

Robert MICHNIK, Jacek JURKOJC, Katedra Mechaniki Stosowanej, Politechnika Śląska, Gliwice

Edyta SACHA, Koło Naukowe Biomechaniki przy Katedrze Mechaniki Stosowanej, Politechniki Śląskiej

OCENA WPLYWU NIEPRAWIDŁOWEGO ROZMIESZCZENIA ZNACZNIKÓW RUCHU NA WYNIKI POMIARÓW WIELKOŚCI KINEMATYCZNYCH W SYSTEMIE APAS

Streszczenie. W ramach pracy przedstawiono wyniki badań pozwalających na ocenę wpływu nieprawidłowego rozmieszczenia znaczników ruchu na wyniki pomiarów wielkości kinematycznych w systemie APAS. Analizę ruchu przeprowadzono umieszczając na ciele badanej osoby 15 markerów zgodnie z modelem Vaughan'a oraz dwa dodatkowe markery w pobliżu stawu kolanowego oraz stawu skokowego przesunięte do przodu o 3 cm w płaszczyźnie strzałkowej w stosunku do prawidłowo naklejonych markerów. Otrzymane wyniki pomiarów zarejestrowane dla chodu z prawidłowo i nieprawidłowo rozmieszczonymi markerami porównano ze sobą.

1. WSTĘP

Badania ruchu, opierające się na systemach pomiarowych rejestrujących przemieszczenia pozwalają na uzyskanie wielkości kinematycznych opisujących dany ruch. W przypadku lokomocji jest to o tyle istotne, o ile ważna jest obiektywna i ilościowa ocena prawidłowości chodu. Systemy do trójwymiarowej analizy ruchu można podzielić na: optoelektroniczne, ultradźwiękowe, magnetyczne oraz elektromechaniczne [2]. Dodatkowo stosuje się platformy dynamometryczne, które umożliwiają pomiar sił reakcji podłoża. W artykule skoncentrowano się na systemach optoelektronicznych. Obecnie wiodące systemy optoelektroniczne, służące do analizy ruchu to przede wszystkim: BTS Smart, VICON, APAS System. W systemach tych rejestrowany jest obraz badanej osoby za pomocą zestawu kamer (najczęściej sześciu). Na ciele badanej osoby umieszczone są markery, czyli znaczniki o różnej średnicy (ok. 6-20 mm), pokryte materiałem odblaskowym, których położenie jest automatycznie wychwytywane przez program [1, 2, 3]. Markery należy umiejscowić w punktach anatomicznych obiektu badanego, ściśle określonych w poszczególnych modelach obliczeniowych. Na podstawie ich przemieszczeń obliczane są wielkości kinematyczne badanego ruchu oraz przybliżone położenia środków poszczególnych stawów.

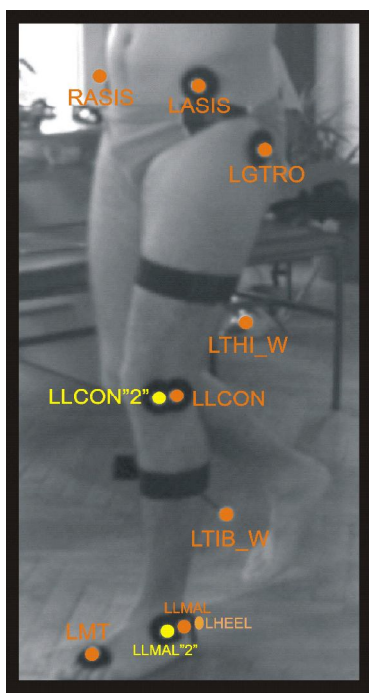
Każdy z systemów posiada wbudowany model matematyczny, dzięki któremu uzyskuje się żądane wielkości. Jest więc ważne, aby punkty, według których program oblicza dany parametr były zidentyfikowane jak najdokładniej. Jest jednak faktem, że w przypadku badania osób o rozbudowanej tkance mięśniowej, bądź też po różnego rodzaju rekonstrukcjach kości lub stawów, albo chociażby u osób otyłych, zdarza się, że trudno jest ręcznie odnaleźć niektóre punkty. Istnieje zatem ryzyko niedokładności naklejenia markerów.

2. CEL PRACY

Celem pracy było przeprowadzenie badań doświadczalnych pozwalających na ocenę wpływu nieprawidłowego rozmieszczenia znaczników ruchu na wyniki pomiarów wielkości kinematycznych prowadzonych w oparciu o metodę fotogrametryczną przy wykorzystaniu systemu APAS.

3. METODYKA BADAŃ

Badania doświadczalne przeprowadzono przy wykorzystaniu systemu optoelektronicznego APAS. Stanowisko pomiarowe składało się z komputera połączonego z czterema kamerami cyfrowymi firmy Basler rejestrującymi ruch z częstotliwością 100 Hz. Obiektem badań był zdrowy mężczyzna w wieku 27 lat, o wzroście 185 cm i wadze 80 kg. Na ciele badanej osoby w charakterystycznych punktach antropometrycznych rozmieszczono 15 markerów zgodnie z modelem Vaughan'a [4]. W celu określenia wpływu nieprawidłowego rozmieszczenia markerów na wyniki pomiarów w pobliżu stawu kolanowego oraz stawu skokowego umieszczono dwa dodatkowe markery przesunięte do przodu o 3 cm w płaszczyźnie strzałkowej w stosunku do prawidłowo naklejenych markerów.



LMT – głowa kości śródstopia drugiego palca lewej kończyny,

LHEEL – pięta (marker LHEEL tworzy z markerem LMT linię prostą),

LLMAL – środek kostki bocznej lewej kończyny,
LTIB_W – lewe podudzie (marker umieszczony na dziesięciocentymetrowej różdżce),

LLCON – nadkłykieć boczny lewej kości udowej,
LTHI_W – lewe udo (marker umieszczony na dziesięciocentymetrowej różdżce),

LGTRO – krętarz większy lewej kości udowej,

LASIS – lewy kolec biodrowy przedni,

RASIS – prawy kolec biodrowy przedni,

SACR – L₅S₁:

LLMAL'2'' – nieprawidłowo naklejony marker na kostce bocznej

LLCON'2'' – nieprawidłowo naklejony marker na nadkłykcium kości udowej

Rys. 1. Rozmieszczenie markerów

Za pomocą czterech kamer o częstotliwości 100 Hz zarejestrowano kilkanaście pojedynczych cykli chodu lewej kończyny. Badania przeprowadzono w czterech seriach powtarzanych co 45 min. W każdej serii rejestrowano trzy przejścia badanej osoby. Trzy pierwsze serie wykonano przy prawidłowo rozmieszczonych markerach, natomiast w ostatniej serii dodano dwa dodatkowe markery. Wszystkie rejestrowane przejścia wykonane były ze zbliżoną prędkością chodu.

Na podstawie wielkości kinematycznych wyznaczonych w systemie APAS, w autorskim programie napisanym w środowisku Matlab[®] wyznaczono kąty w stawach kończyny dolnej w poszczególnych fazach cyklu chodu, w płaszczyznach: strzałkowej, czołowej i poprzecznej.

Uzyskane wyniki pomiarów oraz obliczeń numerycznych pozwoliły na określenie różnic pomiędzy przebiegami zarejestrowanymi w kolejnych seriach oraz przy nieprawidłowym rozmieszczeniu markerów.

4. WYNIKI

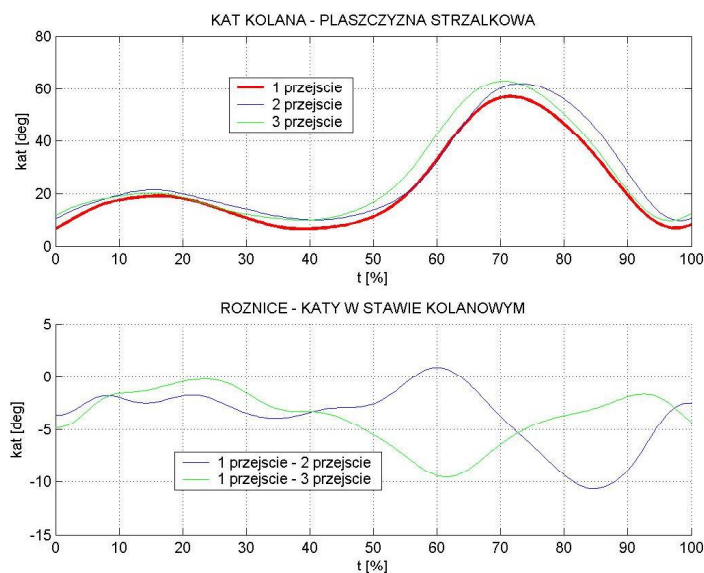
Na kolejnych wykresach przedstawiono przebiegi kąta w stawie kolanowym w płaszczyźnie strzałkowej, które wyznaczono dla:

- trzech kolejnych przejść zarejestrowanych w niewielkim odstępie czasu,
- czterech przejść zarejestrowane co 45 min,
- przejść z nieprawidłowo rozmieszczonymi markerami.

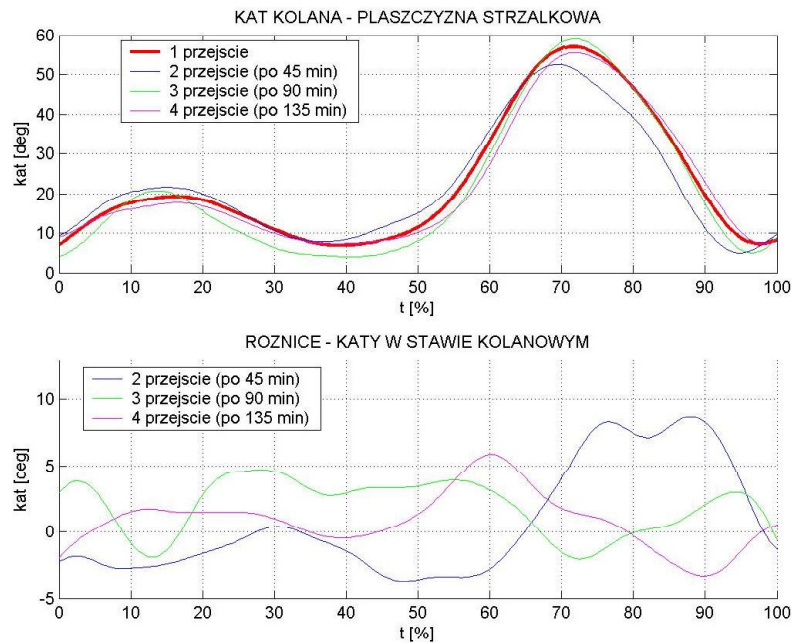
W ostatnim przypadku analizowano jedno wybrane przejście, przyjmując różną konfigurację markerów do wyznaczenia wielkości kinematycznych. Rozpatrywano następujące cztery konfiguracje rozmieszczenia markerów:

- prawidłowo rozmieszczone markery,
- prawidłowo rozmieszczone markery, oprócz markera na nadkłykiu bocznym kości udowej,
- prawidłowo rozmieszczone markery, oprócz markera na kostce bocznej,
- prawidłowo rozmieszczone markery, oprócz markera na nadkłykiu bocznym kości udowej i na kostce bocznej.

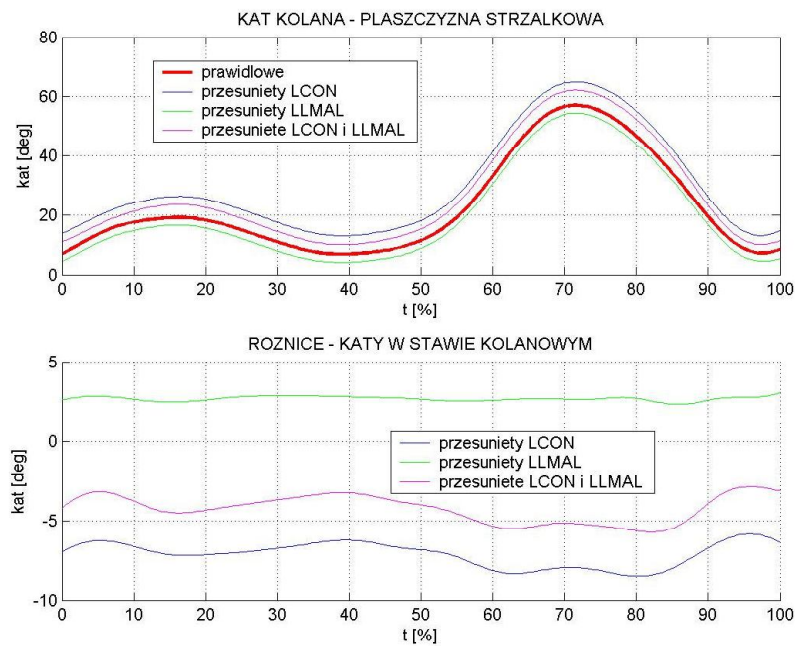
Wszystkie analizowane przebiegi odniesiono do przebiegu, z prawidłowo rozmieszczonymi markerami.



Rys. 2. Kąt w stawie kolanowym – przebiegi wyznaczone w trzech kolejnych przejściach, zarejestrowanych w niewielkim odstępie czasu, dla prawidłowo rozmieszczonych markerów



Rys. 3. Kąt w stawie kolanowym – przebiegi wyznaczone w czterech przejściach zarejestrowanych co 45 min, dla prawidłowo rozmieszczonych markerów



Rys. 4. Kąt w stawie kolanowym – przebiegi wyznaczone dla nieprawidłowo rozmieszczonych markerów

5. ANALIZA OTRZYMANYCH WYNIKÓW

Analizując przebiegi kątów wyznaczone dla przejść, z prawidłowo rozmieszczonymi markerami, rejestrowanych w różnych odstępach czasu, stwierdzono, pomiędzy poszczególnymi przejściami, kilkustopniowe różnice dla kątów: w stawie kolanowym w płaszczyźnie strzałkowej, kąta rotacji stopy oraz kąta w stawie biodrowym w płaszczyźnie czołowej. Dla pozostałych kątów różnice te były mniejsze od $1,5^\circ$.

W przejściach z przesuniętym markerem na nadkłykcium bocznym kości udowej, maksymalne różnice, w stosunku do przejść z prawidłowo rozmieszczonymi markerami, zaobserwowano dla kąta w stawie kolanowym w płaszczyźnie strzałkowej. Różnica ta średnio wynosiła 6° - 7° zwiększając wyznaczone zgięcie. Dla pozostałych kątów różnice te wahały się pomiędzy 2° - 5° .

Istotne różnice kątowe przy błędnie usytuowanym markerze na kostce bocznej zaobserwowano dla wszystkich kątów w stawie skokowym. Zakres tych zmian wynosił średnio $3,6^\circ$ - $5,7^\circ$.

6. WNIOSKI

Przeprowadzone badania pozwoliły na określenie wpływu nieprawidłowego rozmieszczenia markerów na dokładność otrzymywanych wyników. W ramach niniejszej pracy rozpatrywano błędy w wyznaczaniu kątów w stawach kończyny dolnej, które mogą być wynikiem przesunięcia do przodu markera na nadkłykcium bocznym kości udowej oraz kostce bocznej. Różnice pomiędzy kątami wyznaczonymi dla przebiegów z prawidłowo i nieprawidłowo rozmieszczonymi markerami zawierały się w zakresie $1,5^\circ$ - 7° .

Warto jednak zauważyć, że zarówno zakres ruchu jak i kształt wyznaczanych przebiegów niewiele różnił się od przebiegów z prawidłowo rozmieszczonymi markerami. Różnice pomiędzy tymi przebiegami utrzymywały się na prawie stałym poziomie. W kolejnych etapach badań przewiduje się przeprowadzenie badań dla większej liczby osób oraz w różnych wariantach nieprawidłowego rozmieszczenia markerów.

LITERATURA

- [1] Baker R.: The history of gait analysis before the advent of modern computers. „Gait & Posture”, 2007, nr 26, str. 331–342
- [2] Burcana J.: Laboratorium z Aparatury Medycznej, internetowe wydanie 2, Politechnika Łódzka, Łódź, 2005
- [3] Tejszerska D., Świtoński E., „Biomechanika inżynierska. Zagadnienia wybrane. Laboratorium”, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2004
- [4] Vaughan Ch. L., Davis B. L., O'Connor J.C.: Dynamics of human Gait,

ESTIMATION OF INFLUENCE OF INCORRECT MARKER LOCATION ON RESULTS OF KINEMATIC QUANTITIES MEASUREMENTS CARRIED OUT IN THE APAS SYSTEM

Summary. Results of research enabling assessment of influence of incorrect marker location on results of kinematic quantities measurements, carried out by APAS system, are presented in the paper. Motion analysis was conducted with the use of 15 markers placed on the body in accordance with Vaughan model. Additionally two another markers were situated 3 cm forward in saggital plane (with respect to correctly situated markers) on the knee and ankle joints. For all obtained results the comparative analysis was carried out.