

Agnieszka GŁOWACKA-KWIECIEŃ, Katarzyna JOCHYMCZYK, Paweł JURECZKO, Dagmara TEJSZERSKA Katedra Mechaniki Stosowanej, Politechnika Śląska, Gliwice

ANALIZA CHODU DZIECI ZDROWYCH ORAZ Z ZABURZENIAMI NEUROLOGICZNYMI

Streszczenie. W pracy przedstawiono przykładowe wyniki badań chodu dzieci zdrowych, a także dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym. Między innymi na ich podstawie wstępnie sformułowano przestrzenny model fizyczny i matematyczny chodu dziecka.

1. WSTĘP

Podstawową formą lokomocji człowieka jest chód, istotną rolę odgrywają zarówno kończyny dolne jak i górne. Kończyny dolne spełniają funkcję podporowo – napędową, natomiast kończyny górne pełnią rolę równoważną dla ich pracy. Z chodem ściśle jest związany wydatek energii i tym samym kryterium ekonomiczności ruchów [1].

Prawidłowy chód jest możliwy dzięki doskonałej integracji układów mięśniowo-szkieletowego oraz nerwowego [2].

We współczesnym świecie mamy do czynienia z różnego rodzaju zaburzeniami chodu u dzieci mającymi różne podłoże. Można tu wymienić neuropatologie, do których zaliczamy mózgowie porażenie dziecięce, poza tym padaczka, spastyczność kończyn dolnych, a także idiopatyczne chodzenie na palcach. Wymienione patologie mają negatywny wpływ na wydajność i jakość chodu dziecka.

Na świecie, a także w Polsce prowadzone są liczne badania doświadczalne związane z analizą chodu dzieci z zaburzeniami ruchu. Badania te wspomagają diagnozowanie niektórych schorzeń, a także śledzenie postępów rehabilitacji.

Równoległe z badaniami doświadczalnymi postępują badania modelowe obejmujące modele fizyczne i matematyczne całego ciała człowieka lub wybranych jego części. Coraz częściej są podejmowane próby generowania modeli przestrzennych. Tego typu badania pozwalają w nieinwazyjny sposób analizować skomplikowane zjawiska zachodzące w ludzkim organizmie. Modele matematyczne pozwalają na przeprowadzenie symulacji komputerowej, w wyniku której możliwa będzie identyfikacja sił generowanych przez mięśnie. Po przeprowadzeniu analizy wyników badań doświadczalnych i modelowych uzyskuje się kompleksowy obraz zjawisk zachodzących w układzie mięśniowo-szkieletowym oraz nerwowym [3][4]. W pracy podjęto próbę sformułowania przestrzennego modelu chodu dziecka, dzięki któremu w nieinwazyjny sposób będzie można analizować zaburzenia chodu występujące u dzieci ze stwierdzonymi patologiami w obrębie kończyn dolnych.

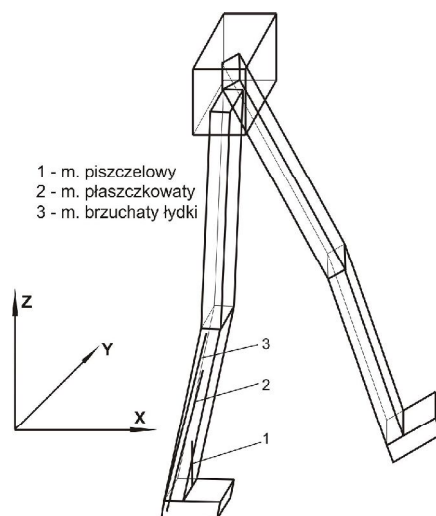
2. PRZESTRZENNY MODEL CHODU DZIECKA

2.1. Model fizyczny

Założenia do modelu przestrzennego chodu dziecka:

- zamodelowany układ składa się z siedmiu członów sztywnych (stopa, podudzie, udo dla prawej i lewej kończyny dolnej oraz miednica),
- elementy układu połączone są ze sobą przegubowo w stawach,
- w modelu uwzględniono siły ciężkości, siły bezwładności i momenty bezwładności, reakcje podłoża, reakcje w stawach oraz siły mięśniowe.

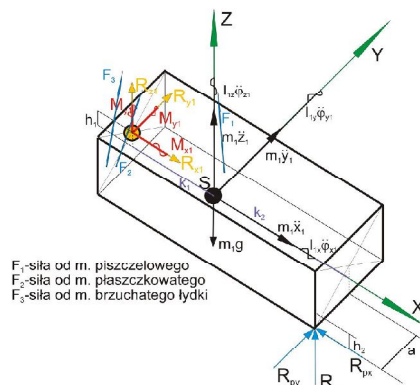
Na rys. 1 przedstawiono model fizyczny chodu dziecka wraz z układem odniesienia.



Rys. 1 Model przestrzenny chodu dziecka wraz z mięśniami działającymi w obrębie stopy i podudzia

2.2. Model matematyczny

Na podstawie opracowanego modelu fizycznego ruchu ciała dziecka w trakcie chodu zapisano równania równowagi dynamicznej dla poszczególnych elementów układu. Na rys. 2 przykładowo przedstawiono rozkład sił działających na stopę, a także zapisano równania równowagi dynamicznej dla tego elementu.



Rys. 2 Rozkład sił działających na stopę

Równania równowagi dynamicznej dla stopy przyjmują następującą postać:

$$\begin{aligned} \sum F_{ix} &= -R_{px} + R_{x1} + \sum F_{mięśniix} = m_1 \ddot{x}_1 \\ \sum F_{iy} &= R_{py} + R_{y1} + \sum F_{mięśniiy} = m_1 \ddot{y}_1 \\ \sum F_{iz} &= R_{pz} - m_1 g + R_{z1} + \sum F_{mięśniiz} = m_1 \ddot{z}_1 \\ \sum M_{ix} &= -R_{pz} \cdot a + R_{py} \cdot h_2 - R_{y1} \cdot h_1 + M_{x1} (\sum F_{mięśniix}) = I_{ix} \ddot{\phi}_{ix} \\ \sum M_{iy} &= -R_{pz} \cdot k_2 + R_{px} \cdot h_2 + R_{z1} \cdot k_1 + R_{x1} \cdot h_1 + M_{y1} (\sum F_{mięśniiy}) = I_{iy} \ddot{\phi}_{iy} \\ \sum M_{iz} &= R_{py} \cdot k_2 - R_{px} \cdot a - R_{y1} \cdot k_1 + M_{z1} (\sum F_{mięśniiz}) = I_{iz} \ddot{\phi}_{iz} \end{aligned}$$

gdzie:

R_{px}, R_{py}, R_{pz} – składowe siły reakcji podłoża,

R_{x1}, R_{y1}, R_{z1} – składowe siły reakcji w stawie skokowym,

$m_1 \ddot{x}_1, m_1 \ddot{y}_1, m_1 \ddot{z}_1$ – siły bezwładności

$m_1 g$ – siła ciężkości,

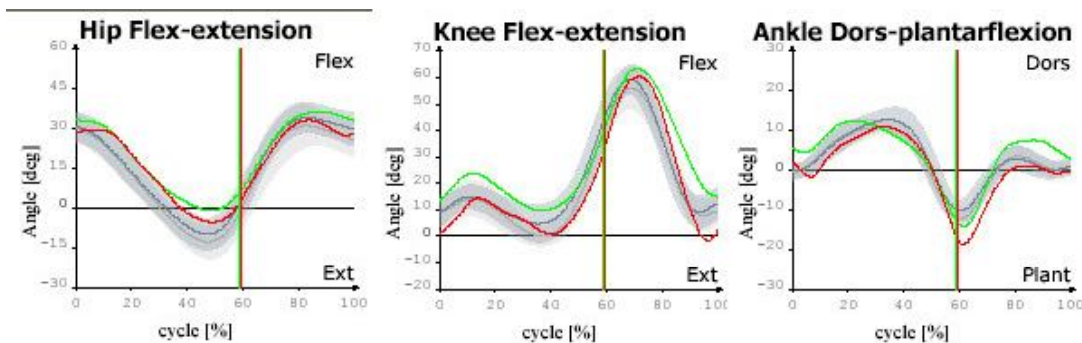
I_{ix}, I_{iy}, I_{iz} – masowe momenty bezwładności względem osi przechodzących przez środek ciężkości stopy,

$M_{x1}=M_{x1}(\sum F_{mięśniix}), M_{y1}=M_{y1}(\sum F_{mięśniiy}), M_{z1}=M_{z1}(\sum F_{mięśniiz})$ – wypadkowe momenty sił mięśniowych w stawie skokowym,

$\sum F_{mięśniix}, \sum F_{mięśniiy}, \sum F_{mięśniiz}$ – suma sił mięśniowych.

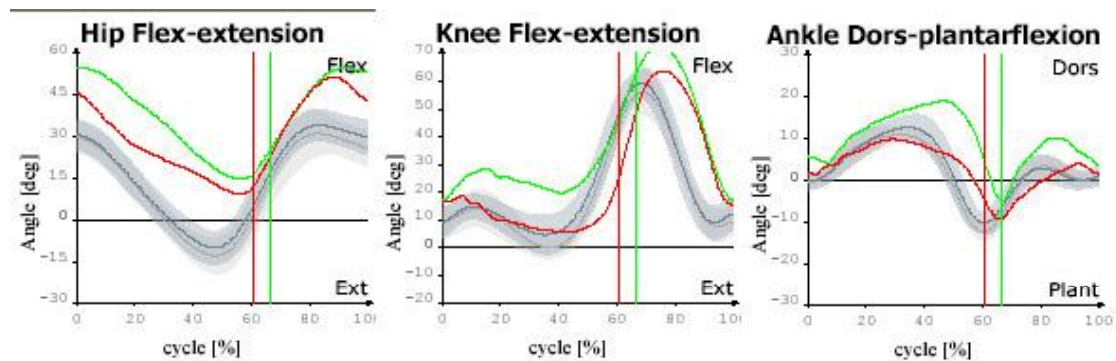
3. BADANIA DOŚWIADCZALNE CHODU DZIECKA

Do tak sformułowanego modelu przestrzennego chodu dziecka należy przeprowadzić badania doświadczalne wielkości kinematycznych oraz reakcji podłoża. Badania doświadczalne wielkości kinematycznych przeprowadzono dla zdrowych dzieci, a także dla dzieci z zaburzeniami chodu. Na rysunku 3 przedstawiono przykładowo przebiegi kątów stawowych w płaszczyźnie strzałkowej dla lewej i prawej kończyny dolnej dziecka zdrowego.



Rys. 3 Przebiegi kątów stawowych w płaszczyźnie strzałkowej dla lewej i prawej kończyny dolnej dziecka zdrowego

Na rysunku 4 przedstawiono przykładowo przebiegi kątów stawowych w płaszczyźnie strzałkowej dla lewej i prawej kończyny dolnej dziecka z mózgowym porażeniem dziecięcym.



Rys. 4 Przebiegi kątów stawowych w płaszczyźnie strzałkowej dla lewej i prawej kończyny dolnej dziecka z mózgowym porażeniem dziecięcym

4. PODSUMOWANIE

Przestrzenny model matematyczny umożliwi w przyszłości identyfikację sił generowanych przez mięśnie kończyn dolnych. Uzyskane dane zostaną również wykorzystane przy analizie zaburzeń chodu u dzieci z patologiami o podłożu neurologicznym, tym samym pozwoli na dobór odpowiedniej metody leczenia i rehabilitacji, a także śledzenie postępów rehabilitacji.

Badania zostały sfinansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach projektu nr R03 046 02.

LITERATURA

- [1] Bober T.: Biomechanika chodu i biegu. Studia i monografie AWF we Wrocławiu., Zeszyt nr 8. Wrocław 1985.
- [2] Michnik R., Jurkojć J.: Analiza parametrów kinematycznych i dynamicznych podczas chodu normalnego i patologicznego. Zeszyty Naukowe Katedry Mechaniki Stosowanej nr 22, Gliwice 2003.
- [3] Michnik R., Tejszerska D.: Model matematyczny ruchu kończyn dolnych człowieka uwzględniający ruch tkanek miękkich. Zeszyty naukowe Katedry Mechaniki Stosowanej nr 17, Gliwice 2001.
- [4] Michnik R.: Optymalizacja dynamiczna w identyfikacji sił mięśniowych podczas chodu. Zeszyty Naukowe Katedry Mechaniki Stosowanej nr 19, Gliwice 2002.

ANALYSIS OF THE GAIT OF HEALTHY CHILDREN AND CHILDREN WITH NEUROLOGICAL DISORDERS

Summary. The article presents the exemplary results of the gait analysis of healthy children and children with cerebral palsy. This research was one of the basis to formulate spatial physical model and mathematical model gait of children.