

Katarzyna JOCHYMCZYK, Dagmara TEJSZERSKA, Katedra Mechaniki Stosowanej,
Politechnika Śląska, Gliwice

ANALIZA CHODU DZIECI Z PORAŻENIEM MÓZGOWYM

Streszczenie. W artykule przedstawiono problem jaki stanowi jednostka chorobowa zwana mózgowym porażeniem dziecięcym (mpd) oraz metody służące do analizy chodu dzieci dotkniętych tym schorzeniem. Ponadto na tej podstawie sformułowano założenia do dalszych badań mających na celu podnoszenie efektywności procesu rehabilitacji małych pacjentów.

1. WSTĘP

Mózgowe porażenie dziecięce (mpd) jest jednostką chorobową wywołaną przez uszkodzenie ośrodkowego układu nerwowego w okresie jego rozwoju, czyli między 26 a 34 tygodniem ciąży. Uszkodzenie ośrodkowego układu nerwowego jest przyczyną występowania specyficznych zaburzeń ruchowych takich jak: niedowład, porażenia, ruchy mimowolne, inkoordynacja, mogą wystąpić również zaburzenia w rozwoju umysłowym, mowy, zachowania, autyzm oraz padaczka. W związku z różnorodnością występowania objawów wyróżnia się wiele podziałów mpd.[1] Jednak najbardziej znany jest podział według Ingrama, w którym uwzględnia się następujące postacie kliniczne:

- porażenie kurczowe połowiczne – hemiplegia spastica (niedowład spastyczny jednostronny kończyn),
- obustronne porażenie kurczowe – diplegia spastica (niedowład spastyczny kończyn dolnych),
- obustronne porażenie połowiczne – hemiplegia bilateralis (tetraplegia – niedowład spastyczny czterech kończyn, z przewagą w kończynach górnych u większości pacjentów),
- postać mózdkowa (niezborność kończyn i tułowia),
- postać pozapiramidowa (dystoniczna, ateotyczna, płasawicza). [2]

Niepostępujący zespół objawów chorobowych – mpd w pełni można zdiagnozować w późniejszym okresie życia, wówczas objawy są już znacznie nasilone.

Według statystyk mózgowe porażenie dziecięce występuje u 1,5-3 przypadków na 1000 żywo urodzonych dzieci. Ta częstość wzrasta wielokrotnie w grupie wcześniaków. [3]

2. BADANIA DOŚWIADCZALNE CHODU

Chód człowieka jest formą lokomocji, w której istotną rolę odgrywają zarówno kończyny dolne jak i górne. Kończyny dolne spełniają funkcję podporowo-napędową, natomiast kończyny górne pełnią rolę równoważną dla ich pracy. Praca kończyn jest naprzemienna, a określone fazy ruchów kończyn powtarzają się (ruchy są cykliczne). Ze zjawiskiem chodu ściśle jest związany wydatek energii i tym samym kryterium ekonomiczności ruchów. [5]

Jak już zostało wspomniane wcześniej, chód jest ruchem cyklicznym, w którym można wyodrębnić dwie powtarzające się fazy:

- ✓ podparcie na jednej nodze (faza pojedynczego podparcia),
- ✓ podwójne podparcie (gdy obie stopy równocześnie stykają się z podłożem).

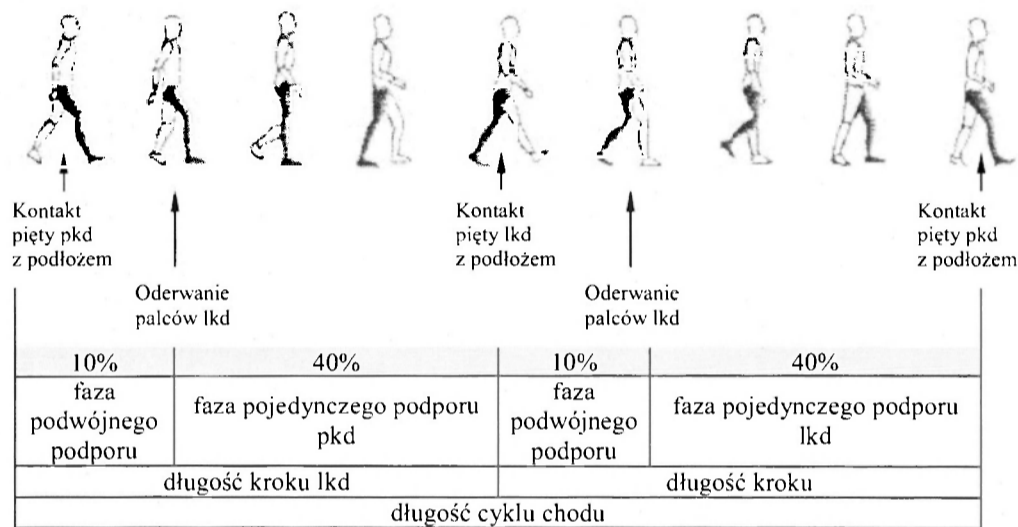
Podstawowym fazom kroku w chodzie nadaje się różne nazwy uwzględniając także specyfikę pracy kończyn.

Fazę podporową można podzielić na trzy okresy:

- ~ okres podporu na pięcie (przeciążenia),
- ~ okres podporu na całej stopie (odciążenia),
- ~ okres podporu na przodostopiu i palcach (propulsji). [4]

W fazie wymachu można wyróżnić trzy okresy (wyznaczone zmienną pędu kończyny wymachowej):

- ~ okres przyspieszenia,
- ~ okres przeniesienia,
- ~ okres hamowania. [4]



Rys. 1. Schemat faz cyklu chodu [6]

2.1. Pomiar wielkości kinematycznych

Metoda wideorejestracji jest jedną z metod fotograficznych, pozwalających na wyznaczenie parametrów kinematycznych i dynamicznych układu ruchu człowieka, w tym przemieszczeń, prędkości i przyspieszeń tych segmentów. [4]

Dzięki umieszczeniu markerów na ciele badanej osoby, można wygenerować w komputerze model przestrzenny szkieletu.

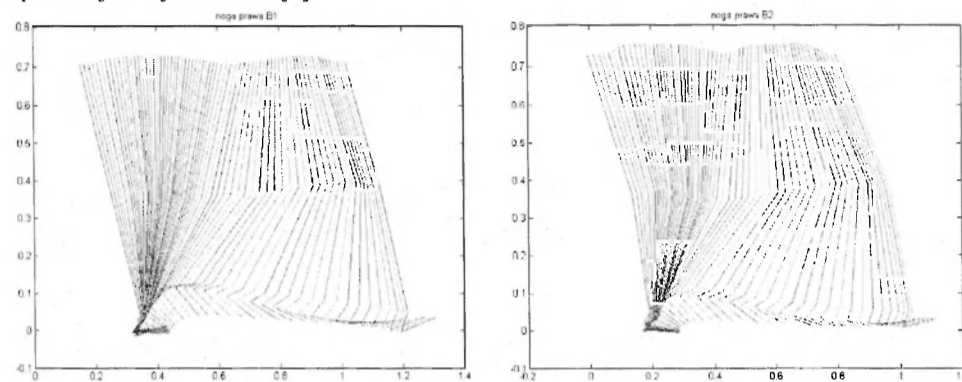
Program komputerowy wykorzystywany do badania umożliwia obliczenie wielkości kinematycznych:

- ~ względnych i bezwzględnych przemieszczeń liniowych i kątowych,
- ~ prędkości,
- ~ przyspieszeń,
- ~ wartości kątów między segmentami.

Można wyznaczyć także:

- ~ masy poszczególnych segmentów,
- ~ położenia środków mas,
- ~ momenty bezwładności. [4]

Dzięki wykorzystaniu metody wideorejestracji we wszystkich fazach chodu można dokonać obliczeń sił i momentów działających na segmenty kończyn stosując odpowiednie zależności matematyczne. Poniżej zostały przedstawione wykresy wartości przemieszczeń, przyspieszeń oraz zmian kątów między segmentami kończyny dolnej podczas chodu w postaci jawnej do czasu. [4]



Rys. 2. Przemieszczenia segmentów kończyny dolnej podczas chodu

Ze względu na konieczność porównania ze sobą cech osobniczych z wyznaczonymi wielkościami wykorzystuje się metody statystyczne.

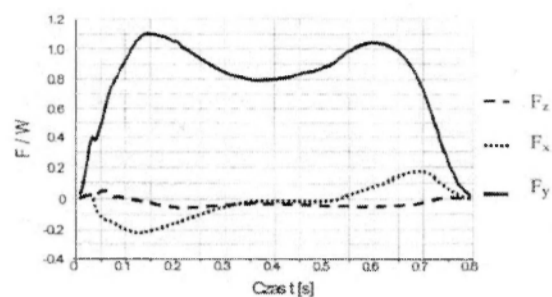
2.2. Pomiar sił reakcji podłoża

Obecnie produkcją platformą mierzących siły reakcji podłoża zajmują się takie koncerny, jak: Kistler (pionier jeśli chodzi o produkcję platform piezoelektrycznych), Semperdyn, Takei and Comp. Platformy te są zróżnicowane pod względem konstrukcji, materiału i funkcji, można je wykorzystywać do różnych badań, między innymi w Cash testach, zawodach pływackich czy lekkoatletycznych (bieg, chód) oraz podczas rehabilitacji. [4]

Za pomocą platformy Kistlera można dokonywać pomiaru nie tylko składowych sił reakcji podłoża i momentów, ale można również badać rozkład obciążeń działających na powierzchnię stopy lub podeszwy obuwia. Wykorzystuje się do tego specjalną platformę z pleksiglasową płytą pomiarową.

Ważną rolę odgrywają również metody statystyczne, stosowane z konieczności powiązania ze sobą cech osobniczych (ciężar ciała, wzrost, wymiary antropometryczne) z wyznaczonymi wielkościami. Bardzo często opracowuje się wzorcowe przebiegi lub wartości analizowanych parametrów, są one później wykorzystywane w badaniach lokomocji i analizowaniu stanów patologicznych. [4]

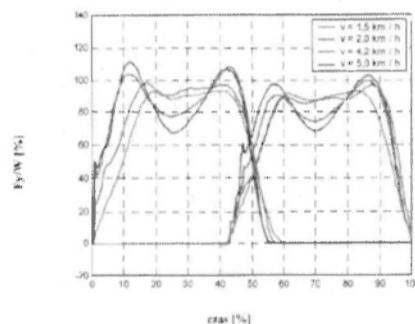
Podczas pomiarów reakcji podłoża stosuje się zapisy analogowe lub analogowo-cyfrowe oraz cyfrowe przetwarzanie danych. Układ współrzędnych przyjęty zgodnie z zaleceniami ISB (odnośnie do badań doświadczalnych chodu), jednak przede wszystkim do pomiarów reakcji sił podłoża na platformach Kistlera. [4]



Rys. 3. Siły reakcji podłoża podczas chodu [4]

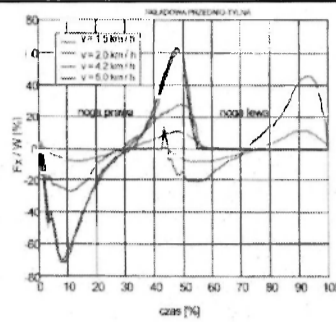
Położenie i wartość składowych sił reakcji podłoża są zależne od kilku czynników: wypadkowej siły reakcji podłoża przyłożonej w punkcie kontaktu stopy z podłożem i od cech osobniczych badanego [4, 5].

Składowa pionowa siły F_y posiada dwa szczyty: jeden w chwili postawienia pięty i drugi w chwili odbicia. Wartości maksymalne przekraczają o około 20 – 30% wartość równą ciężarowi ciała, zaś w fazie środkowej jest krótki okres „odciążenia” (około 80%), tzn., że nacisk jest mniejszy niż ciężar ciała. Wraz ze zmianą prędkości chodu zmienia się kształt tej składowej. Podczas chodu z małą prędkością bliską 1 – 2 km/h, trudno wyróżnić wspomniane szczyty, ponieważ nie ma spadku siły między nimi. W przypadku, gdy prędkość chodu jest duża i czas oparcia stopy na podłożu krótki, szczyty składowej pionowej siły reakcji podłoża są wyraźnie widoczne [4, 5].



Rys. 4. Analiza przebiegów składowej pionowej reakcji podłoża przy różnych prędkościach chodu [4]

W płaszczyźnie poziomej występują dwie składowe: F_x – działająca w kierunku przednio-tylnym oraz F_z – działająca w kierunku bocznym. W pierwszej fazie następuje tzw. hamowanie, składowa przednio-tylna ma wartość ujemną (czyli zwrot przeciwny do kierunku chodu), odpowiada to fazie amortyzacji. Składowa przyspieszająca ruch postępowy ciała uwidacznia się z chwilą przejścia rzutu pionowego środka ciężkości przed punkt podparcia, którą utożsamia się z rozpoczęciem fazy odbicia. Kształt składowej bocznej reakcji podłoża zależy przede wszystkim od sposobu stawiania stopy przez badanego na zewnątrz od środkowej wyznaczającej kierunek ruchu i będzie ona tym większa, im bardziej na zewnątrz zwracane są stopy. Wielkości maksymalne składowej przednio-tylnej oraz bocznej zależą od prędkości chodu [4, 5].



Rys. 5. Analiza przebiegów składowej przednio-tylnej reakcji podłoża przy różnych prędkościach chodu. [4]

2. ZAŁOŻENIA DO METODYKI BADAŃ CHODU DZIECI Z PORAŻENIEM MÓZGOWYM

Wzrost urazów okołoporodowych oraz uszkodzenia ośrodkowego układu nerwowego u dzieci w okresie płodowym (mózgowe porażenie dziecięce - MPD), a także postęp rehabilitacji wskazują na możliwość prowadzenia badań interdyscyplinarnych z zastosowaniem różnych technik. W celu zwiększenia szansy na osiągnięcie sprawności oraz w miarę samodzielny byt w społeczeństwie prowadzi się odpowiednio ukierunkowaną kompleksową rehabilitację. Badania modelowe narządu ruchu podczas chodu z zastosowaniem metod numerycznych są jedną z najdynamiczniej rozwijających się dziedzin biomechaniki. Umożliwiają one lepsze poznanie parametrów kinematycznych i dynamicznych, sposobu sterowania ruchem a także przyczyn zaburzeń równowagi i innych objawów patologii.

Sformułowanie przestrzennego modelu matematycznego ruchu dziecka z zaburzeniem równowagi i patologią chodu umożliwi analizę determinantów chodu mających istotny wpływ na zapewnienie możliwie małych oscylacji środka masy ciała. Utrzymanie równowagi i skoordynowanie ruchów kończyn dolnych wiąże się z dojrzewaniem ośrodkowego układu nerwowego, który wraz z układem mięśniowo szkieletowym kształtuje wzorzec chodu dziecka. Wyznaczenie przebiegów wartości wybranych (znaczących w procesie chodu) sił mięśniowych u dziecka niepełnosprawnego i porównanie ich z przebiegami wartości zdrowych dzieci umożliwi nie tylko jakościowe, ale również ilościowe określenie efektywności funkcjonowania napięcia mięśniowego podczas zadanego ruchu. Równocześnie przeprowadzane badania doświadczalne w Centrum Zdrowia Dziecka i Matki w Katowicach Ligocie za pomocą wideorejestracji umożliwią uzyskanie parametrów kinematycznych chodu pacjentów.

Analiza biomechaniczna elementów patologii chodu dzieci z porażeniem mózgowym ma doprowadzić do ujawnienia odchyłeń od wzorca chodu, które po rozpoznaniu będą poddane procesowi wyrównawczemu zarówno interwencji chirurgicznej jak i adekwatnemu postępowaniu rehabilitacyjnemu.

3. PODSUMOWANIE

Celem niniejszej pracy było przedstawienie metod wykorzystywanych do analizy chodu dzieci z porażeniem mózgowym i na ich podstawie sformułowanie założeń do dalszych badań służących doskonaleniu procesu rehabilitacji.

LITERATURA

- [1] Bober T., Kobel-Buys K.: Mózgowe porażenie dziecięce z doświadczeń trzyletniego programu rehabilitacyjnego. Wydawnictwo AWF, Wrocław 2006.
- [2] Michałowicz R.: Mózgowe porażenie dziecięce. PZWL, Warszawa 2001.
- [3] Koman LA, Smith BP, Shilt JS.: Cerebral Palsy. Lancet. 2004.
- [4] Tejszerska D., Switoński E.: Biomechanika inżynierska. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2004.
- [5] Bober T.: Biomechanika chodu i biegu, Studia i monografie AWF we Wrocławiu, zeszyt nr 8, Wrocław 1985.
- [6] Nałęcz M.: Biocybernetyka i inżynieria biomedyczna 2000 – Biomechanika i inżynieria rehabilitacyjna, tom 5, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2004.

ANALYSIS OF THE CHILDREN'S GAIT WITH CEREBRAL PALSY

Abstract. The article introduces very briefly the problem of the children's cerebral palsy and the methods which can be used to analyse the gait of the children with increasing this kind of illness. Moreover, it gives the base to further investigations thanks to which the effectiveness of the rehabilitation process of the youngest patients.