

**Joanna GORWA¹, Jarosław KABACIŃSKI¹, Michał MURAWA¹,
Jacek MAĆCZYŃSKI¹, Lechosław B. DWORAK²**

¹Zakład Biomechaniki, Akademia Wychowania Fizycznego, Poznań

²Katedra Bioniki, Uniwersytet Artystyczny, Poznań

PARAMETRY WYSKOKU PIONOWEGO A WARTOŚCI MOMENTÓW SIŁY MIĘŚNIOWEJ KOŃCZYN DOLNYCH TANCERZY ZAWODOWYCH

Streszczenie: Praca przedstawia związki pomiędzy parametrami skoku pionowego i wartościami względnych, momentów sił wybranych grup mięśniowych, kończyn dolnych, dla 43 tancerzy zawodowych uprawiających dwa, odmienne style taneczne: klasykę oraz taniec współczesny. Parametry CMJ i SJ oraz wartości względne, wybranych momentów siły mięśniowej kończyn dolnych mierzonych w warunkach statyki, są ze sobą powiązane, a najistotniejszymi informacjami wyciągniętymi w toku analiz do niniejszej pracy, jest wpływ danego stylu tańca na parametry CMJ i SJ.

Słowa kluczowe: CMJ, SJ, moment siły mięśniowej, statyka, taniec zawodowy

1. WSTĘP

Taniec klasyczny i współczesny zawierają całą gamę skoków i obrotów. Te najtrudniejsze ekspresyjne zadania różnią się sposobem wykonania [3]. Mogą zaczynać się i kończyć na jednej lub dwóch stopach, mogą zawierać skomplikowane manewry kończyn dolnych oraz łączyć w sobie obroty wykonywane „w powietrzu”. Obroty natomiast różnią się trudnością wykonania i złożonością pozycji. W jednej sekwencji dużego obrotu może być wymaganym wykonanie kilku „podobrotów”. Różne będzie ułożenie nóg i stóp na początku ewolucji jak również akcja kończyn dolnych w trakcie jej wykonania [3,4]. Test CMJ, który jest jednym z najpopularniejszych testów do oceny „biomechanicznej” kończyn dolnych człowieka powinien, w przypadku tancerzy zawodowych, pozwolić jasno oszacować ich predyspozycje „skocznościowe”. Wielu autorów wskazuje na związek pomiędzy siłą mięśniową a wartościami mocy mechanicznej uzyskiwanej w różnych rodzajach ćwiczeń sprawnościowych, w tym- skoków [8,9,10,11]. Inni autorzy zajmujący się tą problematyką przedstawiają często sprzeczne opinie [12]. Celem niniejszej pracy było określenie związków pomiędzy parametrami wyskoków pionowych a momentami względnymi siły mięśniowej kończyn dolnych dla tancerzy zawodowych uprawiających dwa, odmienne style.

2. MATERIAŁ I METODA

Badaniom poddano 43 tancerzy zawodowych: 15 mężczyzn i 14 kobiet uprawiających taniec klasyczny oraz 7 mężczyzn i 7 kobiet uprawiających taniec współczesny. Wszyscy badani artyści tańczyli co najmniej od 9 lat. Dla celów porównawczych przebadano grupy 38 studentek i 16 studentów, kierunku fizjoterapii Akademii Medycznej w Poznaniu, o umiarkowanej aktywności rekreacyjnej.

Wszyscy tancerze biorący udział w badaniach pracują w teatrach w pełnym wymiarze godzinowym, średnio 6 dni w tygodniu i nie wykonują innej pracy zawodowej. Trenują średnio około 42 godzin tygodniowo.

Tabela 1. Charakterystyka badanych grup

Grupy	KOBIEТЫ			MĘŻCZYŹNI		
	Tancerki klasyczne n=14	Tancerki współczesne n=7	Grupa kontrolna n=38	Tancerze klasyczni n=15	Tancerze współcześni n=7	Grupa kontrolna n=16
Wiek [lata]	23,2 ±3,7	34,8 ±10,7	21,1 ±0,6	24,1 ±5,23	29,4 ±2,94	20,8 ±5,1
Masa ciała [kg]	53,1 ±5,5	54,7 ±5,47	57,5 ±7,2	71,3 ±7,60	71,3 ±3,59	72,8 ±11,9
Wysokość ciała [cm]	170,2 ±5,1	165,6 ±5,47	167,9 ±5,5	182,5 ±8,42	178,7 ±3,25	181,1 ±7,2
BMI [kg·m ⁻²]	18,3 ±1,05	19,9 ±1,35	20,4 ±2,0	21,4 ±0,97	22,3 ±1,31	22,1 ±6,2
Doświadczenie zawodowe [lata]	11,9 ±2,5	24,6 ±7,0	X	14,1 ±4,1	15,1 ±6,2	X

Pomiar mocy w trakcie wyskoku pionowego dokonywany był na trójosiowej platformie piezoelektrycznej firmy KISTLER. Badani stojąc na platformie dynamometrycznej wykonywali maksymalny wyskok pionowy w górę, z odbicia obunóż z użyciem kończyn górnych (CMJ) oraz w kolejnej sesji pomiarowej, skok pionowy z półprzysiadu (SJ).

Pomiaru dokonywano trzykrotnie dla każdego rodzaju skoku, kwalifikując do dalszych obliczeń:

- 1) próbę, w której uzyskano najwyższe uniesienie ogólnego środka masy (OSM) badanego,
- 2) próbę, w której rozwinięto najwyższą moc względną P_w [W/kg].

Do pomiaru momentów sił prostowników (P) i zginaczy (Z) (lewej i prawej kończyny) stawu: skokowo-goleniowego, kolanowego, biodrowego oraz odwodzicieli i przywodzicieli stawu biodrowego, zastosowano dynamometrię tensometryczną. Posłużono się zespołem stanowisk pomiarowych wyposażonych w pierścieniowe i pałkowe tensometryczne przetworniki siły (TPS) lub tensometryczny momentomierz.

Uczestniczący w pomiarach tancerze oraz studenci dążyli do uzyskania maksymalnych wartości momentów sił w dowolnym czasie, w warunkach statyki. W celu wyeliminowania zmęczenia i ochrony szczególnie ważnego w profesji tancerza układu ruchu, pomiędzy kolejnymi pomiarami stosowano optymalnie długie przerwy, w trakcie których artyści mogli wykonać stretching. Badania momentów sił podzielono na dwie sesje pomiarowe. Wartości momentów siły mięśniowej zostały znormalizowane względem masy ciała. W celu uproszczenia opisu wyników dla poszczególnych grup mięśniowych, posłużono się w dalszej części opracowania, następującymi skrótami:

MZPS [Nm] - moment siły zginaczy podszwowych stopy, MZGS [Nm] - moment siły zginaczy grzbietowych stopy, MPK [Nm] - moment siły prostowników stawu kolanowego,

MZK [Nm] - moment siły zginaczy stawu kolanowego, MPB [Nm] - moment siły prostowników stawu biodrowego, MZB [Nm] - moment siły zginaczy stawu biodrowego, MODB [Nm] - moment siły odwodzicieli stawu biodrowego, MPrzB [Nm] - moment siły przywodzicieli stawu biodrowego, MZP [Nm] - moment siły zginaczy palucha, Mw- moment siły względny [Nm/kg], SM- środek masy

Analizę różnic wyników momentów siły mięśniowej i mocy kończyn dolnych oraz skoczności pomiędzy badanymi grupami przeprowadzono za pomocą testów ANOVA Kruskala-Wallisa ($p < 0.05$) i post-hoc Bonferroniego ($p < 0.05$). W celu określenia istotnych statystycznie zależności pomiędzy mocą i skocznością kończyn dolnych a względnymi momentami siły mięśniowej, wybranych napędów kończyn dolnych, tancerzy klasycznych, tancerzy współczesnych i studentów wykonano test korelacji rang Spearmana ($p < 0.05$). Również tych testów użyto do analizy zależności pomiędzy wynikami uzyskanymi z pomiarów grup żeńskich: tancerek klasycznych, tancerek współczesnych oraz studentek. Współczynniki korelacji r oceniano zgodnie ze skalą Guilforda.

3. WYNIKI

Na podstawie wyników analizy statystycznej testem ANOVA Kruskala-Wallisa ($p < 0.05$), wykazano istotne różnice w wartościach względnych maksymalnych momentów siły zginaczy grzbietowych stopy, prostowników i zginaczy stawu biodrowego oraz zginaczy stawu kolanowego pomiędzy trzema grupami badanych kobiet. Tancerki klasyczne i współczesne uzyskały znacząco wyższe wartości niniejszych wskaźników siły od studentek odpowiednio o: 18.9% i 15.5% (MwZGS L), 24.7% i 22.7% (MwZGS P), 23.9% i 22.0% (MwPB L) oraz 24.9% i 19.9% (MwPB P) (test Bonferroniego, $p < 0.05$). Co więcej, wyłącznie tancerki klasyczne charakteryzowały się istotnie większymi wartościami MwZK P (o 16,5%), MwZB L (o 13,2%) i MwZB P (o 12,5%) od studentek (test Bonferroniego, $p < 0.05$).

W oparciu o wyniki analizy testem ANOVA Kruskala-Wallisa ($p < 0.05$) stwierdzono istotne różnice w wartościach względnych maksymalnych momentów siły: zginaczy stawu biodrowego i kolanowego, zginaczy podszwowych stopy lewej oraz prostowników stawu biodrowego prawego pomiędzy trzema grupami badanych mężczyzn.

Studenci charakteryzowali się znacząco wyższymi wartościami: MwZK L (o 23.0%), MwZK P (o 30.9%) i MwPB P (o 14,1%) od tancerzy współczesnych oraz MwZB L (o 13.7%), MwZB P (o 17.5%) od tancerzy klasycznych (test Bonferroniego, $p < 0.05$). Z kolei, w porównaniu ze studentami, tancerze uzyskali większe wartości MwZPS L odpowiednio o 13,3% (tancerze klasyczni) i 14,1% (tancerze współcześni) (test Bonferroniego, $p < 0.05$). Ponadto, tancerze współcześni osiągnęli wyższe wyniki skoczności od studentów o 14,2% (CMJ) i 13,4% (SJ).

Tabela 2. Średnie wartości względne momentów sił wybranych zespołów mięśniowych kończyn dolnych tancerek klasycznych, tancerek współczesnych i grupy kontrolnej

PARAMETRY		ŚREDNIE WARTOŚCI WZGLĘDNE [Nm/kg]		
		TANCERKI KLASYCZNE	TANCERKI WSPÓŁCZESNE	GRUPA KONTROLNA
<i>MZB</i>	L	2,50±0,38	2,30±0,68	2,13±0,37
	P	2,56±0,49	2,38±0,64	2,20±0,29
<i>MPB</i>	L	2,47±0,43	2,42±0,97	1,83±0,39
	P	2,57±0,48	2,31±0,75	1,87±0,34
<i>MPrzB</i>	L	1,64±0,32	1,75±0,33	1,40±0,29
	P	1,71±0,48	1,90±0,71	1,60±0,29
<i>MOdB</i>	L	1,94±0,53	2,49±0,63	1,55±0,31
	P	2,02±0,67	2,59±0,78	1,36±0,34
<i>MZK</i>	L	1,70±0,24	1,32±0,18	1,51±0,33
	P	1,86±0,65	1,40±0,31	1,55±0,30
<i>MPK</i>	L	2,98±0,42	2,42±0,29	2,71±0,45
	P	3,14±0,40	2,44±0,46	2,79±0,54
<i>MZGS</i>	L	0,74±0,15	0,70±0,09	0,60±0,19
	P	0,77±0,15	0,73±0,11	0,58±0,18
<i>MZPS</i>	L	3,32±0,75	3,10±0,65	2,95±0,62
	P	3,42±0,79	2,99±0,56	2,98±0,58
<i>MZP</i>	L	0,18±0,05	0,23±0,08	0,18±0,03
	P	0,19±0,06	0,25±0,06	0,19±0,05
<i>SUMA</i>	-	35,71±7,78	38,00±9,53	38,00±9,53

Tabela 3. Średnie wartości wysokości uniesienia środka masy (H), mocy maksymalnej (Pmax), względnej mocy maksymalnej (Pmax/m) i głębokości przysiadu (L) w wysoku pionowym tancerek uprawiających taniec klasyczny, współczesny oraz grupy porównawczej

	CMJ			SJ		
	Tancerki klasyczne n=14	Tancerki współczesne n=7	Grupa kontrolna n=38	Tancerki klasyczne n=14	Tancerki współczesne n=7	Grupa kontrolna n=38
<i>H</i> [cm]	33,9 ±3,4	35,7 ±3,6	33,1 ±4,4	29,8 ±3,3	31,1 ±4,3	29,2 ±4,0
<i>Pmax</i> [W]	1324,2 ±249,6	1326,4 ±165,0	1353,7 ±289,2	1175,2 ±245,0	1097,2 ±259,9	1168,3 ±281,3
<i>Pmax/m</i> [W/kg]	23,5 ±3,5	24,1 ±3,3	23,0 ±4,9	20,9 ±3,9	19,7 ±3,5	19,9 ±4,6
<i>L</i> [cm]	22,3 ±2,9	17,4 ±2,21	22,0 ±3,9	21,0 ±4,2	15,6 ±3,5	20,9 ±4,1

Tabela 4. Średnie wartości względne momentów sił wybranych zespołów mięśniowych kończyn dolnych tancerzy klasycznych, tancerzy współczesnych i grupy kontrolnej

PARAMETRY		ŚREDNIE WARTOŚCI WZGLĘDNE [Nm/kg]		
		TANCERZE KLASYCZNI	TANCERZE WSPÓŁCZEŚNI	GRUPA KONTROLNA
<i>MZB</i>	L	2,90±0,42	3,20±0,13	3,36±0,29
	P	2,92±0,37	3,49±0,24	3,54±0,40
<i>MPB</i>	L	3,14±0,70	2,93±0,21	3,21±0,63
	P	2,99±0,64	3,10±0,75	3,33±0,49
<i>MPrzB</i>	L	1,94±0,31	1,57±0,59	2,05±0,34
	P	1,80±0,43	1,95±0,42	2,32±0,59
<i>MOdB</i>	L	2,02±0,64	2,70±0,43	2,27±0,48
	P	2,17±0,44	2,75±0,25	2,47±0,59
<i>MZK</i>	L	2,05±0,43	1,64±0,13	2,22±0,46
	P	2,16±0,36	1,48±0,16	2,33±0,43
<i>MPK</i>	L	3,47±0,62	3,09±0,49	3,38±0,61
	P	3,65±0,77	3,04±0,75	3,43±0,50
<i>MZGS</i>	L	0,69±0,19	0,72±0,15	0,67±0,17
	P	0,72±0,16	0,67±0,05	0,65±0,25
<i>MZPS</i>	L	3,41±0,68	3,01±0,65	2,93±0,43
	P	3,35±0,50	3,18±0,55	3,27±0,51
<i>MZP</i>	L	0,21±0,05	0,19±0,04	0,21±0,07
	P	0,21±0,06	0,19±0,03	0,23±0,07
<i>SUMA</i>	-	39,8±7,77	38,9±6,02	41,87±7,30

Tabela 5. Średnie wartości wysokości uniesienia środka masy (H), mocy maksymalnej (Pmax), względnej mocy maksymalnej (Pmax/m) i głębokości przysiadu (L) w wysoku pionowym tancerzy uprawiających taniec klasyczny, współczesny oraz grupy porównawczej

	CMJ			SJ		
	Tancerze klasyczni n=15	Tancerze współcześni n=7	Grupa kontrolna n=16	Tancerze klasyczni n=15	Tancerze współcześni n=7	Grupa kontrolna n=16
<i>H</i> [cm]	48,6 ±5,0	56,7 ±10,6	47,3 ±4,7	41,5 ±4,4	47,9 ±8,9	40,0 ±3,9
<i>Pmax</i> [W]	2518,9 ±496,6	2343,4 ±336,8	2369,3 ±342,5	1870,3 ±443,3	1850,8 ±288,1	1747,6 ±341,5
<i>Pmax/m</i> [W/kg]	34,9 ±5,5	37,1 ±8,6	32,8 ±5,4	26,0 ±4,9	29,2 ±8,2	35,9 ±46,4
<i>L</i> [cm]	28,5 ±5,4	21,6 ±2,9	28,7 ±8,0	31,1 ±5,3	20,4 ±2,2	30,7 ±6,5

Biorąc pod uwagę wartości współczynników korelacji rang Spearmana ($p < 0.05$) pomiędzy parametrami CMJ i SJ a Mw zaobserwowano występowanie słabej, niskiej i umiarkowanej zależności w większości przypadków oprócz:

- wysokiej dodatniej zależności pomiędzy H a MwPB ($r=0.857$) oraz pomiędzy Pmax/m a MwPB ($r=0.750$) dla SJ u tancerek współczesnych, a także pomiędzy Pmax/m a MwZPS ($r=0.786$ i 0.750), odpowiednio dla CMJ i SJ u tancerzy współczesnych,

- wysokiej ujemnej zależności pomiędzy H a MwZK (CMJ i SJ) ($r=-0.855$ i $r=-0.746$, odpowiednio) u tancerzy współczesnych,
- umiarkowanej dodatniej zależności pomiędzy H a MwZK (CMJ) ($r=0.435$) i Pmax/m a MwZK ($r=0.417$) u tancerek klasycznych, pomiędzy H a MwZPS ($r=0.571$), H a MwZB ($r=0.536$), H a MwZK ($r=0.468$) oraz Pmax/m a MwZK ($r=0.487$) dla SJ u tancerek współczesnych, pomiędzy Pmax/m a MwPK ($r=0.403$ i 0.427), odpowiednio dla CMJ i SJ u tancerzy klasycznych oraz pomiędzy H i MwZPS ($r=0.464$ i 0.500), odpowiednio dla CMJ i SJ u tancerzy współczesnych.

4. DYSKUSJA

W toku niniejszych badań doszukano się związków pomiędzy parametrami CMJ i SJ a wartościami momentów względnych (Mw), niektórych napędów mięśniowych oraz różnic w wartościach poszczególnych parametrów CMJ i SJ pomiędzy przedstawicielami badanych grup. Różnice te wynikają w głównej mierze z przynależności danej grupy badanej do stylu tańca. Zauważono wysoką dodatnią zależność pomiędzy H a MwPB oraz pomiędzy Pmax/m a MwPB dla SJ u tancerek współczesnych, a także pomiędzy Pmax/m a MwZPS odpowiednio dla CMJ i SJ u tancerzy współczesnych. Analizując wyniki można stwierdzić, że najefektywniej „zamach” kończynami podczas CMJ wykorzystali mężczyźni z grupy tancerzy współczesnych. Prawdopodobnie wiąże się to ze specyfiką stylu tańca, który uprawiają. Wg. Cohan (1996), najważniejszymi składowymi w pracy tancerza współczesnego są: „praca na podłodze”, „praca ze środkiem ciężkości” oraz „ruch w przestrzeni”. Taniec współczesny, według tego autora, zachłystuje się ekstremalnością. Każdy element choreograficzny, który może być wykonany jako klasyczny, w „modern” będzie wykonany dalej, głębiej, przesadniej i wyżej [1].

Tancerze klasycy i tancerki klasyczne, przy wykonywaniu skoków na platformie, mimo że zostali precyzyjnie instruowani co do techniki wykonania CMJ i SJ, niemal cały czas uwzględniali reguły tańca klasycznego. Jednym z przejawów tego było np. proste trzymanie całego tułowia i maksymalne zgięcie podeszwowe stóp przy oderwaniu ich od podłoża.

Przypuszczalnie fakt, że tancerki i tancerze klasycy cały czas dbają o estetykę wykonania, wpłynął na wielkość parametrów skoku pionowego. Prawdą jest, że w tańcu klasycznym estetyka jest najważniejsza. W tańcu współczesnym choreografia wymaga często ekstremalnie wysokich skoków, energicznych obrotów i spontaniczności w ruchach całego ciała.

Do podobnych spostrzeżeń doszedł Ravn [12], porównując strategię wykonania skoku pionowego z miejsca tancerek klasycznych i siatkarek.

Ciekawe obserwacje dotyczą porównania wartości względnych momentów siły mięśniowej pomiędzy poszczególnymi grupami. Jakkolwiek fakt, że zginacze grzbietowe stopy (MwZGS) dla obu kończyn dolnych oraz prostowniki stawów biodrowych (MwPSB) czy zginacze stawów kolanowych (MwZK) u grup tancerek są istotnie statystycznie „silniejsze” niż u grupy kontrolnej, jest wynikiem, którego się spodziewano, to przeciwne relacje dla grup męskich zaskakują.

Pierwsze lata szkoły baletowej to ciężka praca nad powiększaniem zakresów ruchu w stawach: biodrowych, skokowych oraz kręgosłupa. Najbardziej charakterystyczne dla tańca klasycznego, pierwsze zadania ruchowe dla stóp, w toku edukacji tancerza to „relevé en pointe” i „demi-pointe relevé”. Pozycje te polegają na „wchodzeniu” na palce lub „półpalce”. Wszystkie palce w „relevé” powinny stanowić podparcie dla ciała a przodostopie, śródstopie i stęp być ustawione w linii podudzia i rzepki. Innymi słowy w „relevé en pointe” tancerka utrzymuje wyprostowaną postawę całego ciała, stojąc na szczycie wszystkich palców stóp z większym niż 90° zgięciem podeszwowym stopy a w „demi-pointe relevé” w tej samej pozycji ciała i stawu skokowego jak w „relevé en pointe”, zgina do 90° stawy śródstopno-

paliczkowe [4]. Z punktu widzenia biomechaniki, niebezpiecznym byłoby, gdyby ogromne zakresy ruchu w stawach skokowych, które są wymagane w profesji tancerza, nie były „podparte” odpowiednim poziomem siły mięśniowej. Niepokojące są zatem rezultaty osiągnięte przez tancerzy (mężczyzn). Fakt, że studenci osiągnęli znacząco wyższe wartości dla momentów względnych: zginaczy obu stawów kolanowych i prostowników stawu biodrowego prawego od tancerzy współczesnych oraz momentów względnych zginaczy obu stawów biodrowych od tancerzy klasycznych jest zaskakujący. Trzeba pamiętać, że skala obciążeń dynamicznych- uderzeniowych, z jakimi mają do czynienia zawodowi tancerze jest jasno sprecyzowana w wielu publikacjach [2,3,6]. Poziom sił uderzeniowych podczas wykonywania ekspresyjnych zadań ruchowych jest porównywalna z tymi w sporcie zawodowym [7,9]. Jeżeli przeanalizuje się cały łańcuch biokinematyczny biorący udział w finalnej, uderzeniowej części skoku, to duże wartości sił uderzeniowych przyjmują nie tylko stopy czy stopa tancerza, ale wszystkie człony tego łańcucha. Oczywiście część tej siły zostaje wytłumiona przez kolejne segmenty wchodzące w skład łańcucha, nie mniej jednak faktem jest, że zagrożone rejony układu ruchu mogą być znacznie oddalone od „źródła” siły [3,6]. Tancerze powinni dysponować zatem odpowiednim poziomem „siły mięśniowej” kończyn dolnych, aby efektywnie wykorzystać fazę amortyzacji [5]. Wydaje się zatem koniecznym diagnozowanie poziomu momentów sił mięśniowych na różnych etapach edukacji tancerza, aby móc wykluczyć asymetrię oraz ewentualny niedobór. Testy CMJ i SJ mogłyby na stałe wejść do zajęć laboratoryjnych z udziałem tancerzy oraz zajęć z biomechaniki tańca na, coraz popularniejszym kierunku studiów, jakim jest Taniec w Kulturze Fizycznej.

LITERATURA

- [1] Cohan R.: London contemporary dance school the dance workshop. Unwin Papers, 1996, London.
- [2] Dworak L.B., Gorwa J., Kmiecik K., Mączyński M.: A study characterizing dynamic overloads of professional dancers. Biomechanical approach. Acta of Bioengineering and Biomechanics, vol. 7, no. 1, 2005, p. 77-84.
- [3] Gorwa J., Michnik R., Jurkojć J., Dworak L.B.: Kinematic analysis of modern dance movement “stag jump” within the context of impact loads, injury to the locomotor system and its prevention. Medical Science Monitor, vol. 20, 2014, p. 1082-1089.
- [4] Gorwa J.: Biomechaniczne aspekty najczęściej występujących kontuzji oraz zmian w układzie ruchu tancerzy zawodowych [w:] Inżynieria Biomedyczna Podstawy i Zastosowania, Tom 3. [w:] Gzik M. (red.) Biomechanika i Inżynieria Rehabilitacyjna, 2015, s. 769-786.
- [5] Gorwa J., Dworak L.B., Kabaciński J., Murawa M.: Biomechaniczna charakterystyka siły i mocy zespołów mięśniowych kończyn dolnych tancerek zawodowych baletu klasycznego. Aktualne Problemy Biomechaniki, Zeszyt nr 1, 2007, s. 21-28.
- [6] Gorwa J.: Problem bólów kręgosłupa u tancerzy zawodowych. Aktualne Problemy Biomechaniki, Zeszyt nr 10, 2016, s. 17-24.
- [7] Jurkojć J., Michnik R., Czapla K.: Mathematical modelling as a tool to assessment of loads in volleyball player’s shoulder joint during spike. Journal of Sports Sciences, Published online: 03 Aug 2016, p. 1-8.
- [8] Janiak J., Eliaz J., Gajewski J.: Maksymalna siła statyczna kończyn dolnych a parametry wyskoku pionowego. Biology of Sport, vol. 14, suppl. 7, 1997, s. 65-69.
- [9] Kabaciński J., Dworak L.B., Murawa M., Rzepnicka A.: Dynamic loads indicators for take-off – landing sequence in blocks and attacks of elite female volleyball players. Acta of Bioengineering and Biomechanics, vol. 18, no. 1, 2016, p. 41-46.

- [10] Kabaciński J., Murawa M., Żyła T., Gorwa J., Dworak L.: Izokinetyczna ocena ekscentrycznej siły mięśni grupy tylnej i przedniej uda siatkarki. Aktualne Problemy Biomechaniki, Zeszyt nr 12, 2017, s. 35-40.
- [11] Mazurkiewicz A., Iwańska D.: Biomechanics of figure skating jump double axel performed in on ice and off ice conditions. Aktualne Problemy Biomechaniki, Zeszyt nr 9, 2015, s. 83-88.
- [12] Ravn S., Voight M., Simonsen E., Alkjær T., Bojsen-Møller F., Klausen K.: Choice of jumping strategy in two standard jumps, squat and countermovement jump - effect of training background or inherited preference? Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports, vol. 9, no. 4, 1999, p. 201-208.

This study was financed in stages from the following sources: the research grant from the Polish Ministry of Science and Higher Education No NN404515938.

VERTICAL JUMP PARAMETERS AND LOWER EXTREMITIES MUSCLES TORQUES OF PROFESSIONAL DANCERS

Abstract: The study presents correlations between vertical jump parameters and relative values of selected muscles torques of lower extremities of 43 professional dancers who practice two different styles of dance: classic and modern. CMJ and SJ parameters turned out to be slightly correlated with relative values of selected muscles torques measured in static conditions. The analysis mainly focused on the influence of the dance style on the CMJ and SJ parameters.