

prof. dr hab. n.med. inż. Małgorzata Syczewska  
Klinika Rehabilitacji  
Instytut "Pomnik – Centrum Zdrowia Dziecka"  
Al. Dzieci Polskich 20, 04-730 Warszawa  
e-mail: [m.syczewska@ipczd.pl](mailto:m.syczewska@ipczd.pl)

Warszawa, 12.01.2026

## RECENZJA

**Rozprawy doktorskiej mgr inż. Pauliny Zalewskiej**

**na stopień doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Biomedyczna**

**Pod tytułem: Biomechaniczna ocena stawu kolanowego po chirurgicznym odtworzeniu  
władzła krzyżowego przedniego**

**Promotor: dr hab. inż. Szczepan Piszczatowski, prof. Politechniki Białostockiej**

**Promotor pomocniczy: dr n. med. Tomasz Guszczyn**

Urazy w postaci zerwania władzła krzyżowego lub przedniego dotyczą przede wszystkim młodych i aktywnych sportowo osób, a ich częstość szacuje się na około 80 tysięcy przypadków rocznie. Zdarzają się najczęściej podczas szybkich zmian kierunku czy prędkości i bardzo często wymagają interwencji chirurgicznych. Ich zerwanie oprócz bólu i nieprawności w okresie tuż po urazie może powodować długofalowe dolegliwości bólowe, ograniczenie zakresu ruchu, utrudniać lub uniemożliwiać powrót do pełnej aktywności sprzed urazu i negatywnie wpływać na jakość dalszego życia pacjenta. Ponieważ urazy zdarzają się najczęściej młodym, aktywnym osobom i dotyczą dużej liczby pacjentów rocznie, urazy władzła stawu kolanowego stają się problemem społecznym, gdyż wpływają na samego pacjenta, ale również na jego otoczenie społeczne: rodzinę, przyjaciół, środowisko zawodowe.

Szybki rozwój technik operacyjnych wraz z nowymi materiałami stosowanymi w rekonstrukcji stawia przed lekarzami wyzwania związane z wyborem techniki operacyjnej adekwatnej do urazu, stanu zdrowia czy typu urazu pacjenta, w taki sposób by zapewnić jak najlepszy efekt końcowy w postaci odtworzenia anatomii, spójności i zdolności funkcjonalnej pacjenta. Przedmiotem przedstawionej mi do recenzji rozprawy doktorskiej mgr inż. Pauliny Zalewskiej jest porównanie tradycyjnej metody rekonstrukcji władzła krzyżowego przedniego (ulegającego urazom znacznie częściej niż władzło tylne) z zastosowaniem przeszczepu ze stosowaną od niedawna metodą naprawy uszkodzonego władzła z wykorzystaniem wytrzymałej, elastycznej taśmy. Doktorantka założyła iż porównanie to zostanie przeprowadzone poprzez ocenę kinematyki i stabilności dynamicznej podczas wybranych zadań ruchowych, przy czym zaproponowała własny protokół badań eksperymentalnych.

Jednocześnie Doktorantka sformułowała dwie hipotezy badawcze. Pierwsza zakłada pojawienie się zmian adaptacyjnych widocznych w kinematyce ruchu obu kończyn dolnych: operowanej i nieoperowanej oraz w zmienionej aktywności mięśni, widocznej w zapisach EMG. Druga hipoteza zakłada, iż nowa metoda rekonstrukcji więzadła z zastosowaniem elastycznej taśmy nie zapewni poprawy warunków biomechanicznych w porównaniu z tradycyjną metodą rekonstrukcji z wykorzystaniem przeszczepu.

Przedstawiona mi do recenzji rozprawa ma charakter monografii, jest starannie opracowana i przygotowana edytorsko, liczy 223 strony i składa się z rozdziałów: Wstęp, Anatomia, biomechanika stawu kolanowego, Więzadło krzyżowe przednie – budowa, właściwości, mechanizmy uszkodzenia i leczenie, Analiza badań dotyczących stawu kolanowego u osób po chirurgicznym odtworzeniu ACL, Cel, zakres i hipoteza badawcza, Metodyka badań, Wyniki badań, Analiza i dyskusja wyników badań, Podsumowanie, Literatura i inne źródła, Wykaz załączników. Rozprawa zawiera również 15 tabel, 60 rycin, 309 pozycji literatury, a także listę używanych skrótów oraz streszczenia w językach polskim i angielskim. Załączniki obejmują formularz świadomej zgody na udział w badaniu, kwestionariusze oraz skan zgody Komisji Bioetycznej.

W badaniach przeprowadzonych przez Doktorantkę uczestniczyły trzy grupy: 28 pacjentów po rekonstrukcji ACL z zastosowaniem przeszczepu autogenicznego, 20 pacjentów po rekonstrukcji z zastosowaniem elastycznej taśmy oraz 25 osób zdrowych. Na podkreślenie zasługuje taki dobór osób do tych grup by nie było między nimi różnic w istotnych parametrach, takich jak wiek, wysokość i masa ciała, wskaźnik BMI, w przypadku obu grup pacjentów również czas jaki upłynął od zabiegu. Taki dobór zapewnił eliminację czynników mogących mieć potencjalnie wpływ na różnice pomiędzy grupami, a taka staranność nie jest, niestety, zbyt częsta.

Mgr inż. Zalewska zaproponowała szeroki wachlarz metod eksperymentalnych, dobranych w taki sposób by otrzymane wyniki mogły w pełni ocenić stan funkcjonalny stawów kolanowych po zabiegach operacyjnych, ale także ewentualne zaburzenia czucia głębokiego (propriocepcji), jakie mogły powstać zarówno w wyniku samego urazu więzadeł jak i ich dodatkowych uszkodzeń powstałych w czasie zabiegów operacyjnych. Metody eksperymentalne obejmowały ocenę kliniczną (zakresy ruchu w stawach biodrowych, kolanowych i skokowych, testy funkcjonalne, oraz kwestionariusze), badania ilościowej analizy ruchu wraz z reakcjami sił podłoża i pomiarem aktywności mięśni (EMG) w kilku zadaniach ruchowych (chód, zeskoki, próba równowagi po pokonaniu przeszkody, zeskoki ze zmianą kierunku, oraz ocena propriocepcji na dynamometrze izokinetycznym Biodex. Należy podkreślić, że merytoryczna zasadność była dla Doktorantki priorytetem, a czasochłonność zarówno przeprowadzania tych pomiarów u ponad 50 osób badanych, konieczność ich przetwarzania po rejestracji a następnie opracowywanie raportów, ekstrakcja parametrów i wprowadzanie do bazy nie spowodowała decyzji o rezygnacji z części z nich.

Doktorantka nie ustrzegła się pewnych niedociągnięć czy niedopowiedzeń. Zdarzyły się jej także pewne niezręczności językowe (np. na str. 13 sformułowanie: obiekt badań, zamiast np. osoba badana, czy na str. 51 użycie terminu angielskiego motion capture zamiast polskiego odpowiednika, np. ilościowa obiektywna analiza ruchu). W Rozdziale Metody badań brakuje informacji czy z osób zaproszonych do udziału w badaniach zostały wykluczone osoby z chorobami współistniejącymi mogącymi mieć wpływ na ich stan funkcjonalny, a także czy osoby z grupy kontrolnej oraz grup pacjentów charakteryzowały się podobnym poziomem aktywności (pacjenci z okresu sprzed urazu i

operacji), tak by wykluczyć potencjalny wpływ tego czynnika na wyniki badań. Brakuje mi również informacji w jaki sposób (tj. na podstawie jakich kryteriów) pacjenci byli kwalifikowani do jednej z dwóch typów operacji rekonstrukcyjnych więzadła. Rozumiem, że decyzję podejmował lekarz ortopeda i Doktorantka nie miała na to wpływu, ale taka informacja powinna się znaleźć w tekście.

Najbardziej dynamiczne zadanie ruchowe (str. 62, Zeskok na obie nogi i ruch w bok ze zmianą kierunku) nie zostało wykonane przez wszystkich badanych, nawet z grupy kontrolnej. Brakuje tu trochę poszerzonego opisu przyczyny dla której uczestnicy mieli z jego wykonaniem problem, zwłaszcza że dotyczyło to również części osób z grupy kontrolnej. Czy wyniki z innych testów uzyskane przez tych, którzy tego zadania nie wykonali różniły się od wyników osób które to zadanie wykonały? Czy też to czynniki psychologiczne (np. strach przez urazem) uniemożliwiały jego wykonanie?

Przedstawione na zdjęciach przykłady pokazujące wykonanie zadań ruchowych wzbudziły u mnie pewien niepokój, gdyż widać na nich osobę wykonującą te zadania w skarpetkach. Mam nadzieję, że były to tylko przykłady ilustracyjne, a osoby faktycznie badane były na bosaka z uwagi na ryzyko poślizgnięcia się podczas wykonywania zadań, jak również konieczność umieszczania markerów również na stopach. W opisie (str. 59) Doktorantka zaznaczyła że markery były naklejane na skórze osób badanych, jednak na zdjęciach widać stopy w skarpetkach...

W wynikach parametrów czasowo-przestrzennych (str. 79) analizowana jest długość wyroku w metrach. Mimo porównywalności wszystkich grup pod względem budowy ciała to jednak między badanymi były różnice. Szkoda że długości nie znormalizowano przed analizą na wysokość ciała, a być może jeszcze lepiej na długość kończyn dolnych, gdyż wyeliminowałoby to różnice międzysobnicze i udało by się stwierdzić jakieś różnice między grupami.

Interesujące jest zastosowanie cyklogramów (choć Doktorantka nie użyła tego terminu) do analizy zależności fazowych pomiędzy kątami (str. 81, str. 89, str. 95, str. 100, str. 103) czy przemieszczeniami (str. 85, str. 92, str. 98, str. 106, str. 109). Próby ich wykorzystania w biomechanice klinicznej zdarzają się rzadko, pojawiają się w literaturze przedmiotu od lat 60tych ubiegłego wieku, ale nie ma ustalonych standardów ich stosowania i znaczenia w ocenie zaburzeń funkcjonalnych, choć wydaje się że mogą dostarczyć istotnych informacji związanych z zaburzeniami koordynacji czy pojawiającymi się w wyniku choroby lub urazu niestabilnościami stawów. Dokładną analizę cyklogramów zawartych w rozprawie utrudniają niewielkie rozmiary niektórych z rycin, na których wszystkie przebiegi niemal leżą na sobie i trudno dostrzec opisywane przez Doktorantkę różnice. Na ostatniej z rycin, 6.20 na stronie 109 rozmiar rysunków jest znacznie większy niż pozostałych i dlatego łatwiej było dostrzec i zanalizować różnice między osobami zdrowymi a grupami pacjentów.

W przypadku wykresów 6.22 (str. 113, reakcje sił podłoża podczas utrzymywania równowagi na jednej kończynie dolnej oraz 6.24 (str. 116, momenty sił w tym samym zadaniu) ich rozmiar utrudnia dostrzeżenie zmian opisywanych przez Doktorantkę w tekście. Skrócenie osi czasu do chwili uzyskania stabilności najbardziej niestabilnej grupy oraz rozciągnięcie osi pionowych znacznie ułatwiłoby czytelnikowi śledzenie wniosków.

Doktorantka używa również dość często potocznego terminu „noga” zamiast „kończyna dolna”.

Rozprawa ma jednak bardzo dużo silnych punktów. Przede wszystkim staranne podsumowanie uzyskanych wyników, zwrócenie uwagi na fakt, że u pacjentów po obu typach operacji również kończyna nieoperowana podlega zmianom adaptacyjnym, a zatem przestaje być „kończyną zdrową” (str. 170). Na pewno okres po urazie, związany z bólem, podświadomym strachem przed kolejnym urazem, sam zabieg operacyjny i prowadzona później rehabilitacja to czynniki które nie są izolowane i dotyczące tylko jednej kończyny, tylko mają działanie ogólnoustrojowe. Doktorantka odniosła uzyskane wyniki do postawionych przez siebie hipotez badawczych, wskazując na fakt iż w przypadku pierwszej z nich uzyskane wyniki pozwoliły na jej udowodnienie, natomiast druga nie została udowodniona. W Podsumowaniu mgr inż. Zalewska wypunktowała silne i słabe strony skutków obu technik operacyjnych z punktu widzenia uzyskanych wyników, wskazała na dalsze kierunki badań (np. optymalizacja programów rehabilitacji w zależności od typu operacji, ocena długofalowa skutków leczenia operacyjnego i rehabilitacyjnego, analiza skuteczności w innych grupach chorych niż młodzi i (do urazu) sprawni). Doktorantka zwróciła uwagę na fakt, iż nieznany jest stan funkcjonalny pacjentów sprzed urazu i leczenia, dlatego nie do końca obiektywnie można ocenić uzyskane efekty, jednak ten problem dotyczy wielu obszarów medycyny i nie da się go uniknąć.

Inspiracja tematu wyszła ze środowiska medycznego lekarzy ortopedów, zasługuje to na podkreślenie, gdyż wskazuje to na fakt rosnącego porozumienia obu środowisk: medycznego i technicznego. Pokazuje również że obiektywne metody, dotychczas niedostępne lekarzom, mogą pomóc im zrozumieć efekty ich działań, ułatwić opracowanie kryteriów kwalifikacji pacjentów do różnych typów zabiegów, a współdziałanie inżynierów i lekarzy będzie się przekładało na poprawę jakości życia pacjentów.

Podsumowując, przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Pauliny Zalewskiej pokazuje dużą wiedzę Doktorantki w obszarze biomechaniki i inżynierii biomedycznej, umiejętność formułowania hipotez, celów badań i pytań badawczych, umiejętność doboru metod eksperymentalnych i analitycznych do postawionych sobie celów, a przedstawiona praca adresuje istotne problemy społeczne. Dobrze dobrane i obszerne piśmiennictwo pokazuje również umiejętność identyfikacji lub w wiedzy i pokazanie swoich wyników na tle badań innych autorów, oraz wskazanie jakie luki zostały przez Doktorantkę wypełnione. Wytknięte przeze mnie niedociągnięcia wynikają z obowiązków recenzenta i nie obniżają w żaden sposób wartości naukowej przedłożonej mi rozprawy doktorskiej.

Rozprawa doktorska mgr inż. Pauliny Zalewskiej spełnia kryteria stawiane rozprawom doktorskim w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2021 r. poz. 478 z późniejszymi zmianami) i w związku z tym przedstawiam Radzie Naukowej Wydziału Mechanicznego Politechniki Białostockiej wniosek o dopuszczenie mgr inż. Pauliny Zalewskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Małgorzata Hulewicz