

## PRACE ORYGINALNE

Mariusz Drużbicki<sup>1</sup>, Daniel Szymczyk<sup>1</sup>, Sławomir Snela<sup>1,2</sup>, Joanna Dudek<sup>1</sup>, Magdalena Chuchla<sup>1</sup>

### Obiektywne, ilościowe metody analizy chodu w praktyce klinicznej

<sup>1</sup>Z Instytutu Fizjoterapii Uniwersytetu Rzeszowskiego

<sup>2</sup>Z Klinicznego Oddziału Ortopedii i Traumatologii Dziecięcej z Pododdziałem Wczesnej Rehabilitacji Narządu Ruchu Szpitala Wojewódzkiego nr 2 w Rzeszowie

*Prawidłowy chód człowieka wymaga precyzyjnego współdziałania układu nerwowo-mięśniowego i szkieletowego oraz stałej kontroli ze strony układu nerwowego, przy zapewnieniu minimalnego wydatku energetycznego. Analiza chodu jest bardzo ważnym i powszechnie stosowanym w praktyce klinicznej narzędziem służącym do oceny zaburzeń chodu w wielu jednostkach chorobowych, w porównaniu do wzorca chodu prawidłowego. Ocena chodu polega na pomiarze, opisie i ocenie parametrów charakteryzujących lokomocję człowieka.*

*Celem pracy jest przedstawienie i omówienie wybranych współczesnych metod ilościowej analizy chodu oraz przedstawienie możliwości ich wykorzystania w praktyce klinicznej.*

*Ocena ruchu człowieka, w tym ocena chodu stanowi nieodzowną składową badania. Współczesne metody diagnostyczne ruchu i chodu bazują na nowoczesnych rozwiązaniach optoelektronicznych dzięki którym możliwa jest jednoczasowa analiza zależności parametrów kinetycznych i kinematycznych. Wyniki badania dostarczają informacji pozwalających na analizę chodu patologicznego w celu doboru optymalnych dla chorego metod leczenia oraz oceny jego skuteczności. Nowoczesne metody obrazowania ruchu znalazły szerokie zastosowanie w leczeniu dzieci z porażeniem mózgowym i osób z niedowładami kończyn dolnych po uszkodzeniach ośrodkowego układu nerwowego oraz w dokumentowaniu i analizie chodu u osób z chorobami ortopedycznymi. Wieloaspektowa, obiektywna analiza chodu pozwala na monitorowanie zmian zachodzących podczas leczenia i rehabilitacji.*

*Słowa kluczowe: chód, chód patologiczny, badanie chodu, system optoelektroniczny*

#### **Objective, quantitative methods of gait analysis in clinical practice**

*Normal human gait requires precise cooperation of neuromuscular and skeletal systems and constant control of central neural system (CNS) for minimal energy expenditure. Gait analysis is very important and commonly used tool in clinical practice for the evaluation of gait disorders in many diseases, in comparison to normal gait pattern. Gait analysis consist of measurement, description and assessment of the parameters characterizing human locomotion.*

*The aim of this article is to present and describe selected contemporary methods of quantitative gait analysis and their application in clinical practice.*

*Human movement analysis, including gait assesment is very important part of patients clinical evaluation. Modern diagnostics methods used in movement and gait analysis in clinical practice are based on application of optoelectronic computer systems, wich allow for synchronized measurement and assesment of kinematic and kinetic parameters of human gait. The results of gait analysis using op-*

*toelectronic computer systems provide us with objective data for evaluation of gait pathology in many diseases in order to optimal therapy choice and assessment of its effectiveness. Modern methods of gait analysis are commonly used in therapy of children with CP, patients with CNS disorders and orthopaedics patients. Multifactor, quantitative and objective gait analysis methods allow for monitoring of therapy and rehabilitation results and progress.*

Key words: *gait, pathological gait, gait analysis, optoelectronic system*

Chód jest jedną z podstawowych funkcji ruchowych człowieka i choć wydaje się czymś zupełnie naturalnym, to w rzeczywistości jest jedną z najbardziej złożonych czynności ruchowych kształtujących się w rozwoju ontogenetycznym człowieka. Prawidłowy chód wymaga precyzyjnego współdziałania układu nerwowo-mięśniowego i szkieletowego oraz stałej kontroli ze strony układu nerwowego, przy zapewnieniu minimalnego wydatku energetycznego [1]. Samodzielny prawidłowy chód to dla człowieka warunek realizacji wszystkich stawianych sobie celów.

Wiele chorób narządu ruchu i układu nerwowego powoduje zaburzenia prawidłowego chodu lub całkowicie go uniemożliwia. Przyczynami pojawienia się patologicznego wzorca chodu mogą być ograniczenia zakresu ruchu w stawach, deformacje, uraz, obniżenie siły mięśniowej, zaburzenia kontroli nerwowo-mięśniowej, ból. Zaburzenie prawidłowego wzorca chodu może wpływać na obniżenie jego efektywności i wzrostu wydatku energetycznego oraz pojawienia się wtórnych, nieprawidłowych reakcji kompensacyjnych [2–4].

Analiza polegająca na obserwacji, pomiarze i opisie parametrów charakteryzujących chód człowieka stanowi nieodzowny element badania, szczególnie kiedy objawy choroby dotyczą narządu ruchu i sterowania [5–7].

Nauka, w tym medycyna, analizą ruchu człowieka oraz chodu prawidłowego i patologicznego zajmuje się od dawna. Pierwsze zapisy dotyczące chodu, jego zaburzeń w związku z urazem czaszkowo-mózgowym pochodzą z 1800 r. p.n.e. Wszyscy wielcy uczeni starożytnej medycyny – Platon, Hipokrates, Arystoteles, Galen w swych pracach analizowali ruch człowieka. Badanie równowagi, proporcji i struktury ciała człowieka oraz chodu, sposobu siadania, wstawania, schodzenia i wchodzenia po schodach zawarte są w pracach Leonarda da Vinci. Postęp nauki i techniki w wieku dziewiętnastym zapoczątkował erę instrumentalnych badań chodu. Prekursorem współczesnych technik i systemów rejestracji ruchu był Étienne-Jules Marey, który skonstruował pneumatyczne urządzenie do bezpośredniego

pomiaru sił nacisku na podłoże z jednoczesną graficzną rejestracją wyników oraz aparat służący do wykonywania serii zdjęć w określonych odstępach czasu podczas rejestracji ruchu (metoda chronofotografii). Prace i metody Mareya stały się inspiracją dla twórców współczesnych systemów analizy ruchu. Herbert Elftman był twórcą pierwszych platform mechanicznych pozwalających na rejestrację sił reakcji podłoża (składowa pionowa i poprzeczna) podczas chodu. W roku 1953 Dec, Inman, Eberhart i Saunders określili i opisali sześć podstawowych wyznaczników prawidłowego chodu człowieka, których obecność gwarantuje najmniejszy, optymalny wydatek energetyczny [8]. W latach 50. XX wieku Boris Bresler zajmował się badaniem momentów sił i obciążeń występujących w stawach kończyn dolnych w czasie chodu, rozwijając prace Braune'a i Fishera. Początki trójwymiarowej analizy ruchu to badania braci Ducroquet [9,10]. Obserwowali oni sylwetkę człowieka chodzącego w specjalnej lustrzanej klatce, co umożliwiało obserwację ruchu jednocześnie ze wszystkich stron. Dodatkowo stosowali oni ręczne obserwacyjne goniometry i oscylometry, dokonując pomiaru zakresu ruchu w stawach kończyn dolnych i w obrębie tułowia. Lamoreux przeprowadził dokładne analizy zakresu ruchu w stawach podczas chodu, wykorzystując pierwsze elektrogoniometry [11]. W czasach współczesnych dynamiczny rozwój analizy chodu, w praktyce klinicznej był możliwy dzięki badaniom i pracy takich autorów jak Jacqueline Perry, która zajmowała się zagadnieniami chodu fizjologicznego i patologicznego oraz możliwościami ich obiektywnej, ilościowej analizy. Jest ona uznawana za pioniera w dziedzinie zastosowania elektromiografii w badaniach chodu. Opracowała również stosowany obecnie w analizie chodu podział cyklu chodu [12]. Prace takich autorów jak Winter, Sutherland, Gage, Becher przyczyniły się do pogłębienia wiedzy o mechanizmach chodu fizjologicznego i patologicznego i rozwoju współczesnych metod analizy chodu [13–16].

Metody oceny chodu można obecnie podzielić na dwie grupy. Pierwsza z nich to metody kliniczne opierające się na obserwacji badanego

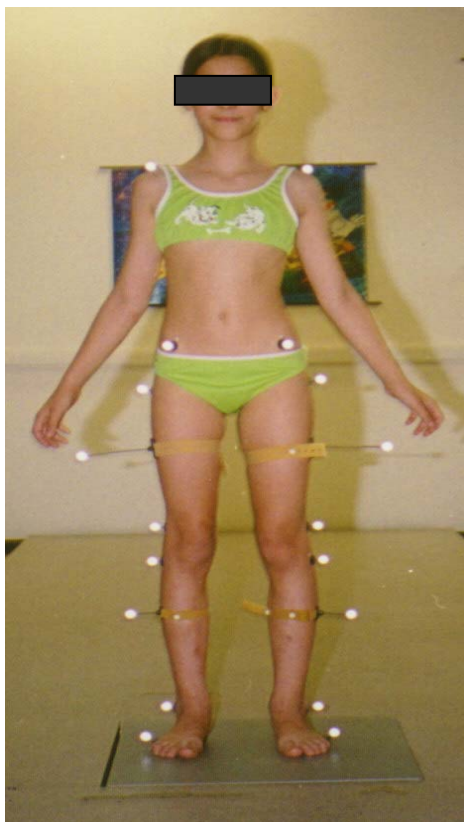
i opisie chodu w odniesieniu do wzorca prawidłowego. Innym sposobem oceny są skale chodu. Przykładem skal może być Wisconsin Gait Scale stworzona do oceny chodu chorych z niedowładem połowicznym po udarze mózgu gdzie uzyskana suma punktów świadczy o jakości chodu [17]. Metody te są jednak subiektywną oceną, obarczoną błędem, w której wynik uzależniony jest od doświadczeń osoby badającej. Ze względu na brak jednoznacznych standardów w obserwacyjnej analizie chodu, porównanie wyników uzyskanych w różnych ośrodkach i przez różnych klinicystów jest trudne albo często niemożliwe. Znaczną trudnością w obserwacyjnej analizie chodu jest konieczność jednoczesnej obserwacji wszystkich segmentów ciała pacjenta. Pewnym rozwiązaniem jest rejestracja chodu pacjenta za pomocą dwóch kamer ustawionych w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej, co daje możliwość wielokrotnego odtwarzania obrazu, jego zatrzymania i odtwarzania w zwolnionym tempie [18].

Współczesne badania w medycynie powinny być rzetelne i wiarygodne, realizowane zgodnie z zasadami evidence – based medicine. Wyniki takich badań pozwalają na racjonalne i najbardziej korzystne dla chorego podejmowanie decyzji terapeutycznych [19, 20]. W praktyce klinicznej stosowane są ilościowe i obiektywne metody analizy chodu, które polegają na pomiarze, opisie i ocenie wybranych parametrów charakteryzujących chód człowieka. Oceniane są parametry czasowo-przestrzenne chodu, parametry kinematyczne, parametry kinetyczne oraz aktywność mięśni podczas chodu (EMG). Czasowo-przestrzenne parametry chodu to długość kroku, prędkość chodu, częstość kroków, procentowy udział poszczególnych faz w cyklu chodu, długość i czas cyklu chodu, prędkości ruchu w poszczególnych fazach. W zakresie kinematyki chodu dokonywany jest pomiar zakresu ruchu w poszczególnych stawach na podstawie trajektorii wybranych punktów ciała pacjenta w czasie chodu, natomiast kinetyka to pomiar sił i momentów sił.

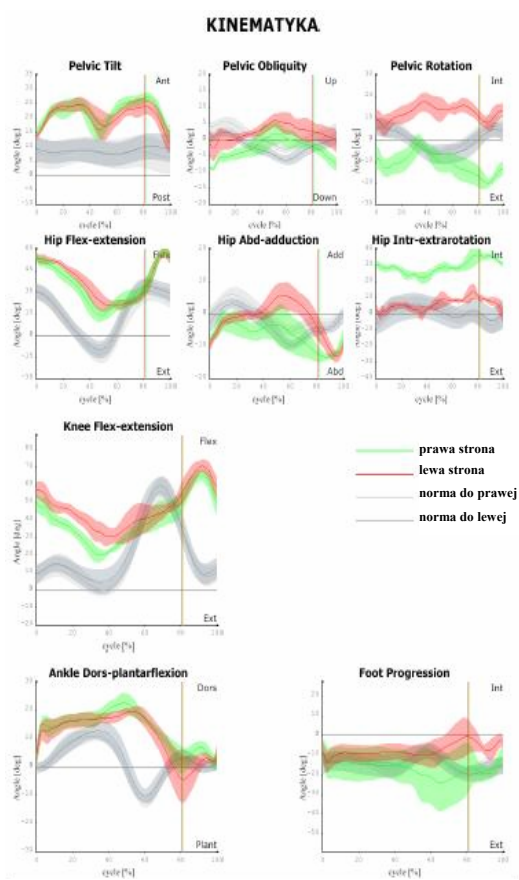
Każdy z wymienionych parametrów może być mierzony niezależnie z wykorzystaniem różnych, mniej czy bardziej skomplikowanych, rozwiązań technologicznych. Stosowane mogą być proste urządzenia, jak stopery, taśmy miernicze, fotokomórki, za pomocą których można dokonać pomiaru prędkości chodu, częstości kroków na wybranym dystansie, pomiaru długości kroku. Zaawansowane systemy aparaturowe do oceny parametrów czasowo-przestrzennych i kinetycznych to ścieżki i platformy oraz wkładki do butów wypo-

sażone w czujniki rejestrujące nacisk stóp na podłoże. Uzyskane wyniki pozwalają na analizę parametrów czasowo-przestrzennych i rozkładu nacisku na powierzchni stopy podczas chodu. Przykładem tego rodzaju urządzeń jest platforma baropedograficzna Zebris, bieżnie ruchome Biodex i Zebris, wkładki do butów Parotec oraz czujniki typu foot-switch będące elementami systemów do elektromiografii powierzchniowej. Do pomiarów kinematycznych stosowane są elektrogoniometry (np. systemy Noraxon). Mocowane są one bezpośrednio na ciele badanego w osi obrotu badanego stawu, co pozwala na pomiar zakresu ruchu w warunkach dynamicznych. Do oceny parametrów kinetycznych służą platformy dynamometryczne (AMTI, Kistler), które umożliwiają pomiar wszystkich trzech składowych sił reakcji podłoża (GRF), odtworzenie położenia punktu przyporu siły reakcji na płaszczyźnie oraz obliczenie momentów obrotowych sił w stawach we wszystkich trzech płaszczyznach. Ocena czynności elektrycznej mięśni podczas chodu rejestrowana może być za pomocą modułów do elektromiografii powierzchniowej. Obecnie najnowsze rozwiązania umożliwiają całkowicie bezprzewodową rejestrację, gromadzenie i transmisję danych (BTS-EMG).

Współczesne systemy oceny ruchu można podzielić na systemy optoelektroniczne, ultradźwiękowe, magnetyczne oraz elektromechaniczne. Systemy pozwalają na trójpłaszczyznową rejestrację ruchu, a w oparciu o nią ilościową, obiektywną ocenę. Badanie chodu z zastosowaniem komputerowych systemów optoelektronicznych umożliwia uzyskanie zintegrowanych, zsynchronizowanych i znormalizowanych do cyklu chodu danych dotyczących parametrów czasowo-przestrzennych chodu, parametrów kinematycznych, kinetycznych oraz aktywności mięśni w czasie chodu. Najczęściej obecnie wykorzystywane są systemy VICON, PRIMAS i ELITE. Podstawą ich funkcjonowania są kamery oraz tzw. markery (znaczniki) przyklejane na ciało badanego w typowych punktach (ryc. 1). Stosowane są markery pasywne, czyli odbijające promieniowanie (podczerwień) oraz markery aktywne emitujące światło (aktywne). Odbite lub emitowane przez markery promieniowanie jest rejestrowane przez kamery (najczęściej stosuje się sześć lub osiem kamer), a następnie w oparciu o programy komputerowe punkty są lokalizowane w przestrzeni. Komputerowe systemy i zaawansowane oprogramowanie umożliwiają jednoczesową wraz z ruchem rejestrację parametrów kinetycznych chodu. Platformy dynamometryczne umieszczone



RYC 1. Przykład rozmieszczenia markerów zgodnie z protokołem Davies'a  
 FIG. 1 Example of marker placement according to Davies protocol



RYC. 2 Fragment raportu z badania w laboratorium chodu z użyciem systemu BTS Smart. Parametry kinematyczne chodu  
 FIG. 2 Excerpt from a report obtained from gait lab session using BTS Smart system. Kinematic parameters of gait

w ścieżce chodu rejestrują wartość sił reakcji podłoża z jej wszystkimi składowymi. Uzyskany pomiar zsynchronizowany z zapisem ruchu w stawie pozwala na analizę przebiegu działania sił i ich momentów na poszczególne stawy podczas ruchu i chodu. Dodatkowym, ułatwiającym analizę wyników wyposażeniem są cyfrowe kamery video zsynchronizowane z systemem i rejestrujące chód w płaszczyźnie czołowej i strzałkowej. Wraz z oceną kinetyczną i kinematyczną chodu oprogramowanie systemu umożliwia jednoczesną analizę aktywności mięśniowej rejestrowanej przez współpracujące urządzenia do elektromiografii powierzchniowej. Wszystkie zebrane w czasie badania dane są zintegrowane i zsynchronizowane, a następnie uśredniane i raportowane w postaci liczbowej oraz w postaci wykresów (ryc. 2). Oprogramowanie w systemach optoelektronicznych umożliwia uśrednianie danych uzyskanych z kilku cykli chodu pacjenta oraz porównanie danych uzyskanych z prawej i lewej strony ciała. Raport z badania chodu daje również możliwość porównania wyników uzyskanych przez pacjenta do danych normatywnych dla osób zdrowych, co jest powszechnie stosowane w praktyce klinicznej. Możliwe jest również obiektywne porównanie wyników tego samego pacjenta uzyskanych w różnym czasie.

Analiza chodu oparta na metodach obserwacyjnych jest powszechnie stosowana w codziennej praktyce klinicznej, ale jest metodą w znacznym stopniu subiektywną, posiadającą szereg ograniczeń. Konieczne jest więc stosowanie obiektywnych, ilościowych metod analizy ruchu, które pozwalają na kompleksową i wieloczynnikową ocenę funkcji chodu badanej osoby oraz prawidłowe planowanie, monitorowanie i ocenę postępów leczenia. Laboratoryjna analiza chodu ma szerokie zastosowanie w praktyce klinicznej w różnych jednostkach chorobowych i coraz częściej stanowi uzupełnienie standardowego badania klinicznego i badania statycznego.

Szczegółowe analizy dotyczyły osób z objawami uszkodzenia ośrodkowego układu nerwowego, w tym chodu chorych z niedowładem połowicznym po udarze mózgu oraz dzieci z porażeniem mózgowym [15, 16, 21, 22]. Na podstawie wyników dokonano opisu chodu patologicznego i jego klasyfikację oraz wskazano mechanizmy kompensacji tworzące się podczas chodu. Wśród zastosowań systemów do analizy ruchu należy wspomnieć o badaniach osób z chorobami ortopedycznymi, w tym osób po wymianie stawu biodrowego. Wyniki badania chodu pozwalają na

ocenę efektów leczenia operacyjnego i rehabilitacji w różnych okresach od zabiegu w porównaniu do chodu osób zdrowych oraz porównując efekty leczenia w zależności od sposobu leczenia. Peeron w swoich badaniach, których celem było określenie czynników determinujących chód osób po wymianie stawu biodrowego stwierdził, że istotne zmniejszenie o 20% wyprostnego momentu siły działającej na staw biodrowy w początkowym okresie fazy podporowej z istotnym, o 14%, obniżeniem prędkości chodu badanych. Zmniejszenie prędkości i nieprawidłowe wzorce chodu w rok po całkowitej alloplastyce stawu biodrowego związane jest z obniżeniem wartości momentu wyprostnego i odwodzącego siły działającej na staw biodrowy w fazie podporowej z równoczesnym zmniejszeniem zakresu ruchu wyprostu w stawie [23]. Mont porównał chód osób po kapoplastyce stawu biodrowego z chodem osób z chorobą zwyrodnieniową stawu biodrowego i osób po całkowitej wymianie stawu biodrowego. Badanie wykazało, że najbardziej zbliżony do normy w zakresie parametrów kinematycznych i kinetycznych był chód osób po zabiegu kapoplastyki stawu biodrowego [24].

W Polsce systemy optoelektroniczne do analizy ruchu stosowane w medycynie pojawiły się w latach dziewięćdziesiątych. Z kilkunastu powstałych należy wymienić pracownie analizy ruchu w CZD w Warszawie, Mazowieckie Centrum Neuropsychiatrii i Rehabilitacji Dzieci i Młodzieży, Zagórze k. Warszawy, AWF w Katowicach, Wrocławiu i Krakowie, Ortopedyczno-Rehabilitacyjny Szpital Kliniczny w Poznaniu, Klinikę Rehabilitacji w Poznaniu, Politechnikę Śląską w Gliwicach oraz Instytut Fizjoterapii UR w Rzeszowie. Prowadzone badania dotyczą wielu zagadnień. Syczewska, Jóźwiak, Nowotny przeprowadzili badania dotyczące zaburzeń chodu u dzieci z mózgowym porażeniem. Dotyczyły one analiz dla potrzeb klasyfikacji chodu oraz skuteczności stosowanego leczenia zachowawczego i operacyjnego, którego celem była poprawa chodu [25–27]. Mirek z wykorzystaniem laboratorium i systemu VICON analizowała chód osób z chorobą Parkinsona [28]. Rutowicz i Chwała skuteczność kinezyterapii prowadzonej z wykorzystaniem metody PNF oceniali na podstawie trójwymiarowej analizy ruchu miednicy [29]. Ocenę zmienności parametrów charakteryzujących chód osób ze zmianami zwyrodnieniowymi stawu kolanowego z wykorzystaniem systemu optoelektronicznego przeprowadziła Ogródzka. W badaniu z grupą 33 chorych wykazano, że największe odchylenia od

normy biomechanicznej uwidoczniły się w płaszczyźnie poprzecznej i czołowej, szybkość chodu oraz pozostałe parametry czasowo-przestrzenne były istotnie zaburzone [30].

Podsumowując można stwierdzić, że optoelektroniczne systemy umożliwiają obiektywną ocenę ruchu w warunkach fizjologii i patologii. Rzetelność i powtarzalność badania w znacznym stopniu zależy od doświadczenia zespołu badającego. McGinley i Baker ocenili wiarygodność trójwymiarowych badań ruchu na podstawie analizy publikowanych wyników badań, których celem była ocena wewnętrznej i zewnętrznej zgodności badania. Najwyższą wiarygodność wykazano w ocenie zgięcia w stawie biodrowym i kolanowym w płaszczyźnie strzałkowej, a najmniejszy błąd w ocenie rotacji miednicy i odwiedzenia w stawie biodrowym. Najniższy poziom wiarygodności i najwyższy błąd występował w ocenie ruchu w płaszczyźnie poprzecznej. W analizowanych badaniach zakres błędu pomiarowego w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej nie przekraczał 50, z wyjątkiem ruchu rotacji w stawie biodrowym i kolanowym [31].

Stosowana w licznych laboratoriach chodu aparatura pozwala na wnikliwą i wielopłaszczyznową analizę chodu. Dla pełnego wykorzystania możliwości badawczych konieczna jest, obok aparatury, umiejętność interpretacji wyników, aby były one pomocne w podejmowaniu indywidualnych decyzji dotyczących metod i technik leczenia zachowawczego lub operacyjnego oraz w ocenie skuteczności leczenia, w tym rehabilitacji.

## PIŚMIENNICTWO

1. Winter D.A., *The biomechanics and motor control of human gait: normal, elderly and pathological*, University of Waterloo Press 1991.
2. Gage J., DeLuca P. i in., *Gait analysis: Principles and applications. Emphasis on its use in cerebral palsy*, J. Bone Jt Surg 1995.
3. Syczewska M., *Chód w obrazie analizy laboratoryjnej*, *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja* 2001; 3: 484–486.
4. DeLuca P., *Gait analysis in the treatment of the ambulatory child with cerebral palsy*, Clin Orthopaed 1991.
5. Syczewska M., Lebidowski M., Kalinowska M., *Analiza chodu w praktyce klinicznej [w:] Biomechanika i inżynieria rehabilitacyjna*, red R. Będziński, Akademicka Oficyna Wydawnicza Exit 2004; 5: 351–366.
6. Gage J., *The clinical use of kinetics for evaluation of pathological gait in cerebral palsy*, J Bone Jt Surg 1994
7. Fish D.J., Nielsen J-P., *Clinical assessment of human gait*, J Prosthetics & Orthotics, 1993.
8. Dec J. B., Saunders M., Inman V.T., Eberhart H.D., *The major determinants in normal and pathological gait*, Journal of Bone and Joint Surgery, 1953.
9. Bresler B., Frankel J., *The forces and moments in the leg during level walking*, Transactions of the ASME, 1950.
10. Charles, Robert, Jean & Pierre Ducroquet: *Walking and Limping: A study of Normal and Pathological Walking*, JB Lipincott Co., 1965.
11. Lamoreux L.W., *Kinematic Measurements in the Study of Human Walking*, Bul. Prosth. Res., 1971.
12. Perry J., *Gait analysis: normal and pathological function*. SLACK Incorporated, 1992.
13. Sutherland D.H. i in., *The development of mature gait*, Journal of Bone and Joint Surgery, 1980
14. Sutherland D.H., Olshen R.A., Biden E.N., Wyatt, M.P., *The development of mature walking*, J.B. Lippincott, 1988.
15. Gage J., *Gait analysis in cerebral palsy*, Mac Keith Press 1991.
16. Becher J., *Pediatric rehabilitation in children with cerebral palsy: general management, classification of motor disorders*, JPO Journal of Prosthetics & Orthotics 2002; 14,4: 143–149.
17. Rodriquez AA Black PO et al., *Gait training efficacy using a home-based practice model in chronic hemiplegia*, Arch Phys Med Rehabil 1996; 77:801–805.
18. Harris G.F., Wertsch J.J.: *Procedures for gait analysis*, Arch Phys Med Rehabil 1994; 75:216–25.
19. Gluck J. i wsp., *Metodyka badań naukowych w rehabilitacji neurologicznej*, Przegląd Medyczny Uniwersytetu Rzeszowskiego 2008; 3: 214–219.
20. Płaszewski M., *Praktyka oparta na dowodach – zasady i kierunki rozwoju Evidence Based Practice w fizjoterapii*, Rehabilitacja Medyczna 2006; 10 (1): 9–14.
21. Perry J., Garrett M., Gronley JK., Mulroy SJ., *Classification of walking handicap in the stroke population*, Stroke 1995; 26: 982–989.
22. Olney SJ., Richards CL., *Hemiparetic gait following stroke, part I: characteristics*, Gait Posture 1996; 4: 136–148.
23. Perron M., Malouin F., Moffet H., McFadyen B.F., *Three-dimensional gait analysis in women with a total hip arthroplasty*, Clinical Biomechanics 2000; 15: 504–515.
24. Mont M.A., Seyler TM., Ragland PS., Starr R., Erhart J, Bhave A., *Gait Analysis of Patients with Resurfacing Hip Arthroplasty Compared with Hip Osteoarthritis and Standard Total Hip Arthroplasty*, The Journal of Arthroplasty 2007; 22,1: 100–108.
25. Syczewska M., Święcicka A., Kalinowska M., Gaff K.: *Zastosowanie ilościowej, obiektywnej analizy chodu do oceny doboru zaopatrzenia ortopedycznego u dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym (analiza chodu w doborze zaopatrzenia ortopedycznego w mpd)*, Fizjoterapia Polska 2006; 4,4: 298–303.
26. Józwiak M., *Mózgowe porażenie dziecięce – postępy w diagnostyce i terapii*, Ortopedia, Traumatologia, Rehabilitacja 2001; 3(4): 445–449.
27. Nowotny J., Czupryna K., Sołtys J., *Ocena zaburzeń chodu u dzieci usprawianych z powodu porażenia mózgowego*, Fizjoterapia Polska 2003; 3, (2): 189–196.
28. Mirek E., Rudzińska M., Szczudlik A., *Ocena zaburzeń chodu u chorych na chorobę Parkinsona za pomocą trójwymiarowej analizy ruchu systemem Vicon*, Neurologia i Neurochirurgia Polska 2007; 41,2: 128–133.

29. Rutowicz B., Chwała W., Mirek E., *Wybrane wyznaczniki chodu w obrębie miednicy u chorych z chorobą Parkinsona usprawnianych metodą PNF*, Przegląd Medyczny Uniwersytetu Rzeszowskiego 2005; 1: 17–22.
30. Ogrodzka K., Chwała W., Niedźwiedzki T., *Trójwymiarowy schemat pracy kolana u osób ze zmianami zwyrodnieniowymi stawów kolanowych*, Ortopedia, traumatologia, rehabilitacja 2007; 9,(6): 605–614.
31. McGinley JL., Baker R., Wolfe R., Morris ME., *The reliability of three-dimensional kinematic gait measurements: A systematic review*, Gait & Posture 2009; 29,3: 360–369.

Mariusz Drużbicki  
Uniwersytet Rzeszowski, Instytut  
Fizjoterapii,  
ul. Warszawska 26 A,  
35-205 Rzeszów  
tel: +48 17 872 19 20  
fax: +48 17 872 19 30  
e-mail: mdruz@univ.rzeszow.pl

Praca wpłynęła do Redakcji: 8 października 2009  
Zaakceptowano do druku: 8 grudnia 2009