

Ocena rozprawy doktorskiej p.t.

**Biomechaniczna analiza struktury pełnego przysiadu ze sztangą na barkach**

Autorem rozprawy jest Krzysztof Kmiecik

Rozprawa pod powyższym tytułem jako dysertacja doktorska została przedstawiona na Wydziale Wychowania Fizycznego Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach

Jak wynika z tytułu rozprawy jej treścią jest ćwiczenie powszechnie stosowane w treningu siłowym, a nawet jak pisze Autor, w niektórych procedurach rehabilitacyjnych. Ów przysiad ze sztangą jest badany pod kątem struktury biomechanicznej. W ramach tego problemu analizowane są występujące siły, wielkości kinematyczne oraz aktywności bioelektryczne mięśni. Wydawać by się mogło, że analiza biomechaniczna pojedynczego ćwiczenia, jako przedmiotu dysertacji doktorskiej jest mało ambitna, tymczasem zapoznając się z opracowaniem, badaniami i analizą wyników, recenzent uznaje zasadność podjętego problemu.

Na wstępie uwaga na temat formalnej konstrukcji rozprawy. Otóż Autor napisał obszerny rozdział pt.: Wprowadzenie, które jest dwukrotnie dłuższe od części głównej, eksperymentalnej przedstawiającej problem, procedurę pomiarową, analizę wyników, ich omówienie (dyskusja) oraz wnioski. Całość rozprawy zawarta jest na 147 stronach. Wnikając jednak w treść rozdziału „Wprowadzenie”, Recenzent nabiera przekonania co do jego kompatybilności z przedmiotem rozprawy oraz wyraża uznanie za włożoną pracę i osiągnięty efekt. Wprowadzenie jest tak obszerne, że może stanowić osobny esej, artykuł przeglądowy na temat techniki ruchu. Podejmuje ono zagadnienia istotne dla biomechaniki ruchu w ogóle, a dla badań nad strukturą i techniką sportową, w szczególności. Zagadnienie przedstawiane jest w kontekście wczesnych rozważań o ruchu ciała człowieka podejmowanych w teorii wychowania fizycznego, a sięgających

do klasycznej pracy sprzed ponad półwiecza (Meisel, 1962, Cavagna i wsp. z roku 1968), aż po problemy biomechaniki techniki ruchów sportowych pojawiających się w pracach takich autorów jak Hochmuth (1984), Hay (1983) oraz Hay i Read (1982). Mamy też bogato cytowane i wykorzystane piśmiennictwo współczesne.

Wprowadzenie odnosi się do wielu zagadnień szczegółowych. Patrz na przykład podrozdział 1.3 „Przysiad ze sztangą”, jego struktura i opis, w którym Autor omawia kinetykę i kinematykę stawów kończyny dolnej i kręgosłupa. Opisuje wzorzec przysiadu ze sztangą na barkach, w tym położenie ciężaru względem tułowia, sam przysiad, szybkość jego wykonania i wreszcie stosowane procedury pomiarowe, co jest dobrym wprowadzeniem do tematu rozprawy.

Termin „przysiad tyłem”, pojawia się w całym opracowaniu i chyba jest to żargon trenerski, który budzi niechęć, jest trudny do zaakceptowania (patrz str. 53 i na stronie 54 foto i podpis). Przysiad nie może być ani przodem, ani tyłem; tyłem do kogo? czego? Jest to termin tłumaczony z języka angielskiego „back squat”, co może uchodzić w języku angielskim, nie zawsze jednak powinno przenosić się wprost do języka polskiego. Ja rozumiem skrót, ale wolałbym, aby w takiej rozprawie stosowana była pełna nazwa, to jest przysiad ze sztangą na barkach.

Od strony 75 zaczyna się część eksperymentalna. Autor tak formułuje swoje przedsięwzięcie: Przedmiotem rozprawy jest analiza struktury pełnego przysiadu ze sztangą na barkach. Wygląda to dosyć prozaicznie. Poświęcić dysertację doktorską jednemu, choć specyficznemu ćwiczeniu w treningu siłowym „przysiadaniu”? W uzasadnieniu czytamy: „Przysiad jako jeden z nielicznych ćwiczeń siłowych, które jest w stanie rekrutować wiele grup mięśniowych w jednym ruchu”. Nie ma jednak pytania, dlaczego? Co poza opisem Autor spodziewa się odkryć? Jaka jest hipoteza? Autor takowej nie stawia. Czyli praca sprowadza się do określenia stanu, opisu wielkości i ich powiązań, a nie weryfikacja hipotezy. Autor podchodzi do tego problemu nie tylko jako biomechanik, ale wykorzystuje również, mam wrażenie, swoje doświadczenia trenera ćwiczeń siłowych. Analiza struktury tego ćwiczenia jest weryfikowana pod kątem zmiennej jaką stanowi wielkość zewnętrznego obciążenia. Ten element szczególnie determinuje dobór narzędzi i procedurę pomiarową, a wyraz tego znajdujemy w pytaniach badawczych. Liczba osób (11), ich dane somatyczne oraz dobór zastosowanych obciążeń względem wielkości maksymalnej (1RM) i procedura

badania nie budzą zastrzeżeń (choć nie w każdym wypadku była ujęta w komplecie cała grupa eksperymentalna).

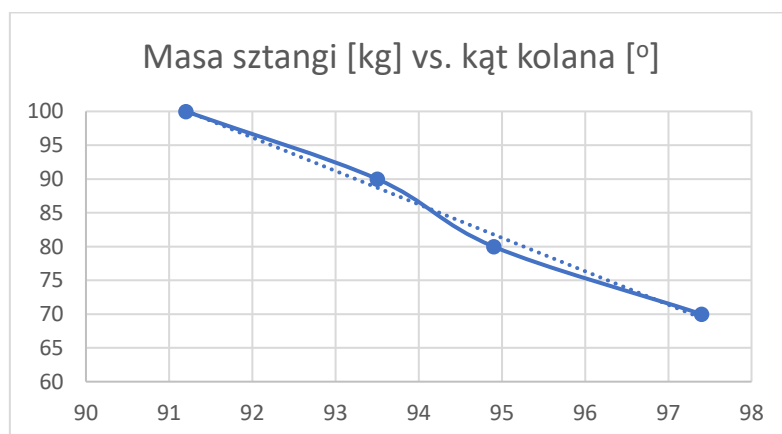
Adekwatnie do podjętego problemu Doktorant wykonał następujące pomiary: kinematyczne za pomocą systemu BTS SMART-E, elektromiograficzne z wykorzystaniem układu do rejestracji potencjału elektrycznego w trybie powierzchniowym SENIAM, wreszcie do pomiarów dynamograficznych Autor zastosował platformę siły firmy KISTLER. Celem uzyskania układu odniesienia dla pomiarów elektromiograficznych zastosowano pomiar MVC, to jest wielkość maksymalną siły w izometrii, co posłużyło do ustalenia wielkości referencyjnej (100%). Od technicznej, laboratoryjnej strony, to jest doboru zmiennych i procedury pomiarowej, podjęte działania spełniają pokładane nadzieje o zrealizowaniu projektu i uzyskaniu odpowiedzi na postawione pytania.

Uzyskane wielkości pomiarowe poddano opracowaniu statystycznemu zgodnie z przyjętymi współcześnie procedurami takimi jak test normalności Kołmogorowa, badania współczynnika korelacji rang Spearmana, a w celu określenia istotności różnic zastosowany był test kolejności par Wilcoxon. Przyjęty poziom 5% istotności różnic jest zwykle stosowany w pracach wobec populacji ludzkich.

Wyniki badań obejmują dane kinematyczne, w tym czas całego ćwiczenia z podziałem na jego części, zmiany kątowe w stawach skokowym, kolanowym, biodrowym (jednej strony, zakładając symetryczność ruchu) oraz kąt pochylenia tułowia, prędkość sztangi, pomiary siły reakcji podłoża (składowa pionowa) oraz aktywność bioelektryczną mięśni (m. tibialis anterior, m. gastrocnemius, m. rectus femoris, m. biceps femoris, (jednej strony) oraz erector spinae. Powyższe pomiary odnoszą się do symetrycznego ruchu przysiadu ze sztangą na barkach, wykonywanego z masą sztangi równą 1RM, czyli taką, którą ćwiczący może podnieść tylko jeden raz. Wobec tej wielkości ustalono kolejne (w przybliżeniu) stanowiące odpowiednio 90, 80, 70 i 60% 1RM. W eksperymencie wykonywano kolejne próby począwszy od wartości najniższej, to jest 60% 1RM, do najwyższej. Osoby badane miały przynajmniej roczne doświadczenie w treningu siłowym, były o różnej masie (od 74 do 94 kg) i wysokości ciała. Dla tych osób wartość 100% (czyli 1RM), wynosiła od 100 do 240 kg masy sztangi. Wyniki rzeczywiste przeliczano na wartości względne, którymi posługiwano się w obliczeniach statystycznych i ich analizie. Czas wykonania całego ćwiczenia, czyli ruch w dół (przysiad) i ruch w górę (powstanie) był zamieniany

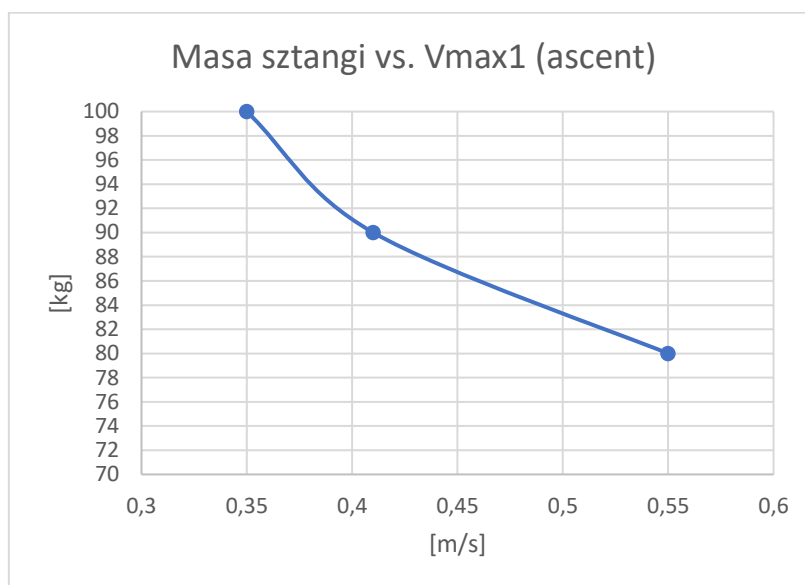
na wielkość względną, czyli stanowił 100%. Tym samym czas każdej części zadania ruchowego z osobna stanowił tylko procent całości, a nie znany jest czas rzeczywisty każdej z nich. Obserwując niektóre analizy można żałować, że Autor nie wykorzystał rzeczywistego pomiaru czasu w sekundach, chociaż w odpowiednim miejscu analizy Doktorant posłużył się pomiarem prędkości sztangi. Wobec tak określonego czasu, ustalił on względny czas przysiadu i czas powstawania, zmiany kątowe w stawach wyrażanych w stopniach kątowych, prędkość sztangi w m/s, siłę reakcji podłoża przeliczono na wartości znormalizowane względem masy ciała ze sztangą (= 100%), sygnał bioelektryczny EMG znormalizowano względem wartości uzyskanej podczas napięcia maksymalnego w statyce (MVC = 100%). Zebrane wyniki są dobrze przedstawione w tabelach bądź na rycinach. Należy podkreślić, że analiza zebranego materiału liczbowego jest przede wszystkim statystyczna. Testowane są różnice i ich istotności, oraz zależności korelacyjne.

Prezentacja i analiza wyników została rozpoczęta od kinematyki. Tak np. czas fazy przysiadania (wg autora od 0 do 49,2%) (po co to zero?) i wstawania był niemal równy przy obciążeniach poniżej 1RM, i dopiero przy wielkości maksymalnej (100% 1RM) zmieniły się proporcje na rzecz wydłużenia czasu wstawania (około 4%). W ten sposób omawiane są kolejne zmienne pomiarowe względem czasu wykonania ćwiczenia, jak kąty w stawach oraz kąt pochylenia tułowia. Jeżeli jednak popatrzymy na zmiany kątowe w stawach (na przykładzie stawu kolanowego) to widzimy związek głębokości przysiadu z wielkością obciążenia: im większe obciążenie tym płytszy przysiad. (Patrz załączona poniżej rycina).



Pionowa prędkość sztangi ma dosyć specyficzny przebieg (ryc. 4,2 s. 90), a mianowicie badania te potwierdziły wcześniejsze obserwacje, o niejednorodnym

przebiegu prędkości w fazie wstawiania polegającym na występowaniu tak zwanych punktów krytycznych, cechujących się pewnym okresem stałej prędkości (szczególnie widocznym w ćwiczeniu z maksymalnym obciążeniem). Tutaj również można uzupełnić statystykę analizą zależności fizycznych. Na przykład prędkość wstawiania w pierwszej fazie ( $V_{max1}$ ), jest wyraźnie w odwrotnej relacji do wielkości obciążenia (patrz rycina poniżej).



Dalej mamy wykresy siły reakcji podłoża w funkcji (względnego) czasu przysiadu (ryc. 4.3 s. 93). W opisie Autor wymienia: „dwa maksima”, tymczasem chyba poprawniej byłoby napisać „dwa szczyty”, gdyż maximum może być tylko jedno.

Kolejny podrozdział zawiera komentarze przebiegów wartości aktywności napięcia mięśni w funkcji czasu przysiadu w odniesieniu do kolejnych mas podnoszonej sztangi. Interesujący jest rozdział 4.4. zawierający analizę aktywności bioelektrycznej mięśni w odniesieniu do wartości kinetycznych i kinematycznych wykonywanych ćwiczeń z ustalonymi obciążeniami. Uzyskane informacje z przeprowadzonych pomiarów i analizy statystycznej są interesująco interpretowane w rozdziale 5. Dyskusja. Tutaj wyrażona jest teza (za Vikos i wsp. 1994), że zła technika lub niewłaściwy sposób wykonania przysiadu „może prowadzić do wielu dolegliwości”. Recenzent nie znalazł natomiast w analizowanym materiale informacji, które z cech przebiegu ruchu, lub które wielkości wskazywałyby na złe lub dobre wykonanie. We wnioskach praktycznie mamy podane informacje o stanie wykonania, ale nie ma próby ich interpretacji pod kątem jakości (złe / dobre). Czy taką jakościową informacją jest stwierdzenie: „Podczas przysiadu (ze sztangą na barkach) poziom aktywności

bioelektrycznej wszystkich badanych mięśni ogólnie rósł wraz ze wzrostem ciężaru sztangi" (s. 105)?

Na str. 107 mamy zdanie: „mięsień *gluteus maximus* kurczył się ekscentrycznie przez całą fazę *descent*” Chyba tu jest jakaś sprzeczność? Jeżeli się kurczył, inaczej - skracał, czyli działał koncentrycznie, pokonywał opór. Jeżeli działał ekscentrycznie to znaczy oporował i mimo wyzwalanego napięcia, ustępując, to zwiększał swoją długość. Natomiast na stronie 111, jest podobne sformułowanie: „*hamstring* kurczył się ekscentrycznie”. Sam termin jest podobnie mylący, ale interpretacja tutaj nie byłaby już prosta, bo to mięsień dwustawowy, który aktywny, wcale nie musi w jakimś fragmencie zmiany kątowej w stawach nad którymi przebiega zmieniać swojej długości (o czym dalej pisze Autor). Należy przyznać, że rozdział pt. Dyskusja jest kompetentnie i poprawnie pod kątem merytorycznym zredagowany.

Trzy wnioski są zaprezentowane na stronach 119 – 120 i stanowią podsumowanie wyników odpowiadających założeniom pracy (patrz str. 7: „poznanie struktury ruchu pełnego przysiadu ze sztangą na barkach”. Pierwszy wniosek opiera się na wyniku dotyczącym związku między zwiększającym się obciążeniem, a aktywnością bioelektryczną mięśni. Drugi wniosek dotyczy kształtu przebiegu składowej pionowej siły reakcji podłoża ze względu na wielkość podnoszonego ciężaru. Autor potwierdził w nim wcześniejsze informacje (str. 90) o tak zwanych strefach krytycznych. Wydaje się, że w tej informacji mogłaby być szansa na pokuszenia się o pogłębioną interpretację, ale w tym celu nie wystarczy opierać się na „uśrednionym osobniku”, jak to ma miejsce w badaniach Doktoranta, a raczej na indywidualnym, zróżnicowanym wykonaniu ćwiczenia. Podnoszenie sztangi to ruch przebiegający od stóp po sztangę w łańcuchu kinematycznym otwartym. Kolejne ogniwa łańcucha są od siebie względnie niezależne (przeciwnie w łańcuchu kinematycznym zamkniętym, który stanowią kończyny dolne – podłoże, a w którym, zginanie, na przykład lewego kolana, bez ruchu w innym miejscu łańcucha jest niemożliwe). O powodzeniu decyduje moment siły w danym ogniwie oraz jego przyłożenie, pod kątem zachowania układu w równowadze w całym przebiegu ruchu. Tego typu informacje (indywidualne) prawdopodobnie byłyby wskazówką o tym co jest korzystne i to pod kątem potencjału ruchowego danego osobnika. To jest wciąż przed Doktorantem, jeżeli zachęci się do dalszych badań. Wniosek trzeci dotyczy niejednoznacznego związku danych kinematycznych i kinetycznych z aktywnością

bioelektryczną badanych mięśni. Z jednej, strony Doktorant pisze o niejednoznacznym związku, ale dalej, że był silny związek np. z mięśniem dwugłowym uda i pośladkowym wielkim. A więc jest i tak, i tak, trochę brak precyzji.

Pozyskane wyniki są wiarygodne, udokumentowane, bardzo solidnie analizowane. Jest to praca na stwierdzenie faktów, skierowana na opis, nie prowadząca do konkluzji twórczej. Jeżeli tak, to dlaczego? Co można zrobić w strukturze ruchu, co zmienić, poprawić? czego unikać? Być może Doktorant powie coś na ten temat na obronie? Taka sugestia nie zaprzecza zdaniu o dobrym poziomie pracy zrealizowanej zgodnie z zamierzeniem.

Pracę cechuje bogate piśmiennictwo (289 pozycji, w tym 32 pozycje książkowe) dobrze wykorzystane w pierwszej, wprowadzającej części oraz w części eksperymentalnej. W swojej gorliwości pod tym kątem Doktorant powołuje się na autorytety nawet w takiej oczywistej kwestii jak (patrz str.76): „.... liczba powtórzeń zmniejsza się, gdy zwiększane jest obciążenie”? [Hoeger i wsp. 1987, Shimano i wsp. 2006]. Cytowania w zdecydowanej liczbie pochodzą z artykułów publikowanych w czasopiśmie obcojęzycznych, a jedynie 24 to pozycje krajowe. Warto podkreślić, że z całej puli cytowanych prac, około 100 pozycji pochodzi z ostatnich 20 lat. Podsumowując, ten aspekt monografii zasługuje na uznanie.

#### Konkluzja końcowa.

Recenzent uznaje, że problem badawczy został zrealizowany zgodnie z zamierzeniem. Na pewno dobrą stroną rozprawy są wykonane pomiary biomechaniczne i ich merytoryczny dobór. Analiza danych pomiarowych i ich opracowanie statystyczne poprowadzone są kompetentnie, a całość dobrze jest wspierana piśmiennictwem. Wobec powyższego wnioskuję do Rady Wydziału Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach, o dopuszczenie Autora rozprawy do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Prof. dr hab. Tadeusz Bober