**Ocena zaburzeń ruchowych wybranych okolic stawów prowadzona na bazie transformaty dynamicznego marszczenia czasu**

Agnieszka Michalczuk1,2, Romualda Mucha3, Adam Świtoński1,2,Henryk Josiński1, , Konrad Wojciechowski1,2

1)Polsko-Japońska Wyższa Szkoła Technik Komputerowych, Wydział Zamiejscowy w Bytomiu, Aleja Legionów 2, 41-902 Bytom

2)Politechnika Śląska w Gliwicach, ul. Akademicka 16, 44-100 Gliwice

3)Katedra i Klinika Chorób Wewnętrznych, Angiologii i Medycyny Fizykalnej, ul. Batorego 15, 41-500 Bytom

WSTĘP

Zaburzenia układu nerwowego i mięśniowo-szkieletowego wpływają znacząco na chód człowieka. Zmiany chorobowe oraz ból powodują odchylenia od chodu prawidłowego i są przyczyną różnych postaci patologicznych chodu [1]. Udar mózgu powstały w wyniku uszkodzenia ośrodkowego układu nerwowego jest najczęstszą przyczyną niepełnosprawności osób dorosłych. Ponad 50% chorych, którzy przeżyli ostrą fazę udaru, jest niezdolna do samodzielnego chodzenia, a u 70% stwierdza się trudności w chodzeniu [2,3]. Choroba wyrodnieniową stawów jest jednym z pięciu najczęściej występujących schorzeń przewlekłych [4]. Chód patologiczny u osób z niedowładem połowiczym charakteryzuje się niepewnością chodu, asymetrią postawy ciała, asymetrią czasu trwania faz chodu i długości kroku oraz obciążeniem kończyny dolnej niedowładnej, obniżoną prędkością chodu [2]. W przypadku zwyrodnienia stawu biodrowego utykaniu towarzyszy skrócona faza podparcia kończyny chorej [3].

Celem pracy jest wyznaczenie okolic stawów charakterystycznych dla chodu pacjentów po udarze mózgu, z zwyrodnieniem kręgosłupa i po endoprotezie stawu biodrowego, poprzez wyznaczenie średnich odległości bazując na transformacie dynamicznego marszczenia (Dynamic Time Wraping – DTW). Metoda DTW zastosowana do identyfikacji osób zdrowych dla poszczególnych stawów została zaprezentowana w pracy [5].

MATERIAŁ i METODA

Grupa badana stanowi 20 osób z rozpoznanym udarem mózgu, zwyrodnieniem kręgosłupa i po endoplastyce stawu biodrowego. Grupa kontrolna zawiera 20 osob zdrowych. Pomiary zarejestrowano w Laboratorium Ruchu [6] z użyciem systemu Vicon Nexus. Kąty stawów zostały obliczone poprzez PlugInGait będący częścią systemu Vicon Nexus, natomiast na podstawie zdarzeń zapisanych w plikach C3D, wybierano pełen cykl chodu. Cykl chodu - dwa kontakty stóp na podłożu, po jednym kontakcie dla każdej stopy – był wyznaczony w możliwie środkowej fazie przejścia, by zminimalizować wpływ fazy startu i zatrzymania na analizę chodu. Wyznaczone cykle badanego chodu charakteryzują się indywidualnym czasem, zależnym od prędkości przejścia, stąd otrzymujemy różnej długości sygnały dyskretne. Stosując transformatę dynamicznego marszczenia możemy określić podobieństwo dwóch cykli chodu, bez konieczności skalowania czy normalizacji ich domeny czasu. DTW bazuje na macierzy kosztów, która zawiera podobieństwa pomiędzy każdą parą póz w sekwencjach ruchu. Synchronizacja jest określona przez ścieżkę łączącą początkowy i końcowy punkt macierzy kosztów, wraz z najniższym skumulowanym kosztem. Istotnym wyzwaniem DTW w efektywnym porównaniu ruchu jest metoda obliczania odległości pomiędzy kolejnymi ramkami zawierającymi pozy. Poza jest reprezentowana poprzez rotacje kolejnych stawów. Bardziej elastyczną reprezentacją rotacji jest użycie kwaternionów jednostkowych. Istnieje wiele różnych funkcji odległości zdefiniowanych w przestrzeni kwaternionowej. W pracy skupiono się na dwóch odległościach, gdzie pierwsza jest reprezentowana przez kąt pomiędzy dwoma kwaternionami, druga bazuje na odległości pomiędzy dwoma punktami w przestrzeni trójwymiarowej wyznaczonymi przez logarytm dwóch kwaternionów.

Eksperyment przeprowadzono dwukrotnie, w pierwszym eksperymencie wybrano dla każdego z 20 pacjentów jeden cykl przejścia. W drugim, dwa cykle główne z różnych przejść, gdzie maksymalnie 25% sekwencji ze zbioru pierwszego należało również do zbioru drugiego.

WYNIKI

Ranking stawów zbudowany został na dwóch miarach podobieństwa. Pierwsza miara D1 bazująca na stosunku  odległości średnio klasowej do średniej odległości w całym zbiorze pozwala na znalezienie różnic pomiędzy grupą zdrowych osób i osób chorych, gdzie różnice w obu grupach są niewielkie. Druga miara D2 to stosunek średniej odległości osób chorych do średniej odległości osób zdrowych, pozwala na określenie różnic pomiędzy dwoma grupami przy założeniu, że w grupie osób zdrowych różnice są niewielkie, natomiast wśród osób chorych zaobserwowano duże dysproporcje.

Rankingi okolic stawów dla różnych miar odległości kwaternionowych są analogiczne dla obu eksperymentów różniących się liczebnością sekwencji przejścia.

DYSKUSJA

Dla osób po udarze mózgu największe podobieństwo wśród badanej grupy chorych, które jednocześnie odróżnia ich od grupy zdrowych to okolice stawu kolanowego (tibia), okolice kręgu Th12 (upperback), miednica określana jako globalna rotacja szkieletu (root) oraz głowa (head). Największe różnice w tej grupie chorych są scharakteryzowane przez rotację ręki.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Udar | | Endoproteza stawu biodrowego | | Zwyrodnienie kręgosłupa | |
| D1 | **D2** | **D1** | **D2** | **D1** | **D2** |
| Ltibia | RWirst | Upperback | Ltibia | Ltibia | Root |
| Upperback | Rhand | Root | Rfemur | Lowerneck | Rtibia |
| Root | Lwirst | Rfemur | Root | Lowerback | Lfemur |
| Head | Lhand | Rhumerus | LFoot | Upperback | RFemur |

Tabela 1: Najbardziej charakterystyczne okolice stawów z podziałem na jednostki chorobowe.

Dla osób po endoprotezie stawu biodrowego najbardziej charakterystyczne są okolice wzdłuż łańcucha biokinematycznego kończyny dolnej (okolice stawu biodrowego, stawu kolanowego oraz stopy). W naszej grupie osób z zwyrodnieniem kręgosłupa zaobserwować można największe podobieństwo dla kręgosłupa, począwszy od okolic mostka (lowerneck) do odcinka lędźwiowego kręgosłupa włącznie (lowerback). W grupie tej nie znalazły się okolice odcinka  piersiowego kręgosłupa, gdyż zaobserwowano podobne średnie odległości wśród osób zdrowych. Charakterystycznymi okolicami jest również staw biodrowy i kolanowy, co wskazuje na zmiany towarzyszące zwyrodnieniom kręgosłupa w tych stawach.

W przeprowadzonych eksperymentach należy zwrócić uwagę na okolice kręgu Th12 (upperback), który graniczy z ruchomym odcinkiem lędźwiowym. Został on wytypowany jako najbardziej charakterystyczny dla wszystkich jednostek chorobowych.

PODZIĘKOWANIE

Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer DEC-2011/01/B/ST6/06988.

LITERATURA

[1] Metoda oszacowania siły reakcji podłoża w chodzie prawidłowym i patologicznym człowieka; Sławomir Winiarski; Analiza ruchu – teoria i praktyka w zastosowaniach klinicznych; Instytut „Pomnik – Centrum Zdrowia Dziecka”Warszawa, 6 marca 2009;

[2] Ocena chodu chorych z niedowładem połowiczym po udarze mózgu z wykorzystaniem

Wisconsin Gait Scale – doniesienie wstępne; Mariusz Drużbicki, Grzegorz Przysada, Krzysztof Kołodziej, Justyna Rykała, Justyna Podgórska; Przegląd Medyczny Uniwersytetu Rzeszowskiego; Rzeszów 2010;

[3] Ocena funkcji chodu chorych z niedowładem połowiczym po udarze mózgu

w okresie przewlekłym; Mariusz Drużbicki, Andrzej Kwolek, Grzegorz Przysada, Teresa Pop, Agnieszka Depa; Przegląd Medyczny Uniwersytetu Rzeszowskiego; Rzeszów 2010;

[4] Stan zdrowia ludności polski w 2009R; Główny Urząd Statystyczny; Departament Badań Społecznych; Warszawa 2011;

[5] Dynamic Time Warping In Gait Classification of Motion Capture Data, Adam Świtoński, Agnieszka Michalczuk, Henryk Josiński, Andrzej Polański, and Konrad Wojciechowski; World Academy of Science, Engineering and Technology; Vol:71 2012-11-20;

[6] http://hml.pjwstk.edu.pl/