

**Dagmara TEJSZERSKA**, Katarzyna JOCHYMCZYK-WOŹNIAK, Agnieszka GŁOWACKA Katedra Mechaniki Stosowanej, Politechnika Śląska, Gliwice, Tomasz ŁOSIEN, Katedra i Zakład Fizjoterapii, Wydział Opieki Zdrowotnej, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

## ANALIZA WYBRANYCH PARAMETRÓW CHODU DZIECI ZDROWYCH I Z ZABURZENIAMI NEUROLOGICZNYMI

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wyniki badań doświadczalnych prowadzonych w Górnośląskim Centrum Zdrowia Dziecka w Katowicach. Analizie poddano szesnaście wybranych parametrów chodu pacjentów, po operacji neurochirurgicznej w obrębie ośrodkowego układu nerwowego oraz pacjentów z połowicznym niedowładem w odniesieniu do dzieci, u których nie stwierdzono zaburzeń w obrębie narządu ruchu.

### 1. WSTĘP

Ilościowa analiza chodu jest coraz szerzej stosowanym narzędziem w praktyce klinicznej, stanowi bowiem uzupełnienie podstawowego (subiektywnego) badania opartego na obserwacji. W wyniku badań doświadczalnych z wykorzystaniem sprzętu do trójplaszczynowej analizy chodu uzyskuje się trzy grupy parametrów: parametry czasowo-przestrzenne (prędkość chodu, długość kroków, częstotliwość kroczenia, czas trwania poszczególnych faz chodu), parametry kinematyczne (zmiany kątów w stawach kończyny dolnej, trajektorie wybranych punktów ciała pacjenta w przestrzeni podczas chodu, prędkości, przyspieszenia), dynamiczne (siły reakcji podłoża, siły i momenty sił w stawach) – jest to ogromna liczba szczegółowych danych. Dlatego nawet dzięki ilościowej, obiektywnej analizie chodu, jednoznaczna interpretacja wyników i wnioskowanie na temat poprawy czy też pogorszenia się parametrów charakteryzujących chód u poszczególnych pacjentów jest trudne [1][2].

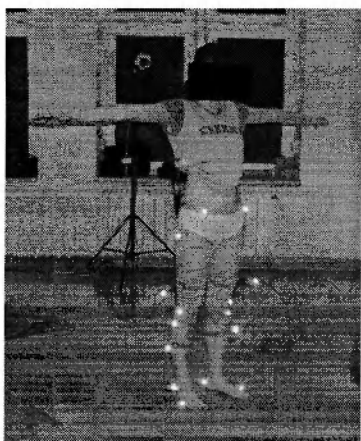
Większość badań naukowych opartych na analizie chodu polega na porównywaniu ograniczonej liczby parametrów charakteryzujących chód pacjentów „upośledzonych ruchowo” do wyników osób, u których nie stwierdzono zaburzeń w obrębie narządu ruchu, bądź też do wartości uzyskanych z kolejnych pomiarów po przebytej rehabilitacji. Podczas analizy wyników takich badań wielokrotnie ignoruje się korelacje występujące pomiędzy różnymi aspektami chodu poszczególnych osób (np. peak knee flexion podczas chodu jest w dużym stopniu zależne od znormalizowanej prędkości chodu).

W związku z powyższym, w ostatnich latach pojawiło się wiele różnych wskaźników pozwalających choć w pewnym stopniu wyeliminować ten problem. Jeden z nich zwany Gillette Gait Index (dawniej zwany indeksem normalności) zaproponował Schutte i wsp. Uwzględnia on 16 istotnych klinicznie parametrów kinematycznych i czasowo-przestrzennych. Ze względu na to, iż GGI nie bierze pod uwagę parametrów kinetycznych, wskaźnik ten nie ma zastosowania do analizy chodu osób, wymagających pomocy w postaci np. laski, chodzika, itp.

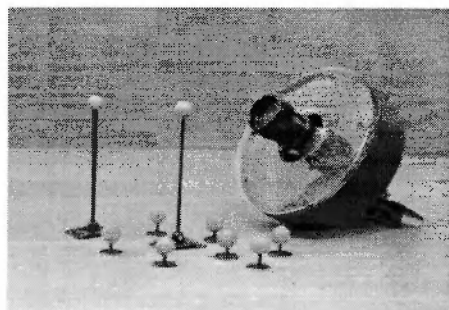
Procedura obliczeniowa zaproponowana przez Schutte i wsp. opiera się na standardowych wielowymiarowych metodach statystycznych i umożliwia przedstawienie analizy chodu za pomocą jednej wartości liczbowej, określającej poziom patologii [3, 4, 5].

## 2. BADANIA DOŚWIADCZALNE

Badania doświadczalne były prowadzone w Górnośląskim Centrum Zdrowia dziecka w Katowicach przy wykorzystaniu systemu do trójplaszczynowej analizy chodu BTS Smart.



Rys. 1. Pacjent z naklejonymi markerami i elektrodami



Rys. 2. Kamera optoelektroniczna i markery

Badaniu zostało poddanych szesnaścioro dzieci zdrowych (7 chłopców, 8 dziewcząt), u których nie stwierdzono zaburzeń w obrębie aparatu ruchu stanowiących grupę kontrolną. Ponadto przebadano dziewięcioro dzieci po operacji neurochirurgicznej, mającej na celu usunięcie nowotworu w obrębie ośrodkowego układu nerwowego.

Nowotwory OUN są drugim, po białaczkach, pod względem częstości występowania typem nowotworów u dzieci. Częstymi objawami (zwykle późnymi) u tych pacjentów są zaburzenia równowagi i lokomocji. Leczeniem z wyboru, jeśli to możliwe, jest tutaj całkowita lub możliwie największa resekcja masy guza i/lub chemioterapia bądź radioterapia [7, 8].

Dodatkowo w pomiarach wzięło udział dwoje dzieci obarczonych hemiparezą, przed podaniem toksyny botulinowej (H1, H2). Hemipareza jest jedną z postaci Mózgowego Porażenia Dziecięcego. Upośledzony jest w niej aparat ruchu po jednej stronie ciała. Dlatego też mówi się o hemiparezie lewostronnej lub prawostronnej [2, 6].

Zarówno dzieci „zdrowe” jak i dzieci dotknięte zaburzeniami neurologicznymi stanowiły jednorodną grupę pod względem wiekowym.

Tabela 1. Grupa badawcza

	Norma	Pacjenci po operacji neurochirurgicznej	Pacjenci z hemiparezą
<b>Wiek [lata]</b>	14-17	14-17	15-16
<b>Wzrost [cm]</b>	155-176	152-180	158-160
<b>Waga [kg]</b>	40-75	46-77,5	50-51
<b>Liczba pacjentów</b>	15	9	2

Dla każdej z osób wykonano co najmniej 10 pomiarów, które następnie zostały przeanalizowane i uśrednione. Szczegółowej analizie zostało poddanych szesnaście parametrów wzajemnie zależnych, których wybór proponuje Schutte i wsp.

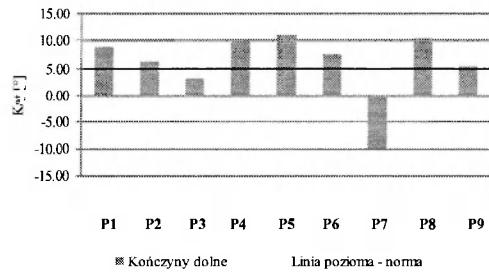
### 3. DYSKUSJA WYNIKÓW BADAŃ DOŚWIADCZALNYCH

Tabela 2 zawiera porównanie średnich wartości i odchylenia standardowego wybranych parametrów chodu dzieci „zdrowych” w stosunku do danych prezentowanych przez Schutte i wsp., Romei i wsp., oraz Assi i wsp., niezbędnych do obliczenia GGI.

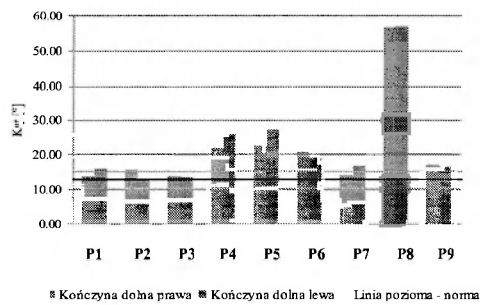
Poniżej na wykresach kolumnowych przedstawiono wyniki badań doświadczalnych chodu pacjentów z połowicznym niedowładem oraz pacjentów po operacji neurochirurgicznej w obrębie ośrodkowego układu nerwowego w odniesieniu do wyników dzieci u których nie stwierdzono zaburzeń w obrębie narządu ruchu.

Tabela 2: Wartość średnia i odchylenie standardowe parametrów kinematycznych i czasowo-przestrzennych wyznaczonych dla 15 osób „zdrowych”. Porównanie wyników do Schutte i wsp., Romei i wsp. I Assi i wsp.

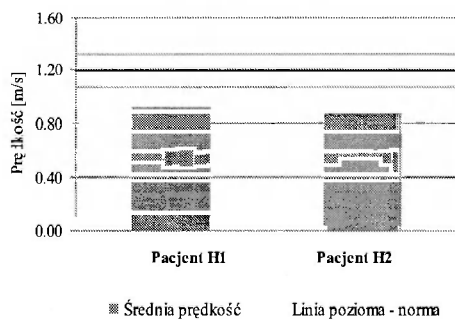
Parametry	Średnia z odchyleniem standardowym			
	Tejszerska i wsp.	Assi i wsp.	Schutte i wsp.	Romei i wsp.
Czas trwania fazy podporowej [% cyklu chodu]	59.68±1.05	58.09±1.83	58.36±1.96	61.87±2.67
Znormalizowana prędkość chodu [m/s]	1.19±0.13	1.52±0.30	1.63±0.13	1.43±0.21
Częstotliwość stawiania kroków [krok/s]	1.88±0.15	1.88±0.23	1.91±0.31	1.94±0.11
Średnie pochylenie miednicy [°]	4.85±5.04	8.10±4.00	9.43±5.20	9.26±4.26
Kąt ruchu miednicy w płaszczyźnie strzałkowej [°]	2.99±0.71	3.20±1.60	3.81±1.25	3.57±1.60
Średnia rotacja miednicy [°]	-0.10±0.40	-0.04±2.56	-0.78±3.19	0.15±2.51
Minimalne zgięcie biodra [°]	-11.78±6.40	-5.10±6.50	-6.59±6.00	-11.14±6.75
Całkowity kąt zgięcia-prostowania biodra [°]	42.43±6.20	43.40±4.50	38.98±4.24	45.00±5.15
Maksimum odwodzenia kończyny w wymachu [°]	-3.28±3.00	-8.00±3.50	-0.16±3.53	-0.30±3.27
Średnia rotacja biodra w fazie podporowej [°]	8.67±3.89	31.90±14.00	2.03±8.98	10.91±7.33
Zgięcie kolana przy wstępnym kontakcie [°]	12.79±2.56	8.50±6.50	6.24±4.54	6.83±4.69
Czas maksymalnego zgięcia kolana [% cyklu chodu]	71.27±0.89	71.70±2.30	70.06±1.85	71.40±2.70
Całkowity kąt zgięcia-prostowania kolana [°]	58.77±2.67	53.60±8.00	56.34±4.60	54.44±10.59
Maksimum zgięcia grzbietowego w fazie podporowej [°]	12.84±2.82	17.00±6.80	11.68±3.76	13.31±6.45
Maksimum zgięcia grzbietowego w wymachu [°]	5.31±2.45	9.00±5.60	3.82±4.08	3.21±4.88
Średnia rotacja stopy w fazie podporowej [°]	-10.29±4.63	-8.40±6.70	-11.26±6.50	-9.76±6.46



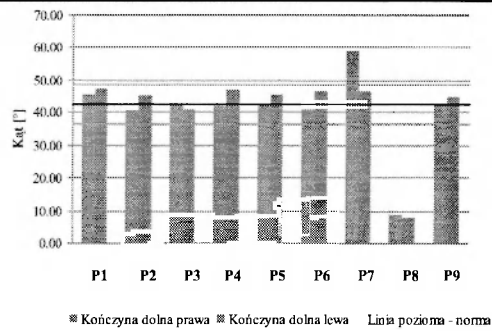
Rys. 3. Średnie pochylenie miednicy w płaszczyźnie strzałkowej – pacjenci po operacji neurochirurgicznej



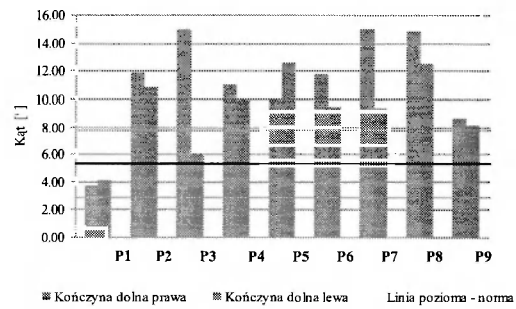
Rys. 5. Zgięcie kolana przy wstępnym kontakcie – pacjenci po operacji neurochirurgicznej



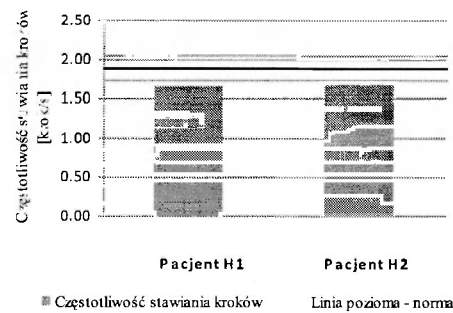
Rys. 7. Znormalizowana prędkość chodu – pacjenci z hemiparezą



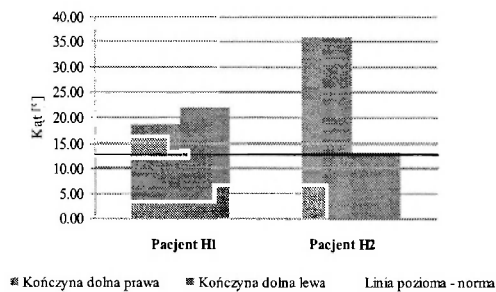
Rys. 4. Całkowity kąt zgięcia prostowania biodra - pacjenci po operacji neurochirurgicznej



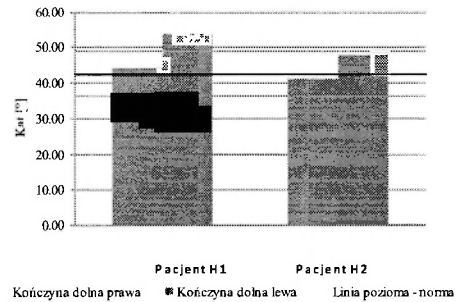
Rys. 6. Maksymalne zgięcie grzbietowe w fazie wymachowej – pacjenci po operacji neurochirurgicznej



Rys. 8. Częstotliwość kroczenia - pacjenci z hemiparezą



Rys. 9. Zgięcie kolana przy wstępnym kontakcie – pacjenci z hemiparezą



Rys. 10. Całkowity kąt zgięcia prostowania biodra – pacjenci z hemiparezą

U większości przebadanych pacjentów po zabiegu usunięcia guza obserwujemy zwiększony kąt przodopochylenia miednicy (rys. 3). Pociąga to za sobą nieznaczne zwiększenie zgięcia-prostowania w stawach biodrowych (rys. 4) co z jednej strony sugeruje przykurcz zginaczy biodra u tych pacjentów, a z drugiej „chęć” dążenia OUN do utrzymania równowagi dynamicznej w chodzie poprzez obniżenie OSC. W mechanizm ten wpisują się podwyższone wartości zgięcia kolana we wstępnym kontakcie (kontakt pięty z podłożem) (rys. 5).

Ponieważ głównym mechanizmem skrócenia względnego kończyny dolnej w fazie wymachowej jest zgięcie kolana, podwyższone wartości zgięcia grzbietowego stopy (rys. 6) w tej fazie sugerują zaburzenie tego mechanizmu u pacjentów po zabiegu operacyjnego usunięcia guza OUN. Kompensacja ta, pomimo zwiększonego wydatku energetycznego chodu, pozwala na zachowanie odpowiedniego prześwitu pomiędzy kończyną dolną, a podłożem, a co za tym idzie ogranicza ryzyko upadku.

Przeprowadzone badania pokazały obniżoną prędkość chodu u obu pacjentów z hemiparezą (rys.7). Jest to związane ze skróceniem długości kroku i zwiększeniem czasu podwójnego podporu. To powoduje, że częstotliwość kroków jest niska (rys. 8). Podwyższone wartości kąta zgięcia-prostowania w stawie biodrowym (rys. 10) jak również ugięcie kolana przy wstępnym kontakcie (rys. 9) świadczą o kompensacyjnym obniżeniu OSC w celu poprawy równowagi, jak również o wykształceniu się na przestrzeni lat przykurczu zgięciowego w tych stawach. Dane te świadczą o zaburzeniu mechanizmów regulujących równowagę w konsekwencji organicznego uszkodzenia OUN.

#### 4. PODSUMOWANIE

Prezentowane parametry posłużą w najbliższej przyszłości do obliczenia wskaźnika normalności chodu zwanego Gillette Gait Index pozwalającego określić odstępstwa od chodu normalnego za pomocą jednej wartości liczbowej. W przyszłości badania zostaną przeprowadzone na większej liczbie dzieci bez zaburzeń w obrębie aparatu ruchu.

**Praca finansowana ze środków na naukę w latach 2009-2011 jako projekt badawczy nr 1958/B/P01/2009/37**

## LITERATURA

- [1] Nałęcz M.: Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna 2000. Warszawa: Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, 2004
- [2] Syczewska M.: Chód w obrazie analizy laboratoryjnej. Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja, vol. 3, nr 4, 2001, s. 484-486
- [3] Schutte L.M., Narayanan U., Stout J.L., Seler P., Gage J.R., Schwartz M.H.: An index for quantifying deviations from normal gait. Gait & Posture, nr 11, 2000 r., s.25-31
- [4] Assai A., Ghanem I., Lavaste F., Skalli W.: Gait analysis in children and uncertainty assessment for Davis protocol and Gillette Gait Index. Gait & Posture, nr 30, 2009 r., s.22-26
- [5] Romei M., Galli M., Motta F., Schwartz M., Crivellini M.: Use of the normalcy index for the evaluation of gait pathology, Gait & Posture, nr 19, 2004 r., s. 85-90
- [6] Świącicka A., Syczewska M.: Ocena skuteczności leczenia rehabilitacyjnego toksyną botulinową pacjentów z mózgowym porażeniem dziecięcym przy zastosowaniu obiektywnej analizy chodu do kwalifikacji pacjentów, Rehabilitacja Medyczna, Tom 11, Nr 1
- [7] Michałowicz R. Józwiak S.: Neurologia dziecięca, Urban & Partner 2000
- [8] Nowotny J., Saulicz E.: Niektóre zaburzenia statyki ciała i ich korelacja, Wydawnictwo AWF Katowice 1993

### **ANALYSIS SELECTED PARAMETERS OF HEALTHY CHILDREN AND CHILDREN WITH NEUROLOGICAL DYSFUNCTIONS**

Summary. The paper presents the results of experimental studies conducted in Górnośląskie Centrum Zdrowia Dziecka in Katowice. We analyzed sixteen selected gait parameters of patients after neurosurgery in the central nervous system, and a half of patients with paralysis in relation to children with no disorder within the musculoskeletal system.