

Gdańsk, dnia 12 maja 2026

prof. dr hab. Wiesław Jerzy Cubala

Klinika Psychiatrii Dorosłych

Katedra Psychiatrii

Gdański Uniwersytet Medyczny

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Karola Kołodziejskiego

*pt. Markery zmian patologicznych w tkankach na podstawie relaksacji Magnetycznego
Rezonansu Jądrowego w niskim polu.*

Promotor: prof. dr hab. Danuta Teresa Kruk

Promotor: prof. dr hab. n. med. Jerzy Stanisław Gielecki

Niniejszą recenzję sporządziłem po otrzymaniu pisma Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Medyczne Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie o powołaniu mnie na podstawie art. 190 ust. 3 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U. 2018 poz. 1668 z późn. zm.) na recenzenta w/w rozprawy doktorskiej przez Radę Naukową Dyscypliny Nauki Medyczne Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie.

Przedłożona do oceny dysertacja dotyczy problematyki o wyraźnie interdyscyplinarnym charakterze, sytuującej się na styku nauk medycznych, biofizyki oraz nowoczesnych metod analizy właściwości tkanek biologicznych. Doktorant podejmuje zagadnienie możliwości wykorzystania relaksometrii Magnetycznego Rezonansu Jądrowego w niskim polu do identyfikacji markerów zmian patologicznych w tkankach, ze szczególnym uwzględnieniem tkanek jelita grubego, endometrium oraz płuc.

Problematyka ta jest aktualna i w pełni uzasadniona zarówno z poznawczego, jak i aplikacyjnego punktu widzenia. Nowotwory pozostają jednym z najważniejszych wyzwań współczesnej medycyny, a rozwój metod diagnostycznych umożliwiających precyzyjniejsze różnicowanie tkanek patologicznych od referencyjnych ma istotne znaczenie kliniczne. Doktorant trafnie wskazuje, że chociaż klasyczne obrazowanie MRI oparte na wysokich polach magnetycznych stanowi podstawowe narzędzie diagnostyczne, to techniki niskopolowe, w tym Fast Field Cycling NMR, mogą dostarczać dodatkowych informacji o dynamice molekularnej wody i makromolekuł w tkankach, a tym samym stanowić potencjalne źródło nowych biomarkerów. W tym sensie rozprawa wpisuje się w ważny nurt badań translacyjnych, łączących metodologię nauk podstawowych z potrzebami współczesnej diagnostyki medycznej.

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska ma formę cyklu trzech, spójnych tematycznie prac pełnotekstowych, opublikowanych w recenzowanych czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym. Łączny współczynnik Impact Factor dla cyklu wynosi 10,3, zaś łączna punktacja MNiSW 320 punktów. Prace stanowiące rozprawę obejmują: publikację poświęconą markerom cech relaksacyjnych tkanek w niskim polu, pracę dotyczącą ujawniania i modelowania procesów relaksacyjnych w tkankach raka endometrium oraz publikację analizującą procesy relaksacji protonowej w tkankach płuc w niskich polach magnetycznych. Konstrukcja rozprawy w formie cyklu publikacji jest logiczna, nowoczesna i w pełni uzasadniona charakterem prowadzonych badań.

Omówienie cyklu ma układ klasyczny i obejmuje streszczenia w języku polskim i angielskim, wstęp, cele i zakres badań, materiał i metody, wyniki, dyskusję, podsumowanie i wnioski, spis literatury, kopie publikacji oraz oświadczenia współautorów. Na uwagę zasługuje również prawidłowe przedstawienie informacji o finansowaniu badań, obejmującym zarówno środki projektu EU Horizon 2020 IDentIFY, jak i grant Narodowego Centrum Nauki OPUS 22. Układ pracy jest przejrzysty, a jej struktura pozwala na łatwe śledzenie kolejnych etapów rozumowania badawczego Doktoranta.

Doktorant jasno sformułował cel główny pracy, którym było poszerzenie informacji uzyskiwanej za pomocą obrazowania rezonansu magnetycznego przez analizę dynamiki molekuł wody i makromolekuł w tkankach nowotworowych oraz tkankach niezmiennych patologicznie. Cele szczegółowe obejmowały zbadanie dynamiki wody i frakcji makromolekularnej w tkankach zmienionych i niezmiennych patologicznie przy użyciu zmiennych, niskich pól magnetycznych, opracowanie metodologii analizy danych pod kątem wyodrębniania markerów zmian patologicznych oraz identyfikację tych markerów. Sformułowane hipotezy badawcze dotyczące istnienia różnic we współczynnikach relaksacji między tkankami zmienionymi i niezmiennymi patologicznie, korelacji wyników eksperymentów MRJ z badaniami histopatologicznymi oraz możliwości wyodrębnienia markerów chorób nowotworowych są ambitne, a zarazem właściwie osadzone w aktualnym stanie wiedzy.

Na szczególne uznanie zasługuje dobór materiału badawczego i przyjęta metodyka. Doktorant objął analizą tkanki jelita grubego, endometrium oraz płuc, pobrane od pacjentów poddawanych leczeniu operacyjnemu, przy zachowaniu odpowiednich procedur bioetycznych. Badania wykonano przy użyciu relaksometrii MRJ w zmiennym polu magnetycznym, a w części eksperymentów również z zastosowaniem pomiarów przy jednej częstotliwości rezonansowej. Analizowano zarówno relaksację spin-sieć, jak i spin-spin, co pozwoliło na wielowymiarową charakterystykę właściwości relaksacyjnych badanych tkanek. Istotnym walorem rozprawy jest także rozwinięcie własnej strategii analitycznej, obejmującej wyodrębnienie parametrów traktowanych jako markery cech relaksacyjnych, takich jak parametr ξ , wykładnik potęgowy α oraz relacje pomiędzy składowymi relaksacji.

Uzyskane wyniki zostały przedstawione w sposób przejrzysty i uporządkowany. W części poświęconej tkankom jelita grubego Doktorant wykazał, że po odpowiednim przeskalowaniu danych najbardziej istotne różnice pomiędzy tkankami patologicznymi i referencyjnymi ujawniają się w zakresie niskich częstotliwości. Parametr ξ pozwolił na ilościowy opis tych różnic, natomiast analiza parametryczna danych wykazała, że największe odmienności dotyczą składników związanych z wolną dynamiką molekularną. Dodatkowo analiza pochodnych

krzywych relaksacji oraz porównanie stosunku szybkości relaksacji pomiędzy tkanką patologiczną i referencyjną pozwoliły wskazać zakresy częstotliwości o potencjalnie szczególnym znaczeniu diagnostycznym.

W badaniach nad tkankami endometrium Doktorant wykazał, że relaksacja spin-sieć ma charakter monoeksponencjalny, natomiast relaksacja spin-spin ma charakter dwueksponencjalny, co wskazuje na obecność co najmniej dwóch populacji protonów różniących się dynamiką molekularną. Parametr ξ oraz wykładnik α zostały z powodzeniem zastosowane do ilościowego opisu właściwości relaksacyjnych badanego materiału. Doktorant uzyskał również dodatkowe informacje dotyczące relacji pomiędzy składową szybką i wolną relaksacji poprzecznej, co stanowi wartościowe uzupełnienie interpretacji procesów zachodzących w tkankach nowotworowych.

W części poświęconej tkankom płuc wykazano, że opracowana metodyka może być zastosowana również do różnicowania tkanek referencyjnych i patologicznych w tej lokalizacji. Szczególnie istotne jest wykazanie względnie stabilnego stosunku szybkości relaksacji pomiędzy tkankami referencyjnymi i nowotworowymi, przy średniej wartości około 1,15, a także identyfikacja przypadków odstających, mogących odzwierciedlać różnice histologiczne poszczególnych typów nowotworu. Wyniki te wskazują, że proponowane podejście nie tylko umożliwia ilościowy opis zmian relaksacyjnych, ale także uwrażliwia na biologiczną heterogeniczność materiału nowotworowego.

Na podkreślenie zasługuje dyskusja wyników, w której Doktorant wykazuje się dojrzałością badawczą i ostrożnością interpretacyjną. Nie ogranicza się do prostego potwierdzenia przyjętych hipotez, lecz wskazuje również ograniczenia własnego badania, takie jak niewielkie liczebności grup, heterogeniczność materiału, współzmiennność parametrów modeli wieloskładnikowych czy wrażliwość niektórych wskaźników na wybór zakresu częstotliwości i sposób normalizacji. Takie podejście należy ocenić wysoko, gdyż świadczy o dobrym warsztacie naukowym i pozwala uniknąć nadinterpretacji rezultatów. Jednocześnie Doktorant

trafnie podkreśla translacyjny potencjał uzyskanych wyników oraz potrzebę ich dalszej walidacji na większych grupach materiału.

Rozprawa ma niewątpliwe walory poznawcze. Jej główna wartość polega na tym, że nie stanowi jedynie opisu zjawisk fizycznych zachodzących w materiale biologicznym, lecz podejmuje próbę zbudowania pomostu pomiędzy biofizyczną charakterystyką procesów relaksacyjnych a medyczną interpretacją zmian patologicznych. Doktorant proponuje zestaw prostych, powtarzalnych parametrów, które w przyszłości mogą znaleźć zastosowanie jako markery wspomagające różnicowanie tkanek. Cenne jest również to, że zaproponowane wskaźniki analizowane są w kilku typach materiału nowotworowego, co wzmacnia ogólny walor metodologiczny pracy.

Z obowiązku recenzenta wskazuję również kilka uwag krytycznych. Hipoteza dotycząca korelacji wyników relaksometrii z badaniami histopatologicznymi została w pracy zarysowana wyrażnie, jednak jej weryfikacja ma w przedstawionej rozprawie charakter bardziej pośredni niż bezpośredni. Ponadto uzyskane wyniki, choć interesujące i obiecujące, odnoszą się do stosunkowo niewielkich grup materiału i wymagają dalszej walidacji. Część sformułowań w pracy mogłaby również zostać stylistycznie dopracowana, a niektóre fragmenty wniosków sformułowane bardziej precyzyjnie. Są to jednak uwagi o charakterze redakcyjnym i metodologicznym, które nie podważają wartości merytorycznej dysertacji.

W końcowej ocenie jednoznacznie stwierdzam, iż rozprawa doktorska mgr inż. Karola Kołodziejkiego pt. Markery zmian patologicznych w tkankach na podstawie relaksacji Magnetycznego Rezonansu Jądrowego w niskim polu w pełni odpowiada warunkom określonym w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*. Doktorant wykazał się obszerną wiedzą teoretyczną w zakresie podjętej problematyki, umiejętnością samodzielnego planowania i prowadzenia badań, a także poprawną analizą i interpretacją uzyskanych wyników. Rezultaty pracy mają oryginalną wartość naukową oraz wyraźny potencjał translacyjny. Wnoszę zatem do Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Medyczne

Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie o dopuszczenie mgr inż. Karola Kołodziejского do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora.

Jednocześnie, biorąc pod uwagę nowatorstwo podjętej problematyki, spójność cyklu publikacji, wysoki poziom metodologiczny rozprawy oraz potencjał dalszego rozwoju przedstawionej koncepcji badawczej, wnioskuję do Wysokiej Rady o wyróżnienie rozprawy.

Wiesław J. Cubała

Gdańsk, dnia 12 maja 2026

prof. dr hab. Wiesław Jerzy Cubala
Klinika Psychiatrii Dorosłych
Katedra Psychiatrii
Gdański Uniwersytet Medyczny

prof. dr hab. n. med. Marcin Myćko
Przewodniczący
Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Medyczne
Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie

W odniesieniu do pisma 61.001.002.5201.7.2026 z dnia 09 lutego 2026 przesyłam ocenę rozprawy doktorskiej mgr inż. Karola Kołodziejskiego pt. *Markery zmian patologicznych w tkankach na podstawie relaksacji Magnetycznego Rezonansu Jądrowego w niskim polu.*