

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej *mgra inż. Macieja Dłuskiego*  
zatytułowanej  
*„Mechanika skrzywienia bocznego kręgosłupa  
w aspekcie asymetrii kości miednicy”*

### 1. Zakres rozprawy

Współczesny komfort życia, zmniejszająca się aktywność fizyczna to przyczyna pogłębiających się problemów wad postawy wśród dzieci i młodzieży. Statystyki potwierdzają tendencje częstszego występowania wad budowy układu szkieletowo-mięśniowego. Za ten negatywny stan rzeczy odpowiedzialne są nie tylko uwarunkowania genetyczne, ale również aspekty biomechaniczne. W wieku 7-10 lat przypada okres niezwykle istotny dla kształtowania sylwetki dziecka. Związany jest on z rozwojem fizycznym oraz obowiązkami szkolnymi, w tym z wielogodzinnym przebywaniem w pozycji siedzącej. Niespełnione standardy ergonomiczne są przyczyną pogłębiania się skali wad. Dlatego też początek nauki w szkole powoduje zwykle pogorszenie postawy.

Wśród wad postawy jedną z najczęściej występujących jest skolioza. Jest to wielopłaszczyznowe skrzywienie kręgosłupa, któremu towarzyszy degeneracja struktur jego budowy. Skolioza częściej występuje u dziewczynek niż u chłopców. Nieleczona może pogłębiać się i doprowadzać do wielu problemów neurologicznych, ale także niewydolności układu krążeniowo-oddechowego. Bardzo ważny jest dalszy rozwój profilaktyki oraz metod skutecznego leczenia skrzywień kręgosłupa.

Wiedza w obszarze biomechaniki skolioz jest nadal niepełna, dlatego też uważam że temat i obszar badawczy niniejszej pracy jest istotny i w pełni uzasadniony z naukowego punktu widzenia. Doktorant za cel pracy postawił sobie próbę wyjaśnienia mechanicznych aspektów procesu tworzenia się skolioz "idiopatycznych" o nieznannej etiologii. Cele szczegółowe to określenie przyczyn powstawania tej patologii, sposoby jej eliminacji oraz wczesnego wykrywania. Za niezwykle cenne dla realizacji założonych celów należy uznać dwudziestoletnie doświadczenie praktyczne Autora. W swojej działalności terapeutycznej zgromadził materiał badawczy dotyczący grupy ponad osiemnastu tysięcy dzieci ze skoliozą w tym również leczonych na przestrzeni okresu dorastania. Na tej podstawie podjął próbę określenia czynnika

etiologicznego występowania skolioz, wypracował metody efektywnego leczenia w tym również zapobiegania ponownemu występowaniu tego schorzenia.

Rozprawa doktorska obejmuje 90 stron tekstu, bibliografię w liczbie 87 pozycji, w większości literatura o zasięgu międzynarodowym. Praca podzielona została na wstęp i 5 rozdziałów wraz z podrozdziałami.

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

## 2. Ocena merytoryczna rozprawy

Wstęp stanowi wprowadzenie ogólne do zagadnień zasadniczych pracy. Doktorant scharakteryzował problem skoliozy oraz przedstawił budowę, główne funkcje i elementy biomechaniki kręgosłupa człowieka. Dokonał podziału skolioz (wg Scoliosis Research Society) ze względu na kąty mierzone wg zasady Cobba. Wymienił najczęściej występujące w literaturze teorie opisujące czynniki wywołujące skoliozę.

Rozdział 2 został podzielony na trzy podrozdziały: 2.1 który zawiera dalsze uszczegółowienie wiedzy z etiologii skrzywień kręgosłupa, 2.2 niezwykle skąpo przedstawiony przegląd badań modelowych kręgosłupa oraz podrozdział 2.3 zawiera krytyczne ustosunkowanie się do aktualnego stanu wiedzy na temat etiologii skolioz.

Kolejny rozdział definiuje główny cel badawczy pracy: „Wrodzona asymetryczna korelacja kości miednicy może wpływać na zmiany stanu przemieszczeń i odkształceń kolumny kręgosłupa inicjując odległe zmiany patologiczne w postaci skrzywienia bocznego kręgosłupa”. Cele dodatkowe to:

- asymetria miednicy może być przekazywana dziecku przez matkę z asymetryczną miednicą w trakcie porodu lub w trakcie życia płodowego w sposób mechaniczny,
- asymetryczna miednica jest czynnikiem wywołującym w początkowej fazie skoliozę funkcjonalną, statyczną jednołukową niezależnie od ułożenia ciała,
- skolioza strukturalna dwułukowa jest bezpośrednim następstwem skoliozy jednołukowej statycznej,
- skolioza strukturalna posiada w znacznej części przypadków tylko dwa łuki, które mają znaczenie patologiczne.

Sposób przedstawienia celów każe myśleć o nich raczej jako o tezach pracy.

Następnie Doktorant przedstawił zadania badawcze, które w pracy miały potwierdzić słuszność stawianych tez dotyczących przyczyn występowania skolioz.

Rozdział 4 zawiera opis przeprowadzonych badań doświadczalnych, na które złożyły się: badania palpacyjne oraz z wykorzystaniem platformy balansowej, które dotyczyły oceny wybranych parametrów prawidłowej budowy układu szkieletowego i mięśniowego. Zdecydowanie ten rozdział jest największą wartością pracy. Szczególnie wyniki badań i obserwacji prowadzonych w okresie rozwoju i dorastania dzieci.

Kolejny rozdział poświęcony jest przeprowadzonym badaniom modelowym. Uproszczony model kręgosłupa sformułowany został z wykorzystaniem metody elementów skończonych w programie ADINA. Kręgosłup jest reprezentowany jako struktura przekładkowa. Uwzględnia 24 kręgi części przedkrzyżowej połączone krążkami międzykręgowymi oraz kość krzyżową zamodelowany w postaci element przegubu walcowego. Symulacje przeprowadzono dla trzech



wariantów pochylenia miednicy. W rozdziale niestety przedstawiono wyniki symulacji numerycznych koncentrując się jedynie na aspektach związanych z deformacją i przemieszczeniami elementów kręgosłupa. Niezwykle cenna byłaby analiza stanu naprężeń wynikających z różnych stopni skoliozy. Rozdział został podsumowany ogólnym omówieniem uzyskanych wyników analizy odkształceń.

Rozdział 6 zawiera podsumowanie pracy i wnioski końcowe.

### 3. Uwagi do pracy

Praca powstała w oparciu o niezwykle cenny materiał, zgromadzony na przestrzeni dwudziestu lat praktyki terapeutycznej Doktoranta. Dane z prowadzonych badań w grupie ponad osiemnastu tysięcy dzieci w różnym wieku pozwoliły zbudować bazę do dalszej pogłębionej analizy z wykorzystaniem narzędzi modelowania w biomechanice. Zdobyta wiedza i doświadczenie pozwoliły na sformułowanie odważnych celów i tez pracy, zdecydowanie trudnych do potwierdzenia na drodze badań modelowych.

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

#### Uwagi ogólne:

Ogólna struktura pracy nie budzi większych zastrzeżeń. Początek pracy stanowi wprowadzenie do zagadnienia, zawiera ogólną charakterystykę problemu skoliozy w tym również idiopatycznej. Następnie Doktorant dokonuje przeglądu literatury badań dotyczących kręgosłupa, aby na tej podstawie sformułować cel i zakres prac badawczych. W kolejnych rozdziałach poprzez badania doświadczalne i modelowe stara się potwierdzić stawiane hipotezy w pracy. W podsumowaniu wyciąga wnioski z realizowanych badań. Układ pracy jest prawidłowy jednak niedosyt odczuwa się szczególnie w odniesieniu do rozdziałów dotyczących przeglądu badań dotyczących kręgosłupa w ośrodkach krajowych i zagranicznych oraz w rozdziale badań modelowych.

Oczekuję że w trakcie obrony Doktorant w sposób bardziej rozbudowany uzasadni potrzebę prowadzenia badań i przedstawi osiągnięcia własne na tle innych autorów prac z biomechaniki kręgosłupa. Proszę również o wskazanie zalet pracy Doktoranta na tle badań modelowych prowadzonych przez prof. Dagmarę Tejszerską i dr Ilonę Mańkę z ośrodka Politechniki Śląskiej, na którą to pracę powołuje się Autor w swojej dysertacji [76]. Zaprezentowany w pracy model kręgosłupa człowieka jak na współczesne możliwości diagnostyki i programów komputerowych pozostawia wiele do życzenia. Uwagi krytyczne dotyczą zarówno uproszczonej geometrii kręgow, która nie uwzględnia triady podparcia, tak bardzo istotnej dla przenoszenia obciążeń w segmentach ruchowych, jak również cech materiałowych elementów składowych kręgosłupa. Model nie uwzględnia budowy klatki piersiowej, mięśni, więzadeł oraz oddziaływania organów wewnętrznych. W trakcie obrony oczekuję również prezentacji wyników i analizę stanu naprężeń otrzymanych w symulacjach komputerowych.

#### Uwagi szczegółowe:

- Z uwagi na funkcje i zadania kręgosłup stanowi częsty temat badawczy w biomechanice. Doktorant w niezwykle lakoniczny i ograniczony w treści sposób opisuje aktualny stan wiedzy na temat modelowania kręgosłupa. Dokonany w pracy przegląd literaturowy w

stosunku do powszechnie dostępnych materiałów (w tym również wymienione pozycje literaturowe na stronie 49) uznać należy za ubogi i mało satysfakcjonujący.

- Główny cel pracy oraz cele dodatkowe:
  - „Wrodzona asymetryczna korelacja kości miednicy może wpływać na zmiany stanu przemieszczeń i odkształceń kolumny kręgosłupa inicjując odległe zmiany patologiczne w postaci skrzywienia bocznego kręgosłupa”.

Cele dodatkowe to:

- asymetria miednicy może być przekazywana dziecku przez matkę z asymetryczną miednicą w trakcie porodu lub w trakcie życia płodowego w sposób mechaniczny,
- asymetryczna miednica jest czynnikiem wywołującym w początkowej fazie skoliozę funkcjonalną, statyczną jednołukową niezależnie od ułożenia ciała,
- skolioza strukturalna dwułukowa jest bezpośrednim następstwem skoliozy jednołukowej statycznej,
- skolioza strukturalna posiada w znacznej części przypadków tylko dwa łuki, które mają znaczenie patologiczne.

Brzmiały bardziej jak tezy pracy.

Moje wątpliwości dotyczą zakresu badań, jakie Doktorant założył dla potwierdzenia słuszności swoich wieloletnich obserwacji i stawianych hipotez. Szczególnie że w podsumowaniu w sposób jednoznaczny stwierdza, słuszność tych założeń.

- Uwagi i pytania do modelu kręgosłupa:
  - Na stronie 50 Doktorant piszę, że krążek został "zlepiony" z sąsiadującymi kręgami co w rzeczywistości oznacza to sformułowanie?
  - Krzywizny modelu kręgosłupa są założeniem w modelu czy konsekwencją przeprowadzonych symulacji?
  - Odebranie stopni swobody kręgu C7 powoduje niefizjologiczne warunki w stosunku do naturalnych warunków przemieszczeń w kręgosłupie.
  - model charakteryzuje znacznie uproszczona geometria struktur anatomicznych, którą stosunkowo łatwo można zbudować w oparciu o badania TK.
  - Dlaczego Doktorant założył wariant przemieszczenia dla kręgu C1, a obciążenia dla podstawy (kości krzyżowej- miednicy)?
  - Co oznacza stwierdzenie (str. 55) i jak należy to rozumieć "jądro miażdżyste poddane jest wewnętrznemu ciśnieniu (wartość została dobrana eksperymentalnie)"?
  - str. 57 Doktorant przykłada obciążenie do jądra miażdżystego C1-C2, przecież w połączeniu kręgów atlas -axis krążek międzykręgowy nie występuje!
  - symulacje kształtują krzywiznę kręgosłupa powodując powstawanie naprężeń w strukturach. Wiadomo że skolioza to proces często długotrwały i postępujący co zatem z relaksacją naprężeń w modelu?
  - Doktorant nie przedstawia stanu naprężeń w modelu. Analiza taka byłaby interesująca dla wariantów obliczeń.
  - W procesie modelowania brakuje potwierdzenia walorów formułowanych modeli poprzez weryfikację.
- Omawiając wyniki symulacji Doktorant stwierdza że "stany odkształceń w zdefiniowanej skoliotyycznie kolumnie kręgosłupa występują głównie w krążkach międzykręgowych,



których moduł jest znacznie niższy niż w trzonach kręgów". Znaczyłoby to, że kręgi nie ulegają deformacjom co nie znajduje potwierdzenia w stanie faktycznym. Tak się dzieje gdy dokonujemy skrzywienia prawidłowo zbudowanego kręgosłupa. W skoliozach w procesie skrzywienia kolumny kręgosłupa udział biorą deformujące się również kręgi.

- W podsumowaniu pracy Doktorant odważnie stwierdza, że przeprowadzone badania potwierdziły słuszność zakładanych tez. Skolioza to efekt złożonych czynników genetycznych, ale tu również zgadzam się z Doktorantem także biomechanicznych. Niemniej jednak aktualny stan wiedzy wymaga jeszcze dodatkowych badań, na tym etapie sugerowałbym ostrożność w ostatecznych wnioskach.

Uwagi krytyczne należy uznać, mają tu również charakter dyskusji naukowej.

#### 4. Wniosek końcowy

Skolioza kręgosłupa to temat, który od lat inspiruje, a zarazem nurtuje badaczy w aspekcie etiologii. Nadal aktualne pytania, które oczekują odpowiedzi to: dlaczego dochodzi do deformacji kolumny kręgosłupa?, jakie są przyczyny i jak im przeciwdziałać? Doktorant podjął się niezwykle trudnego zadania poszukiwania odpowiedzi na te nurtujące pytania. Jako dużą zasługę należy wymienić zgromadzony materiał badawczy, doświadczenia wielu lat badań różnych przypadków skolioz w tym te najcenniejsze zrealizowane w okresie dorastania dzieci i młodzieży. Modelowanie to niestety najsłabszy element pracy. Niemniej jednak ze względu na szeroki zakres obejmowanej tematyki, praca doktorska wnosi nowe walory poznawcze i użytkowe.

Doktorant wykazał się umiejętnością właściwego przygotowania warsztatu naukowego, przeprowadził badania poprzez eksperyment i badania modelowe.

*Zatem uważam, że przedłożona do oceny rozprawy doktorska mgr inż. Macieja Dłuskiego zatytułowana „Mechanika skrzywienia boczego kręgosłupa w aspekcie asymetrii kości miednicy” odpowiada w pełni wymogom stawianym pracom doktorskim w myśl ustawy i na tej podstawie stawiam wniosek Wysokiej Radzie Wydziału Budowy Maszyn I Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej o dopuszczenie jej do publicznej obrony.*

**Recenzent**

*Maciek Grzyb*  
*UG*

*UG*