

Marek GZIK, Katedra Mechaniki Stosowanej, Politechnika Śląska, Gliwice

Paweł NYCZ, Koło Naukowe Biomechaniki przy Katedrze Mechaniki Stosowanej Politechniki Śląskiej

BADANIA MODELOWE ODCINKA ŁĘDŹWIOWEGO KRĘGOSŁUPA CZŁOWIEKA

Streszczenie. W artykule przedstawiono badania modelowe dotyczące lędźwiowego kręgosłupa człowieka. Do celów analizy dynamicznych oddziaływań w strukturach wewnętrznych kręgosłupa został sformułowany płaski dynamiczny model w systemie WorkingModel 2D. Model uwzględnia pięć kręgów lędźwiowych, kość krzyżową oraz tułów, traktowane jako bryły sztywne, połączone przegubowo oraz elementy sprężysto – tłumiące, reprezentujące oddziaływanie dysków, więzadeł międzykręgowych. Następnie model został zweryfikowany w oparciu o przemieszczenia kręgów podczas wykonywania fizjologicznego skłonu w płaszczyźnie strzałkowej. Model został wykorzystany do analizy wpływu podnoszonego ciężaru na obciążenia w elementach odcinka lędźwiowego.

1. WSTĘP

W obecnych czasach warunki życia człowieka różnią się znacznie od jego egzystencji sprzed kilkuset lat. Kiedyś człowiek zaspokajał wyłącznie podstawowe potrzeby, prowadził spokojne, ale równocześnie aktywne życie. Polował na zwierzęta, uprawiał rolę, żył zgodnie z naturą. W miarę rozwoju cywilizacji, człowiek stawał się coraz bardziej wygodny. Pojawiły się wielkie miasta, samochody, supermarkety, komputery i inne rzeczy mające poprawić jego warunki życia. W pewnym momencie większość tych udogodnień stała się przyczyną różnego rodzaju chorób. Nikogo już nie zdziwi ciągły brak czasu, uliczne korki, niezdrowa żywność, stres, brak aktywności fizycznej, czy długa praca przed komputerem. Wszystkie te czynniki sprzyjają powstawaniu chorób. W pewnym momencie przybrały one charakter globalny. Coraz więcej ludzi skarży się na bóle głowy, oczu, stawów, mięśni i wiele innych dolegliwości, spowodowanych stylem życia. Choroby dotyczą nawet dzieci w wieku szkolnym. Są to zwykle dolegliwości związane z wadami postawy, czego efektem są ciężkie plecaki, spędzanie długiego czasu przed komputerem oraz brak aktywności fizycznej.

Ten szczególnie rodzaj ludzkiej egzystencji doprowadził do wielu chorób. Często pojawiają się schorzenia kręgosłupa. Są one związane z dolegliwościami stawów, a także otaczającymi mięśniami i kośćmi. Niektóre występują powszechnie, inne znacznie częściej tylko w określonych grupach osób (np. zeszytniające zapalenie stawów kręgosłupa). Wśród częstych chorób kręgosłupa można wymienić dyskopatię, kręgozmyk, rwę kulszową, objawiające się nagłym, ostrym bólem krzyża, które wynikają z podrażnienia nerwów [2].

Analizując różne choroby kręgosłupa, można dojść do wniosku, iż często dotyczą one

odcinka lędźwiowego. Związane jest to między innymi z przenoszeniem większej masy w porównaniu z pozostałymi częściami kręgosłupa. Świadczy o tym budowa poszczególnych kręgów odcinka lędźwiowego, które są znacznie grubsze w porównaniu z kręgami górnych odcinków kręgosłupa.

2. FORMUŁOWANIE MODELU ODCINKA LĘDŹWIOWEGO KRĘGOSŁUPA

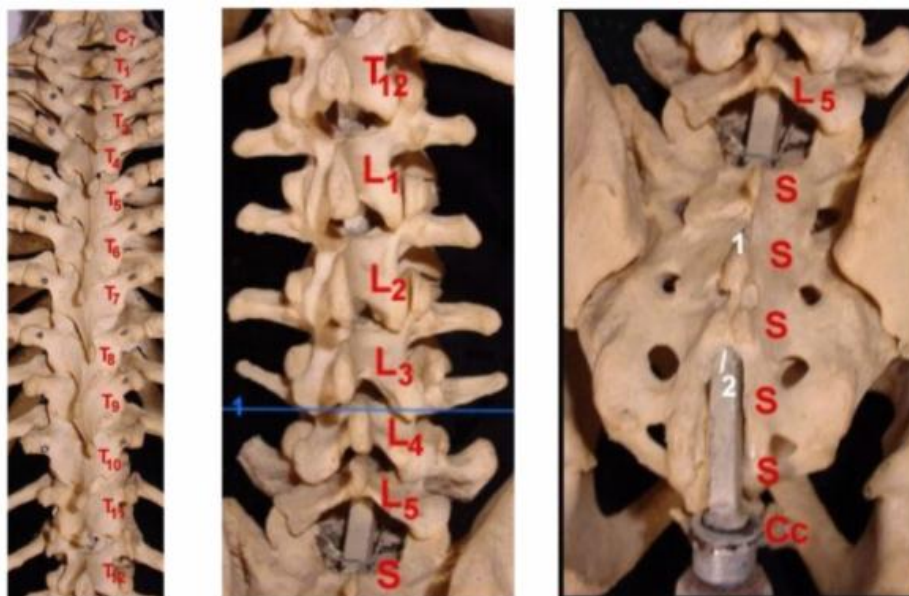
2.1. Obiekt rzeczywisty

- Anatomia lędźwi:

Odcinek lędźwiowy kręgosłupa składa się z pięciu kręgów, tworzących lędźwiową krzywiznę przednią (lordosis lumbalis) [4]. Z odcinkiem tym sąsiaduje odcinek piersiowy oraz kość krzyżowa (rys.1). W odcinku piersiowym mamy do czynienia z ugięciem kręgosłupa do tyłu (kyfoza piersiowa), a w odcinku lędźwiowym do przodu (lordoza lędźwiowa). Kręgi zbudowane są z trzonu, stanowiącego centralną, najbardziej masywną część oraz łuku kręgowego, od którego odchodzą wyrostki symetrycznie ustawione względem płaszczyzny strzałkowej. Kręgi połączone są ze sobą triadą podparcia, na którą składają się dwa stawy oraz dysk międzykręgowy wzmocnione silnym aparatem więzadłowym [3].

- Czynniki anatomiczne wpływające na odcinek lędźwiowy:

Górne części ciała swoją masą powodują obciążanie odcinka lędźwiowego kręgosłupa. Duże znaczenie ma położenie środka ciężkości jamy brzusznej. Skutkiem nadwagi, związanej z jamą brzuszną, jest duże obciążenie kręgosłupa, a zwłaszcza odcinka lędźwiowego. Ważną rolę odgrywa tzw. tłocznia brzuszna, którą tworzą wszystkie mięśnie brzucha.



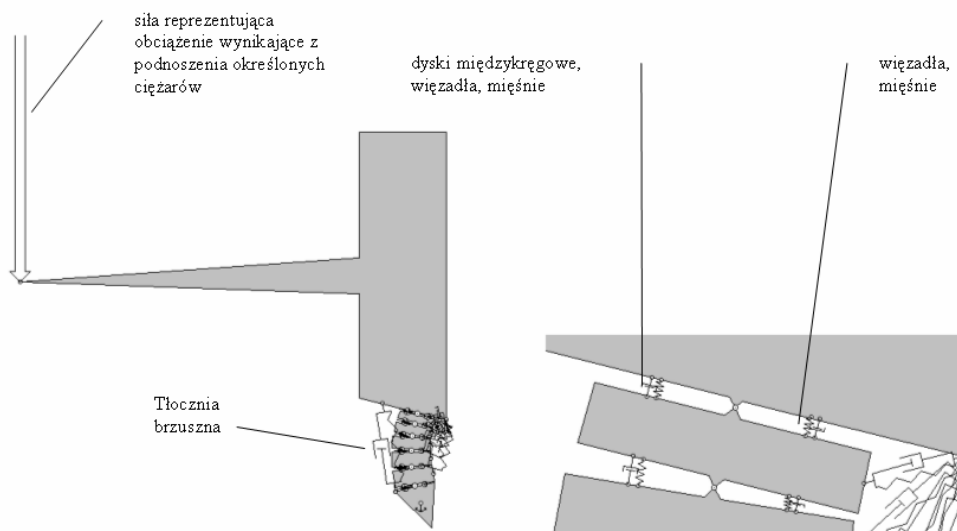
Rys.1. Kręgosłup – a. odcinek piersiowy, b – odcinek lędźwiowy, c – kość krzyżowa [4]

2.2. Model fizyczny odcinka lędźwiowego kręgosłupa człowieka

W modelu przyjętym do dalszej analizy oddziaływań dynamicznych w odcinku lędźwiowym kręgosłupa człowieka, pominięte zostały elementy anatomicznej budowy, takie jak: układ krwionośny, skóra, układ nerwowy i pokarmowy itp.

Założenia przyjęte w procesie modelowania:

- analizowany jest ruch płaski w płaszczyźnie strzałkowej 5 kręgów lędźwiowych połączonych z kością krzyżową traktowanych jako bryły sztywne.
- połączenia między kręgami, reprezentujące oddziaływanie dysków, stawów, więzadeł oraz mięśni zamodelowano za pomocą elementów sprężysto – tłumiących.
- górne części ciała traktowane są jako jedna bryła sztywna, połączona z pierwszym kręgiem lędźwiowym. Masę tej bryły przyjęto 30 kg, a moment bezwładności $0,30 \text{ kgm}^2$ [5].
- bryły reprezentujące kręgi i górną część ciała połączone są przegubowo i stanowią otwarty łańcuch kinematyczny o 6 stopniach swobody. Masy kręgów zwiększają się w kierunku kości krzyżowej od wartości 50 g o 5g dla kolejnych kręgów. Moment bezwładności wynosi $0,025 \text{ kgm}^2$
- kość krzyżowa stanowi nieruchomą podstawę
- obciążenie, pochodzące od podnoszonych w trakcie fizjologicznych czynności ciężarów, przyłożono do bryły reprezentującej górne części ciała. Sposób przyłożenia obciążenia przedstawiono na rys 2.
- model uwzględnia mięśnie grzbietu oraz tłocznę brzuszną reprezentowaną przez elementy sprężysto - tłumiące,

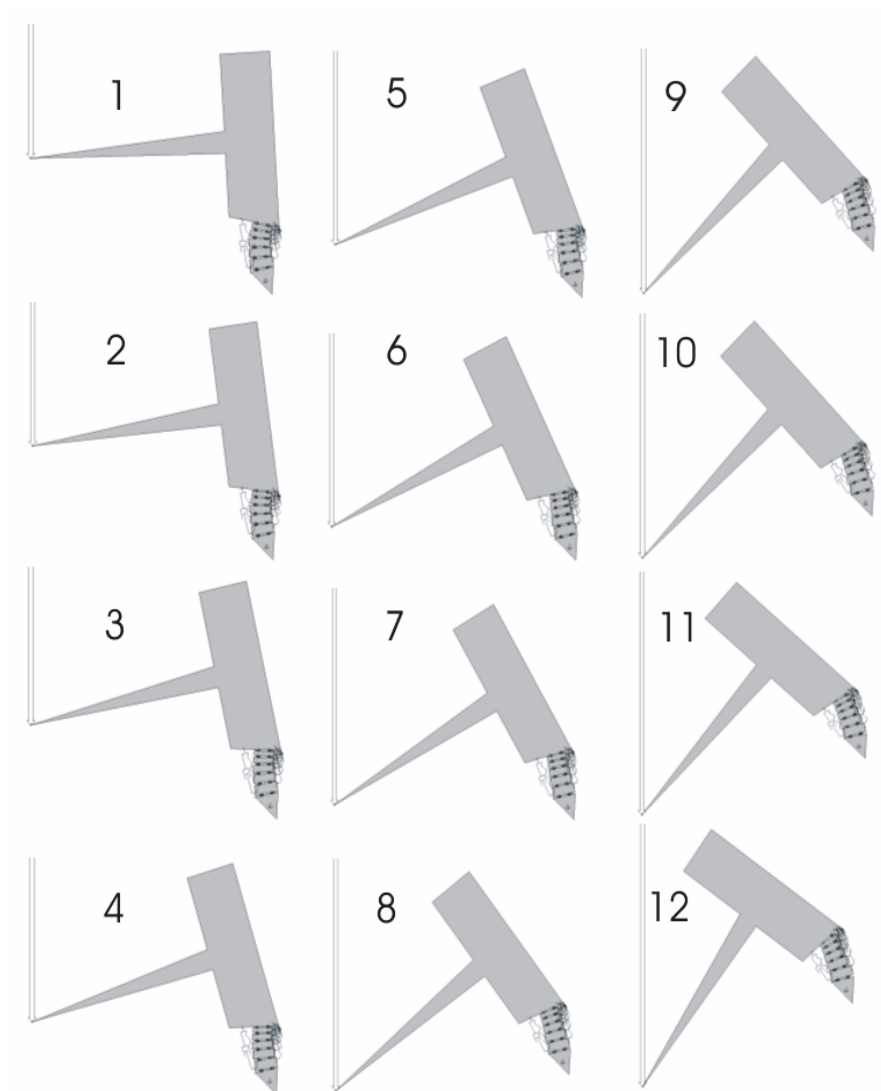


Rys.2 Model fizyczny odcinka lędźwiowego kręgosłupa człowieka

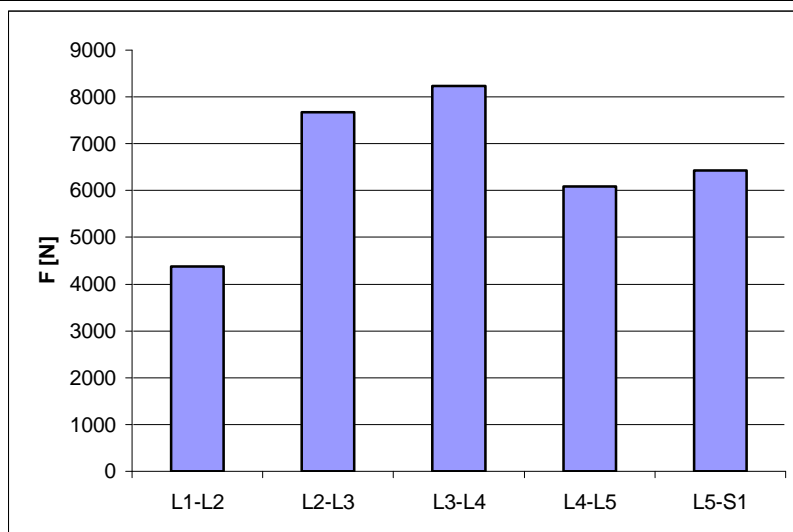
3. SYMULACJE NUMERYCZNE

Weryfikację modelu przeprowadzono w oparciu o porównanie przemieszczeń kręgów w modelu oraz kręgów człowieka, wykonującego skłon do przodu w płaszczyźnie strzałkowej. Model umożliwia przeprowadzenie symulacji numerycznych sił, jakie pojawiają się

w elementach sprężysto – tłumiących, reprezentujących tkanki miękkie odcinka lędźwiowego kręgosłupa. Przykładowe symulacje przeprowadzono dla przypadku wykonywania skłonu z jednoczesnym podnoszeniem ciężaru 100 [N]. Zachowanie się modelu oraz wyniki symulacji przedstawiono odpowiednio na rys. 3 i 4.



Rys.3. Zachowanie się modelu pod wpływem obciążenia



Rys.4 Maksymalne siły w dyskach międzykręgowych na różnych poziomach przy podnoszeniu ciężaru 100 N

4. WNIOSKI

- W pracy przedstawiono badania modelowe dotyczące odcinka lędźwiowego kręgosłupa człowieka. Model odcinka lędźwiowego został zweryfikowany, a następnie posłużył do analizy oddziaływań wewnętrznych w kręgosłupie lędźwiowym.
- Ze względu na brak technicznych możliwości weryfikacji otrzymanych wewnętrznych sił w odcinku lędźwiowym, wyniki przeprowadzonych badań należy traktować jakościowo.
- Większe siły pojawiają się w środku odcinka kręgosłupa podczas skrajnego skłonu fleksyjnego. Chwilowe wartości maksymalne przekraczają 6000 N. Uzyskane wyniki potwierdzają, że podnoszenie ciężkich przedmiotów powoduje znaczne obciążenie kręgosłupa i należy unikać takich sytuacji lub w przypadku konieczności trzymać przedmiot blisko tułowia w celu zmniejszenia ramienia działania siły.
- Dalsze badania prowadzone są w kierunku uwzględnienia charakterystyk nieliniowych materiałów, bardziej realistycznego oddziaływania tłoczni brzusznej oraz mięśni grzbietu

LITERATURA

- [1] <http://www.zdrowie.med.pl/reumatyzm/1.html>
- [2] <http://www.akupresura.akcjasos.pl/lumbago.html>
- [3] Marciniak J.: Biomateriały w chirurgii kostnej. Wyd. Politechniki Śląskiej, 1992
- [4] http://embryo.ib.amwaw.edu.pl/anatomy/edu/czlek/czlekosteo_kr.htm
- [5] Ambrosio J. :Human motion analysis using multibody dynamics and optimization, Technical Raport IDMEC/CPM – 2004/01

MODEL RESEARCHES OF HUMAN LUMBAR SPINE

Abstract. Modelling researches concerning human lumbar spine are presented in this paper. Two dimensional dynamic model for analysis of dynamical interactions in internal structures was created in WorkingModel system. The model consists of five lumbar vertebrae, sacrum bone and trunk treated as rigid bodies, connected by articulated joints and spring dumper elements representing intervertebral discs and ligaments. Validation was carried out on the basis of comparison of lumbar vertebrae displacements during physiological flexion movement in saggital plane. The model was used to analyse of correlation between the lifting weight and lumbar spine loads.