Robert MICHNIK, **Jacek JURKOJĆ** Katedra Mechaniki Stosowanej, Politechnika Śląska, Gliwice
Lechosław B. DWORAK, Joanna GORWA Katedra Biomechaniki, Akademia Wychowania Fizycznego w Poznaniu

ANALIZA KINEMATYKI WYBRANYCH RUCHÓW W TAŃCU KLASYCZNYM I WSPÓŁCZESNYM

Streszczenie. W ramach pracy przeprowadzono badania doświadczalne ruchów wykonywanych podczas ewolucji tanecznych przez tancerzy klasycznych oraz współczesnych. W trakcie badań rejestrowano przebiegi sił reakcji podłoża oraz wyznaczono kinematykę ruchów kończyny dolnej. Badania zrealizowano przy pomocy systemu do analizy ruchu APAS. Ruchy wykonywane przez tancerzy rejestrowane były przez zestaw czterech kamer cyfrowych firmy Basler. Siły reakcji podłoża wyznaczono za pomocą platformy dynamometrycznej firmy Kistler.

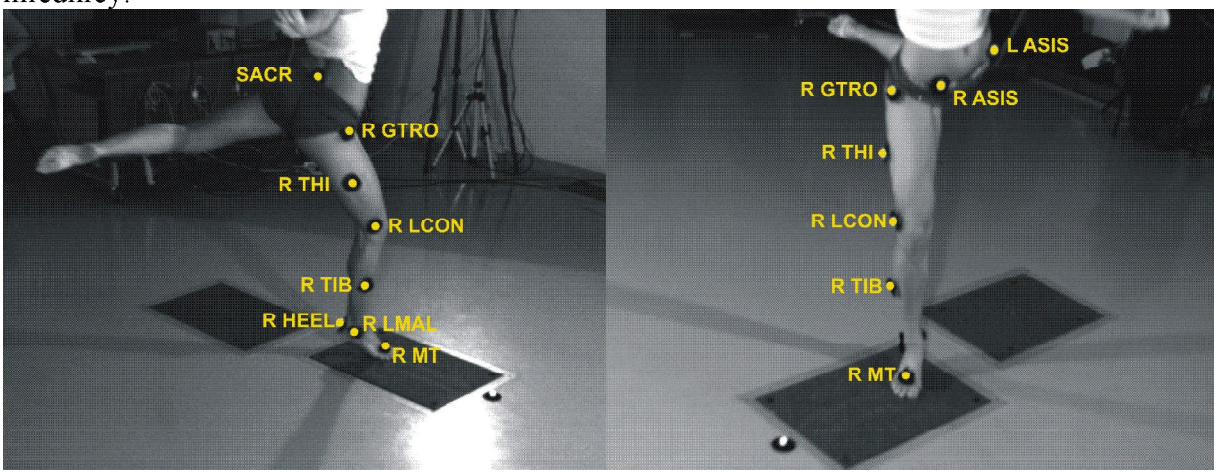
1. WSTĘP

Badania Nicholasa i współaut. [8] już na początku lat siedemdziesiątych ubiegłego stulecia ujawniły zaskakujące fakty o skali obciążeń występujących w tańcu zawodowym. Według tego autora, obok footballu amerykańskiego, taniec zawodowy znajduje się w czołówce listy aktywności fizycznych najbardziej wymagających i obciążających ciało.
Jak podają Luke i współaut. [6], Solomon i współaut.[11], [12], Liederbach w: Brownstein i Bronner [5], największy procent urazów występujących w środowisku zawodowych tancerzy, stanowią urazy przewlekłe takie jak: stany zapalne tkanek miękkich, urazy z przeciążenia, naciągnięcia i naderwania mięśni. Najmniejszy odsetek wszystkich kontuzji stanowią złamania. Różni autorzy donoszą o różnym umiejscowieniu i procentowym udziale urazów Micheli [7], Brown i Kaufer [1], DeMann [2]; Solomon [10], Świderska [13], Gorwa [4]. Niemniej jednak staw skokowy, stopa, kręgosłup, staw biodrowy i kolanowy to najczęściej wymieniane rejony ciała.
Niezaprzeczalnie skoki baletowe, których składowa pionowa siły reakcji podłoża przekracza kilkakrotnie wartość BW [3], [4]; to najbardziej „urazogenne" elementy tańca. Jak twierdzi Rutkowska-Kucharska i współaut. [9], poprawna technika jest czynnikiem istotnie zmniejszającym ryzyko kontuzji, a stopień opanowania nawyku ruchowego, a więc poprawność wykonania danej techniki sportowej decyduje o wartościach sił rejestrowanych w fazie lądowania.
Autorzy niniejszej pracy zasugerowani wynikami kompleksowych badań w środowisku tancerzy zawodowych [4], ocenili wielkości kinematyczne w dwu ekspresyjnych elementach tańca: klasycznego i współczesnego.

2. METODYKA BADAŃ

Badania na potrzeby niniejszej pracy przeprowadzono w Laboratorium Biomechaniki, Katedry Biomechaniki, Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu. W badaniach wzięły udział cztery osoby uprawiające taniec klasyczny (kobieta i mężczyzna) lub współczesny zawodowo (kobieta i mężczyzna). Każda z badanych osób wykonywała pięć różnych ewolucji tanecznych. W trakcie pomiarów doświadczalnych wyznaczano wielkości kinematyczne oraz przebiegi sił reakcji podłoża. Wielkości kinematyczne wyznaczono za pomocą systemu do analizy ruchu APAS, siły reakcji podłoża mierzono za pomocą platform dynamometrycznych firmy Kistler.

Ruch badanych osób rejestrowany był za pomocą czterech kamer cyfrowych firmy Basler o częstotliwości próbkowania wynoszącej 200 Hz. Zarejestrowany przez kamery obraz przesyłany był do komputera, gdzie za pomocą programu APAS dokonano obróbki filmów i wyznaczono położenia markerów rozmieszczonych na ciele badanych tancerzy. Jednocześnie dokonywano rejestracji sił reakcji podłoża podczas fazy lądowania. Ze względu na dużą obszerność wykonywanych ewolucji tanecznych kamery zostały rozstawione w taki sposób, aby możliwe było dokładne wyznaczenie kinematyki miednicy oraz kończyny dolnej prawej w trakcie fazy lądowania. Przyjęta liczba markerów oraz ich rozmieszczenie (rys. 2), pozwoliły na wyznaczenie położeń środków stawów kończyny dolnej, a następnie względnych przemieszczeń kątowych poszczególnych segmentów kończyny dolnej oraz miednicy.



Rys. 1. Rozmieszczenie markerów: R MT – głowa kości śródstopia drugiego palca prawej kończyny, R HEEL – guz piętowy kończyny prawej, R LMAL – środek kostki bocznej prawej kończyny, R TIB – prawe podudzie, R LCON – nadkłykieć boczny lewej kości udowej, R THI – prawe udo, R GTRO – krętarz większy prawej kości udowej, L ASIS – lewy kolec biodrowy przedni, R ASIS – prawy kolec biodrowy przedni, SACR – L_5S_1

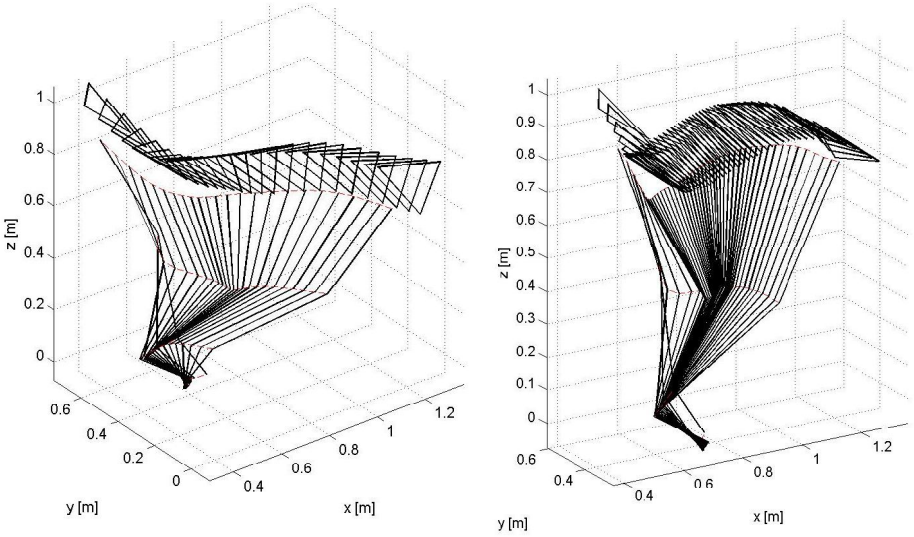
3. WYNIKI

Na podstawie uzyskanych wyników pomiarów możliwa jest ocena wykonywanych przez tancerzy ewolucji w oparciu o przebiegi sił reakcji podłoża oraz przebiegi kątów w stawach kończyny dolnej. W ramach niniejszej pracy do analizy wybrano ewolucję *„Grand pas de chat”* wykonywaną przez tancerzy klasycznych oraz *„Sfastykę z podejścia assamble w pozycji V skok do pozycji IV”* wykonywaną przez tancerzy współczesnych. Wybór powyżej wymienionych ewolucji wynikał z faktu, że we wcześniejszych badaniach [4] te dwa ekspresyjne elementy, charakterystyczne dla poszczególnych typów tańca, wykazywały dużą traumatogenność. Na kolejnych wykresach (rys. 2-7) przedstawiono wyniki pomiarów

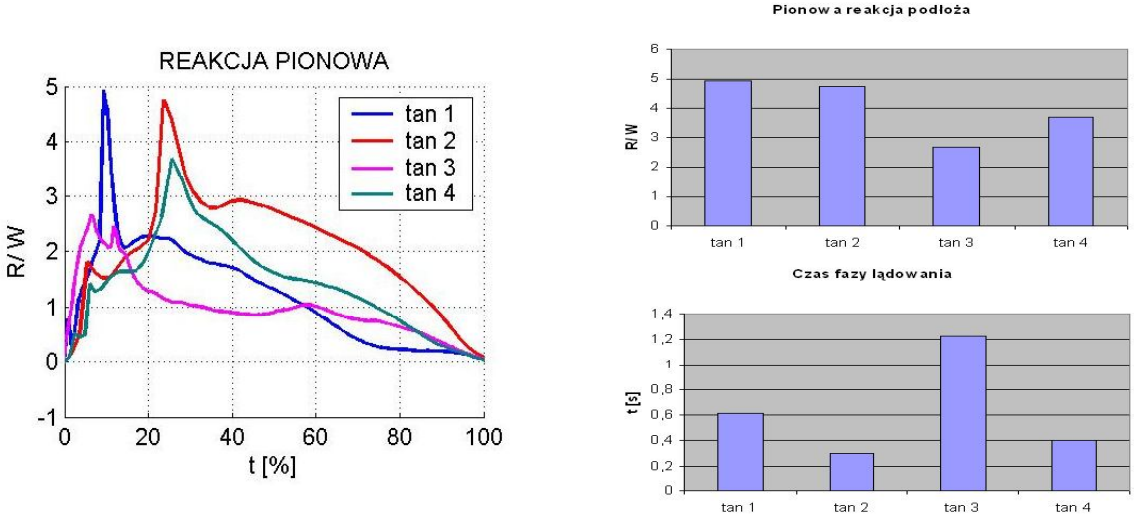
doświadczalnych wyznaczone dla tancerzy klasycznych (oznaczenia na wykresach *tan 3* – kobieta, *tan 2* - mężczyzna) oraz dla tancerzy współczesnych (oznaczenia na wykresach *tan 3* – kobieta, *tan 4* - mężczyzna). Na rys. 2 przedstawiono trajektorie środków stawów oraz kolejne położenia elementów kończyny dolnej wyznaczone w trakcie badań. Analizując przebiegi sił reakcji podłoża można zauważyć, że tancerze klasyczni generują większe wartości sił reakcji podłoża (odpowiednio 4,92BW – kobieta i 4, 75BW - mężczyzna) niż tancerze współcześni (2,65BWmężczyzna i 3,7BW mężczyzna). Na uwagę zasługuje również fakt, że czas fazy lądowania w przypadku ewolucji klasycznych był krótszy niż w tańcu współczesnym. Podyktowane jest to odmienną dla obu stylów tańca techniką. W stylu klasycznym duży nacisk położony jest na estetykę, precyzję i wysokość, w „modern" niezmiernie ważna jest odległość i pokonywanie przestrzeni.

Na rys. 4-7 przedstawiono przebiegi kątów wyznaczonych dla badanych tancerzy. Analizując wyznaczone przebiegi kątów stawowych w płaszczyźnie strzałkowej można stwierdzić, że mają one podobny przebieg., natomiast różnią się zakresem ruchu. Odnosi się to zwłaszcza do kąta w stawie biodrowym (rys. 4) , dla którego zakres ruchu w stawie biodrowym tancerzy klasycznych (odpowiednio 76o - kobieta, 62o – mężczyzna) jest znacznie większy niż dla tancerzy współczesnych. W przypadku stawu kolanowego (rys. 5), zakres ruchu dla wszystkich badanych jest niemal identyczny i wynosi 32o (za wyjątkiem tan2, dla którego wyznaczono wartość 23o). Największy zakres ruchu w stawie skokowym (rys. 6) w płaszczyźnie strzałkowej wyznaczono dla tancerki klasycznej i wynosił on 87o. Dla pozostałych badanych kąt ten był zbliżony i wynosił 60o dla tancerzy współczesnych (zarówno mężczyzny i kobiety))oraz 52o dla tancerza klasycznego.

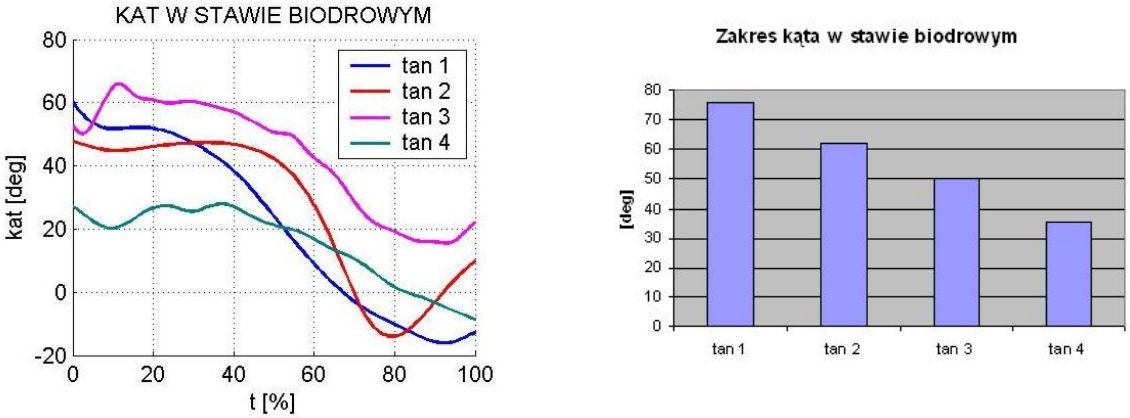
a) b)



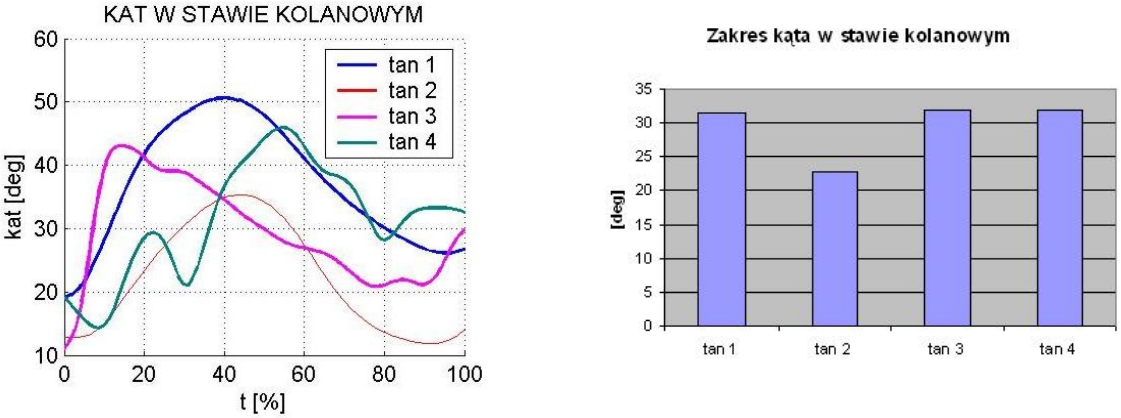
Rys. 2. Trajektorie środków stawów oraz kolejne położenia elementów kończyny dolnej w trakcie lądowania podczas wykonywania elementu a) Grand pas de chat oraz b) Sfastykę z podejścia assamble w pozycji V skok do pozycji IV. Obydwie przedstawione ewolucje wykonywane były przez tancerki



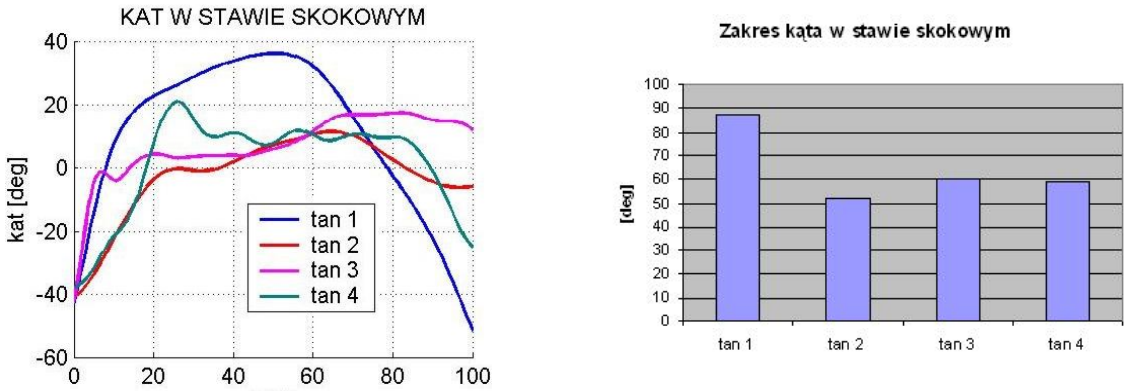
Rys. 3. Przebiegi składowej pionowej wyznaczone dla kolejnych tancerzy oraz porównanie maksymalnych wartości składowej pionowej reakcji podłoża i czasu trwania fazy lądowania



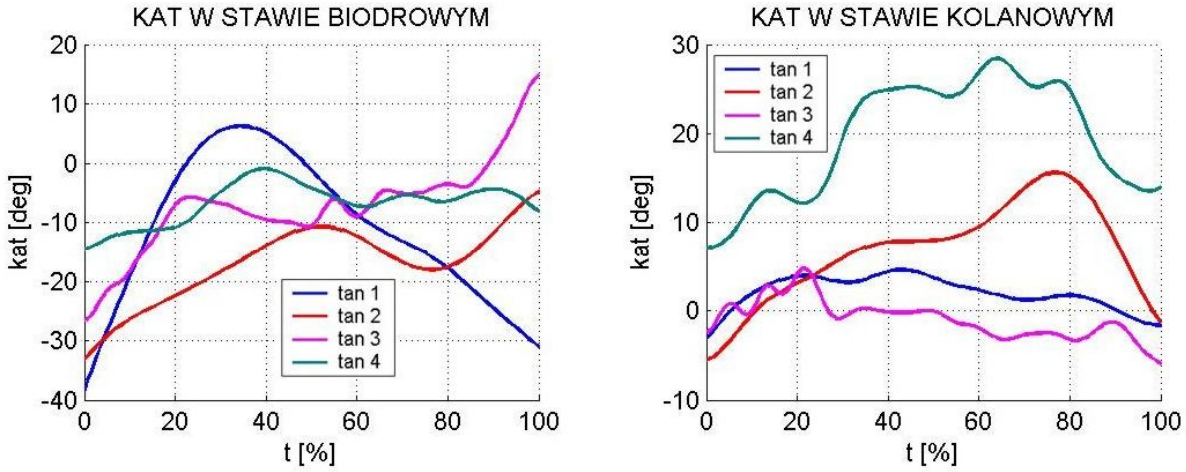
Rys. 4. Przebiegi kąta w stawie biodrowym w płaszczyźnie strzałkowej



Rys. 5. Przebiegi kąta w stawie kolanowym w płaszczyźnie strzałkowej



Rys. 6. Przebiegi kąta w stawie skokowym w płaszczyźnie strzałkowej



Rys. 7. Przebiegi kątów w stawie biodrowym oraz kolanowym w płaszczyźnie czołowej

4. PODSUMOWANIE

Przedstawiona w pracy metodyka badań doświadczalnych pozwala na jednoczesne wyznaczenie kinematyki ruchów wykonywanych przez tancerzy oraz sił reakcji podłoża. Pozwala to na analizę wpływu techniki wykonywanych ruchów na wartości obciążeń zewnętrznych (sił reakcji podłoża). Uzyskane w ramach pracy wyniki mogą być wykorzystane podczas doskonalenia i nauczania wykonywania ewolucji tanecznych. Zajęcia treningowe przeprowadzone w laboratorium biomechanicznym, przy udziale nauczycieli tańca mogłoby stanowić bazę dla modelu prewencji urazów i przeciążeń fizycznych dla tej grupy zawodowej

W kolejnych etapach badań, wyniki pomiarów doświadczalnych zostaną wykorzystane do wyznaczenia obciążeń przenoszonych przez układ szkieletowo -mięśniowy podczas wykonywania ewolucji tanecznych. W tym celu zostanie opracowany model matematyczny ruchu kończyn dolnych pozwalający na identyfikację sił generowanych przez mięśnie oraz sił przenoszonych przez powierzchnie stawowe. Uzyskane w ten sposób wielkości uzupełnią wyniki pomiarów doświadczalnych.

LITERATURA

[1] Brown T., Kaufer H. (1971) Mechanical function of the patella. Journal of Bone Joint Surgery, 53A, 1551-1560.
[2] DeMann L. (1997) Sacroiliac dysfunction in dancers with low back pain. Manual Therapy, 2(1), 2-10.
[3] Dworak L.B., Gorwa J., Kmiecik K., Mączyński J. (2005) A study characterizing dynamic overloads of professional dancers. Biomechanical approach. Acta of Bioengineering and Biomechanics, 7(1), 77-84.
[4] Gorwa J.(2008) Przeciążenia dynamiczne oraz biomechaniczny profil u tancerzy uprawiających taniec klasyczny i współczesny. Rozprawa doktorska
[5] Liederbach M. (1984) Movement and function in dance. In Brownstein B., Bronner S. Evaluation, treatment and outcomes in orthopedic and sports physical, 8, 253- 310.
[6] Luke A., Kinney S., Dhemecourt P., Baum J., Owen M., Micheli L. (2000), Determinants of injuries in young dancers. Medical Problems of Performing Artists, 8, 105-112.
[7] Micheli L. (1983) Back injuries in dancers. Clinical Journal of Sports Medicine, 2(3), 473-484.
[8] Nicholas J. (1975) Risk factors, sports medicine and the orthopedic system. Journal of Sports Medicine, 3, 243-258.
[9] Rutkowska- Kucharska A., Bober T., Serafin R. (2004) Obciążenie układu ruchu w sporcie. W Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna. Część III Biomechanika Sportu. Analiza biomechaniczna obciążeń w sporcie, 631- 648.
[10] Solomon R., Micheli L.J. (1986) Technique as a consideration in treating modern dance injuries. Physician and Sportsmedicine, 14(8), 83-92.
[11] Solomon R., Micheli L.J., Solomon J. (1995) The „cost" of injuries in a professional ballet company. Medical Problems of Performing Artists, 10, 3-10.
[12] Solomon R., Micheli L.J., Solomon J., Kelley T. (1996) The „cost" of injuries in a professional ballet company. A three year perspective. Medical Problems of Performing Artists, 9, 67- 74.
[13] Świderska K. (1995) Zdrowie tancerzy, Akademia Muzyczna Warszawa.

ANALYSIS OF KINEMATICS OF SELECTED MOVEMENTS OF CLASSICAL AND MODERN DANCE

Summary. Experimental research of movements during dance evolutions by classical and modern dancers were conducted in the frame of work. Courses of ground reaction forces and kinematics of lower limb movements were determined. Investigation were realised with the used of motion analysis system APAS. Movements of dancers were recorded by set of four digital Basler cameras. Measurements of ground reactions forces were determined by Kistler platform.