

Henryk Josiński¹², Adam Świtoński¹², Magdalena Stawarz², Romualda Mucha³, Konrad Wojciechowski¹²

¹Wydział Zamiejscowy Informatyki, Polsko-Japońska Wyższa Szkoła Technik Komputerowych, Bytom

²Instytut Informatyki, Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki, Politechnika Śląska, Gliwice

³Katedra i Klinika Chorób Wewnętrznych, Angiologii i Medycyny Fizykalnej, Śląski Uniwersytet Medyczny, Bytom

Wyznaczanie indeksów chodu z wykorzystaniem techniki *motion capture* dla pacjentów ze zwyrodnieniami stawu biodrowego i kręgosłupa oraz po udarze mózgu

Wprowadzenie

Choroba zwyrodnieniowa stawów biodrowych to jedno z najczęściej spotykanych schorzeń układu ruchu człowieka, stąd też stanowi ona istotne wyzwanie diagnostyczne. Zwyrodnienie takie zawsze objawia się zaburzeniami chodu, wywołanymi przez ból i нефизjologiczne ustawienie miednicy, co skutkuje przesunięciem środka ciężkości i w efekcie uwidacznia się przez utykanie i chód kaczkowy [1]. Z kolei w schorzeniach kręgosłupa chód jest ostrożny, z usztywnieniem tułowia i jego pochyleniem ku przodowi. Zaś w przypadku udaru mózgu następuje uszkodzenie ośrodkowego układu nerwowego, co skutkuje utratą sprawności ruchowej i poznawczej [2]. Analiza chodu stanowi zatem konieczny element badania i oceny funkcjonalnej chorych we wszystkich wymienionych schorzeniach, przy czym rejestracje sekwencji chodu pacjentów dokonane z użyciem techniki *motion capture (mocap)* mogą służyć jako interesujący i ważny materiał do analiz dla celów diagnostycznych, co potwierdzają rezultaty osiągnięte w podobnych badaniach pacjentów z chorobą Parkinsona [3]. Zarejestrowane dane *mocap* wykorzystano tam do wyznaczenia wartości wybranych *indeksów chodu* – wskaźników nieprawidłowości chodu. Potwierdzenie przydatności tych działań przez specjalistów zachęciło autorów do podjęcia analogicznej próby dla pacjentów ze zwyrodnieniami stawu biodrowego, kręgosłupa i po udarze mózgu.

Charakterystyka eksperymentów

Rejestracji nagrań sekwencji *mocap* chodu (wraz z danymi elektromiograficznymi; EMG) dokonano w laboratorium HML (*Human Motion Laboratory*) [4] Wydziału Zamiejscowego Informatyki Polsko-Japońskiej Wyższej Szkoły Technik Komputerowych (WZI PJWSTK) w Bytomiu, wykorzystując system akwizycji i analizy kinematyki ruchu firmy Vicon, wyposażony w 10 kamer NIR (pracujących w bliskiej podczerwieni) działających z prędkością akwizycji od 100 do 2000 ramek/s przy rozdzielczości matrycy 4 Mpx i ośmiobitowej głębi szarości. System ten stosowany jest również w badaniach nad identyfikacją osób na podstawie ich sposobu poruszania się [5].

Grupa 30 pacjentów została poddana dwukrotnej rejestracji z użyciem techniki *mocap* – przed i po trzytygodniowych zabiegach rehabilitacyjnych. Liczba nagranych sekwencji chodu (przejść) była różna dla poszczególnych pacjentów i zależała od ich wytrzymałości i kondycji.

Wyznaczenie indeksów chodu

Dane *mocap* zostały użyte do obliczenia następujących indeksów chodu:

1. Długość kroku (*Stride Length; SL*) [cm] jest odległością między punktami oznaczającymi miejsca, w których rozpoczęły się dwie kolejne fazy kontaktu tej samej stopy z podłożem.
2. Indeks dekompozycji (*Decomposition Index; DI*) odnosi się do pary stawów i jest definiowany jako procentowy udział czasu trwania tej specyficznej fazy kroku, kiedy tylko jeden z pary rozważanych stawów znajduje się w ruchu, tzn. jego prędkość kątowa przekracza 5 [°/s], w czasie trwania całego cyklu chodu. Cykl chodu stanowią dwa następujące po sobie

kroki. Trzy pary stawów: biodrowy-kolanowy, biodrowy-skokowy oraz kolanowy-skokowy są wskazywane jako szczególne istotne dla stwierdzenia nieprawidłowości chodu.

3. Indeks asymetrii wymachu ramion (*Arm Swing Asymmetry*; ASA) jest opisany przez następującą formułę, którą zaproponowano w pracy [6]:

$$ASA = \frac{45 - \arctan\left(\frac{WDL}{WDS}\right)}{90} \cdot 100\% \quad (1)$$

WDL oraz *WDS* oznaczają, odpowiednio, większą oraz mniejszą spośród odległości przebytych przez oba nadgarstki badanej osoby. Odległość przebyta przez dany nadgarstek jest długością trajektorii wyznaczonej przez kolejne zarejestrowane jego pozycje.

4. Indeks symetrii wielkości wymachu ramion (*Arm Swing Size Symmetry*; ASSS) został zdefiniowany następująco:

$$ASSS = \frac{FEADL}{FEADS} \cdot 100\% \quad (2)$$

FEADL oraz *FEADS* oznaczają, odpowiednio, większą oraz mniejszą spośród wartości maksymalnych różnic między kątem wychylenia danego ramienia w przód i kątem jego wychylenia w tył, wyznaczonych dla obu ramion w ramach pojedynczego cyklu chodu.

Dla każdego przejścia pojedynczego pacjenta uśredniono wartości wymienionych indeksów, które zostały obliczone dla poszczególnych cykli chodu. Następnie uśredniono wartości indeksów dla poszczególnych pacjentów, oddzielając jednakże od siebie przejścia zarejestrowane przed i po zabiegach rehabilitacyjnych. Końcowe wartości indeksów zostały porównane z analogicznymi rezultatami uzyskanymi na podstawie nagrań osób, u których nie stwierdzono żadnego z rozważanych schorzeń.

Podsumowanie

Rezultaty eksperymentów potwierdziły użyteczność danych *mocap* dla oceny nieprawidłowości chodu dla wybranych schorzeń za pomocą indeksów chodu. Pracę zrealizowano w ramach projektu badawczego o numerze UMO-2011/01/B/ST6/06988, finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki. Praca jest również częściowo finansowana przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Społecznego (UDAPOKL.04.01.01-00-106/09-00, M. Stawarz).

Bibliografia

- [1] W. Dega: *Ortopedia i rehabilitacja*. PZWL, Warszawa 2003.
- [2] M. Drużbicki, G. Przysada, K. Kołodziej, J. Rykała, J. Podgórska: *Ocena chodu chorych z niedowładem połowicznym po udarze mózgu z wykorzystaniem Wisconsin Gait Scale – doniesienie wstępne*. Przegląd Medyczny Uniwersytetu Rzeszowskiego, Rzeszów 2010.
- [3] M. Stawarz, S. Kwiek, A. Polański, Ł. Janik, M. Boczarska-Jedynak, A. Przybyszewski, K. Wojciechowski: *Algorithms for Computing Indices of Neurological Gait Abnormalities in Patients after DBS Surgery for Parkinson Disease Based on Motion Capture Data*. Machine Graphics & Vision, Vol. 20, 2011.
- [4] <http://hml.pjwstk.edu.pl>: strona laboratorium HML WZI PJWSTK w Bytomiu.
- [5] H. Josiński, A. Świtoński, A. Michalczyk, K. Wojciechowski: *Motion capture as Data Source for Gait-based Human Identification*. Przegląd Elektrotechniczny, ISSN 0033-2097, r. 88, nr 12b/2012, pp. 201-204.
- [6] R.A. Zifchock, I. Davis, J. Higginson, T. Royer: *The symmetry angle: a novel, robust method of quantifying asymmetry*. Gait & Posture, 27(4):622-627, 2008.