyznaczono wartość AOP w zależności od przeprowadzanej sesji pomiarowej. Pomiar wartości AOP przeprowadzono dwukrotnie dla każdej kończyny z osobna, a uzyskane różnice mieściły się w zakresie 20 mmHg, przy średniej wartości z dwóch pomiarów wykorzystanych do wyznaczenia wartości ciśnienia mankietu w sesji pomiarowej 50 i 80% AOP (Jarosz i wsp. 2021; Wilk i wsp. 2021b). Wartość ciśnienia w mankiecie podczas wyciskania sztangi leżąc na ławce poziomej, w zależności od procedur badawczej została wyznaczona na 20 mmHg, 50 i 80% AOP wartości całkowitego zamknięcia przepływu tętniczego krwi (50%AOP = 79 ± 5 mmHg i 80%AOP = 127 ± 7 mmHg). Powyższy poziom całkowitego zamknięcia przepływu tętniczego krwi (AOP) na tętnicy promieniowej był monitorowany przy pomocy ręcznego urządzenia dopplerowskiego (Edan SD3 Doppler z ekranem OLED i 2 MHz sonda, firmy Edan Instruments (Shenzhen, Chiny)).

2.5. Metody i narzędzia pomiarowe

Do oceny prędkości ruchu sztangi wykorzystano przetwornik liniowy Tendo TM Power Analyzer (Tendo Sport Machines, Trencin, Słowacja) o wysokiej rzetelności pomiarowej na poziomie ICC >0,90 (Garnacho-Castaño i wsp. 2015). Pomiary zostały wykonane niezależnie dla każdego powtórzenia. Do analiz wykorzystano: MV z 3 powtórzeń w serii oraz najwyższą PV uzyskaną w serii. Przewód modułu czujnika zamocowano do końca sztangi za pomocą paska na rzep. Urządzenie ułożono w taki sposób, aby podczas wykonywanego ruchu trajektoria linki była jak najbardziej prostopadła do podłoża w celu pomiaru powyższych zmiennych. Za dokładność pomiaru odpowiadała zawsze ta sama osoba, która była doświadczona w procedurach badawczych z wykorzystaniem Tendo TM Power Analyzer.

2.6. Narzędzia analizy statystycznej

Wszystkie analizy statystyczne przeprowadzono przy użyciu programu Statistica 9.1. Wyniki dla wartości średniej prędkości (MV) i szczytowej prędkości (PV) przedstawiono jako średnie z odchyleniami standardowymi. Do oceny normalności rozkładu danych użyto testu Kołmogorowa-Smirnowa, a sferyczność wariancji przeanalizowano testem Mauchly'ego. Analizę statystyczną dla wartości MV oraz PV pomiędzy poszczególnymi grupami zbadano stosując dwuczynnikową ANOVA [4 grupy CONT vs. BFR-SHAM vs. BFR-50 vs. BFR-80) x 5 serii wyciskania leżąc]. W celu określenia istniejących różnic wykorzystano testy post-hoc Tukey'a. Dodatkowo wykonano analizę statystyczną uwzględniając zmiany wartości przyrostów (delta) dla MV oraz PV w odniesieniu do serii pierwszej (seria 2 – 1; seria 3 – 1; seria 4 – 1; seria 5 – 1). Przyjęto poziom istotności dla wykonywanych analiz $p < 0,05$. Do porównań parami wykorzystano wielkość efektu d ES Cohena (efekt duży $d > 0,8$; średni $d 0,8–0,5$; mały $d 0,49–0,20$; trywialny $d < 0,2$).

3. Wyniki badań

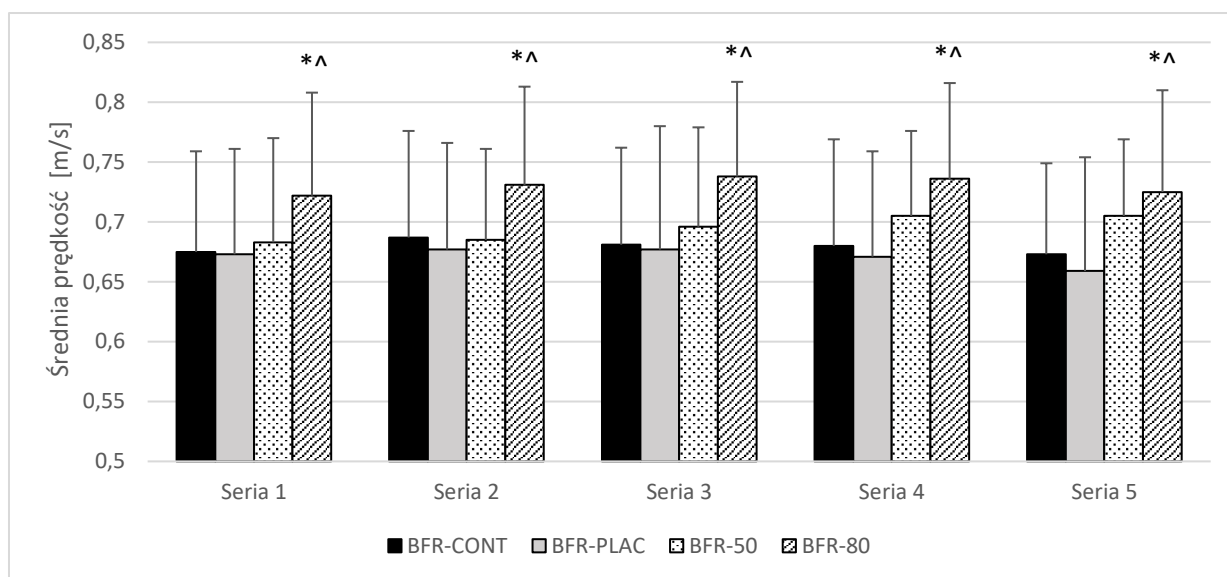
3.1. Analizy statystyczne dla średniej prędkości sztangi MV [m/s]

Dwuczynnikowa ANOVA dla wartości MV nie wykazała istotnie statystycznych różnic ($p = 0,69$) dla wyniku analizy interakcji (4 grupy x 5 serii). Jednocześnie ANOVA wykazała istotny wpływ ($p = 0,008$) dla efektu głównego „grupy”. Wyniki testu post-hoc Tukey’a dla interakcji wykazały istotne różnice wartości MV pomiędzy grupą BFR-80 a grupą CONT w seriach 1-5 oraz pomiędzy grupą BFR-80 a BFR-SHAM także w seriach 1-5 ($p < 0,05$) (tabela 2). Dodatkowo wyniki testu post-hoc Tukey’a dla efektu głównego „grupy” wykazały istotnie wyższe wartości MV dla grupy BFR-80 w porównaniu do grupy CONT ($p = 0,02$; 0,73 vs. 0,68 m/s) oraz w porównaniu do grupy BFR-SHAM ($p = 0,008$; 0,73 vs. 0,67 m/s). Wielkość efektu d ES Cohena dla wartości MV przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 2. Średnia i odchylenie standardowe dla wartości średniej prędkości sztangi (MV) mierzonej podczas wyciskania sztangi leżąc.

Grupa	Seria 1 [m/s]	Seria 2 [m/s]	Seria 3 [m/s]	Seria 4 [m/s]	Seria 5 [m/s]
CONT	0,67±0,08	0,69±0,09	0,68±0,08	0,68±0,09	0,67±0,07
BFR-SHAM	0,67±0,08	0,68±0,09	0,68±0,10	0,67±0,08	0,66±0,09
BFR-50	0,68±0,08	0,69±0,07	0,70±0,08	0,70±0,07	0,70±0,06
BFR-80	0,72±0,09*^	0,73±0,08*^	0,74±0,08*^	0,74±0,08*^	0,73±0,09*^

CONT – (grupa niestosująca ograniczenia przepływu krwi), BFR-SHAM – (grupa stosująca pozorowane ograniczenie przepływu krwi wynoszące 20 mmHg), BFR-50 – (grupa stosująca ograniczenie przepływu krwi wynoszące 50%AOP), BFR-80 – (grupa stosująca ograniczenie przepływu krwi wynoszące 80%AOP), * istotnie statystycznie różnica $p < 0,05$ względem grupy CONT, ^ istotnie statystyczna różnica $p < 0,05$ względem grupy BFR-SHAM



CONT – (grupa niestosująca ograniczenia przepływu krwi), BFR-SHAM – (grupa stosująca pozorowane ograniczenie przepływu krwi wynoszące 20 mmHg), BFR-50 – (grupa stosująca ograniczenie przepływu krwi wynoszące 50%AOP), BFR-80 – (grupa stosująca ograniczenie przepływu krwi wynoszące 80%AOP), * istotnie statystycznie różnica $p < 0,05$ względem grupy CONT, ^ istotnie statystyczna różnica $p < 0,05$ względem grupy BFR-SHAM

Ryc. 1. Średnia i odchylenie standardowe dla wartości średniej prędkości sztangi (MV) mierzonej podczas wyciskania sztangi leżąc.

Tabela 3. Wielkość efektu d ES Cohena dla wartości średniej prędkości sztangi (MV) mierzonej podczas wyciskania sztangi leżąc.

Grupa	Seria 1	Seria 2	Seria 3	Seria 4	Seria 5
BFR-80 – CONT	0,62	0,47	0,75	0,70	0,80
BFR-80 – BFR-SHAM	0,62	0,59	0,66	0,87	0,82
BFR-80 – BFR-50	0,50	0,53	0,50	0,53	0,42
BFR-50 – CONT	0,13	0,00	0,25	0,25	0,46
BFR-50 – BFR-SHAM	0,13	0,12	0,22	0,40	0,52
BFR-SHAM – CONT	0,00	0,11	0,00	0,12	0,12

CONT – (grupa niestosująca ograniczenia przepływu krwi), BFR-SHAM – (grupa stosująca pozorowane ograniczenie przepływu krwi wynoszące 20 mmHg), BFR-50 – (grupa stosująca ograniczenie przepływu krwi wynoszące 50%AOP), BFR-80 – (grupa stosująca ograniczenie przepływu krwi wynoszące 80%AOP)

3.2. Analiza wartości przyrostów (delta) w odniesieniu do serii pierwszej dla średniej prędkości sztangi MV [m/s]

Dwuczynnikowa ANOVA dla wartości przyrostów (delta) MV pomiędzy seria 2 – seria

1; seria 3 – 1; seria 4 – 1, seria 5 – 1, nie wykazała istotnych statystycznych różnic ($p = 0,46$) dla wyniku analizy interakcji (4 grupy x 4 wartości przyrostów pomiędzy seriami). Ponadto ANOVA nie wykazała istotnych statystycznych różnic ($p = 0,42$) dla efektu głównego „grupy”.

Tabela 4. Analiza wartości przyrostów (delta) i odchylenia standardowe dla wartości średniej prędkości sztangi (MV) mierzonej podczas wyciskania sztangi.

Delta	CONT	BFR-SHAM	BFR-50	BFR-80
2-1	0,01±0,03	0,00±0,03	0,00±0,04	0,01±0,02
3-1	0,01±0,04	0,00±0,05	0,01±0,04	0,02±0,04
4-1	0,01±0,04	0,00±0,03	0,02±0,05	0,01±0,04
5-1	0,00±0,04	-0,01±0,03	0,02±0,04	0,00±0,05

CONT – (grupa niestosująca ograniczenia przepływu krwi), BFR-SHAM – (grupa stosująca pozorowane ograniczenie przepływu krwi wynoszące 20 mmHg), BFR-50 – (grupa stosująca ograniczenie przepływu krwi wynoszące 50%AOP), BFR-80 – (grupa stosująca ograniczenie przepływu krwi wynoszące 80%AOP)

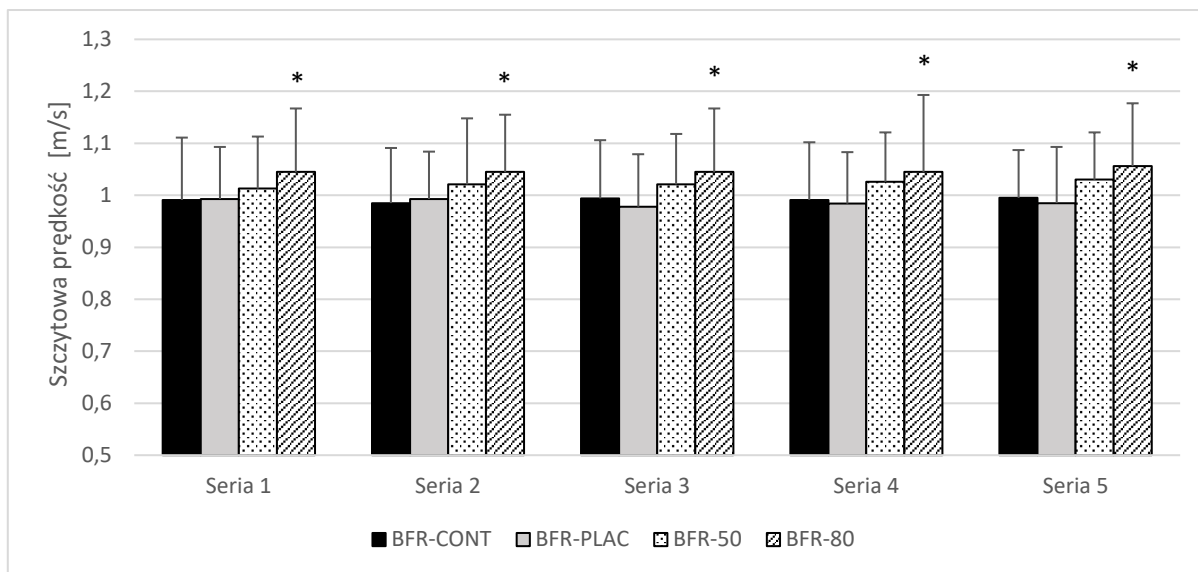
3.3. Analizy statystyczne dla szczytowej prędkości sztangi PV [m/s]

Dwuczynnikowa ANOVA dla wartości PV nie wykazała istotnych statystycznych różnic ($p = 0,96$) dla wyniku analizy interakcji (4 grupy x 5 serii). Ponadto ANOVA wykazała istotne statystycznie różnice ($p = 0,09$) dla efektu głównego „grupy”. Pomimo braku istotnych statystycznie różnic analizy interakcji (grupa x seria) wyniki testu post-hoc Tukey’a wykazały istotne różnice wartości PV pomiędzy grupą BFR-80 a grupą CONT w seriach 1-5 (tabela 5). Wielkość efektu d ES Cohena dla wartości PV przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 5. Średnia i odchylenie standardowe dla wartości szczytowej prędkości sztangi (PV) mierzonej podczas wyciskania sztangi leżąc.

Grupa	Seria 1	Seria 2	Seria 3	Seria 4	Seria 5
CONT	0,99±0,12	0,98±0,10	0,99±0,11	0,99±0,11	0,99±0,09
BFR-SHAM	0,99±0,10	0,99±0,09	0,98±0,10	0,98±0,10	0,98±0,10
BFR-50	1,01±0,10	1,02±0,12	1,02±0,09	1,03±0,09	1,03±0,09
BFR-80	1,05±0,12*	1,05±0,11*	1,04±0,12*	1,04±0,14*	1,06±0,12*

CONT – (grupa niestosująca ograniczenia przepływu krwi), BFR-SHAM – (grupa stosująca pozorowane ograniczenie przepływu krwi wynoszące 20 mmHg), BFR-50 – (grupa stosująca ograniczenie przepływu krwi wynoszące 50%AOP), BFR-80 – (grupa stosująca ograniczenie przepływu krwi wynoszące 80%AOP), * istotnie statystyczna różnica $p < 0,05$ względem grupy CONT



CONT – (grupa niestosująca ograniczenia przepływu krwi), BFR-SHAM – (grupa stosująca pozorowane ograniczenie przepływu krwi wynoszące 20 mmHg), BFR-50 – (grupa stosująca ograniczenie przepływu krwi wynoszące 50%AOP), BFR-80 – (grupa stosująca ograniczenie przepływu krwi wynoszące 80%AOP), * istotna statystycznie różnica $p < 0,05$

Ryc. 2. Średnia i odchylenie standardowe dla wartości szczytowej prędkości sztangi (PV) mierzonej podczas wyciskania sztangi leżąc.

Tabela 6. Wielkość efektu d ES Cohena dla wartości szczytowej prędkości sztangi (PV) mierzonej podczas wyciskania sztangi leżąc.

Grupa	Seria 1	Seria 2	Seria 3	Seria 4	Seria 5
BFR-80 – CONT	0,50	0,67	0,43	0,40	0,66
BFR-80 – BFR-SHAM	0,54	0,60	0,54	0,49	0,72
BFR-80 – BFR-50	0,36	0,26	0,19	0,08	0,28
BFR-50 – CONT	0,18	0,36	0,30	0,40	0,44
BFR-50 – BFR-SHAM	0,20	0,28	0,42	0,53	0,53
BFR-SHAM – CONT	0,00	0,11	0,10	0,10	0,11

CONT – (grupa niestosująca ograniczenia przepływu krwi), BFR-SHAM – (grupa stosująca pozorowane ograniczenie przepływu krwi wynoszące 20 mmHg), BFR-50 – (grupa stosująca ograniczenie przepływu krwi wynoszące 50%AOP), BFR-80 – (grupa stosująca ograniczenie przepływu krwi wynoszące 80%AOP)

3.4. Analiza wartości przyrostów (delta) w odniesieniu do serii pierwszej dla szczytowej prędkości sztangi PV [m/s]

Dwuczynnikowa ANOVA dla wartości przyrostów PV pomiędzy seria 2 – seria 1; seria

3 – 1; seria 4 – 1, seria 5 – 1, nie wykazała istotnie statystycznie różnic ($p = 0,36$) dla wyniku analizy interakcji (4 grupy x 4 wartości różnic pomiędzy seriami). Ponadto ANOVA nie wykazała istotnie statystyczne różnice ($p < 0,42$) dla efektu głównego „grupy”.

Tabela 7. Analiza wartości przyrostów (delta) i odchylenie standardowe dla wartości szczytowej prędkości sztangi (PV) mierzonej podczas wyciskania sztangi leżąc.

Delta	CONT	BFR-SHAM	BFR-50	BFR-80
2-1	0,01±0,03	0,00±0,03	0,00±0,04	0,01±0,02
3-1	0,00±0,03	0,00±0,05	0,01±0,04	0,02±0,04
4-1	0,01±0,04	0,00±0,03	0,02±0,05	0,01±0,04
5-1	0,00±0,04	-0,01±0,03	0,02±0,04	0,00±0,05

CONT – (grupa niestosująca ograniczenia przepływu krwi), BFR-SHAM – (grupa stosująca pozorowane ograniczenie przepływu krwi wynoszące 20 mmHg), BFR-50 – (grupa stosująca ograniczenie przepływu krwi wynoszące 50%AOP), BFR-80 – (grupa stosująca ograniczenie przepływu krwi wynoszące 80%AOP)

4. Wnioski

Na podstawie zebranych w toku badań materiałów dotyczących wpływu metody międzywysiłkowego BFR na wzrost generowanej prędkości sztangi podczas wyciskania leżąc oraz analiz wyników przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

1. Stosowanie międzywysiłkowego BFR ma istotny wpływ na poziom generowanej prędkości sztangi podczas wyciskania leżąc z obciążeniem zewnętrznym wynoszącym 60%1RM.
2. Wartość stosowanego ciśnienia ucisku wynoszącego 80%AOP w trakcie międzywysiłkowego BFR, powoduje istotny wzrost poziomu generowanej prędkości sztangi MV w porównaniu z grupą CONT (grupa niestosująca ograniczenia przepływu krwi) oraz BFR-SHAM (grupa stosująca pozorowane ograniczenie przepływu krwi wynoszące 20 mmHg) oraz prędkości sztangi PV w porównaniu z grupą CONT podczas wyciskania sztangi leżąc z obciążeniem zewnętrznym wynoszącym 60%1RM. Istotnego wzrostu generowanej prędkości sztangi nie zaobserwowano pomiędzy grupami: BFR-80 a grupą BFR-50, grupą BFR-50 a CONT i BFR-SHAM oraz pomiędzy grupą CONT a BFR-SHAM.
3. Poziom generowanej prędkości sztangi MV istotnie wzrasta wraz z narastającą liczbą cykli BFR w trakcie międzywysiłkowego BFR podczas wyciskania leżąc na ławce poziomej z obciążeniem zewnętrznym wynoszącym 60% 1RM.
4. W trakcie stosowania międzywysiłkowego BFR podczas wyciskania leżąc na ławce poziomej z obciążeniem zewnętrznym wynoszącym 60%1RM nie występuje efekt będący konsekwencją pozorowanego ograniczenia przepływu krwi.

Implikacje praktyczne

W celu zwiększenia generowanej prędkości sztangi podczas stosowania metody międzywysiłkowego BFR, należy stosować BFR w wielokrotnych seriach podczas przerw wypoczynkowych trwających 5 min (4,5 min i 30 sek. czas trwania reperfuzji po BFR) z obciążeniem zewnętrznym wynoszącym 60%1RM i ciśnieniem mankietu równym 80%AOP.

Ograniczenia badawcze

Pomimo, że stosowanie międzywysiłkowego BFR podczas treningu oporowego przynosi wiele korzyści adaptacyjnych, istnieją także pewne ograniczenia metodologiczne związane z jego zastosowaniem, do których należą m.in.:

- Brak kwestionariusza wywiadu w trakcie badania, zawierającego pytanie dotyczące występowania potencjalnych skutków ubocznych uczestników oraz brak oceny efektywności zaślepienia. Jednakże podczas przeprowadzonego badania nie zanotowano incydentów podważających bezpieczeństwo stosowania metody międzywysiłkowego BFR. Niemniej jednak bezpieczeństwo nie było bezpośrednio badane.

Podsumowując, chociaż trening oporowy z wykorzystaniem międzywysiłkowego BFR jest skuteczną metodą treningową, istnieje kilka ograniczeń metodologicznych takich jak: brak kwestionariusza wywiadu w trakcie badania oraz brak oceny efektywności zaślepienia, które należy uwzględnić w planowaniu jednostek treningowych oraz procedur badawczych. Wobec tego konieczne jest kontynuowanie badań podczas treningu oporowego z międzywysiłkowym BFR w celu wyznaczenia optymalnych parametrów metodologicznych uwzględniających powyższe ograniczenia badawcze.

Bibliografia

1. American College of Sports Medicine. 2009. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 41(3):687–708. doi: 10.1249/MSS.0b013e31819156f
2. Berthelot, G., Sedeaud, A., Marck, A., Antero-Jacquemin, J., Schipman, J., Saulière, G., Marc, A., Desgorges, F. D., & Toussaint, J. F. (2015). Has Athletic Performance Reached its Peak? *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 45(9), 1263–1271. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0347-2>
3. DiNubile, N. A. (1991). Strength Training. *Clinics in sports medicine*, 10(1), 33-62
4. Domingos, E., & Polito, M. D. (2018). Blood Pressure Response Between Resistance Exercise With and Without Blood Flow Restriction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Life sciences*, 209, 122–131. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2018.08.006>
5. Ferreira, T. N., Sabino-Carvalho, J. L., Lopes, T. R., Ribeiro, I. C., Succi, J. E., DA Silva, A. C., & Silva, B. M. (2016). Ischemic Preconditioning and Repeated Sprint Swimming: A Placebo and Nocebo Study. *Medicine and science in sports and*

- exercise*, 48(10), 1967–1975. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000977>
6. Garnacho-Castaño MV, López-Lastra S, Maté-Muñoz JL. 2015. Reliability and Validity Assessment of a Linear Position Transducer. *Journal of Sports Science and Medicine*. 14(1):128–36
 7. Gefpert, M., Jarosz, J., Wojdala, G., Krzysztofik, M., Campos, Y., Filip-Stachnik, A., Kostrzewa, M., Gawel, D., Szkudlarek, A., Godlewski, P., Stastny, P., & Wilk, M. (2021). Acute Impact of Blood Flow Restriction on Strength-Endurance Performance During the Bench Press Exercise. *Biology of sport*, 38(4), 653–658. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2021.103726>
 8. Gefpert, M., Krzysztofik, M., Kostrzewa, M., Jarosz, J., Trybulski, R., Zajac, A., & Wilk, M. (2020). The Acute Impact of External Compression on Back Squat Performance in Competitive Athletes. *International journal of environmental research and public health*, 17(13), 4674. <https://doi.org/10.3390/ijerph17134674>
 9. Grgic, J., Homolak, J., Mikulic, P., Botella, J., & Schoenfeld, B. J. (2018). Inducing Hypertrophic Effects of Type I Skeletal Muscle Fibers: A Hypothetical Role of Time Under Load in Resistance Training Aimed at Muscular Hypertrophy. *Medical hypotheses*, 112, 40-42
 10. Hughes, L., Paton, B., Rosenblatt, B., Gissane, C., & Patterson, S. D. (2017). Blood Flow Restriction Training in Clinical Musculoskeletal Rehabilitation. A Systematic Review and Meta-Analysis. *British journal of sports medicine*, 51(13), 1003–1011. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097071>
 11. Incognito, Anthony V., Jamie F. Burr, i Philip J. Millar. 2016. The Effects of Ischemic Preconditioning on Human Exercise Performance. *Sports Medicine* 46(4):531–44. doi: 10.1007/s40279-015-0433-5
 12. Jarosz, J., Trybulski, R., Krzysztofik, M., Tsoukos, A., Filip-Stachnik, A., Zajac, A., Bogdanis, G. C., & Wilk, M. (2021). The Effects of Ischemia During Rest Intervals on Bar Velocity in the Bench Press Exercise With Different External Loads. *Frontiers in physiology*, 12, 715096. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.715096>
 13. Kataoka, R., Vasenina, E., Loenneke, J., & Buckner, S. L. (2021). Periodization: Variation in the Definition and Discrepancies in Study Design. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 51(4), 625–651. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01414-5>
 14. Krzysztofik, M., Matykiewicz, P., Filip-Stachnik, A., Humińska-Lisowska, K., Rzeszutko-Bełzowska, A., & Wilk, M. (2021). Range of Motion of Resistance Exercise Affects the Number of Performed Repetitions But Not a Time Under Tension. *Scientific*

reports, 11(1), 14847. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94338-7>

15. Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Rossow, L. M., Sherk, V. D., Thiebaud, R. S., Abe, T., Bemben, D. A., & Bemben, M. G. (2012a). Effects of Cuff Width on Arterial Occlusion: Implications for Blood Flow Restricted Exercise. *European journal of applied physiology*, 112(8), 2903–2912. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2266-8>
16. Maestroni, L., Read, P., Bishop, C., Papadopoulos, K., Suchomel, T. J., Comfort, P., & Turner, A. (2020). The Benefits of Strength Training on Musculoskeletal System Health: Practical Applications for Interdisciplinary Care. *Sports Medicine*, 50(8), 1431-1450
17. Marocolo, M., Billaut, F., & Da Mota, G. R. (2018). Ischemic Preconditioning and Exercise Performance: an Ergogenic Aid for Whom? *Frontiers in Physiology*, 1874
18. Marocolo, M., G. da Mota, V. Pelegrini, i H. J. Appell Coriolano. 2015. Are the Beneficial Effects of Ischemic Preconditioning on Performance Partly a Placebo Effect? *International Journal of Sports Medicine* 36(10):822–25. doi: 10.1055/s-0035-1549857
19. Neto, G. R., Novaes, J. S., Salerno, V. P., Gonçalves, M. M., Batista, G. R., & Cirilo-Sousa, M. S. (2018). Does a Resistance Exercise Session With Continuous or Intermittent Blood Flow Restriction Promote Muscle Damage and Increase Oxidative Stress? *Journal of sports sciences*, 36(1), 104–110. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1283430>
20. Nunes, J. P., Grgic, J., Cunha, P. M., Ribeiro, A. S., Schoenfeld, B. J., de Salles, B. F., & Cyrino, E. S. (2021). What Influence Does Resistance Exercise Order Have on Muscular Strength Gains and Muscle Hypertrophy? A Systematic Review and Meta-Analysis. *European Journal of Sport Science*, 21(2), 149-157
21. Paradis-Deschênes, P., Joannis, D. R., & Billaut, F. (2016). Ischemic Preconditioning Increases Muscle Perfusion, Oxygen Uptake, and Force in Strength-Trained Athletes. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 41(9), 938–944. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0561>
22. Patterson, S. D., Hughes, L., Warmington, S., Burr, J., Scott, B. R., Owens, J., Abe, T., Nielsen, J. L., Libardi, C. A., Laurentino, G., Neto, G. R., Brandner, C., Martin-Hernandez, J., & Loenneke, J. (2019). Blood Flow Restriction Exercise: Considerations of Methodology, Application, and Safety. *Frontiers in physiology*, 10, 533. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00533>
23. Rawska, M., Gepfert, M., Mostowik, A., Krzysztofik, M., Wojdala, G., Lulinska, A., & Wilk, M. (2019). Does Blood Flow Restriction Influence the Maximal Number of

- Repetitions Performed During the Bench Press? A Pilot Study. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 11(4), 2
24. Sabino-Carvalho, J. L., Lopes, T. R., Obeid-Freitas, T., Ferreira, T. N., Succi, J. E., Silva, A. C., & Silva, B. M. (2017). Effect of Ischemic Preconditioning on Endurance Performance Does Not Surpass Placebo. *Medicine and science in sports and exercise*, 49(1), 124–132. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001088>
 25. Schoenfeld, B. J., Grgic, J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2017a). Strength and Hypertrophy Adaptations Between Low-vs. High-Load Resistance Training: a Systematic Review and Meta-Analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(12), 3508-3523
 26. Schoenfeld, B. J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2017b). Dose-Response Relationship Between Weekly Resistance Coaching Quantity and Will Increase in Muscle Mass: A Scientific Assessment and Meta-Analysis. *Journal of sports activities sciences*, 35(11), 1073-1082
 27. Schwiete, C., Franz, A., Roth, C., & Behringer, M. (2021). Effects of Resting vs. Continuous Blood-Flow Restriction-Training on Strength, Fatigue Resistance, Muscle Thickness, and Perceived Discomfort. *Frontiers in physiology*, 12, 663665. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.663665>
 28. Wilk, M., Gepfert, M., Krzysztofik, M., Mostowik, A., Filip, A., Hajduk, G., & Zajac, A. (2020a). Impact of Duration of Eccentric Movement in the One-Repetition Maximum Test Result in the Bench Press Among Women. *Journal of sports science & medicine*, 19(2), 317
 29. Wilk, M., Golas, A., Stastny, P., Nawrocka, M., Krzysztofik, M., & Zajac, A. (2018a). Does Tempo of Resistance Exercise Impact Training Volume? *Journal of human kinetics*, 62(1), 241-250
 30. Wilk, M., Jarosz, J., Krzysztofik, M., Filip-Stachnik, A., Bialas, M., Rzeszutko-Belzowska, A., Zajac, A., & Stastny, P. (2021a). Corrigendum: Contrast Tempo of Movement and Its Effect on Power Output and Bar Velocity During Resistance Exercise. *Frontiers in physiology*, 12, 664495.
 31. Wilk, M., Krzysztofik, M., Filip, A., Lockie, R. G., & Zajac, A. (2020c). The Acute Effects of External Compression With Blood Flow Restriction on Maximal Strength and Strength-Endurance Performance of the Upper Limbs. *Frontiers in physiology*, 11, 567. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00567>
 32. Wilk, M., Krzysztofik, M., Jarosz, J., Krol, P., Leznicka, K., Zajac, A., Stastny, P., &

Bogdanis, G. C. (2021b). Impact of Ischemic Intra-Conditioning on Power Output and Bar Velocity of the Upper Limbs. *Frontiers in physiology*, 12, 626915. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.626915>