Dr hab. inż. Marek Gzik, prof. nzw. w Pol. Śl.
Katedra Mechaniki Stosowanej
Politechnika Śląska
Wydział Mechaniczny Technologiczny
Ul. Konarskiego 18a
44-100 Gliwice
e-mail: marek.gzik@polsl.pl

Gliwice 01.09.2011 r.

PN

POLITECHNIKA ŚLĄSKA BIBLIOTEKA GŁÓWNA Gliwice

RECENZJA

rozprawy doktorskiej ***mgr inż. Agnieszki Głowackiej***

zatytułowanej

„Badania modelowe lokomocji dzieci z zaburzeniami neurologicznymi".

1. Zakres rozprawy

Opiniowana praca dotyczy badań podstawowych z zakresu formułowania modeli symulacyjnych analizy form lokomocji człowieka, w tym przypadku chodu dziecka. Jest to przykład kolejnej próby opracowania metodyki inżynierskiego wspomagania leczenia dzieci z wadami układu ruchu. Praca stanowi istotne ogniwo w procesie pogłębiania wiedzy o relacjach pomiędzy kinematyką ruchu, funkcją motoryczną mięśni, a stanem obciążenia elementów układu szkieletowego. Inspiracją do podjęcia badań była problematyka kliniczna. Doktorantka wychodząc naprzeciw oczekiwaniom środowiska medycznego podjęła się trudnego zadania opracowania przestrzennego modelu dziecka, który pozwoliłby określić nieprawidłowości występujące w układzie szkieletowo – mięśniowym. Aplikacyjny charakter badań dotyczy wykorzystania rezultatów symulacji w procesie planowania oraz oceny postępu rehabilitacji dzieci z problemami lokomocyjnymi. Na podkreślenie zasługuje fakt, że diagnostyka sprawności fizycznej małych pacjentów w większości krajowych placówek zdrowia odbywa się na podstawie subiektywnej oceny lekarza. Jest to rezultat wysokich kosztów zakupu specjalistycznej aparatury, często braku odpowiednio przeszkolonej kadry, ale również jest to wynik ograniczonych możliwości diagnostycznych szczególnie układu mięśniowego. Współczesne metody diagnostyczne pozwalają jedynie na jakościową ocenę sprawności mięśni. Standardowo stosowana elektromiografia jest źródłem ogólnej wiedzy o aktywności jednostek motorycznych, bez możliwości precyzyjnego oszacowania udziału

BIURO DZIEKANA
RMT 2011 -09- 05
L. dz. 5971D/0061/2011

poszczególnych mięśni w realizacji analizowanych ruchów. Pewną alternatywą do medycznych badań diagnostycznych jest modelowanie inżynierskie, które dzięki stale rozwijającej się technologii komputerowej pozwala w sposób coraz bardziej dokładny, a co najważniejsze nieinwazyjny uzyskać informacje o procesach zachodzących w organizmie człowieka. W tym też aspekcie podjęcie tematu badawczego przez Doktorantkę uważam za zasadne i potrzebne.

Rozprawa ma charakter interdyscyplinarny, badania prowadzone były we współpracy z lekarzami oraz fizjoterapeutami Górnośląskiego Centrum Zdrowia Dziecka im. Jana Pawła II w Katowicach.

Praca została zredagowana w sposób klasyczny, z podziałem na część (rozdziały 1-6) wprowadzającą do zagadnienia oraz część drugą (rozdziały 7-12) obejmującą osiągnięcia własne Doktorantki. Całość podjętej tematyki badań wraz z cytowaną literaturą ujęta została na 149 stronach maszynopisu. Spis treści obejmuje 12 rozdziałów, natomiast spis literatury 137 pozycji oraz 5 adresów stron internetowych. Literatura obejmuje w dużej części aktualne publikacje autorów z uznanych ośrodków w kraju i za granicą zajmujących się podobną problematyką.

Recenzowana rozprawa mieści się w szeroko pojętej dyscyplinie naukowej – mechanika, w specjalności biomechanika.

2. Ocena merytoryczna rozprawy

Na wstępie zasadniczej części pracy Doktorantka sformułowała cel, którym było opracowanie przestrzennego modelu układu szkieletowo – mięśniowego dziecka do identyfikacji sił mięśniowych oraz wyznaczania obciążeń w stawach kończyn dolnych podczas chodu. Model posłużył ocenie biomechanicznych własności układu ruchu dziecka zdrowego oraz dziecka z zaburzeniami neurologicznymi. Przestrzenny model dziecka powstał w oparciu o metodykę dynamiki układów wieloczłonowych, składa się z siedmiu sztywnych członów połączonych przegubowo, poruszanych za sprawa siłowników reprezentujących najistotniejsze dla chodu mięśnie kończyn dolnych. Praca obejmuje zarówno badania modelowe, jak również eksperymentalne z wykorzystaniem aparatury do trójpłaszczyznowej analizy ruchu. Do wyznaczenia sił mięśniowych wykorzystano metody optymalizacji.

Na wstępie rozprawy Doktorantka przedstawiła krótki rys historyczny dotyczący analizy chodu oraz wskazała na potrzebę poszukiwania metod inżynierskiego wspomagania diagnostyki medycznej. W mojej ocenie trafnie wskazała na połączenie metod modelowych

i eksperymentalnych, jako współcześnie najbardziej optymalny sposób pozyskiwania wiedzy o obciążeniach układu szkieletowo –mięśniowego człowieka.

Rozdział pierwszy pracy zawiera podstawowe informacje dotyczące badań doświadczalnych chodu. W rozdziale tym Doktorantka omówiła pojęcia stosowane w analizie chodu, a także opisała w sposób poglądowy najczęściej stosowane metody analizy chodu.

W rozdziale drugim został opisany chód prawidłowy osoby dorosłej oraz dziecka, natomiast rozdział trzeci zawiera charakterystyczne cechy chodu patologicznego.

W kolejnym rozdziale czwartym Autorka rozprawy scharakteryzowała chód dzieci z zaburzeniami neurologicznymi, a przede wszystkim chód dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym, nowotworami ośrodkowego układu nerwowego oraz rozszczepem kręgosłupa. W rozdziale tym Doktorantka dokonała również przeglądu literaturowego dotyczącego analizy chodu osób dorosłych i dzieci.

W rozdziale piątym Autorka pracy skupiła się na badaniach modelowych chodu. Rozdział ten zawiera opis wyznaczania wypadkowych momentów sił mięśniowych w stawach kończyn dolnych człowieka, identyfikacji sił mięśniowych i obciążeń w stawach z wykorzystaniem metod optymalizacji, a także wyznaczanie sił mięśniowych na podstawie badań aktywności mięśni z wykorzystaniem elektromiografii powierzchniowej. W rozdziale tym znajduje się również przegląd wiedzy z zakresu modelowania układu szkieletowo-mięśniowego.

Uzasadnienie podjęcia tematu badawczego znalazło miejsce w rozdziale szóstym. Na podstawie przeglądu literaturowego Doktorantka uzasadniła potrzebę wykonywania badań modelowych chodu dzieci zdrowych oraz dzieci z zaburzeniami neurologicznymi.

W rozdziale siódmym, który otwiera zasadniczą część rozprawy sprecyzowany został cel i zakres pracy.

W kolejnym rozdziale Autorka opisała najważniejsze cechy przestrzennego modelu układu szkieletowo-mięśniowego dziecka. W pierwszym etapie modelowania przyjęła odpowiednie założenia upraszczające. Kolejny etap zawiera model fizyczny oraz model matematyczny układu szkieletowo-mięśniowego dziecka. W modelu tym uwzględniono oddziaływanie 17 mięśni dla każdej z kończyn dolnych. Model matematyczny zawiera opis sformułowanych przez Doktorantkę równań równowagi dynamicznej dla każdego członu modelu (stopy, podudzia oraz uda). Dalsza część rozdziału zawiera charakterystykę parametrów przyjętych podczas modelowania. W rozdziale tym przedstawiono również metodykę wyznaczania sił mięśniowych z wykorzystaniem metod optymalizacji, jak również na podstawie przekonwertowanego do siły mięśniowej sygnału z badań potencjałów czynnościowych mięśni. Kolejnym etapem pracy było opracowanie przez Autorkę pracy dwóch algorytmów

do wyznaczania sił mięśniowych. W pierwszym algorytmie doktorantka do identyfikacji sił mięśniowych wykorzystała metody optymalizacji. Dane wejściowe potrzebne do modelu uzyskała z badań doświadczalnych prowadzonych przez pracowników Katedry Mechaniki Stosowanej Politechniki Śląskiej oraz lekarzy i fizjoterapeutów Górnośląskiego Centrum Zdrowia Dziecka im. Jana Pawła II w Katowicach. Badania te prowadzono z wykorzystaniem systemu do trójpłaszczyznowej analizy ruchu BTS Smart. W czasie tych badań rejestrowano również aktywność mięśni przy pomocy zestawu do elektromiografii powierzchniowej BTS Pocket EMG. Zarejestrowane sygnały potencjałów czynnościowych mięśni zostały wykorzystane do drugiego algorytmu, obliczającego siły mięśniowe z przekonwertowanego sygnału sEMG. Obydwa opracowane przez doktorantkę algorytmy posłużyły do wyznaczenia sił mięśniowych dla zdrowego dziecka.

Rozdział dziewiąty zawiera weryfikację sformułowanego modelu. Autorka pracy dokonała weryfikacji na podstawie przeprowadzonych badań doświadczalnych oraz danych dostępnych w literaturze. Jakościowo, otrzymano porównywalne wyniki, co stanowiło podstawę do stwierdzenia, iż model sformułowano w poprawny sposób.

W kolejnym rozdziale dziesiątym Doktorantka wyznaczyła obciążenia działające na poszczególne stawy kończyny dolnej podczas chodu dziecka. Uzyskane wyniki częściowo porównała z danymi dostępnymi w literaturze. Uzyskane przebiegi jakościowo były porównywalne.

W rozdziale jedenastym przedstawione zostały wyniki obliczeń numerycznych dla dziecka zdrowego oraz dziecka z mózgowym porażeniem dziecięcym. Wyniki te posłużyły do scharakteryzowania różnic w stosunku do chodu prawidłowego.

Ostatni rozdział zawiera podsumowanie zrealizowanych prac oraz wnioski końcowe. W rozdziale tym Doktorantka zaproponowała również dalsze kierunki badań dotyczące modelowania układu szkieletowo- mięśniowego dziecka.

Prace badawcze przedstawione w rozprawie zostały zrealizowane na wysokim poziomie naukowym. Praca ma charakter interdyscyplinarny i nawiązuje do dwóch dziedzin wiedzy to jest mechaniki oraz fizjologii ruchu człowieka. Autorka podjęła się trudnego dzieła i dzięki współpracy i zaangażowaniu osób o różnych specjalnościach, udało się stworzyć oryginalną metodykę badań i uzyskać interesujące modele identyfikacyjne ruch i obciążenia w stawach dziecka. Do badań oraz procesu identyfikacji sił mięśniowych zaangażowano nowoczesne narzędzia badawcze. Wyniki badań Autorki należy zaliczyć do nowatorskich w skali kraju, jak również są elementem włączania się w nurt światowej dyscypliny naukowej dotyczącej analizy chodu dzieci z zaburzeniami neurologicznymi.

3. Uwagi do pracy

Praca dotyczy złożonych i trudnych zagadnień, co zrodziło szereg pytań i wątpliwości:

1. celem pracy jest opracowanie modelu układu szkieletowo-mięśniowego dziecka do identyfikacji sił mięśniowych i obciążeń w stawach podczas chodu, ponadto w założeniach model ten ma wspomagać proces decyzyjny lekarzy i fizjoterapeutów podczas rehabilitacji, czy w związku z tym pominięcie kończyn górnych, których rolą jest utrzymywanie równowagi nie umniejsza jakości modelu? podczas gdy stosując metodę dynamiki układów wieloczłonowych uwzględnienie tych członów w mojej ocenie nie spowodowałoby istotnej komplikacji dla procedur numerycznych,
2. punktem wejścia do algorytmu opracowanej metodyki badawczej jest badanie doświadczalne, które jest źródłem informacji np. o cechach antropometrycznych, algorytm nie przewiduje potraktowania w sposób parametryczny udziału długości poszczególnych członów składających się na wzrost dziecka. Wystarczyłoby wówczas mając na podstawie „siatek centylowych" relacje w długościach części ciała, podać wzrost oraz masę, aby przejść do rejestracji wielkości kinematycznych i wyznaczyć siły mięśniowe oraz obciążenia w stawach,
3. w pracy położenia przyczepów mięśni oraz istotne dla oszacowania sił przekroje pozyskano z badań na osobnikach dorosłych i jedynie przeskalowano dla potrzeb generowania modelu dziecka. Stosunek długości poszczególnych części ciała do wzrostu jest istotnie różny w przypadku dzieci w różnym wieku i osób dorosłych. Im badanie dotyczyć będzie młodszych dzieci tym założenie o przeskalowaniu spowoduje większe błędy.
4. opracowana metodykę przeanalizowano na przykładzie niestety tylko jednego zdrowego dziecka i jednego z zaburzeniami neurologicznymi. Ponadto dzieci były w różnym wieku (9 lat zdrowe, 11 lat dziecko z zaburzeniami neurologicznymi). W pracy brakuje danych antropometrycznych przebadanych dzieci, informacje te byłyby przydatne dla innych osób zajmujących się podobną problematyką,
5. mało krytycznie w mojej ocenie Doktorantka odnosi się do wyznaczania sił mięśniowych na podstawie rejestracji aktywności sił mięśniowych. Rejestracja EMG aktywności wszystkich mięśni uwzględnionych w modelu (17 par mięśni) jest niezwykle trudna z powodu budowy anatomicznej i związanych z tym ograniczeń technicznych.

6. model uwzględnia 17 par mięśni, czy nie wystarczyłoby uwzględnić w modelu 14 par zgodnie z możliwościami przeprowadzania badań eksperymentalnych aktywności mięśniowej EMG?
7. brakuje w opisie założeń modelowych danych dotyczących wielkości inercyjnych członów modelu,
8. we wnioskach do pracy Doktorantka stwierdziła, że model pozwoli lekarzom dobrać odpowiednią metodę rehabilitacji, na czym wspomaganie procesu decyzyjnego lekarzy w oparciu o uzyskane wyniki z modelu miałoby polegać?, czy chodzi o metody jedynie kinezyterapeutyczne, czy inne z obszaru fizykoterapii?

Ponadto należy stwierdzić, że praca została zredagowana starannie i zgodnie z zasadami przygotowania rozpraw o charakterze naukowym. Doktorantka nie ustrzegła się kilku błędów natury edytorskiej, które przekazałem osobiście.

4. Wniosek końcowy

Po zapoznaniu się z treścią recenzowanej rozprawy stwierdzam, iż stanowi ona istotny przyczynek naukowy do badań dotyczących lokomocji dzieci w aspekcie procesu rehabilitacji. Poprawna realizacja celu i zakresu badań wymagała wiedzy z obszarów wykraczających poza nauki techniczne. W trakcie prac Doktorantka zapoznała się z anatomią i fizjologia układu ruchu, jak również metodami rehabilitacji dzieci i osób dorosłych z wadami upośledzającymi formy lokomocji. Doktorantka wykazała się umiejętnością właściwego przygotowania warsztatu naukowego, przeprowadziła badania modelowe, jak również potwierdziła walory opracowanego modelu poprzez eksperyment z wykorzystaniem nowoczesnej aparatury badawczej.

Uwagi krytyczne nie umniejszają osiągnięć Autorki, często mają charakter dyskusji naukowej.

Zatem uważam, że przedłożona do oceny rozprawa doktorska Pani mgr inż. Agnieszki Głowackiej zatytułowana ***„Badania modelowe lokomocji dzieci z zaburzeniami neurologicznymi"*** odpowiada w pełni wymogom stawianym pracom doktorskim w myśl ustawy i na tej podstawie stawiam wniosek Wysokiej Radzie Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Recenzent

Marek Gzik