

Katarzyna NOWAKOWSKA, Katarzyna JOCHYMCZYK-WOŹNIAK, Katedra Biomechatroniki, Politechnika Śląska, Zabrze

OCENA CHODU DZIECI Z MÓZGOWYM PORAZENIEM NA PODSTAWIE WSKAŹNIKA GDI

Streszczenie: Celem pracy było opracowanie aplikacji w środowisku MatLab umożliwiającej wyznaczenie wskaźnika chodu Gait Deviation Index dla dzieci z mózgowym porażeniem. Badaną grupę stanowiły 44 dzieci z różnymi postaciami MPD, a grupę kontrolną 57 osób o chodzie prawidłowym. Badania chodu przeprowadzono wykorzystując optoelektroniczny system BTS. Analizę wyników przeprowadzono uwzględniając postać mózgowego porażenia dziecięcego i rodzaj leczenia pacjentów.

Słowa kluczowe: BTS, MPD, analiza chodu, GDI, wskaźniki oceny chodu, MatLab

1. WSTĘP

Metody oceny chodu można podzielić na dwie podstawowe grupy: jakościowe i ilościowe. Pierwszą grupę stanowią metody obserwacyjne, wśród których wyróżnić można m.in. system i skalę służącą do oceny i klasyfikacji motoryki dużej tj. GMFCS (Gross Motor Function Classification Scale) i GMFM (Gross Motor Function Measure) oraz pediatriczną skalę oceny niepełnosprawności PEDI (Pediatric Evaluation of Disability Inventory). W obrębie metod ilościowych na szczególną uwagę zasługują metody wskaźnikowe. Obliczenie wskaźników chodu umożliwia posługiwanie się pojedynczą wartością liczbową odzwierciedlającą badany chód i ukazującą, w jaki sposób odbiega ona od średniej prawidłowego chodu. W ostatnich latach coraz powszechniej wykorzystywane są następujące wskaźniki chodu: Index of normality, The Gillette Gait Index (GGI), The Gait Deviation Index (GDI), GDI-Kinetic, The Gait Profile Score (GPS), Dynamic Gait Index (DGI). Niniejszy artykuł ma na celu przybliżyć informacje na temat wskaźnika GDI, jego sposobu wyznaczenia, zaprezentować autorski program napisany w środowisku MatLab umożliwiający wyznaczenie indeksu GDI oraz przedstawić otrzymane wyniki dla grupy osób z mózgowym porażeniem dziecięcym.

2. MATEMATYCZNY OPIS WSKAŹNIKA GAIT DEVIATION INDEX

W celu wyznaczenia wskaźnika GDI należy wziąć pod uwagę 9 następujących zmiennych kinematycznych chodu: pochylenie miednicy w płaszczyźnie czołowej, pochylenie miednicy w płaszczyźnie strzałkowej, rotacja miednicy, przywodzenie-odwodzenie stawu biodrowego, zgięcie-wyprost stawu biodrowego, rotacja wewnętrzna-zewnętrzna stawu biodrowego, zgięcie-wyprost stawu kolanowego, zgięcie grzbietowe-podeszwowe stopy, kąt progresji stopy [3].

Parametry kątowe wyznaczone są co 2% całkowitego przyrostu cyklu chodu (9 kątów x 51 razy = 459 danych), a następnie umieszczane w wektorze chodu g o rozmiarach 459×1 .

$$g = [\{pelvic\ tilt\}, \{pelvic\ obliq\}, \dots \{foot\ prog\}]^T = [\{g_{1-51}\}, \{g_{52-102}\}, \dots \{g_{358-408}\}, \{g_{409-459}\}]^T \quad (1)$$

Wektory g uzyskiwane są dla każdego analizowanego cyklu chodu (N - liczba analizowanych cykli chodu), a następnie łączone w celu utworzenia macierzy chodu G o rozmiarach $459 \times N$.

$$G = \begin{bmatrix} g_1^1 & g_1^2 & \dots & g_1^N \\ g_2^1 & g_2^2 & \dots & g_2^N \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ g_{459}^1 & g_{459}^2 & \dots & g_{459}^N \end{bmatrix} \quad (2)$$

W kolejnym kroku dokonuje się rozkładu SVD macierzy G . Następnie należy wyznaczyć: elementy składowe wektora chodu rzutowanego na k kierunkach ($c_k = g \cdot \hat{f}_k$), odległość Euklidesową $d^{\alpha, TD}$ pomiędzy wektorami badanej osoby α , średnią parametrów chodu z grupy kontrolnej TD o chodzie prawidłowym: $d^{\alpha, TD} = ||c^\alpha - c^{-TD}||$ oraz tzw. „surowy” wskaźnik GDI dla osoby α : $GDI_{raw}^\alpha = \ln(d^{\alpha, TD})$. W celu uzyskania najlepszej jakości wskaźnika należy obliczyć: GDI_{raw}^k dla każdej osoby z grupy kontrolnej, średni wzorec i odchylenie standardowe GDI_{raw}^k oraz $zGDI$ w stosunku do grupy kontrolnej TD dla danej osoby α .

$$zGDI_{raw}^\alpha = \frac{GDI_{raw}^\alpha - \text{Mean}(GDI_{raw}^{TD})}{S.D.(GDI_{raw}^{TD})} \quad (3)$$

Otrzymany wynik $zGDI_{raw}^\alpha$ należy pomnożyć przez 10, a otrzymaną wartość odjąć od 100. Uzyskamy wówczas wskaźnik GDI dla danej osoby α :

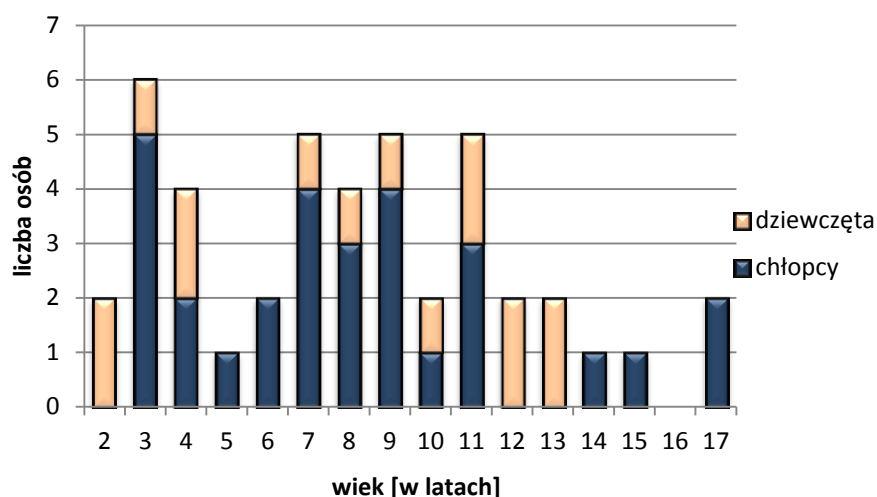
$$GDI^\alpha = 100 - 10 \times zGDI_{raw}^\alpha \quad (4)$$

Gdy $GDI \geq 100$, chód badanej osoby jest zbliżony do chodu grupy kontrolnej TD. Każde zmniejszenie wskaźnika GDI o 10 poniżej 100, oznacza jedno odchylenie standardowe od średniej TD. Wskaźnik GDI rozpatrywany jest niezależnie dla każdej kończyny dolnej [3].

3. MATERIAŁ I METODA

3.1. Charakterystyka badanej grupy

Badana grupa składała się z 44 dzieci, w tym 15 dziewczynek i 29 chłopców. Wiek przebadanych dzieci mieścił się w zakresie od 2 do 17 lat. W grupie znajdowali się pacjenci z różnymi postaciami mózgowego porażenia dziecięcego tj. z niedowładem połowicznym lewo- lub prawostronnym, z niedowładem kończyn dolnych oraz z niedowładem czterokończynowym. Dzieci poddane były indywidualnie dobranej rehabilitacji, a część z nich, w celu poprawy funkcji ruchowych, miała przeprowadzane zabiegi ostrzykiwania odpowiednich grup mięśniowych botuliną typu A. Poniższy wykres 1 przedstawia charakterystykę badanej grupy. 47% pacjentów stanowiły dzieci z niedowładem kończyn dolnych, 38% - z niedowładem połowicznym, a 15% - z niedowładem czterokończynowym.



Rys. 1. Struktura wieku i płci badanej grupy

Natomiast grupa kontrolna („norma”) składała się 57 osób o chodzie prawidłowym, w tym 29 dziewczynek i 28 chłopców. Wiek przebadanych dzieci mieścił się w zakresie od 7 do 17 lat.

3.2. Optoelektroniczny system BTS

W celu wyznaczenia parametrów chodu badanej grupy wykorzystany został system BTS Smart-D. System ten pozwala w bardzo dokładny (ilościowy) i obiektywny sposób ocenić czynności układu ruchu. Głównymi elementami składowymi systemu BTS są: 6 kamer na podczerwień (rejestrujących zmiany położenia markerów umieszczonych na ciele pacjenta w przestrzeni), 2 kamery wideo, 2 platformy Kistlera (umożliwiające wyznaczenie 3 składowych reakcji podłoża) oraz komputer z oprogramowaniem. Przy wykorzystaniu tego systemu każda osoba z badanej grupy (w kolejnych badaniach) poddana była pomiarowi statycznemu i indywidualnie dobranej ilości pomiarów dynamicznych, polegających na rejestracji chodu badanego (przemieszczania się markerów) po ścieżce będącej w polu widzenia kamer. Liczba prób dynamicznych u poszczególnych pacjentów wahała się w zakresie od 3 do 41 i była zależna od stopnia nasilenia MPD, możliwości lokomocyjnych danego dziecka oraz poprawności rejestracji przemieszczania się markerów przez optoelektroniczny system BTS. Uzyskane dane zostały obrobione wykorzystując dwa moduły oprogramowania BTS: SMARTTracker i SMARTAnalyser.

3.3. Aplikacja umożliwiająca wyznaczenie wskaźnika GDI

W celu wyznaczenia wskaźnika GDI dla dzieci z różnymi postaciami MPD, rozwiązanie matematyczne tego indeksu zostało zaimplementowane w środowisku MatLab. W systemie GUI zaprojektowane zostało specjalne okno graficzne pozwalające w prosty sposób wprowadzić niezbędne dane i wybrać odpowiednie badanie pacjenta z bazy, dla którego ma zostać wyznaczony indeks GDI. W rezultacie program obliczy wskaźnik GDI dla prawej i lewej kończyny dolnej oraz średnią wartość indeksu dla obu nóg. Podczas testowania programu wyznaczone zostały wskaźniki GDI dla osób o chodzie prawidłowym oraz osób z różnymi postaciami MPD.

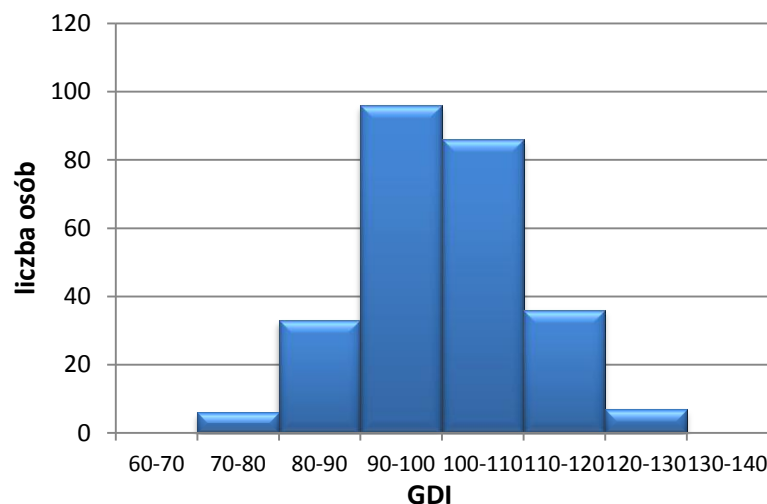
Wskaźnik odchylenia chodu GDI (The Gait Deviation Index)

Podaj ilość wszystkich przejść zamieszczonych w bazie	725
Podaj nr ID ostatniego przejścia zaliczającego się do wyników osób o chodzie prawidłowym	132
Wybierz symbol badania pacjenta dla którego ma zostać wyznaczony wskaźnik GDI	H8-b1 <input type="button" value="OK"/>
Wartość wskaźnika GDI dla prawej kończyny dolnej=	84.9203
Wartość wskaźnika GDI dla lewej kończyny dolnej=	78.6735
Wartość średnia wskaźnika GDI dla obu kończyn	81.7969

Rys. 2. Okno graficzne aplikacji umożliwiającej wyznaczenie wskaźnika GDI

4. ANALIZA WYNIKÓW

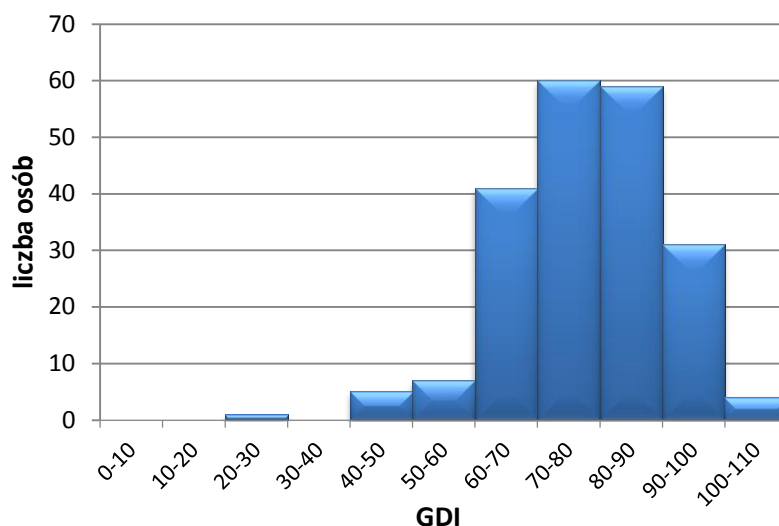
Dla wszystkich osób zamieszczonych w bazie wyznaczony został wskaźnik GDI odrębnie dla prawej i lewej kończyny dolnej. Poniższy wykres 3 przedstawia rozkład normalny wartości indeksu GDI dla osób z grupy kontrolnej (o chodzie prawidłowym). Analizie poddano 264 wartości GDI.



Rys. 3. Rozkład normalny indeksu GDI dla grupy kontrolnej TD

Średnia wartość GDI dla osób z grupy TD wynosi 100 ± 9.61 . Maksymalna otrzymana wartość GDI to 125.21, a minimalna – 72.05. Na podkreślenie zasługuje fakt, iż 86% wszystkich wyników to wartości GDI większe od 90, a połowę otrzymanych wyników stanowią wartości większe od 100. Średnia z grupy kontrolnej równa 100 świadczy, iż u osób z tej grupy nie występuje chód patologiczny.

Natomiast na wykresie 4 przedstawiony został rozkład normalny otrzymanych wartości liczbowych GDI dla grupy pacjentów z mózgowym porażeniem dziecięcym. Analiza obejmowała 208 wyznaczonych wartości GDI. Pojedyncza wartość GDI dla wybranego badania pacjenta, obliczona została, jako średnia z wszystkich przejść wykonanych w czasie danego badania.



Rys. 4. Rozkład normalny indeksu GDI dla grupy pacjentów z mózgowym porażeniem dziecięcym

Średnia wartość wskaźnika GDI dla grupy pacjentów z mózgowym porażeniem dziecięcym wynosi 77.88 ± 12.49 . Maksymalna otrzymana wartość wskaźnika GDI jest równa 108.89, a minimalna – 29.38. Wartości GDI dla ponad połowy badanej grupy (tj. 57%) znajdują się w przedziale 70-90, a GDI w zakresie 60-90 obejmuje już 77% wszystkich wyników. Wartości indeksu GDI w przedziale 0-60 stanowią 6% wartości.

W ramach niniejszej pracy postanowiono także wybrać grupę kilku osób z różnymi postaciami MPD i dokonać analizy ich chodu na podstawie wyznaczonego wskaźnika Gait Deviation Index. Obliczone wartości indeksu GDI pozwoliły sformułować następujące wnioski:

- chód niektórych pacjentów leczonych botuliną lub indywidualnie dobraną rehabilitacją uległ znacznej poprawie, co odzwierciedlały wzrastające wartości liczbowe GDI w kolejnych badaniach,
- u kilku pacjentów odnotowano pogorszenie funkcji motorycznych chodu, co może świadczyć o nieprawidłowym doborze grup mięśniowych, które były ostrzykiwane toksyną botulinową,
- u wielu osób z grupy chód był bardzo zmienny (w jednym badaniu można było odnotować poprawę funkcji chodu, w kolejnym jej pogorszenie).

5. PODSUMOWANIE

Wyznaczenie indeksu GDI jest obiektywną metodą oceny chodu pacjenta, przedstawiającą go w postaci jednej liczby. Wykorzystanie metod wskaźnikowych do oceny chodu dzieci z mózgowym porażeniem może być metodą wspomagającą analizę chodu, w tym śledzenie zmian następujących w czasie rehabilitacji lub stosowania botuliny. Wskaźniki chodu

umożliwiają także klasyfikację wzorców chodu oraz pozwalają porównywać różne metody leczenia.

Praca została zrealizowana w ramach projektu DEC-2011/01/B/NZ7/02695 finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki.

LITERATURA

- [1] Dudek J., Ocena chodu dzieci z mózgowym porażeniem z wykorzystaniem skali obserwacyjnej oraz optoelektronicznego systemu komputerowego, rozprawa doktorska.
- [2] Molloy A., McDowell B.C., Kerr C., Cosgrove A.P., Further evidence of validity of the Gait Deviation Index, (in:) *Gait & Posture* 31 (2010), s. 479–482
- [3] Schwartz M., Rozumalski A., The gait deviation index: A new comprehensive index of gait pathology, (in:) *Gait & Posture* 28, 2008, s. 351–357
- [4] Syczewska M., Wąsiewicz P., Współczesne techniki zarządzania bazami danych z analizy chodu, (w:) *Elektronika: konstrukcje, technologie, zastosowania*, vol. 50, nr 5, s. 294-296

AN APPLICATION THAT ALLOWS CALLCULATE GDI INDEX ON THE EXEMPLES OF CHILDREN WITH CELEBRAL PALSY

Abstract: The aim of this study was to develop an application in MatLab, allowing the designation of Gait Deviation Index for children with cerebral palsy. The research group consisted of 44 children with various forms of MPD, and a control group of 57 people with normal gait. The gait study was carried out using optoelectronic BTS system. Analysis the results of the research group was performed taking into account the type of cerebral palsy and type of treatment.