

AKADEMIA WYCHOWANIA FIZYCZNEGO
IM. JERZEGO KUKUCZKI W KATOWICACH

Mgr Grzegorz Wojdała

**EFEKTYWNOŚĆ ZASTOSOWANIA PRZYBORU SLING SHOT
W WYCISKANIU SZTANGI LEŻĄC**

Autoreferat rozprawy na stopień doktora nauk o kulturze fizycznej

Promotor:
dr hab. Michał Krzysztofik prof. AWF Katowice

Katowice 2023

Spis treści

1. WPROWADZENIE	3
1.1. WYCISKANIE SZTANGI LEŻĄC JAKO FUNDAMENT BUDOWANIA SIŁY MIĘŚNIOWEJ	3
1.2. WSPÓŁCZESNE METODY KSZTAŁTOWANIA SIŁY MIĘŚNIOWEJ	5
1.3. OCENA ASYMETRII NA PODSTAWIE STRUKTURY WEWNĘTRZNEJ I ZEWNĘTRZNEJ RUCHU	7
2. PROBLEM BADAWCZY	10
2.1. CEL BADAŃ, PYTANIA BADAWCZE, HIPOTEZA	12
3. MATERIAŁ I METODY BADAWCZE	13
4. WYNIKI BADAŃ	17
5. WNIOSKI	20
6. IMPLIKACJE PRAKTYCZNE	21
7. OGRANICZENIA BADAWCZE	21
8. BIBLIOGRAFIA	22

1. Wprowadzenie

1.1. Wyciskanie sztangi leżąc jako fundament budowania siły mięśniowej

Siła mięśniowa to jedna z podstawowych zdolności motorycznych człowieka wykorzystywana w niemal wszystkich codziennych czynnościach ruchowych, zarówno świadomie (w lokomocji ciała), jak i nieświadomie (np. podczas stabilizacji ciała i oddychania) (Nelson et al., 2005). Z definicji jest to zdolność organizmu do pokonywania oraz przeciwdziałania oporowi zewnętrznemu lub własnego ciała w warunkach statyki lub dynamiki poprzez skurcz mięśni szkieletowych (Gołaś et al., 2016). Podobnie jak większość ludzkich zdolności, siła mięśniowa została podzielona na wiele rodzajów przez różnych autorów. Najczęściej uwzględniany podział obejmuje siłę absolutną (bezwzględną) i relatywną (względną) (Mikolajec et al., 2012). Bezwzględna siła mięśni odnosi się do maksymalnego poziomu siły, jaki może wytworzyć dana grupa mięśniowa, niezależnie od jej wielkości. Z holistycznego punktu widzenia jest to maksymalny opór, jaki dana osoba jest w stanie pokonać podczas określonego zadania ruchowego. W porównaniach interpersonalnych bardziej wiarygodnym i właściwym podejściem jest zastosowanie pojęcia siły względnej, czyli poziomu siły bezwzględnej w odniesieniu do 1 kg masy ciała (de Lira et al., 2019). Najczęściej stosowanym testem, uważanym również za złoty standard, do oceny bezwzględnych poziomów siły, jest test jednego powtórzenia maksymalnego (one-repetition maximum test - 1RM) (Fleck i Kraemer 2004; Kraemer et al., 2006). Można go zdefiniować jako maksymalne obciążenie, z którym badany jest w stanie jednorazowo wykonać powtórzenie wybranego zadania ruchowego przy zachowaniu odpowiedniej techniki oraz zakresu ruchu (M. Wilk, Krzysztofik, et al., 2018).

W aspekcie poprawy potencjału siłowego mięśni górnej części ciała, istotnym zarówno w treningu rekreacyjnym i wyczynowym, najczęściej wykorzystywanym ćwiczeniem dla celów treningowych, testowych lub badawczych jest wyciskanie sztangi leżąc (Stastny et al., 2017). Wyciskanie sztangi leżąc, w formie adekwatnej do przepisów konkretnej federacji, jest jednym z trzech bojów wchodzących w skład dyscypliny trójboju siłowego. Jest to także jedna z indywidualnych dyscyplin sportowych, z corocznie organizowanymi Mistrzostwami Świata i Europy. Podobnie jak w przypadku innych ćwiczeń z wolnym obciążeniem, wyciskanie sztangi leżąc poza rozwojem siły mięśniowej służy również do rozwijania maksymalnej mocy oraz hipertrofii mięśniowej (Krzysztofik et al., 2019). Do mięśni najbardziej zaangażowanych podczas wyciskania sztangi leżąc zalicza się przednią część mięśnia naramiennego, piersiowy

większy oraz trójgłowy ramienia (Krzysztofik, Golas, et al., 2020; Lagally et al., 2004; Lehman, 2005; Requena et al., 2005). Według autorów (Gepfert et al., 2019; Król & Gołaś, 2017; Stastny et al., 2017), głównym mięśniem odpowiedzialnym za ruch wyciskania sztangi leżąc jest mięsień piersiowy większy, podczas gdy przednia część mięśnia naramiennego i trójgłowy ramienia pełnią funkcję wspomagającą. Warto zauważyć, że obciążenie zewnętrzne może wpłynąć na zmianę wzorca aktywności mięśni; na przykład przy maksymalnym obciążeniu mięsień piersiowy większy może działać jako mięsień wspomagający, podczas gdy naramienny przedni staje się głównym motorem napędowym (Król & Gołaś, 2017). Ponadto należy wziąć pod uwagę, że aktywność mięśni może zmieniać się w zależności od modyfikacji techniki wyciskania sztangi leżąc lub zastosowania zmiennego oporu (Cronin et al., 2003; Santana et al., 2007). Co więcej, sam przebieg ćwiczenia może być modyfikowany przez wiele czynników, w tym intensywność i objętość ćwiczenia, tempo i prędkość ruchu, czas napięcia mięśniowego lub zakres ruchu (Krzysztofik, Matykiewicz, et al., 2021; Martínez-Cava et al., 2022; M. Wilk, Tufano, et al., 2020). Badania wykazały, że rekrutacja jednostek motorycznych oraz częstotliwość stymulacji wzrasta równolegle ze wzrostem obciążenia zewnętrznego, co skutkuje osiągnięciem pożądanego napięcia mięśniowego i większej siły mięśniowej (Król & Gołaś, 2017).

Poprawa siły wynikająca z ćwiczeń oporowych, takich jak wyciskanie sztangi leżąc, jest spowodowana w głównej mierze odpowiednimi modyfikacjami objętości oraz intensywności treningu, w tym też ich interakcji. Uważa się, że siła jest bardzo specyficzna, więc jeśli celem jest poprawa siły maksymalnej ocenianej w konkretnym wzorcu ruchowym, trening z obciążeniami bliskimi maksymalnych, z uwzględnieniem tego wzorca pozwoli na poprawę wyniku (Buckner et al., 2017; Fisher et al., 2017). Ponadto, sukces w wyciskaniu sztangi leżąc jest determinowany przez optymalizację techniki ćwiczenia, gdzie celem będzie wypracowanie najkrótszego przesunięcia pionowego sztangi, by ruch był optymalny pod względem wysiłku nerwowo-mięśniowego (Anderson et al., 2008; Elliott et al., 1989). Badania wskazują na transfer poprawy siły w wyciskaniu sztangi leżąc na poprawę rekrutacji jednostek motorycznych mięśni obręczy barkowej (Giorgio et al., 2009; Rodríguez-Ridao et al., 2020), a co ważniejsze dla wyników sportowych, siła w przedstawionym ćwiczeniu może być używana jako jeden z predyktorów wyniku sportowego dyscyplin opierających się na generowaniu wysokich wartości siły i mocy przez kończyny górne (Garrido et al., 2010; McKean & Burkett, 2014). Sportowcy coraz częściej dywersyfikują swój program treningowy, aby wprowadzić dodatkowy bodziec do przełamywania stagnacji, unikania monotonii, osiągania różnych celów treningowych czy skrócenia czasu trwania sesji treningowych (Krzysztofik, Golas, et al., 2020).

1.2. Współczesne metody kształtowania siły mięśniowej.

Mając na uwadze stały rozwój sportu i metod treningowych związanych z kształtowaniem siły mięśniowej, w ostatnich latach pojawiły się nowe przesłanki dotyczące opracowywania lub modyfikowania ćwiczeń oporowych. Zauważyć można rosnącą tendencję do stosowania treningu uzupełniającego lub wspomagającego w celu rozwoju hipertrofii mięśniowej, poprawy wzorców ruchowych lub słabych punktów w ramach danego ćwiczenia (P. Swinton et al., 2014; Wilson & Kritz, 2014).

Pomimo, że wielu autorów opisywało w literaturze strukturę ruchu wyciskanie sztangi leżąc (Król & Gołaś, 2017; Lehman, 2005; Saeterbakken et al., 2017; Stastny et al., 2017; M. Wilk et al., 2019), znacznie mniej uwagi poświęcono wpływowi akcesoriów optymalizujących ruch przez wpływ na siłę maksymalną i aktywność mięśni. Obecnie zawodnicy sportów siłowych na najwyższym poziomie wykorzystują pomoce ergogeniczne i specjalistyczny sprzęt (tj. stroje do przysiadów, koszule do wyciskania leżąc, kombinezon do martwego ciągu, taśmy elastyczne na kolana, opaski stabilizujące stawy) w celu podniesienia wyników sportowych (Godawa et al., 2012; P. A. Swinton et al., 2009). Badania sugerują, że specjalistyczna koszula wykorzystywana podczas wyciskania sztangi leżąc zmienia strukturę ruchu poprzez spotęgowanie cyklu rozciągnięcie-skurcz, umożliwiając pokonywanie większych obciążeń zewnętrznych (Silver et al., 2009).

Poza sprzętem specjalistycznym, coraz powszechniejszym zjawiskiem w zaawansowanych planach treningowych jest stosowanie pomocy treningowych w postaci elastycznego oporu (Anderson et al., 2008; Bellar et al., 2011; Dugdale et al., 2019; M. Wilk, Krzysztofik, et al., 2020). Stosowanie elastycznego oporu polega na wykorzystaniu elastycznych gum o różnej sztywności do zmiany wzorca ruchu i regulacji zdolności siłowych mięśni w całym zakresie ruchu (McMaster et al., 2009; Wilson & Kritz, 2014). Ankieta przeprowadzona wśród wyczynowych zawodników sportów siłowych wykazała, że ponad 50% z nich używa gum oporowych podczas treningu z wykorzystaniem wyciskania sztangi leżąc, co stanowi największy procent wśród wszystkich innych przedstawionych modyfikacji treningowych (P. A. Swinton et al., 2009). Ponadto, w kilku badaniach wykazano, że zastosowanie elastycznego oporu w treningu opartym o wyciskanie sztangi leżąc poprawia rozwój siły górnej części ciała (Anderson et al., 2008; Bellar et al., 2011; Giorgio et al., 2009; Jones, 2014).

Pomimo rosnącej popularności i dowodów na stosowanie elastycznego treningu oporowego, znacznie mniej uwagi poświęcono treningowi z zastosowaniem elastycznej asysty. Zastosowanie elementów elastycznych w formie wspomagania ruchu może być wykorzystywane do przełamywania bariery szybkości, pozwalając na wykonywanie wysiłku o wartości supramaksymalnej (Bellar et al., 2011; Dugdale et al., 2019; Ghigiarelli et al., 2009; McMaster et al., 2009; Wilson & Kritz, 2014). W efekcie takiego działania możliwe jest pokonywanie granic możliwości sportowca przez bieganie szybciej, skakanie wyżej i pokonywanie większych obciążeń niż byłoby to możliwe bez dodatkowego wspomagania. W kilku badaniach wykazano, że wspomaganie elastyczne znacznie poprawia wysokość wyskoku (Tran et al., 2011) i czas sprintu (Bartolini et al., 2011), podczas gdy trening skocznościowy z elastycznym wspomaganie przez 4 tygodnie znacznie poprawił wysokość wyskoku w porównaniu z treningiem tradycyjnym (Argus et al., 2011). W porównaniu z badaniami nad oporem elastycznym, znacznie mniej uwagi poświęcono wdrożeniu elastycznych urządzeń wspomagających, zwłaszcza w celu optymalizacji treningu górnej części ciała.

Akcesorium coraz częściej wykorzystywanym w treningu sportowym, które znacząco wpływa na kinematykę ruchu podczas wyciskania sztangi leżąc wraz z intensywnością i objętością, jest przybór „Sling Shot” (SS). SS składa się z dwóch rękawów zakładanych w okolicy łokci, połączonych elastycznym materiałem. SS z założenia spełnia podobne funkcję co specjalistyczna koszula używana w sprzętowym wyciskaniu sztangi leżąc, będąc jednak alternatywą chętnie wdrażaną w rutynę treningową przez łatwość zakładania i użycia, pozwalając na pracę z obciążeniami supramaksymalnymi w pełnym zakresie ruchu (Ferland & Comtois, 2019). Zasadniczo SS jest elementem pasywnym, ale podczas ruchu rozciąganie materiału tworzącego SS zapewnia dodatkową energię sprężystą, która wspiera sportowca w ekscentrycznej fazie ruchu i pozwala na spotęgowanie cyklu rozciągnięcie-skurcz w efekcie poprawiając fazę koncentryczną (Dugdale et al., 2019). W przeciwieństwie do oporu elastycznego generowanego przez gumy, podczas pracy z użyciem SS poza siłą wertykalną występuję również siła horyzontalna generowana przez materiał. Według producenta zastosowanie SS pozwala na użycie 10-15% większych obciążeń podczas wyciskania sztangi leżąc przy jednoczesnym zmniejszeniu napięcia mechanicznego w mięśniach naramiennych i trójgłowych ramienia. Wykazano, że SS wpływa na różne parametry wyciskania sztangi leżąc, pozwalając zwiększyć wynik testu 1RM, generowaną moc i prędkość sztangi, a także liczbę powtórzeń wykonanych do odmowy. Co więcej, zastosowanie SS zmienia również odczyty elektromiograficzne, zmieniając w ten sposób wzorzec aktywności głównych mięśni

odpowiedzialnych za ruch wyciskania sztangi leżąc w zależności od zastosowanego obciążenia zewnętrznego (Dugdale et al., 2019; Niblock & Steele, 2017; Pedrosa et al., 2020; Ye et al., 2014). Badanie przeprowadzone przez Ye i wsp. (2014) wykazało, że zastosowanie SS podczas wyciskania sztangi leżąc poprawiło wynik w teście 1RM średnio o 17,6kg, pozwalając na pracę z obciążeniami supramaksymalnymi. Autorzy podkreślają jednak, że zastosowanie SS bez odpowiedniej progresji obciążenia może prowadzić do zmniejszonej aktywności mięśni. Z kolei Dugdale i wsp. (2019) sugerują, że SS bezpośrednio wpływa na ustawienie ramion powodując zmianę mechaniki wyciskania sztangi leżąc oraz przesunięcie występowania punktu krytycznego (sticking point), zmieniając przy tym aktywność mięśnia trójgłowego ramienia. Stwarza to korzystniejsze warunki biomechaniczne do generowania większej prędkości początkowej i szczytowej podczas ruchu. Jest to prawdopodobnie spowodowane największym rozciągnięciem materiału i wspomaganie mechaniczne na początku koncentrycznej fazy ruchu wyciskania sztangi leżąc, gdzie zaangażowanie mięśnia trójgłowego ramienia jest fundamentalne (Dugdale et al., 2019; Van Den Tillaar & Ettema, 2009a; van den Tillaar & Ettema, 2010).

1.3. Ocena asymetrii na podstawie struktury wewnętrznej i zewnętrznej ruchu.

W ostatnich latach asymetrie występujące w obrębie konkretnych lub przeciwstawnych części ciała stały się przedmiotem zainteresowania badaczy, głównie biorąc pod uwagę analizę chodu i porównanie aktywności mięśniowej kończyn dolnych (Abdul Halim et al., 2019; Bishop, Turner, et al., 2018). Określenie asymetrii najczęściej wymaga oceny wybranych wskaźników symetrii w celu właściwej analizy i prawidłowego wnioskowania. Takie porównania pozwalają ocenić zakres i kierunek asymetrii sugerowanej jako wysoce specyficzna dla zadania, opisywana głównie w wartościach procentowych (Bell et al., 2014; Bishop, Read, et al., 2018; Carpes et al., 2010). Odwołując się do danych empirycznych, znaczna asymetria aktywności i siły mięśniowej powoduje większe obciążenie struktur pasywnych i skutkuje ograniczoną regeneracją przy jednocześnie zwiększonym ryzyku urazu (Croisier et al., 2008), co może powodować spadek wydolności fizycznej (Bishop, Turner, et al., 2018; Sarabon et al., 2020). Niemniej jednak stopień dysproporcji będzie różny w zależności od wykonywanej aktywności i wyboru wzorca ruchowego (Kuki et al., 2019). Mimo to, nie brakuje opinii, że asymetria jest cechą naturalną, związaną z czynnikami

anatomicznymi i neurologicznymi, dlatego można ją uznać za funkcjonalną (Raya-González et al., 2021).

Analizując asymetrię wzorców pobudzenia mięśni podczas obustronnych ćwiczeń oporowych górnych partii ciała, takich jak wyciskanie sztangi leżąc, większość badaczy oparła swoje wnioski na analizie elektromiografii powierzchniowej (sEMG) (Stastny et al., 2017). Pomiary sEMG związane są z rejestracją i analizą sygnałów mioelektrycznych generowanych przez mięśnie szkieletowe, dając możliwość dokładnego zbadania ich aktywności, współpracy z innymi elementami narządu ruchu czy oceny skutków zmęczenia. W przeciwieństwie do klasycznego pomiaru EMG, w którym reakcja mięśnia na zewnętrzną stymulację elektryczną jest analizowana w warunkach statycznych, metoda sEMG może być opisana jako badanie dobrowolnej aktywacji nerwowo-mięśniowej w ramach wzorców ruchowych, analizy warunków pracy oraz schematów leczenia/treningu (Farina et al., 2004).

Większość dotychczasowych badań oceniających zmiany aktywności sEMG podczas wyciskania sztangi leżąc oceniała tylko dominującą kończynę lub stronę ciała (Stastny et al., 2017). Niemniej jednak, pomimo braku precyzyjnych wytycznych dotyczących pomiarów symetrycznych (Besomi et al., 2020), w ostatnich latach zaczęto podejmować próby oceny asymetrii i lateralizacji ciała. Odnosząc się do najnowszych badań dotyczących wyciskania sztangi leżąc zarówno u sportowców wyczynowych, jak i u osób trenujących rekreacyjnie, niektórzy autorzy wskazują na konieczność pomiaru aktywności sEMG po obu stronach ciała. Wynika to z faktu występowania znacznych różnic szczytowych amplitud sEMG, wskazujące na wyższe wartości po stronie dominującej (Gołaś, Maszczyk, Stastny, et al., 2018; Jarosz et al., 2020; Krzysztofik, Jarosz, et al., 2021). Różnice w pobudzeniu mięśni między stroną dominującą i niedominującą przejawiają się nie tylko w aktywności sEMG, ale także prędkości, sile, spójności ruchu oraz opóźnionym zmęczeniu (Bravi et al., 2017; van den Tillaar & Ettema, 2009). Ponadto, wraz ze zwiększeniem obciążeń zewnętrznych, wzrost amplitudy sEMG jest częściowo związany z wymaganiami dotyczącymi stabilizacji, co ostatecznie może prowadzić do wzrostu asymetrii (Gołaś, Maszczyk, Pietraszewski, et al., 2018). Należy również zauważyć, że występowanie pewnej asymetrii aktywności sEMG jest również przypisywane wcześniejszym urazom, dysbalansom mięśniowym czy dominacji kończyny (Gołaś, Maszczyk, Stastny, et al., 2018; Krzysztofik, Jarosz, et al., 2021).

Możliwe wyjaśnienia występowania asymetrii są związane z preferencyjnym używaniem kończyny dominującej, prowadzącym do morfologicznych i fizjologicznych

adaptacji w funkcji i budowie mięśni, zwiększoną pobudliwością dominującej kory ruchowej lub optymalizacją ośrodkowego układu nerwowego (Bravi et al., 2017; Williams et al., 2002). Ponadto, lateralizacja motoryczna odzwierciedla biegłość każdej kończyny w zakresie specyficznych funkcji, gdzie kończyna dominująca odpowiedzialna jest głównie za ruchy dynamiczne, podczas gdy kończyna niedominująca odpowiada w szczególności za optymalizację stabilności pozycji (Mutha et al., 2013). Zależności te dotyczą całej kończyny, ale niekoniecznie poszczególnych mięśni zaangażowanych w określonych czynnościach ruchowych (Gołaś, Maszczyk, Stastny, et al., 2018).

Chociaż w wielu badaniach analizowano sEMG mięśni w trakcie wyciskania sztangi leżąc (Dugdale et al., 2019; Gołaś, Maszczyk, Pietraszewski, et al., 2018; Stastny et al., 2017; Wojdala et al., 2020), to według wiedzy autora brak jest eksperymentów dotyczących zmian właściwości mechanicznych mięśni na skutek wyciskania sztangi leżąc. Jedną z metod pozyskiwania takich zmiennych jest miotonometria, która okazała się nieinwazyjną i wiarygodną metodą oceny właściwości biomechanicznych poszczególnych mięśni (Bizzini & Mannion, 2003). Przenośne urządzenie miotonometryczne (Myoton) mierzy mechaniczną odpowiedź tkanki mięśniowej na krótkotrwałe zaburzenie mechaniczne za pomocą ruchomej sondy i umożliwia pomiary w różnych środowiskach, także podczas treningu. Pomiary miotonometryczne służą nie tylko do oceny właściwości mechanicznych mięśni i ścięgien, ale także wykazują niemal liniową korelację z aktywnością sEMG, a zatem stanowią pośredni pomiar zmian zdolności mięśni do generowania siły (Bizzini & Mannion, 2003; Korhonen et al., 2005). Podczas gdy urządzenie Myoton ma możliwość pomiaru pięciu zmiennych (częstotliwość oscylacji napięcia mięśniowego, sztywność, elastyczność, czas relaksacji i właściwość pełzania tkanki), poprzednie badania określały jedynie częstotliwość oscylacji [Hz] badanej tkanki po jej odkształceniu i sztywność [N/m], która określa zdolność mięśnia do przeciwstawiania się zmianom jego kształtu (Jaskólska & Jaskólski, 2021), jako ważnych czynników wpływających na siłę (Hill et al., 2021; Klich et al., 2020; Lohr et al., 2018). Przedstawione badania sugerują jednak niejednoznaczne wyniki, które nie pozwalają definitywnie stwierdzić, czy dana aktywność powoduje spadek czy wzrost sztywności i częstotliwości oscylacji. Można jednak przyjąć, że rodzaj ćwiczeń, intensywność i ich objętość mogą mieć różny wpływ na właściwości mechaniczne mięśnia (Hill et al., 2021).

2. Problem badawczy

Analizując literaturę tematu, dostępne są jedynie dwie publikacje oceniające wpływ SS na parametry wyciskania sztangi leżąc uwzględniające ocenę sEMG (Dugdale et al., 2019; Ye et al., 2014). Należy jednak zauważyć, że dotychczasowe badania dotyczyły tylko dominującej strony ciała, co wydaje się ich głównym ograniczeniem ze względu na istotne różnice w amplitudzie sEMG między kończyną dominującą i niedominującą (Gołaś, Maszczyk, Stastny, et al., 2018; Jarosz et al., 2020). Co więcej, autorzy koncentrowali się na analizie obciążeń równych 100% 1RM lub nawet przekraczających tę wartość przy wysokim poziomie zmęczenia. Wynika z tego potrzeba kompleksowych badań dotyczących analizy zmian aktywności sEMG strony dominującej i niedominującej oraz asymetrii mięśniowej występującej podczas ćwiczeń dynamicznych. Głównymi mięśniami zaangażowanymi podczas wyciskania sztangi leżąc są mięsień piersiowy większy, mięsień trójgłowy ramienia i część przednia mięśnia naramiennego (Stastny et al., 2017), stąd też do analizy w przeprowadzonych eksperymentach wybrano wymienione grupy mięśniowe. Uwzględniając zastosowanie SS w celu zwiększenia siły mięśniowej, oraz wpływ zmęczenia na aktywność mięśniową (Schick et al., 2010; Tillaar & Saeterbakken, 2014), jedno z przedstawionych w cyklu badań obejmowało minimalizowanie zmęczenia poprzez wykonanie testu 1RM w osobnym dniu przy jednoczesnym ograniczeniu liczby powtórzeń. Biorąc pod uwagę, że wcześniejsze badania wykazały spadek aktywności sEMG dominującej strony ciała po zastosowaniu SS można oczekiwać, że zastosowanie SS zmniejszy aktywność sEMG zarówno kończyny dominującej, jak i niedominującej. Mając to na uwadze, spójne wydaje się wykorzystanie pomiarów miotonometrycznych do analizy wyciskania sztangi leżąc wspomaganego SS. Pozwoli to na pełniejszą analizę działania mięśni i porównanie uzyskanych wyników z pomiarami sEMG, które powinny wskazywać na podobne efekty stosowania przyborów treningowych. Ponadto, poziom zmęczenia, na który może wskazywać wzrost częstotliwości oscylacji oraz sztywności, powinien również różnić się w zależności od warunków ze względu na odciążenie układu mięśniowo-szkieletowego za pomocą SS.

Pomimo częściowych dowodów na efektywność stosowania SS, w dotychczasowych badaniach brakowało ujednoczonego podejścia do metodologii testów. Głównym zarzutem dotyczącym przeprowadzania pomiarów był brak egzekwowania oddzielnego testu 1RM dla wyciskania sztangi leżąc wspomaganego SS (Niblock & Steele, 2017; Wojdała et al., 2020). Zgodnie z dostępną wiedzą, trzy badania obejmowały osobny pomiar 1RM dla obu warunków wyciskania sztangi leżąc (Dugdale et al., 2019; Gavanda et al., 2021; Ye et al., 2014). W

publikacji Gavandy i wsp. (2021) nie wykazano znaczących różnic we wzroście maksymalnej siły i masy mięśniowej w obrębie klatki piersiowej i ramion po ośmiu tygodniach interwencji treningowej wspomaganej SS. Autorzy nie uwzględnili jednak żadnych pomiarów fizjologicznych ani zmiennych kinematycznych ruchu, co nie pozwala na pełną analizę wzorca ruchowego. Z kolei Ye i wsp. (2014) wykazali, że użycie SS w jednym powtórzeniu z obciążeniem równym 1RM wartości bazowej zwiększa prędkość sztangi i generowaną moc. Niemniej jednak, ci sami autorzy stosując oddzielny pomiar 1RM dla wyciskania sztangi leżąc z asystą SS przy zastosowaniu odpowiednio większego obciążenia zewnętrznego stwierdzono, że różnice prędkości sztangi i generowanej mocy są nieistotne. Oba prezentowane badania (Gavanda et al., 2021; Ye et al., 2014) wykazują sprzeczne wyniki w stosunku do wcześniejszych publikacji dotyczących SS, co potwierdza potrzebę bardziej szczegółowej analizy tego zagadnienia, uwzględniając różne intensywności ćwiczeń.

Wpływ zastosowania SS jako narzędzia rozwijającego wytrzymałość siłową również jest niejasny. Przedstawione dotychczas badania nie porównywały maksymalnej liczby powtórzeń ani czasu napięcia mięśniowego, które można było wykonać z asystą SS i bez niej przy tej samej względnej intensywności. Wprawdzie w publikacji z 2017 roku (Niblock & Steele, 2017) autorzy podjęli próbę oceny tego zjawiska, jednak rozważano jedynie wpływ zastosowania SS na liczbę powtórzeń z obciążeniem maksymalnym względem wyciskania sztangi leżąc bez wspomagania, w efekcie czego badani byli w stanie wykonać od 2 do 5 powtórzeń więcej. Brakuje jednak w tym zakresie analizy wpływu różnych obciążeń na wysiłek wykonywany do odmowy. Ponadto, zmienną niezbędną do pełnej ewaluacji wpływu SS na wytrzymałość siłową jest również tempo wykonywanej czynności ruchowej. Potwierdzonym jest, że tempo powtórzenia ma istotny wpływ na całkowitą liczbę powtórzeń oraz czas napięcia mięśniowego, nawet przy określonej intensywności względnej (M. Wilk, Golas, et al., 2018).

Biorąc pod uwagę przedstawione argumenty, znaczenie asymetrii mięśniowej, różnice w pobudzeniu mięśniowym kończyn górnych w odniesieniu do zmiennych kinematycznych podczas wyciskania sztangi leżąc nie zostało dostatecznie zbadane i wymaga dalszych analiz. Przedstawione dane potwierdzają, że analiza oparta na jednej stronie ciała może skutkować niespójnościami i błędnymi interpretacjami. Co więcej, dotychczasowe dowody naukowe dotyczące SS posiadają wiele nieścisłości metodologicznych i obszarów które nie zostały poddane dostatecznej ewaluacji. Z tego też powodu wydaje się w pełni uzasadnione podjęcie problematyki efektywności zastosowania przyboru „Sling Shot”, analizując kompleksowo strukturę wewnętrzną i zewnętrzną ruchu w oparciu o wyciskanie sztangi leżąc.

2.1. Cel badań, pytania badawcze, hipoteza

Celem badań była ocena wpływu przyboru „Sling Shot” na strukturę wewnętrzną i zewnętrzną ruchu. W tym celu zrealizowano trzy eksperymenty z wykorzystaniem osób rekreacyjnie wykonujących regularny trening oporowy, z uwzględnieniem doświadczenia treningowego wynoszącego minimum 3 lata. Dwa eksperymenty dotyczyły struktury wewnętrznej ruchu, gdzie analizie za pomocą techniki sEMG poddano zarówno stronę dominującą (badanie 1), jak i obie strony ciała (badanie 2) określając występujące asymetrie. Trzecie badanie dotyczyło kompleksowej oceny ruchu zarówno pod kątem struktury wewnętrznej, wykorzystując miotonometrię z określeniem asymetrii oraz struktury zewnętrznej, analizowanej na podstawie kinematyki ruchu oraz zmiennych takich jak prędkość sztangi, generowana moc maksymalna, czas napięcia mięśniowego czy liczbę wykonanych powtórzeń do odmowy.

Pytania badawcze poszczególnych eksperymentów wchodzących w skład przedkładanego cyklu obejmowały:

Badanie 1: Jaki wpływ ma zastosowanie przyboru SS na przejawy aktywności mięśniowej w wyciskaniu sztangi leżąc w zależności od zastosowanego obciążenia zewnętrznego?

Badanie 2: Czy zastosowanie przyboru SS oddziałuje w taki sam sposób zarówno na kończynę dominującą, jak i niedominującą? Czy przybór SS może istotnie wpływać na asymetrię?

Badanie 3: Jak zastosowanie przyboru SS wpływa na wybrane zmienne kinematyczne wyciskania leżąc? Czy zastosowanie przyboru SS może ograniczyć narastanie zmęczenia podczas wysiłku?

Hipoteza badawcza: Zastosowanie przyboru SS, na skutek wspomaganie elastycznego i odciążeniu faz ruchu, w znaczący sposób wpływa na aktywność mięśniową, asymetrię między kończynami oraz zmienne kinematyczne niezależnie od zastosowanej objętości i intensywności wyciskania sztangi leżąc.

3. Materiał i metody badawcze

Wymienione prace dotyczą oceny efektywności zastosowania przyboru „Sling Shot” w wyciskaniu sztangi leżąc analizując strukturę wewnętrzną i zewnętrzną ruchu. W każdym z badań wykorzystano przybór „Sling Shot” biorąc pod uwagę różne warunki pracy mięśniowej, jednocześnie bazując na nowoczesnej aparaturze pomiarowej uznawanej jako złoty standard w badaniach diagnostycznych.

Badanie pierwsze, opublikowane w 2020 roku, obejmowało określenie wpływu SS na aktywność nerwowo-mięśniową przedniego mięśnia naramiennego, mięśnia piersiowego większego i mięśnia trójgłowego ramienia podczas wyciskania sztangi leżąc z obciążeniem submaksymalnym i maksymalnym. Mając na uwadze zastosowanie SS ukierunkowanego na zwiększenie siły mięśniowej oraz wpływ zmęczenia na aktywność mięśniową (Schick et al., 2010; Tillaar & Saeterbakken, 2014), położono nacisk na niskie zmęczenie poprzez wykonanie testu 1RM w osobnym dniu i ograniczenie liczby powtórzeń, co wyróżnia to badanie od poprzednich. W badaniu wzięło udział 10 mężczyzn z minimum trzyletnim doświadczeniem w treningu oporowym. Eksperyment przeprowadzono zgodnie z modelem krzyżowym, w którym każdy badany wykonał sesję zapoznawczą oraz dwie sesje eksperymentalne: jedną z przyborem Sling Shot podczas protokołu wyciskania sztangi leżąc wspomaganego i jedną podczas protokołu testu kontrolnego bez wykorzystania asysty.

Wszystkie sesje poprzedzone były rozgrzewką ogólną oraz specjalistyczną, a także powtórzeniami wstępnymi wielokrotnego wyciskania sztangi leżąc z obciążeniem nieprzekraczającym 60% 1RM. Podczas sesji zapoznawczej dla każdego uczestnika dopasowano rozmiar SS w zależności od masy ciała, dokonano ewaluacji techniki wyciskania sztangi badanych oraz przeprowadzono test pomiaru 1RM zgodnie z ustandaryzowaną procedurą (M. Wilk, Golas, et al., 2020; M. Wilk, Tufano, et al., 2020). Sesje eksperymentalne, przeprowadzone o tej samej porze dnia, aby uniknąć wpływu rytmu dobowego, polegały na wykonywaniu pojedynczego powtórzenia wyciskania sztangi z progresywnym obciążeniem (70%, 85% i 100% 1RM) w celu zarejestrowania szczytowej aktywności analizowanych mięśni. Cała procedura badawcza trwała 3 tygodnie z tygodniową przerwą między każdą próbą. Wszystkie sesje testowe odbyły się w Laboratorium Siły i Mocy Akademii Wychowania Fizycznego w Katowicach. Pomiary aktywności mięśniowej wykonywane były za pomocą ośmiokanałowego systemu Noraxon TeleMyo 2400 (Noraxon USA Inc., Scottsdale, AZ; 1500Hz). Dokonano rejestracji sygnałów sEMG dla trzech mięśni: mięśnia naramiennego przedniego, mięśnia piersiowego większego i mięśnia trójgłowego ramienia po dominującej

stronie ciała. Samoprzylepne elektrody (Dri-Stick Silver Electrodes AE-131, NeuroDyne Medical, USA) umieszczono wzdłuż przypuszczalnego kierunku przebiegu włókna mięśniowego zgodnie z zaleceniami SENIAM (Konrad, 2006), które zostały następnie oznaczone w celu identyfikacji podczas kolejnych sesji pomiarowych. Do określenia momentu początku i zakończenia ruchu wykorzystano synchronizowane nagranie wideo. Co więcej, przed i po sesji pomiarowej badani wykonywali 3 sekundowe testy skurczów izometrycznych, w celu znormalizowania zapisów sEMG zgodnie z procedurą SENIAM względem maksymalnego wolicjonalnego skurczu izometrycznego (MVIC). Dane opracowano za pomocą programu Statistica 9.1 i przedstawiono jako średnie \pm odchylenia standardowe. Wszystkie zmienne prezentowały rozkład normalny według testu Shapiro-Wilka. Wpływ interakcji między warunkami, obciążeniem i aktywnością mięśni oceniono za pomocą trójczynnikowej analizy wariancji z powtarzanymi pomiarami (ANOVA). Porównania post-hoc przeprowadzone zostały za pomocą testu Tukeya.

Druga w cyklu publikacja, przedstawiona w *Journal of Human Kinetics*, miała na celu przeprowadzenie analizy dotyczącej zmian aktywności sEMG strony dominującej i niedominującej ciała oraz asymetrii mięśniowej występującej podczas ćwiczeń wyciskania sztangi leżąc z użyciem SS, której brakowało w bieżącej literaturze. Ponadto, biorąc pod uwagę wcześniejsze badania wykazujące spadek aktywności sEMG dominującej strony ciała stosując wspomaganie Sling Shot (Dugdale et al., 2019; Wojdała et al., 2020; Ye et al., 2014), można było przypuszczać, że zastosowanie Sling shot zmniejszy aktywność mięśniową zarówno kończyny dominującej, jak i niedominującej. Materiał i metody badawcze wykorzystane w pracy zostały przedstawione i częściowo wykorzystane w ramach publikacji z 2020 roku (Wojdała et al., 2020) w ramach cyklu badawczego i stanowią jego kontynuację. Niniejsze badanie rozszerza poprzedni eksperyment o analizę niewykorzystanych danych dotyczących niedominującej strony ciała wraz z obliczeniem wskaźnika symetrii kończyn (limb symmetry index - LSI).

Do porównań wykorzystano pojedyncze powtórzenia wyciskania leżąc z obu sesji eksperymentalnych z obciążeniem submaksymalnym i maksymalnym (85% i 100% 1RM). Podczas obu sesji rejestrowane były szczytowe amplitudy sEMG przedniego mięśnia naramiennego, mięśnia trójgłowego ramienia i mięśnia piersiowego większego obu stron ciała. Porównanie prawej i lewej strony przeprowadzono za pomocą wskaźnika symetrii kończyn ($LSI(\%) = (2 \cdot (XR - XL) / (XR + XL)) \cdot 100\%$) gdzie XR = wartości prawej strony i XL = wartości lewej strony (Aedo-Muñoz et al., 2019; Bishop, Turner, et al., 2018). Dodatnia wartość LSI wskazywała na dominację strony prawej, wartość ujemna wskazywała na przewagę strony

lewej, natomiast wynik 0 wskazywałby na idealną symetrię między kończynami (Carpes et al., 2010). Wszystkie analizy statystyczne przeprowadzono przy użyciu programu Statistica 9.1. Wyniki przedstawiono jako średnie z odchyleniami standardowymi. W celu sprawdzenia normalności i jednorodności danych zastosowano test Shapiro-Wilka. Różnice aktywności mięśniowej między warunkami wspomaganymi i kontrolnymi określono za pomocą trójczynnika analizy ANOVA z powtarzanymi pomiarami, podczas gdy do porównania wartości LSI zastosowano dwuczynnika analizę ANOVA z powtarzanymi pomiarami. W przypadku wystąpienia efektu głównego lub interakcji, wykorzystano porównania post hoc za pomocą testu Tukeya, aby zlokalizować różnice między wartościami średnimi.

W badaniu trzecim, które zostało opublikowane w *The Journals of Strength and Conditioning Research*, podjęto próbę oceny wpływu przyboru Sling Shot przy różnych obciążeniach zewnętrznych i intensywności wysiłku, z uwzględnieniem zmian właściwości mechanicznych mięśni i kinematyki wyciskania leżąc. Biorąc pod uwagę przedstawione we wcześniejszych badaniach ograniczenia, protokół badań został uzupełniony o osobny pomiar poziomu siły na podstawie testu 1RM w zależności od warunków, pozwalającego na określenie wpływu SS przy różnym zastosowanym obciążeniu zewnętrznym i różnej intensywności wysiłku. Dwunastu mężczyzn z doświadczeniem w treningu oporowym przekraczającym 3 lata wzięło udział w projekcie krzyżowym z 2 sesjami eksperymentalnymi, poprzedzonymi sesją zapoznawczą. Wszystkie testy i próby zapoznawcze przeprowadzono o tej samej porze dnia, oddzielone co najmniej 92-godzinną przerwą na regenerację, a badanych poinstruowano, aby nie wykonywali żadnych dodatkowych ćwiczeń, aby uniknąć zmęczenia. Ponadto uczestnicy zostali poproszeni o zachowanie swojego dotychczasowego poziomu nawodnienia, ilości snu i stanu odżywienia.

W tygodniu poprzedzającym sesje eksperymentalne każdy badany wziął udział w sesji zapoznawczej. Sesja zapoznawcza została wykorzystana do wykonania podstawowych pomiarów antropometrycznych, uzupełnienia stosownej dokumentacji oraz doboru odpowiedniego rozmiaru SS wraz z technicznym wykonaniem wyciskania leżąc wspomaganego przez SS. Sesje eksperymentalne poprzedzone były rozgrzewką ogólną oraz specjalistyczną, zaczynając od 5-minutowej pracy na ergometrze rowerowym. Następnie badani wykonywali indywidualną rozgrzewkę ogólnorozwojową skupioną na dynamicznych ćwiczeniach górnych partii ciała. Specyficzna część rozgrzewki obejmowała 15, 10 i 5 powtórzeń wyciskania leżąc na ławce przy użyciu odpowiednio 20, 40 i 60% szacowanego 1RM. Obie sesje eksperymentalne przebiegały według tej samej procedury, z jedyną różnicą w zastosowaniu wspomagani SS lub jego braku podczas każdego wykonywanego zadania. W obu

przypadkach pomiary obejmowały wykonywanie testu 1RM, oddzielnie dla wyciskania sztangi i wyciskania z asystą SS. Po ukończeniu testu 1RM badani wykonali 3 serie po 2 powtórzenia wyciskania sztangi leżąc na ławce przy progresywnych obciążeniach 50, 70 i 90% 1RM. Następnie wykonywano pojedynczą serię składającą się z maksymalnej liczby powtórzeń do odmowy wolicjonalnej z obciążeniem równym 70% 1RM. Odmowę wolicjonalną zdefiniowano jako niezdolność do wykonania kolejnego ruchu koncentrycznego w całym jego zakresie ruchu (Izquierdo et al., 2006). Bezpośrednio przed i po każdej serii oceniano właściwości mechaniczne mięśnia głowy długiej trójgłowego ramienia (obie kończyny). Do tego celu zastosowano ręczny miometr MyotonPRO (Myoton AS, Tallinn, Estonia), a dalszym analizom poddano parametry częstotliwości drgań (Hz) oraz sztywności ($N \cdot m^{-1}$). Z kolei do oceny właściwości kinematycznych, takich jak prędkość szczytowa, moc szczytowa, czas napięcia mięśniowego oraz liczba wykonanych powtórzeń, wykorzystano system GymAware Powertool (Kinetic Performance Technology, Canberra, Australia). Wszystkie analizy statystyczne przeprowadzono przy użyciu programu SPSS (wersja 25.0; SPSS, Inc., Chicago, IL) i przedstawiono jako średnie wraz z odchyleniem standardowym. Normalność rozkładu danych sprawdzono za pomocą testów Shapiro-Wilka. Wpływ zmiennych na właściwości mechaniczne mięśni określono za pomocą 4-czynnikowej analizy wariancji z powtarzanymi pomiarami (ANOVA). Wpływ warunków i obciążenia zewnętrznego na zmienne kinematyczne określono za pomocą dwuczynnikowych analiz ANOVA z powtarzanymi pomiarami. Różnice między warunkami w obrębie wyniku 1RM, prędkości szczytowej, mocy szczytowej, czasie napięcia mięśniowego i liczbie powtórzeń podczas serii wykonanych do odmowy zostały zbadane za pomocą testu *t*.

4. Wyniki badań

Analiza danych uzyskanych w badaniu pierwszym (2020) wykazała, że stosowanie Sling Shot istotnie wpływa na wzorzec aktywności mięśniowej podczas wyciskania sztangi na ławce płaskiej i powoduje gwałtowny spadek aktywacji mięśni w porównaniu z równym obciążeniem w warunkach kontrolnych. Głównym odkryciem niniejszego badania była istotnie niższa ($p = 0.01$) szczytowa aktywność mięśni podczas wyciskania na ławce przy użyciu przyboru SS w porównaniu z warunkami wyciskania klasycznego przy tych samych obciążeniach zewnętrznych. Warto zauważyć, że najwyższy spadek aktywności wystąpił dla mięśnia trójgłowego ramienia. Wynika to prawdopodobnie z największego wspomaganie mechanicznego przyboru na początku pracy koncentrycznej w wyciskaniu sztangi leżąc, gdzie spośród badanych mięśni największą aktywność wykazuje właśnie mięsień trójgłowy ramienia (Van Den Tillaar & Ettema, 2009a). Znaczący wzrost całkowitego %MVIC mięśni między kolejnymi obciążeniami, który sugerowali poprzedni autorzy (Dugdale et al., 2019), został również wykazany w przedstawionym badaniu. Potwierdza to wcześniejsze doniesienia wskazujące na wpływ wzrastającego obciążenia na aktywność mięśniową (Król & Gołaś, 2017; Krzysztofik, Golas, et al., 2020; Lehman, 2005). Należy zauważyć, że przy zastosowaniu mniejszych obciążeń zewnętrznych (70% 1RM) podczas pracy z asystą SS aktywność mięśni zmieniła się w najmniejszym stopniu. Różnica w %MVIC trzech grup mięśniowych pomiędzy warunkami wyciskania leżąc wzrastała wraz ze wzrostem obciążenia do poziomu 100% 1RM, gdzie wynosiła 17%.

Wyniki drugiego w cyklu badania pozwoliły dowieść, że wspomaganie Sling shot znacząco wpływa na wzorzec aktywności sEMG zarówno po dominującej, jak i niedominującej stronie ciała, wpływając jednocześnie na asymetrie międzykończynowe. Główne odkrycie niniejszego badania wskazuje, że asymetrie międzykończynowe, określone za pomocą wzoru LSI, różniły się istotnie między warunkami kontrolnymi i wspomaganymi. Ponadto, wyniki sugerują, że zastosowanie Sling Shot zwiększa względne zaangażowanie kończyny niedominującej, jednocześnie zmniejszając aktywność sEMG obu kończyn. Sesje pomiarowe wykonywane z asystą Sling Shot cechowały się zmniejszoną wartością LSI dla mięśnia naramiennego przedniego i mięśnia trójgłowego ramienia. Wyższe wartości %MVIC po stronie dominującej, występujące dla mięśnia piersiowego większego i przedniego mięśnia naramiennego, potwierdzają dominację jednej kończyny nad drugą (Gołaś, Maszczyk, Stastny, et al., 2018; Krzysztofik, Jarosz, et al., 2021). Zależność ta dotyczy całej kończyny, ale niekoniecznie poszczególnych mięśni zaangażowanych w określone ruchy (Gołaś, Maszczyk,

Pietraszewski, et al., 2018). Wynika to z zaobserwowania większej aktywności sEMG mięśnia trójgłowego ramienia po stronie niedominującej przy submaksymalnych obciążeniach, która mogła być kompensowana znacznie zwiększonym pobudzeniem mięśnia piersiowego większego po stronie dominującej. Wyniki wskazują również na zwiększone zaangażowanie kończyny niedominującej w wyciskaniu sztangi wspomaganym Sling shot, co potwierdziły niższe wartości LSI dla poszczególnych mięśni, przy szczególnie dużym spadku LSI mięśnia trójgłowego ramienia. Wartości %MVIC wszystkich trzech mięśni uzyskane w warunkach SS były znacznie niższe niż w protokole kontrolnych, co jest zgodne z wcześniejszymi badaniami (Dugdale et al., 2019; Wojdała et al., 2020; Ye et al., 2014). Jest to jednak pierwsze badanie, w którym zjawisko to zostało potwierdzone również dla szczytowej amplitudy sEMG kończyny niedominującej. W zależności od obciążenia zewnętrznego, strony ciała i analizowanych mięśni, spadek szczytowej amplitudy sEMG przy użyciu Sling shot wynosił od 6,3 do 20,4 %MVIC. Chociaż spadek amplitudy sEMG odnotowano dla wszystkich mięśni poddawanych pomiarom, należy podkreślić, że największy spadek spowodowany wspomaganie Sling shot wystąpił w obrębie mięśnia trójgłowego ramienia (12,6 do 20,4% MVIC). Z kolei najmniejszymi zmianami na skutek wprowadzenia SS, wraz z LSI nie wykazującym znaczących różnic między warunkami lub obciążeniami oraz stosunkowo niższym %MVIC w porównaniu z innymi badanymi mięśniami, cechowały się parametry mięśnia piersiowego większego.

W ostatniej przedstawionej publikacji kluczowym było uwzględnienie oddzielnego pomiaru poziomu siły określanego przez test 1RM z użyciem SS w celu porównania wpływu elastycznego wspomagania na wzorec wyciskania sztangi leżąc, analizującego kinematykę ruchu i właściwości mięśni po obu stronach ciała. Należy wziąć pod uwagę, że przedstawione wyniki, podobnie jak w poprzednich publikacjach, wskazują, że maksymalny poziom siły i moc szczytowa zmieniły się na korzyść sesji wyciskania leżąc wspomaganego przez Sling Shot. Dodatkowo, generowana prędkość i moc zmniejszały się wraz z obciążeniem zewnętrznym niezależnie od protokołu, co jest zgodne z badaniami ruchu wyciskania leżąc w różnych warunkach (Hickmott et al., 2022; Jovanovic & Flanagan, 2014). Zauważyć jednak można, że wartości prędkości szczytowej ruchu nie wykazały różnic między warunkami pracy, co będzie kluczową zmienną związaną z kinematyką ruchu. Analizując parametry prędkości i mocy w kontekście wysiłku do odmowy wolicjonalnej, wyniki badania świadczą o braku znaczących różnic pomiędzy protokołami. W warunkach wspomaganym przez SS można jednak zaobserwować istotnie większą liczbę powtórzeń, jak i czasu napięcia mięśniowego, pomimo

zastosowania osobnego pomiaru 1RM. Ponadto, dane dotyczące mięśnia trójgłowego ramienia pozyskane przy użyciu miometru ręcznego wykazały istotnie wyższą częstotliwość oscylacji i sztywność dla pomiarów wykonywanych przed każdą serią roboczą w porównaniu z pomiarami po zakończeniu serii. Rozpatrując wpływ przyboru Sling Shot na parametry pracy mięśniowej, nie zaobserwowano istotnych interakcji uwzględniając wpływ zastosowania SS na zmienne częstotliwości i sztywności. Co istotne, podczas większości pomiarów w warunkach kontrolnych odnotować można istotnie większą sztywność mięśniową w kończynie dominującej porównując z kończyną niedominującą.

5. Wnioski

W oparciu o aktualny stan wiedzy, odzwierciedlony w publikacjach naukowych przytoczonych w dysertacji oraz na podstawie zebranych w toku badań danych empirycznych dotyczących efektywności zastosowania przyboru SS i analiz uzyskanych wyników sformułowano następujące wnioski:

1. Zastosowanie wspomaganie SS istotnie wpływa na zwiększenie poziomu siły maksymalnej określanego za pomocą testu 1RM, w głównej mierze na skutek modyfikacji wzorca ruchu oraz zwiększeniu prędkości i generowanej mocy. Przedstawione wyniki wskazują na potrzebę niezależnej oceny maksymalnego poziomu siły podczas stosowania urządzenia SS w ćwiczeniach i programach treningowych z uwzględnieniem odpowiednio większego obciążenia zewnętrznego. W przeciwnym razie efektywność i pomoc wynikająca z używania przyboru może być jedynie pozorna, nie licząc pomocy psychicznej w przezwyciężaniu punktów krytycznych ruchu.
2. SS może być również z powodzeniem stosowany do zwiększania objętości treningowej na skutek wydłużenia fazy ekscentrycznej, zwiększenia czasu pod napięciem oraz liczby powtórzeń wybranego wzorca. Bezpośrednio może to wpływać na stymulację wytrzymałości mięśniowej, wzrostu siły oraz miejscowej hipertrofii. Mając jednak na uwadze zmniejszoną aktywność mięśni, szczególnie mięśnia trójgłowego ramienia, w protokołach treningowych należy uwzględnić dodatkowe ćwiczenia akcesoryjne.
3. Zważywszy na wyniki przedstawione w dysertacji można zauważyć, że zastosowanie SS istotnie wpłynęło na wzorec aktywności mięśni podczas wyciskania sztangi leżąc. Dodatkowe wspomaganie przyboru powodują zmniejszenie aktywności mięśnia trójgłowego ramienia, mięśnia piersiowego większego i mięśnia naramiennego przedniego w porównaniu do pracy z takim samym obciążeniem w warunkach standardowych. Ponadto, asysta SS skutkowała zmniejszeniem asymetrii międzykończynowej oraz zwiększeniem zaangażowania kończyny niedominującej, gdzie efekt ten był dodatkowo potęgowany przez zwiększanie obciążenia zewnętrznego. Przedstawione rozwiązania wydają się być skutecznym sposobem na redukcję asymetrii przy jednoczesnym ograniczeniu aktywności wybranych mięśni, pozwalając na potencjalne zastosowanie SS w procesie prehabilitacji i rehabilitacji.
4. Biorąc pod uwagę nowoczesne rozwiązania diagnostyczne, zarówno elektromiografia powierzchniowa jak i miotonometria wydają się być rzetelnymi narzędziami do oceny wykonywanej pracy mięśniowej. Należy jednak mieć na uwadze występujące między

metodami różnice, w efekcie których najodpowiedniejsze powinno być stosowanie obu metod pomiarowych symultanicznie.

6. Implikacje praktyczne

Analizując uzyskane wyniki i dostępną wiedzę, można zaproponować kilka rozwiązań praktycznych dotyczących wdrażania Sling shot w praktykę treningową. Są to m.in.:

- zastosowanie Sling shot do nauczania techniki i korekcji wzorca ruchowego podczas wyciskania sztangi leżąc,
- wprowadzenie osobnego pomiaru 1RM w celu doboru właściwej periodyzacji,
- zwiększenie oporu zewnętrznego podczas stosowania Sling shot względem wyciskania klasycznego – w przeciwnym razie efektywność zastosowania może być jedynie pozorna,
- przełamywanie stagnacji i bariery psychicznej podczas pracy z obciążeniami supramaksymalnymi i maksymalnymi,
- zwiększanie objętości treningowej w celu maksymalizacji odpowiedzi hipertroficzej (głównie w okresie przygotowawczym)
- korygowanie asymetrii z zastosowaniem Sling shot podczas rehabilitacji i prehabilitacji.

7. Ograniczenia badawcze

Pomimo, że stosowanie Sling shot podczas wyciskania sztangi leżąc przynosi wiele korzyści adaptacyjnych, istnieją także pewne ograniczenia metodologiczne związane z przeprowadzonym cyklem badawczym, do których należą m.in.:

- brak ewaluacji długotrwałego wpływu zastosowania Sling shot na proces treningowy analizując 4- lub 6-tygodniowy mezocykl
- brak analizy mięśni stabilizujących
- brak pomiarów z uwzględnieniem grupy badawczej kobiet

8. Bibliografia

1. Abdul Halim, H. N., Azaman, A., Manaf, H., Saidin, S., Zulkapri, I., & Yahya, A. (2019). Gait Asymmetry Assessment using Muscle Activity Signal: A Review of Current Methods. *Journal of Physics: Conference Series*, 1372, 012075.
2. Aedo-Muñoz, E., Sanchez-Ramirez, C., Moya-Jofre, C., Bustamante-Garrido, A., Araya-Ibacache, M., Dal Bello, F., Brito, C.-J., & Miarka, B. (2019). Electromyographic inter-limb asymmetry in bench press exercise in elite paralympics weightlifters. *ISBS Proceedings Archive*, 37(1), 67.
3. Baker, D. G., & Newton, R. U. (2009). Effect of Kinetically Altering a Repetition via the Use of Chain Resistance on Velocity During the Bench Press: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(7), 1941-1946.
4. Bartolini, J. A., Brown, L. E., Coburn, J. W., Judelson, D. A., Spiering, B. A., Aguirre, N. W., Carney, K. R., & Harris, K. B. (2011). Optimal Elastic Cord Assistance for Sprinting in Collegiate Women Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1263–1270.
5. Bell, D. R., Sanfilippo, J. L., Binkley, N., & Heiderscheit, B. C. (2014). Lean Mass Asymmetry Influences Force and Power Asymmetry During Jumping in Collegiate Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(4), 884–891.
6. ography. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(5), 1339–1348.
7. Dugdale, J. H., Hunter, A. M., Di Virgilio, T. G., Macgregor, L. J., & Hamilton, D. L. (2019). Influence of the “Slingshot” Bench Press Training Aid on Bench Press Kinematics and Neuromuscular Activity in Competitive Powerlifters: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(2), 327-336.
8. Garrido, N., Marinho, D. A., Barbosa, T. M., Costa, A. M., Silva, A. J., Pérez Turpin, J. A., & Marques, M. C. (2010). Relationships between dry land strength, power variables and short sprint performance in young competitive swimmers. *Journal of Human Sport and Exercise*, 5(2), 240–249.
9. Gavanda, S., Wever, M., Isenmann, E., & Geisler, S. (2021). Training with an elastic, supportive bench press device is not superior to a conventional training approach in trained men. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 51(3), 312–319.
10. Gepfert, M., Krzysztofik, M., Filip, A., Mostowik, A., Lulinska, A., Wojdala, G., Drozd, M., & Wilk, M. (2019). Effect of grip width on exercise volume in bench press with a

- controlled movement tempo in women. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 11(3), 11-18.
11. Godawa, T. M., Credeur, D. P., & Welsch, M. A. (2012). Influence of Compressive Gear on Powerlifting Performance: Role of Blood Flow Restriction Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(5), 1274-1280.
 12. Gołaś, A., Maszczyk, A., Pietraszewski, P., Wilk, M., Stastny, P., Strońska, K., Studencki, M., & Zajac, A. (2018). Muscular activity patterns of female and male athletes during the flat bench press. *Biology of Sport*, 35(2), 175–179.
 13. Gołaś, A., Maszczyk, A., Stastny, P., Wilk, M., Ficek, K., Lockie, R., & Zajac, A. (2018). A New Approach to EMG Analysis of Closed-Circuit Movements Such as the Flat Bench Press. *Sports*, 6(2), 27.
 14. Izquierdo, M., Ibañez, J., González-Badillo, J. J., Häkkinen, K., Ratamess, N. A., Kraemer, W. J., French, D. N., Eslava, J., Altadill, A., Asiain, X., & Gorostiaga, E. M. (2006). Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength, and muscle power gains. *Journal of Applied Physiology*, 100(5), 1647–1656.
 15. Jarosz, J., Gołaś, A., Krzysztofik, M., Matykiewicz, P., Strońska, K., Zajac, A., & Maszczyk, A. (2020). Changes in Muscle Pattern Activity during the Asymmetric Flat Bench Press (Offset Training). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11), 3912.
 16. Jovanovic, M., & Flanagan, E. (2014). Researched applications of velocity based strength training. *Journal of Australian Strength & Conditioning*, 22, 58–69.
 17. Klich, S., Ficek, K., Krymski, I., Klimek, A., Kawczyński, A., Madeleine, P., & Fernández-de-las-Peñas, C. (2020). Quadriceps and Patellar Tendon Thickness and Stiffness in Elite Track Cyclists: An Ultrasonographic and Myotonometric Evaluation. *Frontiers in Physiology*, 11, 607208.
 18. Król, H., & Gołaś, A. (2017). Effect of Barbell Weight on the Structure of the Flat Bench Press: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(5), 1321-1337.
 19. Krzysztofik, M., Golas, A., Wilk, M., Stastny, P., Lockie, R. G., & Zajac, A. (2020). A Comparison of Muscle Activity Between the Cambered and Standard Bar During the Bench Press Exercise. *Frontiers in Physiology*, 11, 875.
 20. Krzysztofik, M., Jarosz, J., Matykiewicz, P., Wilk, M., Bialas, M., Zajac, A., & Golas, A. (2021). A comparison of muscle activity of the dominant and non-dominant side of the body during low versus high loaded bench press exercise performed to muscular

- failure. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 56, 1025-13.
21. Krzysztofik, M., Wilk, M., Wojdała, G., & Gołaś, A. (2019). Maximizing Muscle Hypertrophy: A Systematic Review of Advanced Resistance Training Techniques and Methods. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(24), 4897.
 22. Lagally, K. M., McCaw, S. T., Young, G. T., Medema, H. C., & Thomas, D. Q. (2004). Ratings of Perceived Exertion and Muscle Activity During the Bench Press Exercise in Recreational and Novice Lifters. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(2), 359-364.
 23. Lehman, G. J. (2005). The Influence of Grip Width and Forearm Pronation/Supination on Upper-Body Myoelectric Activity During the Flat Bench Press. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(3), 587-591.
 24. Mikolajec, K., Waskiewicz, Z., Maszczyk, A., Bacik, B., Kurek, P., & Zajac, A. (2012). Effects of stretching and strength exercises on speed and power abilities in male basketball players. *Isokinetics and Exercise Science*, 20(1), 61–69.
 25. Pedrosa, G., Corrêa da Silva, B., Ferreira Barbosa, G., Rodrigues dos Santos, M., Simões, M., Alves Ferreira, G., Pedrosa, R., Dias da Silva, R., & Ribeiro Diniz, R. (2020). The ‘Sling Shot’ increased the maximum number of repetitions in the barbell bench press in men with different resistance training experience. *Human Movement*, 21(1), 22–31.
 26. Roja, Z., Kalkis, V., Vain, A., Kalkis, H., & Eglite, M. (2006). Assessment of skeletal muscle fatigue of road maintenance workers based on heart rate monitoring and myotonometry. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 1(1), 20.
 27. Saeterbakken, A. H., Mo, D.-A., Scott, S., & Andersen, V. (2017). The Effects of Bench Press Variations in Competitive Athletes on Muscle Activity and Performance. *Journal of Human Kinetics*, 57(1), 61-71.
 28. Stastny, P., Gołaś, A., Blazek, D., Maszczyk, A., Wilk, M., Pietraszewski, P., Petr, M., Uhlir, P., & Zajac, A. (2017). A systematic review of surface electromyography analyses of the bench press movement task. *PLOS ONE*, 12(2), 1-16.
 29. Swinton, P. A., Lloyd, R., Agouris, I., & Stewart, A. (2009). Contemporary Training Practices in Elite British Powerlifters: Survey Results From an International Competition. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(2), 380-384.
 30. Swinton, P., Keogh, J., & Lake, J. (2014). Practical applications of biomechanical principles in resistance training: The use of bands and chains. *Journal of Fitness*

Research, 3(2), 26–41.

31. Tillaar, R. van den, & Saeterbakken, A. (2014). Effect of Fatigue Upon Performance and Electromyographic Activity in 6-RM Bench Press. *Journal of Human Kinetics*, 40(1), 57-65.
32. Trybulski, R., Wojdala, G., Alexe, D. I., Komarek, Z., Aschenbrenner, P., Wilk, M., Zajac, A., & Krzysztofik, M. (2022). Acute Effects of Different Intensities during Bench Press Exercise on the Mechanical Properties of Triceps Brachii Long Head. *Applied Science*, 12(6), 3197.
33. Wilk, K. E., Arrigo, C. A., & Andrews, J. R. (1996). Closed and Open Kinetic Chain Exercise for the Upper Extremity. *Journal of Sport Rehabilitation*, 5(1), 88–102.
34. Wilk, M., Gepfert, M., Krzysztofik, M., Golas, A., Mostowik, A., Maszczyk, A., & Zajac, A. (2019). The Influence of Grip Width on Training Volume During the Bench Press with Different Movement Tempos. *Journal of Human Kinetics*, 68(1), 49-57.
35. Wilk, M., Tufano, J. J., & Zajac, A. (2020). The Influence of Movement Tempo on Acute Neuromuscular, Hormonal, and Mechanical Responses to Resistance Exercise—A Mini Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(8), 2369–2383.
36. Williams, D. M., Sharma, S., & Bilodeau, M. (2002). Neuromuscular fatigue of elbow flexor muscles of dominant and non-dominant arms in healthy humans. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 12(4), 287–294.
37. Wilson, J., & Kritz, M. (2014). Practical Guidelines and Considerations for the Use of Elastic Bands in Strength and Conditioning. *Strength and Conditioning Journal*, 36(5), 1–9.
38. Ye, X., Beck, T., Stock, M., Fahs, C., Daeyeol, K., Leonneke, J., Thiebaud, R., DeFreitas, J., & Rossow, L. (2014). Acute effects of wearing an elastic, supportive device on bench press performance in young, resistance-trained males. *Gazzetta Medica Italiana*, 173(3), 91–101.