

Badanie zależności między statycznym momentem siły a wysokością skoku pionowego z zamachem ramion (CMJ) przy użyciu nowoczesnych urządzeń pomiarowych

Examination of the relationship between the static moment of force and the height of Counter Movement Jump (CMJ) by using modern measuring devices

Artur Struzik, Bogdan Pietraszewski

Katedra Biomechaniki, Akademia Wychowania Fizycznego, al. Paderewskiego 35, 51-612 Wrocław, tel. +48 (71) 347 32 83, e-mail: 39077@student.awf.wroc.pl

Streszczenie

Celem pracy było znalezienie związku między statycznym momentem siły prostowników i zginaczy stawu kolanowego (sumy prostowników i sumy zginaczy) a wysokością skoku. Rejestracji sił reakcji podłoża dokonano, używając platformy piezoelektrycznej firmy Kistler i oprogramowania BioWare. Badania przeprowadzono na grupie osób uprawiających sport wyczynowo od minimum 5 lat. Miały one na celu ocenę właściwości biomechanicznych (mierzonych w działaniach statycznych i dynamicznych) kończyn dolnych człowieka.

Słowa kluczowe: statyczny moment siły, CMJ (skok pionowy z zamachem ramion), asymetria kończyn dolnych

Abstract

The purpose of examination was to determine the relationship between static moment of force of knee joint flexors and extensors (sum of flexors and extensors) and the height of CMJ jump. Piezoelectric 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 examination group consisted of professional athletes performing sport for a period not less than 5 years. The purpose of examination was to assess the biomechanical properties of the lower limbs (measured during static and dynamic exercises).

Key words: static moment of force, CMJ, lower limb asymmetry

Wprowadzenie

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 skoczności, które opierają się na doskonaleniu parametrów kończyn dolnych. Ważne jednak, by pod ich wpływem nie dochodziło do nierównomiernego wzrostu

gorsetu mięśniowego. Zjawisko to jest szczególnie widoczne w grach zespołowych, gdzie występują asymetryczne struktury ruchu [1-2]. 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 urządzenia do pomiaru statycznych momentów sił, bez konieczności użycia drogiej platformy dynamometrycznej.

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 wsp., które wskazują, że osoby o większej sile, potrafią ją również szybciej wyzwolić w pojedynczym maksymalnym skurczu [3]. Przypuszczenia autorów znajdują swoje potwierdzenie w dostępnej literaturze [4-6]. Więcej jednak jest prac, które nie wykazują zależności między statycznym momentem siły kończyn dolnych a parametrami skoku pionowego z zamachem ramion CMJ [7-11]. Niewielka ilość doniesień naukowych poruszających tematykę przedmiotu 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. Dodatkowo poddano analizie poziom asymetrii kończyn dolnych badanych oraz zależność między siłą odbicia kończyn dolnych a wysokością skoku CMJ.

Materiał i metody

Badaniem objęto studentów IV roku Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu z 5 grup diekańskich o specjalności trenersko-instruktorskiej – łącznie 30 mężczyzn w wieku 22-28 lat, którzy od minimum pięciu lat uprawiają czynnie głównie sporty zespołowe: piłka nożna, koszykówka, siatkówka, piłka ręczna. Badania przeprowadzono od marca do czerwca 2009 r. w pomieszczeniach Pracowni Analiz Biomechanicznych Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu. Studentów poddano badaniu na platformie dynamometrycznej Kistlera i stanowisku do pomiarów statycznych momentów sił mięśniowych. Każdy z uczestników przed badaniem

Tabela 1 Charakterystyka grupy badawczej

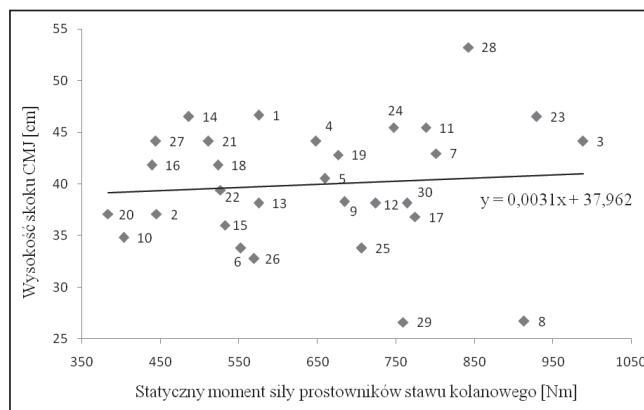
n	Masa ciała [kg]	Wysokość ciała [cm]	Wiek	Ilość lat trenowania
30	79,4±10	181,9±6,3	23,5±1,1	9,6±3,3

został poddany pomiarowi wysokości i masy ciała oraz podał swój wiek i staż treningowy. Dokładny opis grupy badawczej znajduje się w tabeli 1.

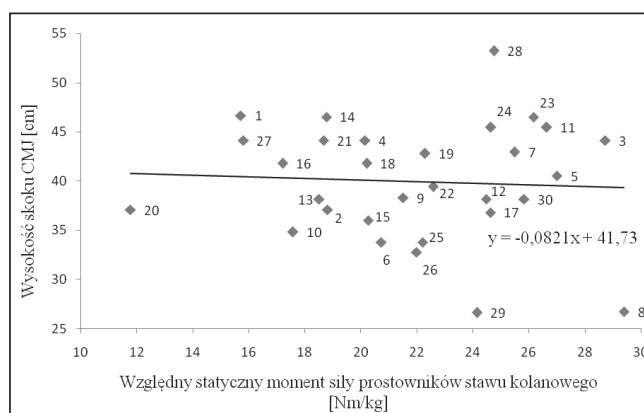
Do zbadania sił reakcji podłoża występujących podczas skoku użyto platformy dynamometrycznej szwajcarskiej firmy Kistler model 9286B. Badany, stając na platformie, wykonywał skok w górę z miejsca, poprzedzony szybkim ugięciem nóg i zamachem. Dokładnie rejestrowany czas odbicia i lądowania pozwala ocenić 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), trzy składowe momentów sił oraz wektora siły wypadkowej (wartości, punktu przyłożenia i kąta nachylenia tej siły). Siły reakcji są mierzone za pomocą czterech czujników piezoelektrycznych umieszczonych na rogach platformy, połączone bezpośrednio ze wzmacniaczem, który łączy się poprzez przetwornik analogowo-cyfrowy z komputerem. Program BioWare® dostarczony przez producenta platformy służy do zbierania i analizy danych. Dzięki graficznemu przedstawieniu skoku przez program możliwe jest odczytanie maksymalnych wartości sił podczas odbicia oraz lądowania. Zarejestrowano jednoczesne oddziaływanie kończyny lewej i prawej na podłoże, dzięki zastosowaniu dwóch platform dynamometrycznych w tym samym czasie. Platformy są zbudowane z materiału o niskiej częstotliwości drgania oraz przymocowane do podłoża (aby zapobiec przesunięciom) jedna obok drugiej. Osoby ćwiczące przed skokiem zostały dokładnie poinformowane o czynności, jaką mają wykonać oraz zmotywowane do poprawnego wykonania ćwiczenia. Każdy z badanych dwukrotnie wykonał skok CMJ, polegający na wyskoku w górę z miejsca, poprzedzonego szybkim ugięciem nóg i zamachem [12]. Ćwiczący stawał na platformy w taki sposób, aby każda kończyna 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. Zwrócono także uwagę na jednoczesne wybicie z dwóch nóg oraz amortyzację podczas lądowania. Wykorzystując zarejestrowane ciągi liczbowe, odczytano czas lotu, dzięki czemu możliwe było zastosowanie wzoru $h_s = \frac{1}{8} g t_{\text{lotu}}^2$ i obliczenie wysokości skoku dla $g = 9,80665 \frac{m}{s^2}$. Dla próby wyższej dodatkowo odczytano wartości sił odbicia i lądowania.

Dodatkowo każdy ze studentów został przebadany pod kątem statycznych momentów sił kończyn dolnych dla stawu kolanowego przy kątach 75° dla prostowników i 15° dla zginaczy (za 0° przyjęto pełny wyprost w stawie). Wartości kątów zostały dobrane tak, by uzyskać możliwie największy moment siły zarówno dla prostowników, jak i dla zginaczy [13]. Do pomiarów wykorzystano fotel do ćwiczeń UPR-01 B firmy OPIW Opole z dwiema głowicami pomiarowymi (mierzącymi statyczny moment siły), wyposażony również w pasy stabilizujące. Momentomierz umożliwia bezpośredni pomiar statycznego momentu siły, bez konieczności mierzenia długości ramienia działania siły zewnętrznej. Bezpośredni pomiar momentu siły, a nie samej siły lepiej odwzorowuje pracę mięśni człowieka, które działają w ruchu obrotowym [14].

Badany po zajęciu miejsca na fotelu (biodra przylegają do oparcia) został przypięty pasami stabilizującymi 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 oraz wpływu indywidualności



Rys. 1 Wysokość skoku CMJ w funkcji bezwzględnego statycznego momentu siły prostowników stawu kolanowego



Rys. 2 Wysokość skoku CMJ w funkcji względnego statycznego momentu siły prostowników stawu kolanowego

wykonania ruchu pomiarowego [14]. Oś obrotu 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) [13]. Po dokładnym wyjaśnieniu, na czym polega próba i zmotywowaniu do uzyskania jak największej wartości momentu siły, badany na polecenie „gotów” wykonywał skurcz izometryczny.

Tabela 2 Wyniki badań statycznego momentu siły (średnia ±SD)

M_m	N_m
Statyczny moment siły prostowników stawu kolanowego	646±164
Statyczny moment siły prostowników stawu kolanowego kończyny lewej	314±84
Statyczny moment siły prostowników stawu kolanowego kończyny prawej	331±84
Statyczny moment siły zginaczy stawu kolanowego	344±78
Statyczny moment siły zginaczy stawu kolanowego kończyny lewej	167±45
Statyczny moment siły zginaczy stawu kolanowego kończyny prawej	177±39
Suma statycznego momentu siły zginaczy i prostowników kończyny lewej	481±118
Suma statycznego momentu siły zginaczy i prostowników kończyny prawej	508±101

Tabela 3 Wyniki badań na platformach dynamometrycznych (średnia \pm SD)

Maksymalna siła odbicia kończyn dolnych podczas skoku CMJ	1889 \pm 390 N
Maksymalna siła odbicia kończyny prawej podczas skoku CMJ	938 \pm 198 N
Maksymalna siła odbicia kończyny lewej podczas skoku CMJ	950 \pm 201 N
Czas lotu podczas skoku CMJ	0,57 \pm 0,04 s
Wysokość skoku CMJ	0,4 \pm 0,06 m

Tabela 4 Wartości korelacji między zestawionymi parametrami (r)

	h_{\max} CMJ
M_m prostowników stawu kolanowego bezwzględny	0,08
M_m prostowników stawu kolanowego względny	-0,06
M_m zginaczy stawu kolanowego bezwzględny	0,21
M_m zginaczy stawu kolanowego względny	0,1
Maksymalna siła odbicia kończyn dolnych podczas skoku CMJ	0,63*

* korelacja istotna statystycznie

Tabela 5 Średnie wartości (\pm SD) poziomu asymetrii statycznych momentów sił kończyn dolnych

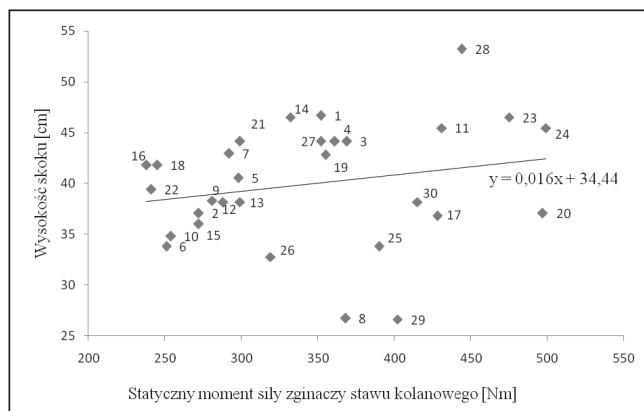
Poziom asymetrii między statycznym momentem siły prostowników prawej do lewej kończyny	11 \pm 9 %
Poziom asymetrii między statycznym momentem siły zginaczy prawej do lewej kończyny	17 \pm 15 %
Poziom asymetrii między sumą statycznych momentów sił prostowników i zginaczy prawej do lewej kończyny	11 \pm 9 %

Pomiaru dokonano w płaszczyźnie strzałkowej [14]. Próby dla obu kończyn przeprowadzono kilkakrotnie, notując jedynie najwyższe wartości momentu mięśniowego. Za każdym razem kolejność nogi ćwiczącej była taka sama – prawa, lewa. Na podstawie uzyskanych bezwzględnych statycznych momentów siły stawu kolanowego obliczono dodatkowo wartość względną poprzez podzielenie uzyskanej wartości przez sumę podwójnej masy uda i podudzia. Wartość masy uda i podudzia oszacowano, wykorzystując badania V.N. Zatziorsky'ego z roku 1981 na osobnikach żywych. Procentowy udział masy uda określił na 14,165%, a podudzia na 4,33% względem masy całego ciała [13].

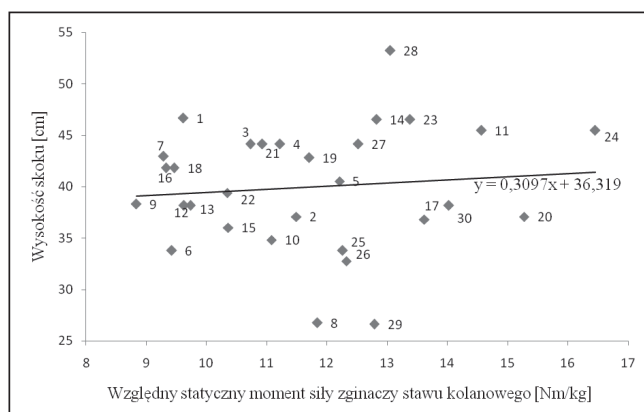
Do badania korelacji pomiędzy konkretnymi danymi użyto współczynnika r-Pearsona oraz testu t-Studenta dla $\alpha = 0,1$. Wartość krytyczna testu dla badanej grupy wyniosła $t_k = 1,7$.

Wyniki

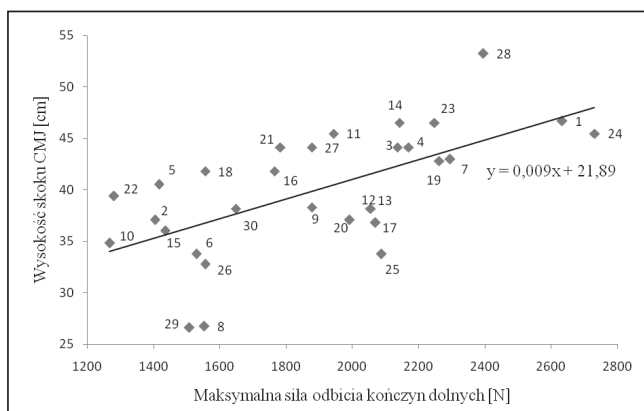
Wartości uzyskane w badaniach średnich parametrów wraz z odchyleniem standardowym na momentomierzu przedstawia tabela 2 oraz na platformach dynamometrycznych – tabela 3. Zestawienie statycznych momentów sił prostowników i zginaczy stawu kolanowego (zarówno względnych, jak i bezwzględ-



Rys. 3 Wysokość skoku CMJ w funkcji bezwzględnego statycznego momentu siły zginaczy stawu kolanowego



Rys. 4 Wysokość skoku CMJ w funkcji względnego statycznego momentu siły zginaczy stawu kolanowego

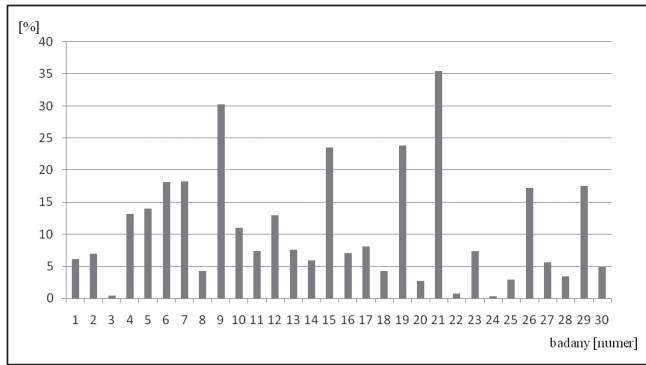


Rys. 5 Wysokość skoku CMJ w funkcji maksymalnej siły odbicia kończyn dolnych podczas skoku

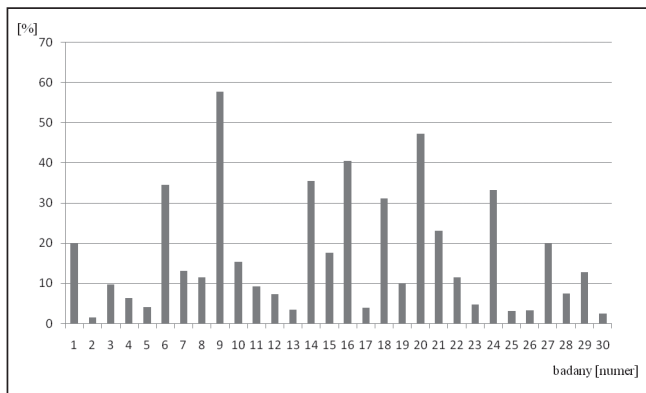
nych) z wysokością skoku CMJ wykazało brak istotnych statystycznie korelacji w badanej grupie (rys. 1-4, dokładne wartości korelacji przedstawia tabela 4). Silna, istotna statystycznie korelacja dodatnia ($r = 0,63$) wystąpiła między maksymalną siłą odbicia a wysokością skoku CMJ (rys. 5). Graficzne oraz liczbowe przedstawienie poziomu asymetrii kończyn dolnych wśród badanych pokazują wykresy (rys. 6-8) oraz tabela 5. Procentowe różnice między statycznymi momentami sił wykazują znaczny poziom asymetrii kończyn dolnych [1].

Dyskusja

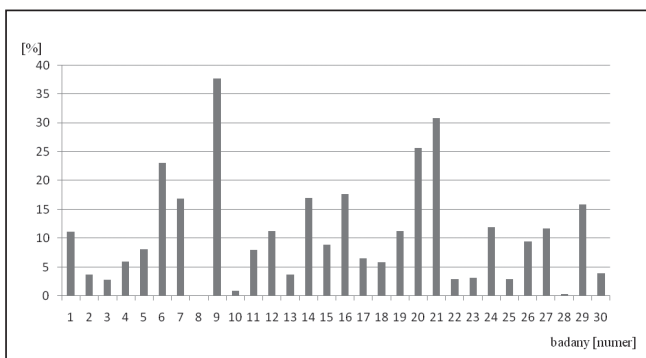
Uzyskane wyniki badań pokazują dodatnie związki między statycznym momentem siły prostowników i zginaczy stawu



Rys. 6 Poziom asymetrii między statycznym momentem siły prostowników prawej i lewej kończyny



Rys. 7 Poziom asymetrii między statycznym momentem siły zginaczy prawej i lewej kończyny



Rys. 8 Poziom asymetrii między sumą statycznych momentów sił prostowników i zginaczy prawej i lewej kończyny

kolanowego a wysokością skoku CMJ, jednak zależności te nie są istotne statystycznie jak w większości cytowanych pracach [7-11]. Podobne wyniki osiągnął w swoich badaniach Buśko na grupie koszykarzy, który wskazuje brak istotnych statystycznie zależności między statycznymi momentami sił a parametrami w skoku CMJ [8]. Burdukiewicz i współ., 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 [7]. Studenci badani przez Janiaka i współ. uzyskali o prawie 6 cm lepsze wyniki w skoku i około 100 Nm większą sumę momentów sił prostowników od osób badanych przez autorów [8]. Jednak i w tej grupie nie znaleziono istotnych współzależności między parametrami wyskoku i siłą statyczną kończyn dolnych. Buśko i współ., badając również grupę studentów (nietreningujących), wykazali istotny związek między

statycznymi momentami sił kończyn dolnych a mocą rozwijaną w skoku CMJ oraz jego wysokością [5]. Zdają się one potwierdzać wyniki uzyskane przez Urbanika i wsp. [4]. Do podobnych wyników doszedł również Trzaskoma, badając grupę tenisistów ziemnych [6]. Korelacja przy uwzględnieniu względnego statycznego momentu siły z wysokością skoku CMJ jest wyraźnie niższa (a dla prostowników nawet ujemna) w porównaniu z bezwzględnym statycznym momentem siły. Oddaje to faktyczny stan uprawianych przez badanych dyscyplin, gdyż wysoka wartość siły względnej jest charakterystyczna dla sportów indywidualnych gdzie wykonuje się ruchy całym ciałem bądź jego częściami (gimnastyka). Natomiast siła bezwzględna daje możliwości do rozwijania dużej siły oraz mocy [14]. Trudności wykonywania skoku CMJ tak, by wykorzystać w pełni potencjał siłowy, opisuje Bober [15-16]. Zwraca on istotną uwagę na kąt ugięcia nóg w fazie odbicia, prędkość wykonania 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, które wykazują brak wzrostu mocy i wysokości skoku CMJ wraz z jednoczesnym wzrostem statycznego momentu sił kończyn dolnych u dżudoków [9]. Król na podstawie badań własnych na piłkarzach potwierdza, że skok CMJ nie jest dobrym narzędziem do kontroli treningu tej grupy sportowców [11]. Najlepszym opisem tego typu skoku niech pozostanie fakt, że jest on wykorzystywany jako miernik skoczności przy ustalaniu treningu plyometrycznego [12]. Uzyskano dodatkowo istotną statystycznie silną korelację dodatnią ($r=0,63$) między maksymalną siłą odbicia a wysokością skoku dla całej grupy badanych studentów.

W badanej grupie 17 badanych wykazało się znaczną asymetrią prostowników stawu kolanowego, 21 zginaczy stawu kolanowego oraz 17 sumą prostowników i zginaczy stawu kolanowego między kończynami dolnymi. Jedynie 3 osoby nie przekroczyły poziomu symetrii we wszystkich trzech porównaniach. Poziom asymetrii (przekraczający 6%) określono na podstawie badań Dworaka i Wojtkowiaka, którzy na badanej grupie osób w wieku 20-25 uzyskali asymetrię 3-6% [1]. Badani studenci osiągnęli średnio prawie dwukrotnie wyższy poziom asymetrii dla prostowników oraz sumy prostowników i zginaczy stawu kolanowego oraz prawie trzykrotnie większą wartość dla zginaczy stawu kolanowego. O tym, jak bardzo przydatna może być symetria ruchów w sporcie, pisze Starosta, zwracając uwagę na fakt, iż zwiększa ona wszechstronność gracza, podnosi jego wartość, wprowadza element zaskoczenia u rywala oraz powoduje prawidłowy rozwój [17]. Poddaje jednocześnie krytyce metody szkolenia ukierunkowane na ćwiczenie strony mocniejszej gracza. Tymczasem poprzez zjawisko lateralizacji podczas ćwiczenia strony słabszej ćwiczymy jednocześnie stronę silniejszą. Mimo że siła jest cechą zbadaną w znacznym stopniu, nie można jednoznacznie określić występowania asymetrii w mięśniach ludzkich [2]. Znaczną asymetrię w rozwijanych momentach sił mięśniowych powodują uszkodzenia układu ruchu [18].

Wnioski

1. Badania autorów wykazały brak istotnych korelacji między statycznymi momentami sił kończyn dolnych a wysokością skoku CMJ w grupie badanych osób. W grupie piłkarzy nożnych, uzyskano silnie ujemną korelację ($r=-0,6$) między statycznym momentem siły prostowników stawu kolanowego a wysokością skoku.
2. Konieczne są dalsze badania na bardziej jednolitej pod względem uprawianej dyscypliny sportowej grupie, by postawione przez autorów hipotezy mogły uzyskać potwierdzenie.
3. W badanej grupie stwierdzono bardzo wysoki poziom asymetrii kończyn dolnych, pomimo faktu, iż pewien po-



ziom asymetrii jest charakterystyczny w grach zespołowych.

4. Statyczny moment siły zginaczy stawu kolanowego koreluje silniej z wysokością skoku niż statyczny moment siły prostowników stawu kolanowego. Może to potwierdzać duże znaczenie fazy zamachu w skoku CMJ. Sugeruje również zwrócenie uwagi na zwiększanie siły zginaczy stawu kolanowego podczas treningu. ■

Literatura

1. L.B. Dworak, T. Wojtkowiak: *Strength asymmetry of the muscles extending lower limbs among males in the aspects of age and different physical activity patterns*, Proceedings of the 3rd International Conference "Sport Kinetics '93" /8-11 September 1993 Poznań, Poland, Warsaw Academy of Physical Education in Poznań, Institute of Sport in Warsaw, Poznań 1994, s. 121-125.
2. A. Mastalerz, Cz. Urbanik: *Ocena symetrii parametrów biomechanicznych kończyn dolnych u osób nietrenujących*, Acta Bioeng Biomech, vol. 3(suppl. 2), 2001, s. 343-348.
3. T. Ruchlewicz, W. Chwała, R. Staszkiwicz: *Biomechaniczna charakterystyka skurczu izometrycznego antagonistycznych grup mięśni stawów łokciowych i kolanowych*, Biomechanika '95: Ogólnopolska Konferencja Biomechaniki, Kraków, 20-22.09.1995, Wydawnictwo AWF, Kraków 1995, s. 232-240.
4. Cz. Urbanik, K. Buśko, K. Grudniak, A. Mastalerz: *Związek między statycznym momentem sił i mocą odbicia kończyn dolnych*, Biomechanika '94: XII Szkoła Biomechaniki, Wrocław-Szklarska Poręba, 20-23.10.1994, Oficyna Wydawnicza PWr, Wrocław 1994, s. 309-311.
5. K. Buśko, A. Madej, A. Mastalerz, Cz. Urbanik, B. Wit: *Zależność między mocą maksymalną rozwijaną w wybranych aktach ruchowych a beztłuszczową masą ciała i statycznymi momentami sił kończyn dolnych*, Wychowanie Fizyczne i Sport, vol. 48(1), 2004, s. 25-31.
6. Z. Trzaskoma: *Zależność między wskaźnikiem siły „zginacze-prostowniki” kończyn dolnych i tułowia a mocą maksymalną*, Biology of Sport, vol. 15 (suppl. 8), 1998, s. 155-160.
7. A. Burdukiewicz, J. Pietraszewska, B. Pietraszewski: *Siła dynamiczna kończyn dolnych a morfologia ciała piłkarzy nożnych*, Zastosowania antropologii w wychowaniu fizycznym i sporcie, Wydawnictwo AWF, Wrocław 2001, s. 17-26.
8. K. Buśko: *Selected biomechanical characteristics of male and female basketball national team players*, Biology of Sport, vol. 6(4), 1989, s. 319-328.
9. K. Buśko, A. Nowak: *Changes of maximal muscle torque and maximal power output of lower extremities in male judoists during training*, Human Movement, vol. 9(2), 2008, s. 111-115.
10. J. Janiak, J. Elias, J. Gajewski: *Maksymalna siła statyczna kończyn dolnych a parametry wyskoku pionowego*, Biology of Sport, vol. 14 (suppl. 7), 1997, s. 65-69.
11. H. Król: *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.
12. T. Bober, A. Rutkowska-Kucharska, B. Pietraszewski: *Cwiczenia plyometryczne – charakterystyka biomechaniczna, wskaźniki, zastosowania*, Sport Wyczynowy, nr 7-9/511-513, 2007, s. 5-23.
13. T. Bober, J. Zawadzki: *Biomechanika układu ruchu człowieka*, Wydanie III poprawione, Wydawnictwo BK, Wrocław 2006, s. 9-17, 72-114, 142-143, 235, 240.
14. Z. Trzaskoma, Ł. Trzaskoma: *Kompleksowe zwiększanie siły mięśniowej sportowców*, Centralny Ośrodek Sportu, Warszawa 2001, s. 29-47, 159-188.
15. T. Bober: *Efektywność techniki ruchu pod kątem działania mięśni w cyklu rozciągnięcie-skurcz (CR-S)*, Biomechanika '94: XII Szkoła Biomechaniki, Wrocław-Szklarska Poręba, 20-23.10.1994 r., Oficyna Wydawnicza PWr, Wrocław 1994, s. 50-60.
16. T. Bober: *Działalność mięśni w cyklu rozciągnięcie-skurcz a skuteczność techniki sportowej*, Sport Wyczynowy, nr 1-2/361-362, Warszawa 1995, s. 40-50.
17. W. Starosta: *Symetria i asymetria ruchów w sporcie*, Instytut Sportu, Warszawa 1990, s. 59-93, 272-298.
18. B. Pietraszewski, S. Solnik: *Pourazowe zmiany w obrębie rozwijanych momentów sił mięśniowych w stawie kolanowym*, Annales Universitatis M. Curie-Skłodowska Sect. D Med, vol. 60 (6 suppl. 16), 2006, s. 82-86.

otrzymano / received: 14.03.2010 r.
zaakceptowano / accepted: 21.06.2010 r.