

Dr hab. inż. Celina Pezowicz, prof. nadzw. PWR.
Wydział Mechaniczny
Politechnika Wroclawska
ul. Łukasiewicza 7/9
50-371 Wrocław

Wrocław, 07.12.2015

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej mgr inż. Macieja DŁUSKIEGO pt.: *„Mechanika skrzywienia kręgosłupa w aspekcie asymetrii kości miednicy”*

Podstawa opracowania: pismo Dziekana Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej Prof. dr hab. inż. Jarosława Sępa, nr RM-530-18-03-2015 z dn. 30.09.2015r.

1. ZAKRES ROZPRAWY

Schorzenia układu ruchu człowieka, a w szczególności kręgosłupa, stanowią obecnie poważny problem cywilizacyjny, prowadzący do istotnego zwiększenia się liczby osób o ograniczonej zdolności lub całkowicie nie zdolnych do samodzielnego wykonywania normalnych czynności życiowych, funkcji społecznych oraz zawodowych.

Skolioza jest jednym z najczęściej występujących schorzeń kręgosłupa. Najbardziej powszechną odmianą skoliozy jest skolioza idiopatyczna będąca strukturalną deformacją kręgosłupa występującą u dzieci i młodzieży. Skolioza idiopatyczna dotyka około 2-3% populacji młodzieży. Około 80-90% wszystkich przypadków skoliozy idiopatycznej rozwija się w okresie dojrzewania, podczas gdy około 10-20% rozwija się w wieku od 3 do 10 lat, to tylko około 1% dotyczy dzieci w młodszym wieku. Istnieją różne hipotezy dotyczące przyczyn tej choroby, wśród których wymienia się m.in.: teorię mięśniową, neurologiczną, tkanki łącznej, asynchronicznego wzrostu kostnego czy genetyczną teorię patogenezy skoliozy idiopatycznej. Zagadnienie opisu patomechanizmu skoliozy idiopatycznej dodatkowo komplikuje fakt, iż jest to deformacja o charakterze przestrzennym, to znaczy pojawiającym się wygięciom w płaszczyźnie czołowej towarzyszą wygięcia w płaszczyźnie strzałkowej oraz dodatkowo rotacja kręgosłupa. Biorąc pod uwagę czynniki czysto medyczne i uwzględniając czynniki mechaniczne mające, lub mogące mieć wpływ na rozwój skoliozy otrzymujemy złożony problem biomechaniczny, którego analiza wymaga nowego spojrzenia na to zagadnienie.

Większość prowadzonych badań opisuje różnice pomiędzy poprawnym, pod względem fizjologicznym, układem nośnym oraz z deformacją skoliozy, skupiając się przede wszystkim na parametrach geometrycznych samego kręgosłupa dzieci, oraz całego tułowia, zmianach postawy, zaburzeniach w utrzymaniu stabilnej pozycji stojącej lub zaburzeniach balansu ciała w trakcie chodu. Często pomijanym czynnikiem jest wpływ

asymetrii kości obręczy miednicy, która stanowi ważny element łańcucha kinematycznego układu motorycznego człowieka, na rozwój zmian patologicznych kręgosłupa.

Pomimo istnienia różnych poglądów i odmiennych stanowisk w podejściu do analizy przyczyn rozwoju deformacji kręgosłupa jaką jest skolioza idiopatyczna, brakuje spójnego podejścia do oceny parametrów wpływających na rozwój tej deformacji. Określenie czynnika, lub zespołu czynników, powodującego pojawienie się skoliozy idiopatycznej umożliwiłoby szybkie i być może skuteczne leczenie postępującej deformacji kręgosłupa.

Stąd też podjęty w rozprawie temat jest bardzo aktualny, a wnioski wynikające z przeprowadzonych badań wnoszą nową wiedzę w zakresie zaburzeń stateczności kręgosłupa.

Autor swoje opracowanie przedstawił łącznie na 90 stronach maszynopisu zawierającego tekst, tabele oraz rysunki. Opracowanie podzielono na 9 rozdziałów oraz 15 podrozdziałów. Rezultaty zilustrowano 53 rysunkami i 12 tabelami. W rozprawie przytoczono 87 pozycji literaturowych z zakresu podjętej tematyki, w tym 4 autorskie.

Po krótkim wprowadzeniu do problemu autor w rozdziale 2 dokonał przeglądu stanu literatury z zakresu etiologii skrzywienia bocznego kręgosłupa. Doktorant zaprezentował istniejące poglądy i hipotezy zarówno na patomechanizm wystąpienia skoliozy idiopatycznej jak i czynników wpływających na jej dalszy, postępujący rozwój. Na podstawie zarysowanego problemu autor przedstawił, w rozdziale 3, cel główny rozprawy, cele dodatkowe oraz zakres podjętej pracy. W rozdziale 4 zaprezentowano własne badania doświadczalne, które w swoim zakresie obejmowały ocenę położenia wybranych punktów charakterystycznych układu szkieletowego badanych osobników, ocenę wielkości i rodzaju asymetrii ułożenia miednicy oraz analizę położenia środka ciężkości badanych. Dla wybranej grupy badawczej przeanalizowano wpływ asymetrii położenia miednicy rodziców na rozwój zmian deformacyjnych kręgosłupa ich dzieci. W rozdziale tym przedstawiono także odległe skutki wpływu terapeutycznej korekcji ułożenia miednicy u dzieci ze zdiagnozowaną skoliozą idiopatyczną. Badania przeprowadzono wykorzystując palpacyjną technikę oceny analizowanych parametrów. Rozdział 5 stanowi rozwinięcie prowadzonych badaniach doświadczalnych poprzez budowę uproszczonego modelu numerycznego kręgosłupa i miednicy, i przeprowadzeniu symulacji numerycznych przy uwzględnieniu różnych przypadków asymetrii miednicy. Badania obejmowały analizę zmian w rozkładzie przemieszczeń i odkształceń całej kolumny kręgosłupa, ze szczególnym uwzględnieniem analizy zmian w krążkach międzykręgowych. Jednym z pierwotnych objawów skoliozy jest m.in. jednostronne uwypuklenie się krążków międzykręgowych związane z geometryczną deformacją kręgosłupa. Wykazane w symulacjach numerycznych zmiany deformacyjne krążka prowadzącego do jego istotnego, jednostronnego wybrzuszania się wraz ze wzrostem asymetrii położenia miednicy może stanowić pewne potwierdzenie założeń przyjętych w rozprawie doktorskiej.

Przeprowadzona analiza stanu wiedzy, przedstawiona problematyka i zaproponowany sposób rozwiązania podjętych zagadnień pozwala stwierdzić, iż wybrany przez Doktoranta temat jest w pełni uzasadniony oraz aktualny poznawczo i aplikacyjnie.

Recenzowana rozprawa mieści się w dyscyplinie naukowej Mechanika i można ją zaliczyć do istotnego nurtu rozwoju współczesnej bioinżynierii.

2. OCENA MERYTORYCZNA ROZPRAWY

W przedstawionej do recenzji rozprawie Doktorant wykazał, na podstawie analizy stanu wiedzy, olbrzymie zróżnicowanie w podejściu do oceny czynników wpływających na pojawienie się i rozwój skoliozy idiopatycznej u dzieci i młodzieży. Istniejące w literaturze podejście, głównie kliniczne, nie uwzględnia wielu czynników mechanicznych mogących wpływać na pierwotny jak i wtórny rozwój skoliozy idiopatycznej.

Wobec tak przedstawionego problemu Autor postawił główny cel pracy jakim była ocena czy *wrodzone, asymetryczne położenie kości miednicy może wpłynąć na zmiany stanu przemieszczeń i odkształceń kolumny kręgosłupa inicjując odległe zmiany patologiczne w postaci skrzywienia bocznego kręgosłupa.*

Na podstawie zdefiniowanego celu zasadniczego Autor postawiła sobie w pracy cele szczegółowe, z których najważniejsze to:

- analiza wpływu asymetrii kości miednicy matki na rozwój asymetrii miednicy u dziecka,
- analiza wpływu asymetrii miednicy dziecka na inicjowanie skoliozy, oraz odległych skutków skoliozy funkcjonalnej na rozwój i kształt skoliozy strukturalnej,
- analiza wpływu ułożenia kości miednicy na rozkład przemieszczeń i odkształceń kręgosłupa przy wykorzystaniu modelowania i symulacji numerycznych.

Większość z założonych celów, przynajmniej w zakresie doświadczalnym, Doktorant zrealizował z dużym sukcesem. Do pewnych wątków, które mogą budzić moje wątpliwości, głównie w zakresie przyjętych założeń oraz próby modelowania, ustosunkuję się w dalszej części recenzji w punkcie uwagi krytyczne.

Do niewątpliwych zalet przedstawionej rozprawy należą:

- opracowanie własnej metodyki badań doświadczalnych, w oparciu o metodę palpacyjną, zrealizowaną na ogromnej liczebnie grupie badawczej chłopców i dziewcząt, w wieku od 1 do 19 lat; należy zaznaczyć, że w literaturze tematu rzadko spotyka się prezentację wyników na tak dużej populacji badawczej, ze szczególnym uwzględnieniem wysokiej liczebności chłopców,
- jakościowy i ilościowy opis wpływu ułożenia kości obręczy miednicy na proces tworzenia się skoliozy przy wykorzystaniu algorytmu drzewa decyzyjnego,
- wykazanie istnienia zależności pomiędzy wielkością i kierunkiem asymetrii miednicy, a kształtem i wielkością skoliozy (w tym wykazanie zależności pomiędzy brakiem skrzywienia kręgosłupa przy symetrycznym położeniu miednicy), popartą badaniami na reprezentacyjnej próbie kilkunastu tysięcy przypadków,

- analiza wpływu położenia środka ciężkości masy ciała badanego a ułożeniem jego miednicy oraz udokumentowaniu braku zależności pomiędzy tymi parametrami,
- wykazanie silnej korelacji pomiędzy zmiennymi określającymi rodzaj ułożenia miednicy u matki i dziecka.

Podsumowując tę część recenzji stwierdzam, że przedstawiona do oceny rozprawa zawiera cenne aspekty poznawcze. Doktorant rozwiązuje złożony problem działania różnych czynników wpływających na rozwój skoliozy idiopatycznej kręgosłupa, w tym przede wszystkim korelacji pomiędzy asymetrią położenia kości miednicy a rozwojem skrzywienia bocznego kręgosłupa. Przyjęte założenia, przeprowadzone szerokie badania doświadczalne wsparte symulacjami numerycznymi stanowi istotny wkład w rozwój wiedzy z zakresu istotnego, z punktu widzenia biomechaniki, tematu przebiegu deformacyjnych zmian kręgosłupa.

Swoją pracą Autor, moim zdaniem, wnosi ważne treści naukowe do szeroko rozumianej dyscypliny mechanika w zakresie biomechaniki i inżynierii biomedycznej.

3. UWAGI KRYTYCZNE I DYSKUSYJNE

W punkcie tym chciałam przedstawić pewne wątpliwości i uwagi krytyczne, które nasunęły mi się po zapoznaniu się z recenzowaną pracą. Najważniejsze z nich to:

1. Analiza stanu wiedzy jest dość wąsko przeprowadzona, to znaczy poza szeroko opisanymi różnymi teoriami dotyczącymi czynników wpływających na rozwój skoliozy idiopatycznej, autor nie przedstawił i nie przedyskutował wyników prac dotyczących badań wpływu parametrów morfologicznych miednicy na rozwój skoliozy. Równie skromnie przeprowadzono analizę stanu wiedzy z zakresy istniejących modeli numerycznych wykorzystywanych w pracach nad deformacjami kręgosłupa w postaci skoliozy.
2. Brak jest krytycznej oceny obecnego stanu wiedzy, co umożliwiłoby wykazanie ewentualnych braków, czy też niedostatecznych danych opisujących wpływ wielkości i asymetrii miednicy u dzieci na deformacje kręgosłupa, co jednocześnie i jednoznacznie wskazywałoby na konieczność podjęcia dalszych badań nad rozpatrywanym zagadnieniem.
3. W badaniach doświadczalnych wykorzystano technikę palpacyjną do oceny wybranych parametrów charakteryzujących położenie kręgosłupa względem miednicy. Autor popierając wybór metody badawczej wskazał, iż obarczona jest ona błędem pomiarowym rzędu 5mm co nie odbiega od innych technik wykorzystywanych w pomiarach deformacji kręgosłupa. Uważam, iż jest to dyskusyjne stwierdzenie, ponieważ istnieją metody charakteryzujące się wysoką czułością pomiarową (np. metoda Moire'a). Nie przedstawiono żadnej analizy, która popierałaby stwierdzenie, iż zastosowana metoda jest najlepsza lub obarczona najmniejszymi błędami pomiarowymi (wynikającymi np. z prostej metodologii badania). Sądzę, że Doktorant mógł przeprowadzić analizę istniejących technik

badawczych stosowanych w analizie tego typu zagadnień, wykazać ich wady i zalety, i na tej podstawie zaproponować własną metodologię badawczą. Wykorzystana w doktoracie technika palapacyjna jest dość intuicyjna, pomimo badania pewnych szczególnych punktów tułowia wymaga dużego doświadczenia osoby realizującej protokół badawczy. Nasuwa się więc pytania, o ile możliwe jest powtórzenie tych badań przez osobę o mniejszym doświadczeniu i jakim błędem obarczony byłby taki pomiar.

4. Przedstawiając wyniki rozwoju tworzenia się skoliozy w zależności od ułożenia kości miednicy Doktorant przyjmuje podział skolioz na „skoliozy typowe” i „skoliozy nietypowe”. Wydaje się, że mniejsza częstość (pytanie o ile mniejsza i czy różnica jest istotna statystycznie) występowania skoliozy typu CP, SLP1 i SLP2 może być wystarczającym kryterium do określania ich jako „nietypowe”.
5. Zaproponowany model numeryczny kręgosłupa jest mocno uproszczony zarówno pod względem przyjętej geometrii jak i zastosowanych parametrów materiałowych elementów składowych. Co więcej model nie odzwierciedla fizjologicznego sposobu przenoszenia obciążeń przez triadę podparcie, tzn. przez wyrostki stawowe i krążek międzykręgowy. W ten sposób otrzymano układ, w którym sto procent przyłożonego obciążenia przenoszone jest przez krążek. Powoduje to w konsekwencji istotne przeciążenie tej struktury i jego duże odkształcenia, co może prowadzić do mylnych wniosków, co do wpływu zmiany położenia miednicy na wielkość uwypuklenia się krążków międzykręgowych. Również budowa samego krążka międzykręgowego, jako elementu sferycznego otoczonego litą warstwą, symulującą pierścień włóknisty powoduje, iż mamy do czynienia z nierzeczywistym układem współpracy tych dwóch elementów. Trudno też nie wspomnieć o pominięciu klatki piersiowej, która w istotny sposób usztywnia odcinek piersiowy (co więcej ulega zniekształceniu przy silnej progresji skrzywienia boczno kręgosłupa) i jest ważnym elementem odwzorowywanym w modelach, które służą analizie deformacji kręgosłupa w postaci skoliozy. Stąd też uważam, że należało określić ograniczenia wynikające z zastosowanego modelu i omówić możliwe skutki przyjętych uproszczeń, na otrzymane wyniki.
6. Prezentacja wyników rozkładu przemieszczeń i odkształceń jedynie w postaci map bardzo zubaża analizę wpływu zmiany pochylenia miednicy na zachowanie się kolumny kręgosłupa.
7. W dyskusji wyników uzyskanych na drodze badań doświadczalnych, jak i symulacji numerycznych brak jest odniesień do istniejących danych literaturowych i głębszej dyskusji wyników własnych z wynikami innych autorów z zakresu podjętego tematu.

Występujące nieliczne usterki edycyjne pominięto w ocenie.

4. WNIOSEK KOŃCOWY

Podsumowując należy stwierdzić, że przedstawiona do oceny rozprawa zawiera cenne aspekty poznawcze w szeroko rozumianej dyscyplinie mechanika. Praca wykonana została poprawnie, a jej podstawowy cel zrealizowany, tzn. wykazano wpływ zmiany położenie kości miednicy na odległe zmiany patologiczne w postaci skrzywienia bocznego kręgosłupa.

Recenzent w przedstawionej do oceny pracy znalazł pewne błędy, które jednak nie wpływają na całościową ocenę merytoryczną. Należy podkreślić, że Doktorant wykonał pracę doktorską z widocznym dużym nakładem pracy potwierdzonym licznymi analizami oraz z wykorzystaniem aktualnych dostępnych metod i technik badawczych.

Biorąc pod uwagę powyższe aspekty stwierdzam, że opiniowana praca Pana mgr inż. Macieja Dłuskiego spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim w dyscyplinie Mechanika, wnoszę o dopuszczenie recenzowanej rozprawy do publicznej obrony.



Teżowski