

Katowice, 11.09.2023 r.

mgr Jakub Jarosz  
Akademia Wychowania Fizycznego  
im. Jerzego Kukuczki w Katowicach

Prof. dr hab. Krzysztof Maćkała  
Wydział Wychowania Fizycznego i Sportu  
Akademia Wychowania Fizycznego im. Polskich Olimpijczyków  
we Wrocławiu

**Odpowiedź na recenzję rozprawy doktorskiej pt.**

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

Szanowny Panie Profesorze,

Na wstępie bardzo dziękuję za wnikliwą ocenę merytoryczną mojej rozprawy doktorskiej, pozytywną opinię, jak również zawarte w niej krytyczne uwagi. Stanowią one istotne wskazówki, służące poprawie jakości realizowanych przeze mnie przyszłych projektów badawczych. Wobec wnikliwej oceny merytorycznej oraz zawartych w niej krytycznych uwag, w dalszej części odpowiedzi na recenzje Pana Profesora zostały przeze mnie wyszczególnione komentarze wraz z odpowiedziami.

**Pytania/uwagi:**

*Wciąż poszukuje się skutecznych metod treningowych, pozwalających na maksymalne wykorzystanie potencjału motorycznego, szczególnie tego o charakterze siłowym – wzrost poziomu siły maksymalnej czy dynamicznym wzrost poziomu mocy przy optymalizacji techniki wykonywanego ćwiczenia. Jest to tzw. reedukująca wzorców ruchowych poprzez aplikacje ćwiczeń ze specjalnym wykorzystaniem sprzętu badawczego – rękaw. Według mojej wiedzy ten rodzaj treningu oporowego powinien być traktowany, jako jedno ze zjawisk wzmocnienia po-aktywacyjnego tzw. PAP (Post Activation Potentiation). Chciałbym, aby w dyskusji po prezentacji dysertacji Doktorant odniósł się do tej kwestii.*

**Odpowiedź:** Zgadzam się z opinią Recenzenta, że efektywność wynikająca ze stosowania BFR skutkująca poprawą generowanej mocy mięśniowej podczas wieloseryjnego ćwiczenia oporowego, może być również związana z bardziej efektywnym wykorzystaniem efektu wzmocnienia poaktywacyjnego (PAPE - post-activation performance enhancement). Liczne badania wykazały korzystny wpływ uprzedniej aktywacji mięśniowej na poprawę generowanej mocy mięśniowej w kolejnych seriach ćwiczenia oporowego (Krzysztofik i wsp. 2020; Wilk i wsp. 2020). Dlatego poprawa generowanej prędkości sztangi w prezentowanym badaniu w warunkach BFR-80, może być związana z bardziej efektywnym wykorzystaniem efektu PAPE. Podobnie jak w przypadku wystąpienia efektu PAPE, nie tylko stosowanie wieloseryjnego zestawu ćwiczenia oporowego z metodą międzywysiłkowego BFR, ale także stosunek czasu trwania napięcia mięśniowego (TUT – time under

tension) do czasu trwania BFR może wpływać na poprawę generowanej prędkości w kolejnych seriach ćwiczenia oporowego (Wilk i wsp. 2018). W konsekwencji liczba wykonywanych serii, powtórzeń oraz stosunek wysiłku do czasu trwania BFR może istotnie wpłynąć na poziom generowanej prędkości sztangi podczas treningu oporowego z wykorzystaniem metody międzywysiłkowego BFR. Warto również zaznaczyć, że w prezentowanym protokole badawczym uczestnicy wykonywali niską liczbę powtórzeń tj. 3 w każdej serii pomiarowej. Podczas tak krótkotrwałego wysiłku fizycznego energia dla pracujących mięśni pozyskiwana jest z fosfokreatyny, która w dużej mierze jest restytuowana w czasie przerwy wypoczynkowej, co może być mechanizmem fizjologicznym wyjaśniającym uzyskane wyniki w przeprowadzonym badaniu.

*Rozdział drugi poddaje analizie konkretne eksperymenty badawcze i związane z nimi procedury oraz uzyskane wyniki. Na ich podstawie, a właściwie ograniczeniach został w bardzo dobry sposób sformułowany cele pracy. Uwzględnił on głównie zastosowanie właściwego/optimalnego ciśnienia w rękawie. Tutaj chciałbym aby Doktorant odniósł się do kwestii ciśnienia w rękawie i czy w takim przypadku można posługiwać się określeniem optymalne ciśnienie.*

**Odpowiedź:** Dziękuję za sugestię Recenzentowi. Głównym celem niniejszej pracy była ocena wpływu różnych wartości ciśnienia mankietu 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 oraz 4,5 min czasem trwania BFR i 30 sek. reperfuzji po BFR. Powołując się na uzyskane wyniki prezentowanej dysertacji 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, co stanowi istotną implikację praktyczną. Jednakże nie do końca można posługiwać się określeniem optymalne ciśnienie mankietu, ponieważ w procedurze badawczej uwzględniono tylko lub aż trzy wartości ciśnień mankieta. Dlatego w przyszłych projektach badawczych chciałbym uwzględnić stosowanie ciśnienia mankieta wynoszącego 100%AOP na uzyskiwane wartości średniej i szczytowej prędkości sztangi podczas wyciskania leżąc na ławce poziomej z zastosowaniem metody międzywysiłkowego BFR w celu ustalenia wytycznych metodologicznych z międzywysiłkowym BFR.

*W rozdziale Materiał i metody badawcze w dokładny i przejrzysty sposób przedstawiono grupę badanych oraz opis wykonania testów eksperymentalnych wyciskania sztangi leżąc. Jakkolwiek pojawia się pytanie, czy 3 maksymalne powtórzenia w serii to nie za mała liczba powtórzeń, patrz mały opór zewnętrzny w jednej serii. Dlaczego 3 powtórzenia, a nie na przykład 5 lub 8 ? Proszę Doktoranta o odniesienie się do tej kwestii.?*

**Odpowiedź:** Dziękuję za pytanie Profesorze. Celem niniejszej pracy była ocena wpływu różnych ciśnień mankieta na poziom generowanej prędkości sztangi, co uzasadnia stosowanie niskiej liczby powtórzeń (3 powtórzenia). Dodatkowo obciążenie zewnętrzne zastosowane w prezentowanej dysertacji według Soriano i wsp. (2017) mieści się w zakresie optymalnego obciążenia do generowania wysokich wartości mocy mięśniowej podczas ćwiczeń angażujących górną część ciała. Ponadto powołując się na badanie Wilka i wsp. (2021) podczas którego zaobserwowano poprawę generowanej mocy mięśniowej podczas stosowania międzywysiłkowego BFR, również zastosowano obciążenie zewnętrzne wynoszące 60%1RM i 3 maksymalne powtórzenia w celu ujednoczenia protokołów badawczych oraz porównywania i generalizowanie wyników między dostępnymi protokołami badawczymi z międzywysiłkowym BFR.

*W przypadku tej pracy zawarto cztery hipotezy, które bardzo mocno podkreślają znaczenie stosowania międzywysiłkowego BFR, a szczególnie dobór wielkości, ciśnienia w rękawie czy oporu zewnętrznego sztangi. Tutaj mam wrażenie, że pytania mocno się przenikają z hipotezami i tak naprawdę traci się wątek hipotez. Pytania badawcze zazwyczaj wspierają główny cel pracy. Tak jest w tym przypadku. Z kolei hipoteza zazwyczaj jedna, ma wyzwolić myślenie przyczynowo-skutkowe, które wcale nie musi być tym oczekiwanym. Tutaj również chciałbym, aby Doktorant odniósł się do tej kwestii i spróbował przedstawić jedną kompleksową hipotezę lub przedstawić czynniki, które uniemożliwiają jej napisanie.*

**Odpowiedź:** Zgodnie z uwagą Profesora poniżej przedstawiam jedną kompleksową hipotezę badawczą:

Stosowanie międzywysiłkowego BFR podczas wyciskania leżąc z obciążeniem zewnętrznym wynoszącym 60% 1RM istotnie wpływa na zwiększenie generowanej prędkości ruchu sztangi. Wartość ciśnienia ucisku wynosząca 80% AOP wywołuje większy wzrost prędkości MV i PV w porównaniu z 50% AOP i 20 mmHg ciśnienia. Nasilenie efektu wzrostu prędkości sztangi związane jest z wydłużeniem czasu trwania cykli BFR. Jednak zastosowanie ciśnienia ucisku wynoszącego 20 mmHg, mającego na celu pozorowanie ograniczenia przepływu krwi, nie wykazuje istotnego wpływu na wzrost prędkości sztangi podczas stosowania międzywysiłkowego BFR podczas wyciskania leżąc z obciążeniem zewnętrznym wynoszącym 60% 1RM.

*Urządzenie to umożliwia dobór wielkości ciśnienia podczas realizacji ćwiczenia. W dysertacji pojawiają się zastępczo słowo mankiet lub rękaw. Która z tych nazw jest właściwe i czy nie powinna być ujednolicona w całym tekście.*

**Odpowiedź:** Dziękuję za uwagę Profesora, aczkolwiek w dysertacji doktorskiej wykorzystywano tylko jeden ujednolicony i właściwy termin - „mankiet” najczęściej wykorzystywany w literaturze.

*Czy doktorant w dalszych badaniach przewiduje przeprowadzenie eksperymenty na kobietach.*

**Odpowiedź:** Dziękuję za sugestię recenzenta. Tak, w przyszłych projektach badawczych chciałbym przeprowadzić eksperyment dotyczący porównania wpływu międzywysiłkowego BFR u kobiet i mężczyzn na poziom prędkości sztangi.

*Najlepsze wyniki uzyskano przy ciśnieniu rękawa wynoszącym 80 mmHg AOP, co może wskazywać, że ta wartość jest optymalna. Jakkolwiek nie wiemy jakie wyniki by zostały uzyskane np. przy stałym oporze 40, czy 80%1RM. Czy doktorant mógłby się odnieść do tego zapytania?*

**Odpowiedź:** Dziękuję za pytanie Profesora. W prezentowanej dysertacji doktorskiej wykorzystano stałe obciążenie zewnętrzne wynoszące 60%1RM, które w odniesieniu do literatury jest optymalnym obciążeniem zewnętrznym, gdy celem jest generowanie maksymalnej prędkości sztangi. Dodatkowo w badaniu Wilka i wsp. (2021) zaobserwowano poprawę generowanej mocy mięśniowej podczas stosowania międzywysiłkowego BFR, również podczas zastosowania obciążenia zewnętrznego wynoszącego 60%1RM. W odniesieniu do sugestii Recenzenta dodatkowym atutem w prezentowanej dysertacji jest fakt, że analizowano wpływ różnych ciśnień mankieta podczas tego samego obciążenia zewnętrznego. Dodatkowo obciążenie zewnętrzne 60%1RM w prezentowanej dysertacji zostało zastosowane w celu ujednolicenia protokołów badawczych oraz porównywania i generalizowanie wyników między dostępnymi protokołami badawczymi z międzywysiłkowym BFR.

Natomiast zbyt duże obciążenie zewnętrzne z BFR może negatywnie wpływać na kinematykę ruchu powodując gwałtowny spadek prędkości sztangi. Z kolei zbyt niskie obciążenie zewnętrzne może negatywnie wpływać na generowanie wysokich wartości mocy, wywołując niski efekt wzmocnienia po BFR. Jednakże warto zaznaczyć, że na poziom bezpośrednich reakcji i długofalowych zmian adaptacji treningowych wynikających z zastosowania BFR oprócz wielkości stosowanego obciążenia zewnętrznego ma również wpływ: schemat stosowanego BFR, czas trwania BFR i czas reperfuzji po BFR. Wobec tego w celu wyznaczenia optymalnych wytycznych metodologicznych podczas stosowania międzywysiłkowego BFR w przyszłych projektach badawczych, chciałbym przeanalizować wpływ stałych obciążeń zewnętrznych tj.: 40%, 60% i 80% 1RM z ciśnieniem mankieta równym 80%AOP, 4,5 min czasem trwania BFR i 30 sek reperfuzji po BFR podczas stosowania międzywysiłkowego BFR na poziom generowanej prędkości sztangi.

*W dyskusji zabrakło paragrafu donoszącego się do ograniczeń i trudności metodologicznych realizowanych eksperymentów. Jest to istotna wskazówka dla innych badaczy, w celu usprawnienia przyszłych badań. Proszę Doktoranta o odpowiedź w tej kwestii.*

**Odpowiedź:** Zgodnie z sugestią Profesora dodano akapit poświęcony ograniczeniom metodologicznym wynikającym z zastosowania BFR w prezentowanej dysertacji.

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.

*Jakkolwiek brakło mi odnośnika do aplikacji praktycznej, które prawdopodobnie wynikają, że grupa badawcza nie reprezentowała populację wysokokwalifikowanych zawodników. Proszę o odpowiedź Doktoranta w tej kwestii.*

**Odpowiedź:** Zgodnie z sugestią Profesora dodano odnośnik do aplikacji praktycznej w dysertacji doktorskiej:

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 mankieta równym 80%AOP.

*Z praktycznego punktu widzenia zasadnym wydawało by się przeprowadzić jeszcze kilka eksperymentów np. porównanie kończyn górnych do kończyn dolnych (wyciskanie sztangi leżąc, przysiad ze sztangą), a*

to np. ze względu na inne wielkości masy mięśni, ich siłę. W tej pracy brakło mi porównania grupy męskiej do grupy żeńskiej. Ze względu na różnice w dymorfizmie płciowym, w jego szerokim pojęciu, ujmując nawet lub przede wszystkim analizując poziom potencjału siłowego między płciami. Dalsze badania dotyczyłyby np. zastosowania innych ćwiczeń siłowych: wyciskanie z tyłu głowy, klasyczny zarzut, który można by było wykorzystać jako wzmocnienie po-aktywacyjne. Pozwoliło by to na jeszcze precyzyjniejsze określenie skuteczności wykorzystania ograniczonego przepływu krwi w treningu oporowym. Jako praktyk, jestem świadom trudności przeprowadzenia takich eksperymentów i związanego z nim ograniczeń typu: dostępu zawodników, okres rocznego cyklu treningowego i związane z tym realizowane cele cyklu szkoleniowego, dostępność zespołu badawczego, dostępność aparatury badawczej, a przede wszystkim koszty. Niemniej jednak ww. dysertacja pod tytułem „Wpływ międzywysiłkowego ograniczenia przepływu krwi na prędkość sztangi podczas wyciskania leżąc na ławce poziomej” jeszcze bardziej wzmacnia sferę szczegółowych analiz, jednocześnie tworząc doskonałą bazę danych dla innych naukowców, a przede wszystkim podnosi możliwości praktycznej aplikacji przeprowadzonych eksperymentów. Tutaj prosiłbym, aby doktorant odniósł się do tej kwestii w krótkiej polemice

**Odpowiedź:** Zgadzam się z opinią Profesora. W przyszłych projektach badawczych z zastosowaniem międzywysiłkowego BFR na poprawę generowanej mocy mięśniowej chciałbym przeprowadzić m.in.: porównanie grupy męskiej i żeńskiej, porównanie wpływu międzywysiłkowego BFR na doświadczenie zawodników, analizę przyspieszenia z wykorzystaniem pomiarów izokinetycznych, porównanie kończyn górnych do kończyn dolnych (wyciskanie sztangi leżąc, przysiad ze sztangą), zastosowanie międzywysiłkowego BFR na kończynach dolnych podczas wyciskania sztangi leżąc, wpływ stałych obciążeń zewnętrznych tj. 40%, 60% i 80%1RM, porównanie zróżnicowanego czasu trwania międzywysiłkowego BFR i reperfuzji po BFR (7 min czas trwania przerwy wypoczynkowej oraz zróżnicowany czas trwania BFR tj.: 2,5 min, 5 min i 6,5 min oraz czas reperfuzji po BFR wynoszący: 30 sek., 1,5 min oraz 4 min), analizę wpływu zmiennej ilości cykli z międzywysiłkowym BFR (3, 5 i 7 serii), wpływu międzywysiłkowego BFR z 100%AOP, oraz wpływu długofalowego stosowania międzywysiłkowego BFR na poziom generowanej mocy mięśniowej.

## **Bibliografia**

1. Krzysztofik, M., Wilk, M., Filip, A., Zmijewski, P., Zajac, A., & Tufano, J. J. (2020). Can post-activation performance enhancement (PAPE) improve resistance training volume during the bench press exercise?. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7), 2554.
2. Soriano, M. A., Suchomel, T. J., & Marín, P. J. (2017). The optimal load for maximal power production during upper-body resistance exercises: a meta-analysis. *Sports medicine*, 47, 757-768.
3. Wilk, M., Golas, A., Stastny, P., Nawrocka, M., Krzysztofik, M., & Zajac, A. (2018). Does tempo of resistance exercise impact training volume?. *Journal of human kinetics*, 62, 241.
4. Wilk, M., Krzysztofik, M., Filip, A., Szukdlarek, A., Lockie, R. G., & Zajac, A. (2020). Does post-activation performance enhancement occur during the bench press exercise under blood flow restriction?. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11), 3752.

5. Wilk, M., Krzysztofik, M., Jarosz, J., Krol, P., Leznicka, K., Zajac, A., ... & Bogdanis, G. C. (2021). Impact of ischemic intra-conditioning on power output and bar velocity of the upper limbs. *Frontiers in Physiology*, 12, 626915.

W tym miejscu chciałabym jeszcze raz serdecznie podziękować Panu Profesorowi za pozytywną opinię mojej rozprawy doktorskiej i merytoryczne uwagi, które pomogą mi w realizacji przyszłych projektów badawczych.

Z poważaniem  
mgr Jakub Jarosz