

Artur STRUZIŁ, Akademia Wychowania Fizycznego, Wrocław  
Bogdan PIETRASZEWSKI, Katedra Biomechaniki, Akademia Wychowania Fizycznego,  
Wrocław

## POZIOM ROZWIJANEGO STATYCZNEGO MOMENTU SIŁY A WYSOKOŚĆ SKOKU CMJ STUDENTÓW AWF WE WROCŁAWIU

**Streszczenie.** W pracy poszukiwano związku między statycznym momentem siły prostowników i zginaczy stawu kolanowego (sumy prostowników i sumy zginaczy) a wysokością skoku CMJ. Rejestracji sił reakcji podłoża dokonano używając platformy dynamometrycznej firmy Kistler i oprogramowania BioWare. Badania przeprowadzono na grupie 30 studentów IV roku AWF we Wrocławiu w Pracowni Analiz Biomechanicznych. Badanymi były osoby uprawiające sport wyczynowo od minimum 5 lat. Badania miały na celu ocenę własności biomechanicznych (mierzonych w działaniach statycznych i dynamicznych) kończyn dolnych człowieka.

### 1. WSTĘP

Wysokość skoku jest parametrem pożądanym w wielu dyscyplinach sportowych. Odpowiada ona za końcowy wynik w sposób bezpośredni (np. skok wzwyż, skok w dal, trójskok) lub pośredni (np. koszykówka, siatkówka). Trenerzy posługują się specjalistycznymi metodami treningu ukierunkowanymi głównie na rozwój właśnie skoczności, które opierają się o doskonalenie parametrów kończyn dolnych. Autorzy za parametr mogący według nich wpływać na wysokość skoku, wybrali statyczny moment siły prostowników i zginaczy kończyn dolnych. W przypadku wykrycia takiej zależności, możliwe byłoby prognozowanie przez trenerów parametrów skoku za pomocą bardziej dostępnego momentomierza, bez konieczności użycia drogiej platformy dynamometrycznej Kistlera.

Porównywanie momentu siły mierzonego w statyce ze skokiem, czyli ruchem dynamicznym jest pewnym uproszczeniem, które zakłada pominięcie wpływu prędkości na wysokość odbicia. Zasadność takiego uproszczenia potwierdzają obserwacje Ruchlewicza i współ. [11] podczas swoich badań, które wskazują, że osoby o większej sile potrafią ją również szybciej wyzwolić w pojedynczym maksymalnym skurczu. Przypuszczenia autorów starają się potwierdzać badania Urbanika i współ. [14], Buško i współ. [7], czy Trzaskomy [12]. Więcej jednak jest prac, które nie wykazują zależności między statycznym momentem siły kończyn dolnych a parametrami skoku CMJ (Burdukiewicz i współ. [5], Buško [6], Buško i współ. [8], Janiak i współ. [9], Król [10]). Ogólna mała liczba prac tego typu skłoniła autorów do samodzielnego sprawdzenia tych związków.

Celem pracy było poszukiwanie zależności, między statycznym momentem siły prostowników i zginaczy stawu kolanowego a wysokością skoku CMJ.

## 2. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

## 2.1. Materiał badawczy

W badaniach wzięli udział studenci IV roku Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu z 5 grup dziekańskich o specjalności trenersko-instruktorskiej – łącznie 30-stu mężczyzn. Były to osoby w wieku od 22 do 28 lat, które od minimum pięciu lat uprawiają czynnie głównie sporty zespołowe: piłka nożna, koszykówka, siatkówka, piłka ręczna. Badania zostały przeprowadzone między marcem a czerwcem 2008 r. w Pracowni Analiz Biomechanicznych na Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu. Studenci zostali przebadani kolejno na platformie dynamometrycznej Kistlera i stanowisku do pomiarów statycznych momentów sił mięśniowych. Każdy z uczestników przed badaniem został poddany pomiarowi wysokości i masy ciała oraz podał swój wiek (liczbę ukończonych lat) i staż treningowy. Dokładny opis grupy badawczej znajduje się w tabelach nr 1 oraz 2.

Tabela 1. Charakterystyka grupy badawczej

	Masa ciała [kg]	Wysokość ciała [cm]	Wiek	Dyscyplina (ilość lat trenowania)
30	79,4 10	181,9 6,3	23,5 1,1	9,6 3,3

Tabela 2. Uprawiane dyscypliny sportowe w grupie badawczej

Dyscyplina:	Ilość osób uprawiających:
Piłka nożna	9
Siatkówka	7
Pływanie	6
Koszykówka	2
Piłka ręczna	1
Biegi na orientację	1
Judo	1
Tenis stołowy	1
Szermierka	1
Wspinaczka	1

## 2.2. Metoda badawcza

Do zbadania wysokości skoku CMJ została użyta platforma dynamometryczna szwajcarskiej firmy Kistler, czyli najbardziej nowoczesne i dokładne urządzenie do pomiarów dynamometrycznych. Badany stając na platformie wykonywał skok w górę z miejsca poprzedzony szybkim ugięciem nóg i zamachem [4]. Dokładnie rejestrowany czas odbicia i lądowania pozwala ocenić czas trwania fazy lotu i wyliczyć jego wysokość. Komputer rejestruje pomiar, uzyskując liczbowy i graficzny obraz trzech składowych sił reakcji podłoża ( $F_x$ ,  $F_y$  i  $F_z$ ) oraz wektora siły wypadkowej. Są one mierzone za pomocą czterech czujników piezoelektrycznych umieszczonych w płycie platformy, połączonej bezpośrednio ze wzmacniaczem firmy Kistler, który łączy się poprzez przetwornik analogowo-cyfrowy z komputerem. Program BioWare® dostarczony przez producenta platformy służy do zbierania i analizy danych (<http://www.kistler.com/>). Dzięki zastosowaniu dwóch platform dynamometrycznych jednocześnie, zostały zarejestrowane siły kończyny lewej i prawej. Platformy są zbudowane z materiału o niskiej częstotliwości drgań własnych

oraz przymocowane do podłoża (aby zapobiec przesunięciom) jedna obok drugiej. Przed eksperymentem poinformowano osoby badane o czynności, jaką mają wykonać oraz zmotywowano do poprawnego wykonania ćwiczenia. Każdy z badanych dwukrotnie wykonał skok CMJ - skok pionowy poprzedzony ruchem w dół (*counter movement jump*) [3]. Ćwiczący stawał na platformach tak, że każda stopa stała na osobnej platformie. Z pozycji wyprostowanej ćwiczący na komendę „gotów” wykonywał maksymalny skok pionowy. Lądowanie musiało nastąpić na tych samych platformach, z których zostało wykonane odbicie. Badanym została również zwrócona uwaga na jednoczesne odbicie z dwóch nóg oraz amortyzację podczas lądowania. Przy wykorzystaniu zarejestrowanego ciągu liczbowej dla próby wyższej, został odczytany czas lotu, dzięki czemu możliwe było wykorzystanie wzoru (równanie nr 1) i obliczenie wysokości skoku dla  $g = 9,80665 \text{ m/s}^2$ .

Dodatkowo każdy ze studentów został przebadany pod kątem statycznych momentów sił kończyn dolnych (lewej i prawej) dla stawu kolanowego przy kątach  $75^\circ$  dla prostowników i  $15^\circ$  dla zginaczy (za  $0^\circ$  przyjęto pełny wyprost w stawie). Wartości kątów zostały dobrane tak, by uzyskać możliwie największy moment siły zarówno dla prostowników jak i dla zginaczy [3]. Do tego celu wykorzystano Fotel UPR-01 B z dwiema głowicami pomiarowymi (mierzącymi statyczny moment siły) firmy OPIW Opole wyposażony również w pasy stabilizujące (<http://www.opiw.pl/>). Momentomierz umożliwia bezpośredni pomiar statycznego momentu siły. Badany po zajęciu miejsca na fotelu został przypięty pasami stabilizującymi (biodra przylegają do oparcia) na klatce piersiowej oraz udach w celu stabilizacji sąsiednich segmentów ciała i zarejestrowania maksymalnego momentu siły wybranej grupy mięśni. Ma to na celu wyeliminowanie wpływu sąsiednich grup mięśniowych na mierzoną wartość momentów siły w obrębie stawów kolanowych [13]. Oś momentomierza została ustawiona indywidualnie do każdej osoby tak, by pokrywała się z osią poprzeczną badanego stawu (w tym przypadku kolanowego – 2,5 cm powyżej szczeliny stawu) [3]. Po dokładnym wyjaśnieniu na czym polega próba i umotywowaniu do uzyskania jak największej wartości momentu siły, badany na polecenie „gotów” wykonywał eksperyment. Po wykonaniu próby dla prawej i lewej nogi dla jednego z kątów, były one powtarzane, a zapisywana zostawała wyższa wartość momentu mięśniowego w danej próbie. Za każdym razem kolejność nogi ćwiczącej była ta sama – prawa, lewa.

### 3. WYNIKI

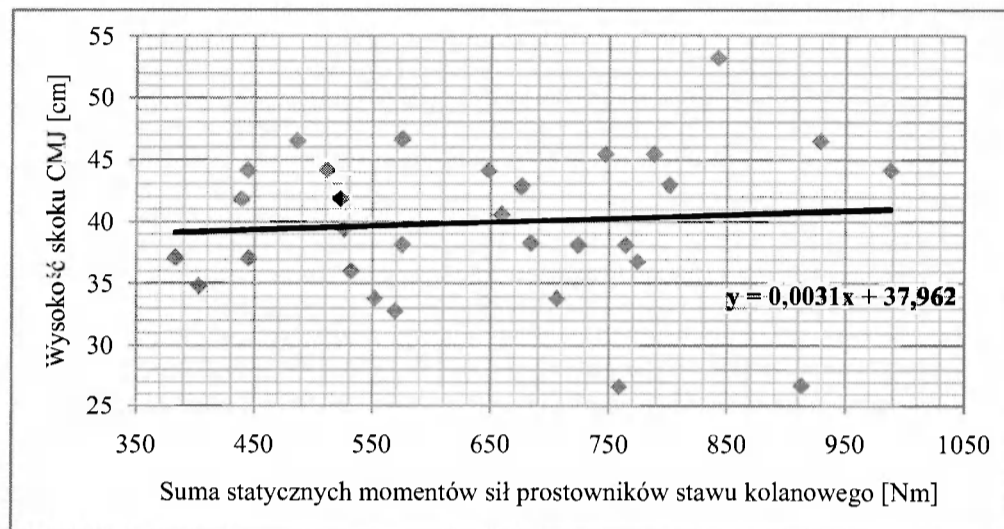
Wartości uzyskanych w badaniach parametrów wraz z odchyleniem standardowym przedstawia tabela nr 3. Zestawienie statycznych momentów sił prostowników i zginaczy stawu kolanowego z wysokością skoku CMJ wykazało brak istotnych statystycznie korelacji w badanej grupie, przy użyciu współczynnika r-Pearsona oraz testu t-Studenta.

Tabela 3. Wyniki badań (SD)

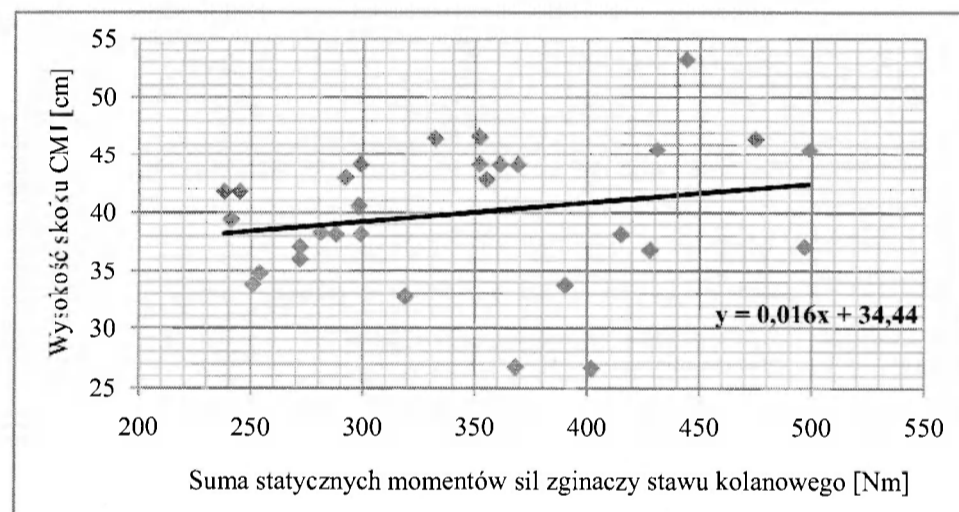
PP [Nm]	PL [Nm]	PS [Nm]	ZP [Nm]	ZL [Nm]	ZS [Nm]	F <sub>o</sub> [N]	h <sub>s</sub> [m]
331	314	646	177	167	344	1889	0,4
84	84	164	39	45	78	390	0,06

PP – moment siły prostowników stawu kolanowego kończyny prawej, PL – moment siły prostowników stawu kolanowego kończyny lewej, PS – suma momentów sił prostowników stawu kolanowego obu kończyn, ZP – moment siły zginaczy stawu kolanowego kończyny

prawej, ZL –moment siły zginaczy stawu kolanowego kończyny lewej, ZS – suma momentów sił zginaczy stawu kolanowego obu kończyn,  $F_o$  – maksymalna siła odbicia kończyn dolnych podczas skoku CMJ,  $h_s$  – wysokość skoku CMJ



Rys.1. Wysokość skoku CMJ a suma statycznych momentów sił prostowników stawu kolanowego



Rys. 2. Wysokość skoku CMJ a suma statycznych momentów sił zginaczy stawu kolanowego

#### 4. DYSKUSJA I WNIOSKI

Uzyskane wyniki badań pokazują dodatnie związki między statycznym momentem siły prostowników i zginaczy stawu kolanowego a wysokością skoku CMJ, jednak zależności te nie są istotne statystycznie, podobnie jak w większości cytowanych pracach [5, 6, 8, 9, 10]. Podobne wyniki osiągnął w swoich badaniach Buśko [6] na grupie koszykarzy, który pisze o braku istotnych statystycznie zależności między statycznymi momentami sił a parametrami

w skoku CMJ. Burdukiewicz i współ. [5] badając grupę piłkarzy w wieku 15-16 lat tłumaczą brak współzależności między skokiem CMJ a obwodami kończyn dolnych (będących pośrednią miarą umięśnienia ciała), młodym wiekiem badanych, którzy nie osiągnęli jeszcze procesu rozwoju. Studenci badani przez Janiaka i współ. [9] uzyskali o prawie 6 cm lepsze wyniki w skoku i około 100 Nm większą sumę momentów sił prostowników od osób badanych przez autorów. Jednak i w tej grupie nie znaleziono istotnych współzależności między parametrami wyskoku i siłą statyczną kończyn dolnych. Busko i współ. [7] badając również grupę studentów (nietreningujących) wykazali istotny związek między statycznymi momentami sił kończyn dolnych a mocą rozwijaną w skoku CMJ oraz jego wysokością. Zdają się one być potwierdzeniem wyników uzyskanych przez Urbanika i współ. [14]. Do podobnych wyników doszedł również Trzaskoma [12] badając grupę tenisistów ziemnych. Trudności wykonywania skoku CMJ tak, by wykorzystać w pełni potencjał siłowy opisuje w swoich pracach Bober [1, 2]. Zwraca on istotną uwagę na kąt ugięcia nóg w fazie odbicia, prędkość wykonania tego ruchu oraz zamach. W dyscyplinach, gdzie nie występuje skok zbliżony techniką do skoku CMJ, może on powodować problemy z jego poprawnym technicznie wykonaniem. Zdają się to potwierdzać badania Buśko i Nowaka [8], które mówią o braku wzrostu mocy i wysokości skoku CMJ wraz z jednoczesnym wzrostem statycznego momentu sił kończyn dolnych u judoków. Król [10] na podstawie swoich badań na piłkarzach pisze wprost, że skok CMJ nie jest dobrym narzędziem do kontroli treningu piłkarzy. Najlepszym opisem tego typu skoku niech pozostanie fakt, że jest on wykorzystywany jako miernik skoczności przy ustalaniu treningu plyometrycznego [4]. Uzyskano dodatkowo istotną statystycznie, silną korelację dodatnią ( $r=0,63$ ) między maksymalną siłą odbicia a wysokością skoku dla całej grupy badanych studentów.

Podsumowując, badania autorów wykazały brak istotnych korelacji między statycznymi momentami sił kończyn dolnych a wysokością skoku CMJ na tle całej grupy. Korelacje te jednak zmieniają się istotnie w podgrupach dobranych pod względem uprawianych dyscyplin sportu, mając duży wpływ na wynik ogólny. Wyodrębniając z badanej grupy piłkarzy nożnych uzyskano dla nich silnie ujemną korelację ( $r=-0,6$ ) między statycznym momentem siły prostowników stawu kolanowego oraz wysokością skoku. Konieczne są więc dalsze badania na bardziej jednolitej pod względem uprawianej dyscypliny sportowej grupie, by postawione przez autorów hipotezy mogły uzyskać potwierdzenie. Statyczny moment siły zginaczy stawu kolanowego koreluje silniej z wysokością skoku, niż statyczny moment siły prostowników stawu kolanowego, co może potwierdzać duże znaczenie fazy zamachu (gdzie działają mięśnie zginające staw kolanowy) w skoku CMJ. Sugeruje to zwrócenie uwagi w treningu na zwiększanie również siły mięśni antagonistycznych.

#### LITERATURA

- [1] Bober T.: Efektywność techniki ruchu pod kątem działania mięśni w cyklu rozciągnięcie – skurcz (CR-S). Biomechanika'94 : XII Szkoła Biomechaniki, Wrocław-Szklarska Poręba, 20-23 października 1994 r., Wrocław, Politechnika, 1994, s. 50-60.
- [2] Bober T.: Działalność mięśni w cyklu rozciągnięcie – skurcz a skuteczność techniki sportowej. Sport Wyczynowy, nr 1-2 / 361-362, Warszawa, 1995, s. 40-50.
- [3] Bober T., Zawadzki J.: Biomechanika układu ruchu człowieka. Wydanie III poprawione, Wrocław, Wydawnictwo BK, 2006.
- [4] Bober T., Rutkowska-Kucharska A., Pietraszewski B.: Ćwiczenia plyometryczne – charakterystyka biomechaniczna, wskaźniki, zastosowania. Sport Wyczynowy, nr 7-9 / 511-513, Warszawa, 2007, s. 5-23.

- [5] Burdukiewicz A., Pietraszewska J., Pietraszewski B.: Siła dynamiczna kończyn dolnych a morfologia ciała piłkarzy nożnych. *Studia i Monografie AWF we Wrocławiu*, nr 59, Wrocław, 2001, s. 17-26.
- [6] Buśko K.: Selected biomechanical characteristics of male and female basketball national team players. *Biology of Sport*, Volume 6, no. 4, Warszawa, 1989, s. 319-328.
- [7] Busko K., Madej A., Mastalerz A., Urbanicz Cz., Witt B.: Zależność między mocą maksymalną rozwijaną w wybranych aktach ruchowych a beztłuszczową masą ciała i statycznymi momentami sił kończyn dolnych. *Wychowanie Fizyczne i Sport*, tom 48, nr 1, Warszawa, 2004, s. 25-31.
- [8] Buśko K., Nowak A.: Changes of maximal muscle torque and maximal power output of lower extremities in male judoists during training. *Human Movement*, volume 9, nr 2 (18), Wrocław, 2008, s. 111-115.
- [9] Janiak J., Elias J., Gajewski J.: Maksymalna siła statyczna kończyn dolnych a parametry wyskoku pionowego. *Biology of Sport*, Volume 14, Suppl. 7, Warszawa, 1997, s. 65-69.
- [10] Król H.: Próba oceny przydatności testu skoku (CMJ) do kontroli postępu treningu w okresie przygotowawczym piłkarzy nożnych. *Rozprawy Naukowe AWF we Wrocławiu*, nr 28, Wrocław, 2008, s. 35-38.
- [11] Ruchlewicz T., Chwała W., Staszkiwicz R.: Biomechaniczna charakterystyka skurczu izometrycznego antagonistycznych grup mięśni stawów łokciowych i kolanowych. *Materiały Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej Biomechanika '95*, nr 73, Kraków, 1995, s. 232-240.
- [12] Trzaskoma Z.: Zależność między wskaźnikiem siły „zginacze-prostowniki” kończyn dolnych i tułowia a mocą maksymalną. *Biology of Sport*, Volume 15, Suppl. 8, Warszawa, 1998, s. 155-160.
- [13] Trzaskoma Z., Trzaskoma Ł.: Kompleksowe zwiększanie siły mięśniowej sportowców. Warszawa, Centralny Ośrodek Sportu, 2001.
- [14] Urbanik Cz., Buśko K., Grudniak K., Mastalerz A.: Związek między statycznym momentem sił i mocą odbicia kończyn dolnych. *Biomechanika'94 : XII Szkoła Biomechaniki*, Wrocław-Szklarska Poręba, 20-23 października 1994 r, nr 75, Wrocław, 1994, s. 309-311.

#### **THE LEVEL OF THE STATIC MOMENT OF FORCE AND CMJ HEIGHT OF UNIVERSITY SCHOOL OF PHYSICAL EDUCATION STUDENTS**

Summary. The purpose of the research was to determine the relationship between the static moment of force of knee joint flexors and extensors (sum of flexors and sum of extensors) and the height of CMJ jump. Dynamometric Kistler plate and BioWare software were applied to record the ground reaction force. 30 University School of Physical Education students participated in the study. The research was conducted in the Laboratory of Biomechanical Analysis in Wrocław. Subjects have been performing professional sport no less than 5 years. The purpose of the research was to assess the biomechanical properties of the lower limbs (measured during static and dynamic exercises).