

УДК 616-073"46"

## ZAKRES ZMIAN PARAMETRÓW CZASOWO-PRZESTRZENNYCH CHODU JEDNORODNEJ GRUPY WIEKOWEJ

**Julian SKRZYPIEC, Sławomir SNELA, Konrad BAŁA, Katarzyna BAZARNIK-MUCHA,  
Joanna DUDEK, Magdalena SZCZEPANIK, Daniel SZYMCZYK**

*Institut Fizjoterapii, Wydział Medyczny UR, Polska*

**ЗМІНИ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИХ ПАРАМЕТРІВ ХОДЬБИ ОСІБ ОДНОЇ ГРУПИ. Юліан СКШИПЄЦ, Славомір СНЕЛЯ, Конрад БАЛА, Катажина БАЗАРНИК-МУХА, Йоанна ДУДЕК, Магдалєна ЩЕПАНІК, Данієль ШИМЧИК.** *Інститут фізіотерапії, медичний факультет ЖУ, Польща*

**Анотація.** Дослідження ходьби за допомогою оптико-електронних комп'ютерних систем використовують у клінічній практиці для діагностики і прогнозування ефектів лікування. Лабораторна діагностика ходьби дозволяє зробити одночасну й інтегровану оцінку діяльності та просторово-часову оцінку, кінематичної і кінетичної ходи, а також оцінку м'язової активності. Для того, щоб точно визначати й інтерпретувати порушення ходи, необхідно порівняти їх з нормативними даними. Розробка і встановлення норм для аналізу ходьби є необхідною умовою для нормального функціонування кожного лабораторного аналізу ходи.

**Ключові слова:** хода, аналіз ходьби, нормативних даних.

**Wstęp.** Lokomocję człowieka można opisywać w sposób jakościowy i ilościowy. Ocena jakościowa w sposób oczywisty rozróżnia pełzanie czy czworakowanie od chodzenia i biegania. Metodą jakościową można również odróżnić chodzenie prawidłowe, tj. płynne i symetryczne od utykania. Można stwierdzić, że osoba badana prezentuje typ chodu kołyszącego, bocianiego, czy też brodzącego. Stosując ocenę jakościową, a więc oglądanie można określić, że osoba badana utyka z powodu skrócenia kończyny, nieprawidłowego ustawienia bądź usztywnienia jednego lub większej ilości stawów kończyny czy kończyn dolnych. Wprawny diagnosta potrafi nawet ocenić, że kończyna jest niedowładna a także, czy charakter niedowładności jest wiotki czy spastyczny. Doświadczenie w jakościowej analizie chodu pozwala badającemu szczegółowo określić, które mięśnie i w jaki sposób odpowiadają za patologiczny wzór lokomocji [1, 2]. Nie jest możliwe natomiast, nawet dla doświadczonego lekarza bądź biomechanika, precyzyjne określenie, w którym etapie cyklu chodu i na przestrzeni jakiego czasu trwania cyklu chodu parametry ruchu i aktywności mięśni różnią się od prawidłowych. Dotyczy to zwłaszcza pacjentów ze złożonymi zaburzeniami sposobu chodzenia, wynikającymi zarówno z nieprawidłowego i nie zsynchronizowanego w czasie pobudzenia mięśni jak i czasu trwania ich aktywacji w trakcie cyklu chodu. Taka sytuacja w szczególności wyraźny sposób występuje u chorych z mózgowym porażeniem dziecięcym czy innymi schorzeniami neurologicznymi zarówno wrodzonymi, jak i nabytymi wskutek choroby bądź urazu, np. w stwardnieniu rozsianym, po udarze mózgu lub uszkodzeniu rdzenia kręgowego. U tych chorych jakościowa ocena chodu nie wystarcza dla ustalenia przyczyny patologii ruchu a zwłaszcza dla podejmowania decyzji leczniczych. Niezbędna staje się ilościowa metoda oceny chodu [3-11].

Od lat 80-tych XX wieku coraz większe znaczenie w badaniu ruchu człowieka zdobyła metoda oceny kinetyki, kinematyki i elektromiografii czynnościowej podczas chodzenia. Takie badanie jest możliwe w tzw. laboratorium chodu. Aby jednak wykryć precyzyjnie patologię i umiejscowić ją w czasie cyklu chodu z dokładnością do milisekund należy opracować normy które będą obowiązywały w danym laboratorium. Pamiętać należy przy tym, że każde z laboratoriów musi mieć własne normy populacji zdrowych, aby dopiero wówczas oceniać chód patologiczny. Ustalenie norm jest zatem warunkiem sine qua non prawidłowego funkcjonowania laboratorium ruchu [12]. Nie jest to łatwe zadanie bowiem poszczególne systemy badawcze znacznie się między sobą różnią, a każde laboratorium ma inną charakterystykę związaną z jego lokalizacją i parametrami wielkościowymi.

**Celem pracy** była ocena parametrów czasowo-przestrzennych chodu z wykorzystaniem optoelektronicznego systemu komputerowego.

**Materiał i metoda.** Badaną grupę stanowiło 46 osób (36 kobiet i 10 mężczyzn) w wieku od 20-25 lat. Średni wiek badanych wynosił 22,8 lat. Kryterium włączenia do badań stanowiły: brak przebytych urazów narządu ruchu, zaburzeń neurologicznych i chorób mających wpływ na zmiany morfologiczne i funkcje narządu ruchu oraz pisemna zgoda na badanie.

Badania przeprowadzono w Pracowni Biomechaniki Ruchu w okresie od stycznia do kwietnia 2010 roku. Do oceny parametrów chodu zastosowano system analizy ruchu BTS Smart.

Pomiary antropometryczne wprowadzane do systemu to: wysokość i masa ciała, długość kończyn dolnych, szerokość i głębokość miednicy, szerokość stawów kolanowych oraz odległość między kostkami bocznymi i przysrodkowymi. Wyniki pomiarów w badanej grupie przedstawiono w tab.1.

Pomiary antropometryczne i umieszczanie markerów wykonywane były przez tę samą osobę u wszystkich badanych. Do analizy wykorzystano pomiar statyczny oraz uśredniony pomiar dynamiczny uzyskany z sześciu przejść badanego. Otrzymane dane poddano analizie przy użyciu pakietu Statistica 6.0 PL.

Tab.1

### Statystyka opisowa wielkości antropometrycznych badanej grupy

Parametry	Jednostki	Wartości parametrów antropometrycznych				
		Śr	Me	Min	Maks	s
Wysokość ciała	cm	168,9	168	153	189	9,4
Masa ciała	kg	62,2	60	42	99	12,6
Długość kończyny prawej	cm	87,9	88	76	101	6,4
Długość kończyny lewej	cm	87,9	88	76	101	6,4
Szerokość miednicy	cm	23,4	23	19,5	28	1,9
Głębokość miednicy- strona prawa	cm	8,9	9	6	12	1,2
Głębokość miednicy- strona lewa	cm	8,9	9	6	12	1,1
Szer. kolana prawego	cm	10,3	10	8,5	12	0,7
Szer. kolana lewego		10,3	10	8,5	12	0,7
Szer. międzykostkowa- kończyna prawa		7,2	7	6	9	0,6
Szer. międzykostkowa- kończyna lewa		7,1	7	6	9	0,6

**Wyniki.** Do zbadania zależności parametrów antropometrycznych od płci wykorzystano test U Manna-Whitneya. W tym celu wprowadzono hipotezy:

$H_0$  - Badane parametry nie zależą od płci

$H_A$  - Badane parametry zależą od płci

Wyniki przeprowadzonego testu zawarto w tab. 2.

Tab.2

### Zależność parametrów antropometrycznych od płci badanych.

#### Wyniki testu U Manna-Whitneya.

Parametry	Zależność parametrów antropometrycznych od płci badanych				
	Suma Rang K	Suma rang M	U	Z	p
Wysokość ciała	385,5	649,5	19,5	4,2	0,00
Masa ciała	396,5	638,5	8,5	4,5	0,00
Długość kończyny prawej	370	665	35	3,8	0,00
Długość kończyny lewej	368,5	666,5	36,5	3,8	0,00
Szerokość miednicy	273,5	761,5	131,5	1,2	0,23
Głębokość miednicy- strona prawa	242	793	163	0,3	0,74
Głębokość miednicy- strona lewa	245,5	789,5	159,5	0,4	0,67
Szer. kolana prawego	286	749	119	1,5	0,13
Szer. kolana lewego	286	749	119	1,5	0,13
Szer. międzykostkowa- kończyna prawa	385	650	20	4,2	0,00
Szer. międzykostkowa- kończyna lewa	369	666	36	3,8	0,00

Ponieważ dla wysokości i masy ciała, długości kończyn oraz szerokości międzykostkowych  $p$  jest mniejsze od 0,05 to odrzucamy hipotezę zerową i przyjmujemy alternatywną: wysokość i masa ciała, długość kończyn (P i L) oraz szerokość międzykostkowa (P i L) zależy od płci z poziomem istotności statystycznej  $p=0,05$ .

W przypadku pozostałych wielkości: szerokość miednicy, głębokość miednicy po prawej oraz lewej stronie, szerokość kolana prawego oraz lewego, nie możemy odrzucić hipotezy zerowej.

W tabeli 3 zestawiono opracowane statystycznie wyniki pomiarów parametrów czasowo-przestrzennych badanej populacji.

Tab.3

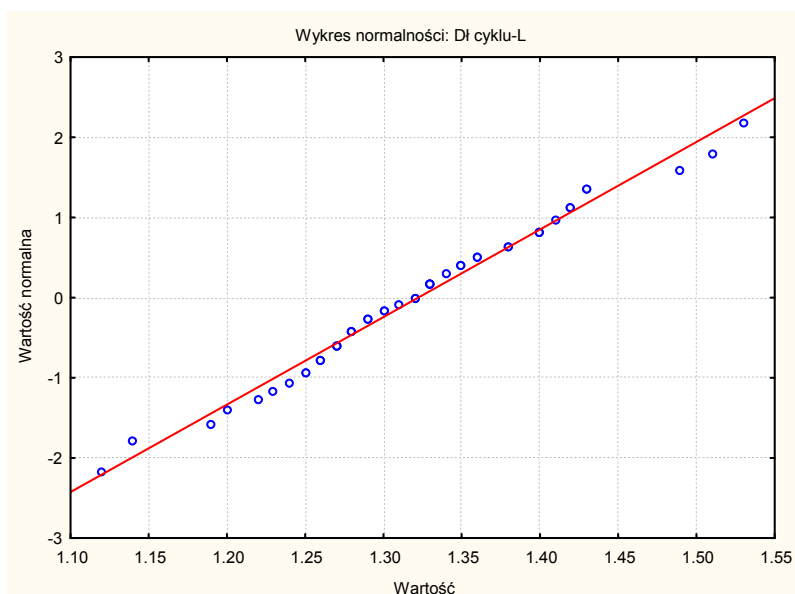
### Parametry czasowo-przestrzenne chodu w badanej populacji

	Wartości parametrów czasowo- przestrzennych				
	Śr.	Me	Min	Maks	s
Faza podporu (% cyklu chodu)- kończyna prawa	60,5	60,5	50,7	63,7	2
Faza podporu (% cyklu chodu)- kończyna lewa	60,3	60,4	58	65,2	1,6
Faza wymachu (% cyklu chodu)- kończyna prawa	39,5	39,4	32,6	43	1,8
Faza wymachu (% cyklu chodu)- kończyna lewa	39,7	39,6	34,8	47	2
Faza podwójnego podporu (% cyklu chodu)- kończyna prawa	10,7	10,3	7,7	15,2	1,5
Faza podwójnego podporu (% cyklu chodu)- kończyna lewa	11	10,7	8,7	17,2	1,6
Częstość kroków	116,2	115,8	103,8	135	7,4
Długość kroku prawego	0,59	0,6	0,5	0,69	0,1
Długość kroku lewego	0,59	0,6	0,36	0,71	0,1
Średnia prędkość chodu	1,2	1,2	1	1,7	0,1

Ze wstępnej analizy danych zawartych w tab.3 wynika, że przeprowadzone pomiary cechuje duże skupienie o czym świadczą bardzo zbliżone wartości średniej i mediany oraz małe odchylenie standardowe. Odpowiadające wartości min i max wskazują jednak na możliwość wystąpienia obserwacji odstających, które możemy zaobserwować przypadkach wszystkich badanych zmiennych z wyjątkiem długości cyklu chodu.

Analiza wszystkich wyników pomiarów z uwzględnieniem rozkładu pomiarów antropometrycznych jest podstawą następujących wniosków:

- pomiar odstający jest generowany przez jedną i tą samą osobę badaną;
- uwzględnienie tego przypadku nie wpływa istotnie na wartości obliczanych wielkości parametrów czasowo-przestrzennych – tab 3. Brak wartości odstających w długości cyklu jest tego potwierdzeniem – Wykres 1.



Wykres 1. Rozkład zmiennej: długość cyklu lewej kończyny dolnej

Aby zbadać zależność parametrów czasowo-przestrzennych chodu od płci przeprowadzono test U Manna-Whitneya.

$H_0$  – Badane parametry nie zależą od płci.

$H_A$  – Badane parametry zależą od płci.

Tab. 4

**Zależności parametrów czasowo- przestrzennych chodu od płci badanych.  
Test U Manna- Whitneya**

Parametry	Wartości parametrów czasowo- przestrzennych				
	Suma Rang K	Suma rang M	U	Z	p
Faza podporu (% cyklu chodu)- kończyzna prawa	281,5	799,5	133,5	1,2	0,22
Faza podporu (% cyklu chodu)- kończyzna lewa	293	788	122	1,5	0,12
Faza wymachu (% cyklu chodu)- kończyzna prawa	152	929	97	-2,2	0,02
Faza wymachu (% cyklu chodu)- kończyzna lewa	180	901	125	-1,5	0,14
Faza podwójnego podporu (% cyklu chodu)- kończczyzna prawa	319,5	767,5	95,5	2,2	0,02
Faza podwójnego podporu (% cyklu chodu)- kończczyzna lewa	326	755	89	2,4	0,01
Częstość kroków	84,5	996,5	29,5	-4	0,00
Długość kroku prawego	240,5	840,5	174,5	0,1	0,88
Długość kroku lewego	258,5	822,5	156,5	0,6	0,53
Średnia prędkość chodu	181,5	899,5	126,5	-1,4	0,15

Ponieważ dla faz przenoszenia i podwójnego podporu oraz częstości kroków wartość p jest mniejsza od 0,05 to odrzucamy hipotezę zerową i przyjmujemy alternatywną. W pozostałych przypadkach nie możemy odrzucić hipotezy zerowej.

Wartości p dla fazy przenoszenia o fazy podwójnego podporu są nieznacznie niższe od granicznej wartości  $p=0,05$ , weryfikacja zależności od płci wymienionych wyżej wielkości wymaga więc dodatkowych badań uwzględniających przekrój pod względem płci odpowiadający populacji generalnej. Ponieważ o charakterze przebiegu zmienności kątów stawowych decydują: faza podporu, długość kroku oraz średnia prędkość (wynika to z użytego algorytmu do analizy danych) to badania zmienności kątów tych kątów mogą być prowadzone bez uwzględniania płci.

**Dyskusja.** Porównanie otrzymanych wyników z istniejącymi w literaturze normami jest dosyć problematyczne z powodu braku standardów dla osób dorosłych. Wiele ośrodków prowadziło własne niezależne badania w celu określenia norm dla osób dorosłych. Zakres parametrów w każdym z opracowań różni się od siebie i tak np Dahlstadt [13] średnią prędkość chodu dla mężczyzn określił w granicach 1,3 m/s do 1,6 m/s oraz kobiet w zakresie 1,3-1,5 m/s. W badaniach prowadzonych przez Uniwersytet Waterloo średnia prędkość chodu dla mężczyzn wyniosła 1,33 m/s oraz kobiet 1,17 m/s [14]. W wyniku badań prowadzonych dla potrzeb niniejszej pracy średnią prędkość chodu uzyskaliśmy na poziomie 1,24 m/s. Pomiaru oscylują wokół pewnego przedziału. Sądzić można, że różnice pomiarów mogą wynikać z różnych warunków pomiarowych, oraz różnej specyfikacji każdego z laboratorium chodu, doświadczenia pracowników i metod stosowanych w zbieraniu i opracowywaniu danych, porównywanie wyników analizy chodu pomiędzy poszczególnymi laboratoriami jest bardzo trudne, jeśli w ogóle możliwe. Oberg sugeruje również, że prędkość chodu zwiększa się wraz ze wzrostem długości ścieżki po której chodzi badany [12]. Potwierdzają to badania prowadzone przez Waters'a i innych, którzy przeprowadzili badania w grupie 260 zdrowych osób w wieku od 6 do 80 lat. Badania chodu przeprowadzono na dystansie 60,5 m, prędkość chodu ustalono w zakresie 1,18 – 1,34 m/s [15].

Różnice dotyczące parametrów czasowo-przestrzennych wiążą się również z płcią badanych. Murray i wsp. dowiedli iż w przypadku kobiet prędkość chodu i długość kroków są mniejsze a częstość chodu większa w porównaniu z wynikami uzyskanymi przez mężczyzn [16,17].

W Oddziale Rehabilitacji Pediatricznej, Szpitala Dziecięcego w Savannah, GA, USA opracowano kwestionariusz złożony z 15 pytań wielokrotnego wyboru dotyczących kwestii dotyczących pediatricznej laboratoryjnej analizy ruchu i standaryzacją stosowanych procedur (testy stosowane do oceny dzieci z upośledzeniem motoryki, metody określające efektywność leczenia, normatywne bazy danych itp.). Kwestionariusz został rozesłany do 13 laboratoriów zajmujących się pediatriczną analizą chodu. Wyniki badań pokazały brak jednorodnych kryteriów w ocenie chodu stosowanych w różnych laboratoriach analizy ruchu i potrzebę ich standaryzacji. Wykazano iż nigdzie nie stosowano tych samych protokołów oceny. Większość uczestników używa danych normatywnych zebranych lokalnie, pozostali uczestnicy stosują dane zebrane przez inne laboratoria [18].

Stansfield i wsp. naświetlają problem, że w wielu publikacjach oceniane parametry (czasowo-przestrzenne, kinematyczne, kinetyczne) nie zostały znormalizowane, dlatego przedstawiają różnice w otrzymanych danych dla osóbo różnym wzroście i wadze [19,20].

Stąd też trudności w porównywaniu wyników uzyskanych przez różne laboratoria, mimo iż możliwa jest normalizacja parametrów chodu .

#### **Wnioski.**

1. Otrzymane wyniki można traktować jako wielkości normatywne, ale nie spełniające wymogów normy, gdyż nie udało się zebrać grupy badanej, która reprezentuje populację generalną.
2. Wyniki badań mogą pełnić rolę wstępnych standardów i stanowić podstawę do dalszych badań.
3. Każde laboratorium z racji posiadania własnej charakterystyki powinno opracować własne normy dla każdej z grup wiekowych.

#### **Piśmiennictwo**

1. *Syczewska M.* Analiza chodu w praktyce klinicznej Biomechanika i inżynieria rehabilitacyjna / Syczewska M., Lebedowski M., Kalinowska M. / red R. Będziński. – Akademicka Oficyna Wydawnicza Exit, 2004. – Vol. 5. – S. 351–366.
2. *Dębiec-Bąk A.* Jakościowa i ilościowa ocena chodu osób po udarze mózgu / Dębiec-Bąk A., Mraz M., Skrzek A. // Acta Bio-Optica et Informatica Medica. Inżynieria Biomedyczna. – 2007. – Vol. 13, nr 2. – S. 97-100.
3. *Syczewska M.* Chód w obrazie analizy laboratoryjnej / Syczewska M. // Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja. – 2001. – Vol. 3. – S. 484–486.
4. *Dudek J.* Zaburzenia wzorca chodu u dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym / Dudek J., Chuchła M., Snela S., Szymczyk D., Drużbicki M. // Przegląd Medyczny UR. – 2009. – Vol. 3. – S. 317-322.
5. *Gage J.* The clinical use of kinetics for evaluation of pathological gait in cerebral palsy / Gage J. // J Bone Jt Surg. – 1994.
6. *Józwiak M.* Mózgowe porażenie dziecięce – postępy w diagnostyce i terapii / Józwiak M. // Ortopedia, Traumatologia, Rehabilitacja. – 2001. – Vol. 3(4). – S. 445–449.
7. *Mirek E.* Ocena zaburzeń chodu u chorych na chorobę Parkinsona za pomocą trójwymiarowej analizy ruchu systemem Vicon / Mirek E., Rudzińska M., Szczudlik A. // Neurologia i Neurochirurgia Polska. – 2007. – Vol. 41. – nr. 2. – S. 128–133.
8. *Nowotny J.* Ocena zaburzeń chodu u dzieci usprawnianych z powodu porażenia mózgowego / Nowotny J., Czupryna K., Sołtys J. // Fizjoterapia Polska. – 2003. – Vol. 3. – S. 189–196.
9. *Olney S. J.* Hemiparetic gait following stroke, part I: characteristics / Olney S. J., Richards C. L. // Gait Posture. – 1996. – Vol. 4. – P. 136–148.
10. *Perry J.* Classification of walking handicap in the stroke population / Perry J., Garrett M., Gronley J. K., Mulroy S. J. // Stroke. – 1995. – Vol. 26. – P. 982–989.
11. *Rutowicz B.* Wybrane wyznaczniki chodu w obrębie miednicy u chorych z chorobą Parkinsona usprawnianych metodą PNF / Rutowicz B., Chwała W., Mirek E. // Przegląd Medyczny UR. – 2005. – Vol. 1. – S. 17 - 22.
12. *Oberg T.* Basic gait parameters: Reference data for normal subjects, 10- 79 years of age / Oberg T., Karsznia A., Oberg K. // Journal of Rehab. Research and Develop. – 1993. – Vol. 30. – P. 210-223.

13. *Dahlstedt S.* Slow pedestrians: walking speeds and walking habits of old-aged people / Dahlstedt S. // Stockholm: The Swedish Council for Building Research, 1977.
14. *Winter D.* The biomechanics and motor control of human gait: normal, elderly and pathological / Winter D. – 2ed ed. Waterloo: University of Waterloo Press, 1991.
15. *Waters R. L.* Energy – speed relationship of walking: standard tables / Waters R. L., Lunsford B. R., Perry J., Byrd R. // J Orthop Res. – 1988. – Vol. 5. – P. 215-22
16. *Murray M. P.* Comparison of free and fast speed walking patterns of normal men / Murray M. P., Kory R. C., Clarkson B. H., Sepic S. B. // Am J Phys Med. – 1966. – Vol. 45. – P. 8-24
17. *Murray M. P., Kory R. C., Sepic S. B.* Walking patterns of normal women / Murray M. P., Kory R. C., Sepic S. B. // Arch Phys Med Rehabil. – 1970. – Vol. 51. – P. 637-50
18. *Marinescu R.* Wright Pediatric gait analysis: a call for standardization / Ruxandra Marinescu, Sherry Mitchell, Donald McCartney Jean Wright // ISB XXth Congress: ASB 29th Annual Meeting July 31 – August 5. Cleveland, 570 p.
19. Normalised speed, not age, characterises ground reaction force patterns in 5 to 12 year old children walking at self selected speeds / Stansfield B. W, Hazlewood M. E, Hillman S. J. [et al.] // J Pediatr Orthop. – 2001. – Vol. 21. – P. 395–402.
20. *Mann A. M.* Sagittal joint angles, moments and powers are predominantly characterised by speed of progression, not age, in 7 to 12 year old normal children walking at self selected speeds / Stansfield B. W. [et al.] // J. Pediatr Orthop. – 2001. – Vol. 21. – P. 403–11.

#### ZAKRES ZMIAN PARAMETRÓW CZASOWO-PRZESTRZENNYCH CHODU JEDNORODNEJ GRUPY WIEKOWEJ

Julian SKRZYPIEC, Sławomir SNELA, Konrad BAŁA, Katarzyna BAZARNIK-MUCHA,  
Joanna DUDEK, Magdalena SZCZEPANIK, Daniel SZYMCZYK

*Instytut Fizjoterapii, Wydział Medyczny UR, Polska*

**Anotacja.** Ilościowa analiza chodu z wykorzystaniem optoelektronicznych systemów komputerowych znajduje zastosowanie w praktyce klinicznej w celu diagnostyki i prognozowania efektów leczenia. Laboratoryjna analiza chodu pozwala na jednoczesny i zintegrowany pomiar i ocenę parametrów czasowo-przestrzennych, kinematycznych i kinetycznych chodu oraz aktywności mięśni. W celu precyzyjnego wykrycia i interpretacji zaburzeń chodu, konieczne jest ich porównanie do wartościowych danych normatywnych, obowiązujących w danym laboratorium. Opracowanie i ustalenie norm dla potrzeb analizy chodu jest koniecznym warunkiem dla prawidłowego funkcjonowania każdego laboratorium analizy chodu.

**Słowa kluczowe:** chód, analiza chodu, dane normatywne

#### RANGE OF SPATIAL-TEMPORAL GAIT VARIABILITY PARAMETERS IN HOMOGENEOUS AGE GROUP

Julian SKRZYPIEC, Sławomir SNELA, Konrad BAŁA, Katarzyna BAZARNIK-MUCHA,  
Joanna DUDEK, Magdalena SZCZEPANIK, Daniel SZYMCZYK

*Physiotherapy Institute at Medical Department of Rzeszow University, Poland*

**Annotation.** The article deals with the quantitative gait analysis based on computer optoelectronic system is used in clinical practice for the diagnostics and prognosis of the therapy results. Laboratory gait analysis enables the integrated measurement and assessment of spatial-temporal, kinematic, kinetic gait parameters and muscle activity at the same time. Identification and proper interpretation of gait disorders requires its comparison to valid normative data, specific for this gait laboratory. Developing and establishing norms for gait analysis is an essential condition for normal functioning of every gait analysis laboratory.

**Key words:** gait, gait analysis, normative data.