

Prof. dr hab. inż. Celina Pezowicz
Wydział Mechaniczny
Politechnika Wrocławska
ul. Łukasiewicza 7/9
50-371 Wrocław

Wrocław, 24.01.2026 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Pauliny Zalewskiej „*Biomechaniczna ocena stawu kolanowego po chirurgicznym odtworzeniu więzadła krzyżowego przedniego*”

Promotor: dr hab. inż. Szczepan Piszczatowski, prof. PB

Promotor pomocniczy: dr n. med. Tomasz Guszczyński

Podstawa opracowania recenzji: pismo nr WM-IIB.413.1.25 z dnia 25 listopada 2025 r. Przewodniczącego Rady Naukowej Wydziału Mechanicznego Politechniki Białostockiej z prośbą o opracowanie recenzji.

1. ZAKRES ROZPRAWY

Przedłożona rozprawa doktorska dotyczy biomechanicznej oceny funkcjonowania stawu kolanowego po chirurgicznym odtworzeniu więzadła krzyżowego przedniego (ACL) i podejmuje temat o wysokiej istotności klinicznej oraz społecznej. Uszkodzenie ACL jest jedną z najczęstszych i najbardziej „kosztownych funkcjonalnie” kontuzji narządu ruchu w populacji osób aktywnych fizycznie. Jednocześnie uraz ten dotyka często osoby w wieku produkcyjnym i szkolno-akademickim, co przekłada się na konsekwencje nie tylko medyczne, ale także ekonomiczne i organizacyjne (absencja sportowa i zawodowa, koszty leczenia i rehabilitacji oraz obciążenie systemu ochrony zdrowia).

Następstwa uszkodzenia ACL mają charakter wielowymiarowy. Obejmują one zaburzenia stabilności i kontroli nerwowo-mięśniowej, pogorszenie zdolności do realizacji zadań dynamicznych, a także utrzymujące się asymetrie kończyn dolnych. W ujęciu długoterminowym szczególnie istotny jest zwiększony odsetek zmian zwyrodnieniowych stawu kolanowego po przebytych urazach ACL niezależnie od zastosowanej techniki leczenia. Tym samym ocena skuteczności leczenia nie może ograniczać się wyłącznie do kryteriów klinicznych czy subiektywnych, lecz powinna obejmować obiektywne miary biomechaniczne, pozwalające identyfikować utrwalone deficyty i kompensacje, które mogą utrzymywać się mimo powrotu do normlanych funkcji życiowych, czy aktywności fizycznej.

Skala problemu znajduje odzwierciedlenie również w dużej liczbie wykonywanych rekonstrukcji więzadła ACL. W tym kontekście za w pełni zasadne należy uznać ukierunkowanie pracy na obiektywizację efektów leczenia chirurgicznego z wykorzystaniem narzędzi biomechaniki eksperymentalnej (analiza kinematyki i kinetyki, ocena aktywności mięśniowej, stabilności oraz propriocepcji) oraz na porównanie efektów dwóch metod leczenia

operacyjnego. Szczególne znaczenie mają badania z wykorzystaniem techniki naprawczej z augmentacją („internal brace”), która jako rozwiązanie potencjalnie mniej inwazyjne i ukierunkowane na zachowanie tkanek własnych jest obecnie przedmiotem intensywnych analiz klinicznych i biomechanicznych, w których analizuje się m.in. ocenę niewydolności leczenia czy stabilności klinicznej.

Rozprawa ma charakter interdyscyplinarny i lokuje się w obszarze inżynierii biomedycznej, w ścisłym powiązaniu z ortopedią i rehabilitacją. Opracowanie przygotowano w układzie logicznie uporządkowanym: obejmuje wstęp, siedem rozdziałów merytorycznych oraz część podsumowującą i wnioski; zawiera także wykaz skrótów i oznaczeń, spisy tabel i rysunków oraz załączniki (m.in. formularz zgody, kwestionariusze KOOS i IKDC oraz zgodę komisji bioetycznej).

Autorka przedstawiła opracowanie na 223 stronach maszynopisu, obejmującego tekst zasadniczy, tabele, rysunki, załączniki oraz streszczenia w języku polskim i angielskim. Rozprawę podzielono na siedem rozdziałów: (1) Anatomia i biomechanika stawu kolanowego; (2) Fizjologia, właściwości mechaniczne i mechanizmy uszkodzeń więzadła krzyżowego przedniego (w tym zagadnienia propriocepcji oraz przegląd metod postępowania chirurgicznego); (3) Analiza badań dotyczących stawu kolanowego u osób po chirurgicznym odtworzeniu ACL (kinematyka, praca mięśni okołostawowych, propriocepcja oraz podsumowanie z identyfikacją luki badawczej); (4) Cel, zakres i hipotezy badawcze; (5) Metodyka badań (koncepcja i przebieg badań, ocena kliniczna, opis stanowiska i procedur rejestracji parametrów); (6) Wyniki badań własnych; (7) Analiza i dyskusja wyników. Układ pracy jest spójny i czytelny: rozdziały 1-3 konsekwentnie budują podstawę anatomiczno-biomechaniczną i przegląd stanu wiedzy, rozdziały 4 i 5 porządkują założenia i warsztat badawczy. Natomiast rozdziały 6-7 obejmują prezentację wyników oraz ich pogłębioną analizę i dyskusję, zwieńczoną syntetycznymi wnioskami w podsumowaniu.

Praca zawiera wykaz literatury (ponad trzysta pozycji), a na uwagę zasługuje zacytowanie dwóch prac naukowych, których współautorką jest Doktorantka a odnoszących się bezpośrednio do porównania rekonstrukcji ACL z wykorzystaniem przeszczepu typu autograf a w zastosowaniu augmentacji taśmą. Ponadto w części końcowej pracy (załączniki) zamieszczono komplet dokumentów związanych z realizacją badań, co podkreśla poprawność formalną procedury badawczej oraz dbałość o transparentność zastosowanej metodyki.

Autorka rozpoczyna pracę od syntetycznego i rzeczowego omówienia podstaw anatomii i biomechaniki stawu kolanowego, kładąc nacisk na uwarunkowania stabilności wynikające z geometrii powierzchni stawowych oraz roli struktur biernych tj. więzadeł, łąkotki, torebki stawowej i struktur czynnych, czyli mięśni. W rozdziale tym przedstawiono kluczowe zależności funkcjonalne, w tym współdziałanie więzadeł krzyżowych i pobocznych w kontroli przemieszczeń oraz rotacji podudzia, co stanowi istotny element do dalszej, bardziej ukierunkowanej analizy pracy więzadła krzyżowego przedniego.

W rozdziale drugim Autorka przechodzi do szczegółowej charakterystyki więzadła ACL, obejmującej jego budowę w układzie makro- i mikroskopowym, właściwości mechaniczne oraz rolę w kształtowaniu biomechaniki stawu kolanowego. Na uwagę zasługuje włączenie zagadnień propriocepcji i jej znaczenia dla zachowania stabilności oraz kontroli nerwowo-mięśniowej kończyny dolnej. Jednocześnie w rozdziale tym przedstawiono

zróżnicowane techniki postępowania leczniczego od leczenia zachowawczego do chirurgicznego odtworzenia więzadła poprzez rekonstrukcję z wykorzystaniem przeszczepu lub poprzez naprawę więzadła z augmentacją. Warto podkreślić, że zagadnienie pierwotnej naprawy ACL z augmentacją (suture-tape/„internal brace”) jest obecnie aktualnym problemem badawczych szeroko analizowanym w literaturze tematu, a wyniki badań nie są jednoznaczne. Podkreśla to konieczność prowadzenia pogłębionych, dobrze zaprojektowanych badań porównawczych, w które w pełni wpisuje się rozprawa doktorska Pani magister Zalewskiej.

Rozdział trzeci stanowi przegląd badań dotyczących biomechaniki stawu kolanowego po chirurgicznym odtworzeniu ACL, prowadzony w układzie problemowym od analizy kinematyki, pracy układu mięśniowego oraz propriocepcji. Autorka trafnie akcentuje, że mimo powszechności wykonywanej rekonstrukcji więzadła ACL, nie wszystkie parametry ruchu i obciążenia stawu kolanowego ulegają pełnej normalizacji, a deficyty są szczególnie widoczne w czynnościach bardziej wymagających (np. skoki i lądowania). Należy podkreślić, iż Autorka jednoznacznie wskazała na niedobór analiz badawczych, zwłaszcza w zakresie danych eksperymentalnych dotyczących kinematyki, pracy mięśni oraz propriocepcji po naprawie ACL metodą InternalBrace™, szczególnie w zadaniach dynamicznych.

Przeprowadzona analiza stanu wiedzy wraz z krytyczną jej oceną i wykazaniem luk badawczych w obszarze podejmowanego tematu umożliwiła Autorce na sformułowanie celu, zakresu i hipotez, koncentrując problem badawczy na ocenie stopnia odtworzenia warunków biomechanicznych (w tym stabilności dynamicznej) przy zastosowaniu dwóch odmiennych technik leczenia operacyjnego więzadła ACL.

Dalsza część rozprawy doktorskiej dotyczy badań własnych Autorki. W rozdziale 5 przedstawiono koncepcję oraz przebieg planowanych i zrealizowanych badań doświadczalnych. Precyzyjnie zdefiniowano populację badawczą, w której rozróżniano trzy grupy uczestników: osoby po rekonstrukcji ACL, osoby po naprawie ACL metodą InternalBrace™ oraz grupę kontrolną osób nieoperowanych. Na uwagę zasługuje klarowne przedstawienie kryteriów włączenia i wykluczenia, co zmniejszyło ryzyko wpływu współistniejących uwarunkowań klinicznych oraz innych czynników zakłócających na interpretację uzyskanych wyników biomechanicznych. Jednocześnie w rozdziale tym przedstawiono kompletny i przejrzyste uporządkowany opis zastosowanych stanowisk badawczych. Doktorantka zastosowała m.in. zsynchronizowany system optoelektroniczny Qualisys Motion Capture System (w układzie 10-ciu kamer) z oprogramowaniem QTM, dwie platformy dynamometryczne Kistler oraz zestaw do powierzchniowej rejestracji EMG. Taka konfiguracja pomiarowa umożliwia spójne, wielowymiarowe wnioskowanie o zależnościach pomiędzy parametrami kinematycznymi ruchu, obciążeniem oraz wzorcami aktywacji mięśni. Pozytywnie należy ocenić również decyzję dotyczącą przetwarzania sygnałów, w szczególności zastosowanie normalizacji EMG opartej na zadaniu dynamicznym zamiast klasycznej normalizacji do MVC. Rozwiązanie to Autorka uzasadniła względami bezpieczeństwa i możliwościami wykonania planowanych badań w populacji po chirurgicznym odtworzeniu ACL, a przyjęte podejście pozostaje zgodne z aktualnym stanem wiedzy wskazującym na praktyczne ograniczenia procedur MVIC/MVC w badaniach z udziałem pacjentów.

Wyniki zrealizowanych badań zaprezentowano w kolejnej części rozprawy, obejmując kolejno: ocenę stabilności statycznej (rolimetr), kinematykę w zadaniach o rosnącym poziomie wymagań (chód, zeskok z wybiciem, próba równoważna po pokonaniu przeszkody, zeskok i ruch w bok ze zmianą kierunku), a następnie analizę sił reakcji podłoża i momentów w stawie kolanowym, aktywności mięśni, wyników izokinytyki oraz propriocepcji. Taki dobór zadań, czyli od podstawowej funkcjonalności jaką jest lokomocja do aktywności o wysokich obciążeniach i konieczności szybkiej stabilizacji, jest merytorycznie uzasadniony, ponieważ deficyty kontroli dynamicznej po urazach i leczeniu więzadła ACL częściej ujawniają się w sytuacjach lądowania, hamowania i zmiany kierunku niż w warunkach standardowego chodu. Istotnym walorem prezentowanych wyników jest też to, że Autorka konsekwentnie rozdziela analizę kończyny operowanej od kończyny zdrowej, co odpowiada współczesnemu podejściu akcentującemu ryzyko utrwalania asymetrii i kompensacji obustronnych po odtworzeniu więzadła ACL.

Uzyskane wyniki zostały przez Autorkę szeroko przedyskutowane (rozdz. 7) w ujęciu problemowym, w którym uwzględniono szeroki zakres otrzymanych parametrów dotyczących kinematyki, funkcji aparatu mięśniowego, kinetyki, propriocepcji oraz stabilności statycznej. Doktorantka wskazała m.in. na związki między miarami stabilności statycznej a wybranymi wskaźnikami stabilności dynamicznej w płaszczyźnie strzałkowej, jednocześnie podkreślając ich ograniczony charakter oraz zależność od warunków pomiaru i przyjętej konfiguracji testu (np. różnice obserwowane dla ustawienia kąta 90°). Przedstawiony w pracy sposób prowadzenia dyskusji tj. od wykazania różnic między grupami, poprzez próbę wyjaśnienia ich uwarunkowań, aż po odniesienie do funkcji kończyny, jest zgodny z aktualnymi doniesieniami. Zgonie z nimi klinicznie uzyskana stabilność kończyny dolnej nie musi przekładać się na pełną normalizację wzorców obciążenia i sterowania ruchem, a zaburzenia kontroli nerwowo-mięśniowej mogą utrzymywać się po rekonstrukcji ACL, szczególnie w zadaniach o większych wymaganiach dynamicznych.

Taka konstrukcja logiczna pracy, prowadząca od przeglądu stanu wiedzy i sformułowania celów, przez szczegółowo opisaną wielopłaszczyznową metodykę oceny biomechanicznej, po prezentację wyników i ich dyskusję w odniesieniu do zastosowanych technik leczenia operacyjnego, nadaje rozprawie przejrzysty ciąg postępowania badawczego i wpisuje się w aktualne kierunki badań, które ukierunkowane są na obiektywizację oceny funkcjonalnej oraz standaryzację kryteriów powrotu do aktywności po leczeniu więzadła ACL.

Recenzowana rozprawa zdecydowanie mieści się w dyscyplinie naukowej inżynieria biomedyczna a podjętą w niej problematykę można zaliczyć do istotnego nurtu rozwoju współczesnej bioinżynierii w tym szczególnie w zakresie rehabilitacji.

2. OCENA MERYTORYCZNA ROZPRAWY

W przedstawionej do recenzji rozprawie Doktorantka zaproponowała spójne i aplikacyjnie istotne podejście do oceny efektów chirurgicznego odtworzenia więzadła krzyżowego przedniego (ACL), oparte na eksperymentalnej i wielowymiarowej analizie biomechanicznej stawu kolanowego. Wybór podjętej problematyki jest w pełni uzasadniony na tle aktualnego stanu wiedzy, w którym naprawa ACL z augmentacją (suture-tape/„internal

brace”) jest wskazywana jako rozwiązanie o dużej perspektywie rozwojowej, aczkolwiek obarczoną istotną zmiennością uzyskiwanych wyników co uzasadnia potrzebę dalszych, rzetelnie zaprojektowanych badań porównawczych.

Na podstawie analizy stanu wiedzy Doktorantka sformułowała cel pracy jako *biomechaniczną analizę stawu kolanowego po chirurgicznym odtworzeniu więzadła krzyżowego przedniego*, ze szczególnym uwzględnieniem oceny kinematyki i stabilności dynamicznej w wybranych zadaniach ruchowych, identyfikacji zmian adaptacyjnych po zabiegu oraz określenia wpływu zastosowanego leczenia chirurgicznego na uzyskane parametry biomechaniczne. Jak już wcześniej wspomniałam tak określony cel badawczy pozostaje zgodny z aktualnymi kierunkami rozwoju oceny funkcjonalnej po leczeniu ACL, w których podkreśla się konieczność obiektywizacji kryteriów powrotu do aktywności i ograniczania ryzyka wtórnych urazów poprzez decyzje oparte na danych funkcjonalno-biomechanicznych, a nie wyłącznie na czasie od przebytego zabiegu operacyjnego.

Wobec tak postawionego problemu Autorka określiła zadania badawcze obejmujące m.in.: opracowanie metodyki eksperymentalnej i dobór narzędzi pomiarowych; wykonanie badań w trzech grupach (IB, ACLR, kontrolna) oraz analizę różnic międzygrupowych i interpretację wyników w kontekście mechanizmów stabilizacji oraz adaptacji nerwowo-mięśniowej.

Jednocześnie Pani magister Zalewska sformułowała dwie hipotezy badawcze:

1. U pacjentów po chirurgicznym odtworzeniu więzadła krzyżowego przedniego dochodzi do zmian adaptacyjnych obejmujących kinematykę ruchu obu kończyn dolnych oraz aktywność mięśni działających w rejonie stawów kolanowych.
2. Chirurgiczne odtworzenie więzadła krzyżowego przedniego poprzez jego naprawę metodą *InternalBrace™* nie zapewnia poprawy warunków biomechanicznych funkcjonowania stawu kolanowego w porównaniu do rekonstrukcji z wykorzystaniem przeszczepu.

Do najważniejszych osiągnięć rozprawy chciałabym zaliczyć:

- opracowanie i konsekwentne wykorzystanie metodyki eksperymentalnej umożliwiającej równoczesną ocenę kinematyki, kinetyki oraz aktywności mięśni w zadaniach o zróżnicowanych wymaganiach funkcjonalnych;
- przeprowadzenie analizy porównawczej wpływu dwóch zróżnicowanych technik operacyjnych leczenia uszkodzeń (ACLR vs *InternalBrace™*) na poprawę stabilności układu ruchu, w oparciu o obiektywne miary biomechaniczne, co ma szczególną wartość wobec wskazywanego w pracy niedostatku danych eksperymentalnych dotyczących pracy mięśni i propriocepcji szczególnie po leczeniu metodą *InternalBrace™*;
- integracja oceny stabilności statycznej i dynamicznej stawu kolanowego (pomiar rolimetrem oraz analiza zadań dynamicznych) umożliwia szerszą interpretację stabilności, obejmującą zarówno przemieszczenia, jak i kontrolę obciążenia oraz strategii mięśniowych;
- przejrzyste decyzje metodyczne w przetwarzaniu sygnałów, w tym uzasadnione zastosowanie normalizacji EMG opartej o zadanie dynamiczne zamiast MVC, istotne z punktu widzenia bezpieczeństwa i wykonalności u osób po zabiegu operacyjnym;

- praktyczny potencjał zrealizowanych badań i wysuniętych na ich podstawie wniosków, odnoszących się do modyfikacji procesu rehabilitacji oraz do uwarunkowań doboru metody operacyjnej, co zwiększa praktyczną użyteczność pracy dla środowiska klinicznego;
- umiejętne wykorzystanie różnych metod badawczych i analitycznych, w celu realizacji postawionych zadań badawczych;
- wyraźnie sformułowany cel badawczy oraz konsekwentnie rozwiązane zadania szczegółowe.

Jednocześnie należy odnieść się do postawionych przez Autorkę hipotez badawczych. W nawiązaniu do hipotezy pierwszej Autorka w podsumowaniu rozprawy jednoznacznie stwierdza, że hipoteza ta „znajduje pełne potwierdzenie”. Wskazuje przy tym na występowanie zmian zarówno w kinematyce ruchu, jak i w aktywności mięśni, dotyczących obu kończyn dolnych (operowanej i nieoperowanej), co interpretuje jako przejaw adaptacji całego układu ruchu do następstw urazu oraz leczenia chirurgicznego.

Natomiast w odniesieniu do hipotezy drugiej, to została ona potwierdzona tylko częściowo. Doktorantka wskazuje, że w zakresie parametrów kinematycznych oraz aktywności mięśni wyniki grupy po naprawie InternalBrace™ były często bardziej zbliżone do grupy kontrolnej niż wyniki po ACLR, co przemawia na korzyść naprawy w wymiarze funkcjonalnym. Jednocześnie w grupie InternalBrace™ obserwowano również różnice w wybranych parametrach biomechanicznych, przy czym nie osiągały one, w wielu przypadkach, istotności statystycznej pomiędzy grupami operowanymi. W efekcie Autorka podsumowuje, że obie metody mają mocne i słabe strony, a pierwotne sformułowanie hipotezy 2 okazało się „zbyt radykalne”. Takie podejście, świadczy o umiejętności krytycznej oceny uzyskanych wyników i dojrzałości naukowej Pani magister Zalewskiej.

Podsumowując, oceniana rozprawa zawiera istotne aspekty poznawcze i aplikacyjne. Doktorantka wpisuje się w aktualny nurt badań ukierunkowanych na obiektywizację oceny funkcjonalnej po operacyjnym leczeniu więzadła ACL oraz weryfikację wskazań i ograniczeń pierwotnej naprawy z augmentacją, dla której wyniki badań pozostają niejednoznaczne, a potrzeba dalszych, wysokiej jakości analiz porównawczych jest szeroko akcentowana w literaturze. Co więcej, koncentracja na parametrach biomechaniki chodu oraz zadaniach dynamicznych odpowiada obszarom, w których wielokrotnie wykazywano utrzymywanie się zmian w wzorcach obciążenia i mechanice ruchu po ACLR, istotnych z perspektywy długoterminowej funkcji stawu kolanowego.

3. UWAGI KRYTYCZNE I DYSKUSYJNE

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

1. Czy Autorka spodziewałaby się podobnego profilu różnic (IB vs ACLR vs kontrola) w grupie pacjentów starszych (np. 45÷55+), w której zazwyczaj poziom aktywności i kondycja fizyczna są przeciętnie niższe, a obciążenia stawu kolanowego częściej wynikają ze zmian zwyrodnieniowych? Czy uzyskane wyniki nie są w części

konsekwencją lepszego wytrenowania i wyższej sprawności badanych grup, a nie samej metody operacyjnej?

2. Przyjęty schemat, czyli realizacja badania ≥ 12 miesięcy po operacji i w jednej sesji pomiarowej, ogranicza możliwość wnioskowania o dynamice zmian oraz o ewentualnych przyczynach obserwowanych adaptacji. Jaki wpływ miał program zastosowanej rehabilitacji tych pacjentów i czy był taki sam w obu zastosowanych technikach operacyjnych?
3. Przejrzyste decyzje metodyczne w przetwarzaniu sygnałów, w tym uzasadnione zastosowanie normalizacji EMG opartej o zadanie dynamiczne zamiast MVC, należy ocenić pozytywnie z punktu widzenia bezpieczeństwa i realizacji zadań fizycznych u osób po zabiegu operacyjnym. Jednocześnie wybór ten wywołuje określone ograniczenia interpretacyjne: amplitudy EMG znormalizowane zadaniowo są silniej zależne od sposobu wykonania zadania i mogą ograniczać bezpośrednią porównywalność międzyosobniczą i międzygrupową, co powinno być wyraźnie uwzględniane przy formułowaniu wniosków o różnicach „poziomu aktywacji”.
4. W grupach IB i ACLR analizowano kończynę operowaną i nieoperowaną osobno (IB-op, IB-nop, ACLR-op, ACLR-nop), natomiast w grupie kontrolnej uśredniano obie kończyny. Takie ujęcie może prowadzić do niespójności struktury danych (kontrola „jedna obserwacja na osobę”, grupy operowane „dwie obserwacje na osobę”) oraz do ryzyka naruszenia założenia niezależności, jeśli kończyny (op i nieop) traktowane są jak niezależne jednostki w klasycznych testach międzygrupowych.
5. Korelacja Pearsona opisuje zależność liniową i jest wrażliwa na obserwacje odstające, natomiast część parametrów biomechanicznych i EMG może mieć rozkłady skośne lub zawierać wartości skrajne. Z tego względu warto doprecyzować czy sprawdzono spełnienie założeń (liniowość, brak istotnych outlierów), a w przypadkach wątpliwych rozważyć analizę uzupełniającą z użyciem korelacji rang Spearmana lub metod bardziej odpornych, aby potwierdzić stabilność wniosków o relacjach pomiędzy wskaźnikami.

Przedstawione uwagi w niczym nie umniejszają pozytywnej oceny merytorycznej recenzowanej rozprawy doktorskiej.

6. WNIOSEK KOŃCOWY

Podsumowując należy stwierdzić, że przedstawiona do oceny rozprawa zawiera cenne aspekty poznawcze i aplikacyjne w dyscyplinie inżynieria biomedyczna. Praca została wykonana poprawnie, a jej cel podstawowy został zrealizowany poprzez opracowanie i konsekwentne zastosowanie metodyki obiektywnej oceny biomechanicznej stawu kolanowego po chirurgicznym odtworzeniu więzadła krzyżowego przedniego ACL, obejmującej komplementarne analizy kinematyki i kinetyki ruchu oraz aktywności mięśniowej, uzupełnione o elementy oceny stabilności i funkcji. Szczególną wartością rozprawy jest porównawcze ujęcie dwóch podejść operacyjnych, co pozwala na krytyczne odniesienie uzyskanych wyników do aktualnego stanu badań, w którym rozwiązania typu „internal brace” są intensywnie analizowane, jednak wnioski porównawcze pozostają niejednoznaczne i wymagają dalszych, wysokiej jakości badań.

Rozprawa, stanowiąc oryginalne i spójne rozwiązanie postawionego zadania badawczego, wnosi autorski wkład do biomechanicznej oceny efektów leczenia ACL, istotnej

zarówno dla optymalizacji postępowania rehabilitacyjnego, jak i dla doskonalenia kryteriów oceny funkcjonalnej po zabiegach chirurgicznych. Dobór technik badawczych oraz umiejętne posługiwanie się nimi wskazują na bardzo dobre przygotowanie Doktorantki do samodzielnego prowadzenia badań z wykorzystaniem nowoczesnych narzędzi pomiarowych i analitycznych.

Biorąc pod uwagę przedstawiony do zaopiniowania materiał, wagę podjętego zagadnienia oraz potwierdzone kompetencje badawcze Pani mgr. inż. Pauliny Zalewskiej, uważam, że przedłożona rozprawa może stanowić podstawę do rozpatrzenia wniosku o nadanie Doktorantce stopnia doktora w dyscyplinie inżynieria biomedyczna. Wobec spełnienia wymogów określonych w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tekst jednolity: Dz.U. 2024 poz. 1571, z późn. zm.) wnoszę o dopuszczenie Doktorantki do publicznej obrony opiniowanej rozprawy.



Prof. dr hab. inż. Celina Pezowicz
Wydział Mechaniczny
Politechnika Wrocławska
ul. Łukasiewicza 7/9
50-371 Wrocław

Wrocław, 24.01.2026 r.

Wniosek o wyróżnienie

rozprawy doktorskiej mgr inż. Pauliny Zalewskiej „*Biomechaniczna ocena stawu kolanowego po chirurgicznym odtworzeniu więzadła krzyżowego przedniego*”

Promotor: dr hab. inż. Szczepan Piszczatowski, prof. PB

Promotor pomocniczy: dr n. med. Tomasz Guszczyn

Biorąc pod uwagę poziom merytoryczny dysertacji, interdyscyplinarny charakter pracy na styku biomechaniki, praktyki klinicznej i rehabilitacyjnej oraz jej wyraźny wymiar aplikacyjny, wnioskuję o wyróżnienie rozprawy. Przedstawiona przez Panią mgr. inż. Zalewską praca doktorska opiera się na kompleksowej, szerokiej i wielomodalnej analizie doświadczalnej integrującej pomiary kinematyczne, kinetyczne i neuromięśniowe, co jest zgodne z rekomendowanym w literaturze podejściem wielokryterialnym w ocenie funkcji kończyny dolnej po operacyjnym leczeniu więzadła krzyżowego przedniego. Uzyskane wyniki mają wyraźny potencjał praktyczny, zwłaszcza w kontekście obiektywizacji oceny funkcjonalnej oraz dyskusji nad wskazaniami i ograniczeniami naprawy więzadła ACL z augmentacją. Dodatkowo na podkreślenie zasługuje staranność opracowania, dbałość o język naukowy oraz klarowność wyводу przedstawionego przez Autorkę. Moją rekomendację wzmacnia udokumentowana aktywność publikacyjna Doktorantki, w tym współautorstwo w dwóch artykułach naukowych powiązanych z tematyką rozprawy, co potwierdza jej dojrzałość badawczą oraz zdolność do prowadzenia i upowszechniania wyników badań.

