

30 kwiecień 2026 r., Kraków

dr hab. Renata Kopeć, prof. IFJ PAN
Instytut Fizyki Jądrowej PAN
ul. Radzikowskiego 152
31-342 Kraków

Recenzja pracy doktorskiej

mgr Kamila Kawonia

pod tytułem

„Spektroskopia molekularna i atomowa w badaniach wpływu diety ketogenicznej na rozwój blizny glejowej w modelu in vivo uszkodzenia mózgu”

przygotowanej pod kierunkiem:

Promotor rozprawy: dr hab. inż. Joanna Chwiej, prof. AGH
promotor pomocniczy dr inż. Agnieszka Drózdź

1. Podstawa opracowania

Recenzja została wykonana na zlecenie Rady Dyscypliny Nauki fizyczne Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie.

Podstawa prawna art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (z późn. zm.)

Opinia dotycząca przedmiotowej rozprawy doktorskiej zawiera trzy elementy:

- 1) Ocenę wraz z uzasadnieniem czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta w dyscyplinie nauki fizyczne;
- 2) Ocenę wraz z uzasadnieniem czy rozprawa doktorska wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Doktoranta ubiegającego się o nadanie stopnia doktora;
- 3) Ocenę wraz z uzasadnieniem czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

2. Charakterystyka i opis rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska ma formę cyklu publikacyjnego obejmującego trzy artykuły naukowe opublikowane w recenzowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym oraz jeden manuskrypt znajdujący się w trakcie procesu recenzyjnego. Publikacje te tworzą spójny program badawczy, którego celem jest zastosowanie metod spektroskopii molekularnej i atomowej do analizy zmian zachodzących w organizmie po urazowym uszkodzeniu mózgu (TBI), ze szczególnym uwzględnieniem wpływu diety ketogenicznej (KD) na proces formowania blizny gлевой.

Zakres badań obejmuje zarówno analizę zmian molekularnych w tkance mózgowej, związanych z procesem formowania blizny gлевой, jak i ocenę zmian w homeostazie pierwiastkowej wybranych narządów wewnętrznych. Prace wchodzące w skład rozprawy stanowią logicznie powiązany ciąg badań: od identyfikacji zmian biochemicznych w miejscu urazu, poprzez analizę ich dynamiki i zależności od czynników biologicznych, aż po ocenę systemowego wpływu diety ketogenicznej.

Do realizacji celów badawczych wykorzystano komplementarne techniki spektroskopowe, takie jak spektroskopia w podczerwieni (FTIRM), spektroskopia Ramana oraz metody fluorescencji rentgenowskiej (TXRF i SR-XRF), co umożliwiło analizę zarówno składu molekularnego, jak i dystrybucji pierwiastków w badanych próbkach. Istotnym elementem jest również uwzględnienie wpływu płci oraz analiza dynamiki zmian w czasie.

Część teoretyczna rozprawy została opracowana bardzo starannie i obejmuje zarówno podstawy fizyczne stosowanych metod spektroskopowych, jak i szczegółowe omówienie zagadnień biomedycznych, w tym patofizjologii urazowego uszkodzenia mózgu oraz mechanizmów działania diety ketogenicznej. Autor wykazuje bardzo dobrą znajomość literatury oraz umiejętność przedstawienia złożonych zagadnień interdyscyplinarnych.

Część eksperymentalna została przeprowadzona z wykorzystaniem modelu *in vivo* na zwierzętach laboratoryjnych, z uwzględnieniem istotnych zmiennych biologicznych, takich jak płeć oraz czas od urazu. Pozwoliło to na analizę dynamiki procesów zachodzących w organizmie w odpowiedzi na uszkodzenie mózgu oraz interwencję dietetyczną.

Najważniejsze wyniki pracy obejmują:

- identyfikację zmian w składzie biomolekularnym tkanki mózgowej w trakcie rozwoju blizny gлевой,
- wykazanie wpływu diety ketogenicznej na wybrane parametry molekularne (wykazano również zależność od płci),

- analizę zmian w dystrybucji pierwiastków (m.in. Ca, Fe, Cu) w czasie rozwoju urazu,
- wykazanie wpływu KD na homeostazę pierwiastkową narządów wewnętrznych.

Szczególnie istotnym osiągnięciem pracy jest powiązanie zmian obserwowanych w widmach spektroskopowych z procesami biochemicznymi zachodzącymi w tkance mózgowej po urazie. Warto podkreślić kompleksowość podejścia badawczego oraz umiejętność integracji danych uzyskanych różnymi technikami pomiarowymi.

3. Ocena spełnienia kryteriów ustawowych

3.1 Poziom wiedzy teoretycznej

Rozprawa prezentuje bardzo dobry poziom wiedzy teoretycznej w zakresie fizyki, w szczególności spektroskopii molekularnej i atomowej oraz nauk biomedycznych. Doktorant nie ogranicza się do opisu zastosowanych metod, lecz przedstawia ich podstawy fizyczne, mechanizmy oddziaływania promieniowania z materią oraz ograniczenia pomiarowe, co świadczy o dobrym zrozumieniu stosowanego warsztatu badawczego. Jednocześnie wykazuje się wiedzą w zagadnieniach biologicznych i medycznych, takich jak procesy związane z urazowym uszkodzeniem mózgu oraz mechanizmy działania diety ketogenicznej. Na szczególne podkreślenie zasługuje interdyscyplinarny charakter pracy i umiejętność łączenia wiedzy z różnych dziedzin oraz jej wykorzystania w interpretacji wyników eksperymentalnych.

3.2 Umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych

Autor rozprawy uczestniczył w planowaniu i realizacji złożonego eksperymentu *in vivo*, obejmującego model urazowego uszkodzenia mózgu, z uwzględnieniem wielu zmiennych biologicznych. Wykazał się umiejętnością doboru adekwatnych metod badawczych oraz ich komplementarnego wykorzystania. Na uwagę zasługuje poprawne przygotowanie materiału biologicznego, znajomość procedur pomiarowych oraz właściwe wykorzystanie technik spektroskopowych do analizy złożonych próbek biologicznych.

Istotnym elementem oceny samodzielności jest udział Doktoranta w publikacjach stanowiących podstawę rozprawy. Z przedstawionego materiału wynika, że Doktorant odegrał znaczącą rolę w realizacji badań eksperymentalnych, analizie danych oraz przygotowaniu publikacji. Całość wskazuje na umiejętność samodzielnego formułowania wniosków oraz krytycznej analizy wyników, co wskazuje na bardzo dobre przygotowanie Doktoranta do samodzielnego prowadzenia badań naukowych. Na uwagę zasługuje fakt, że Doktorant jest również współautorem kilku innych prac niewskazanych do oceny w ramach rozprawy.

3.3 Oryginalność rozwiązania problemu naukowego

Rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego poprzez interdyscyplinarne podejście do badania wpływu diety ketogenicznej na proces formowania się blizny głejowej po urazowym uszkodzeniu mózgu. Uzyskane wyniki dostarczają nowych informacji dotyczących roli diety ketogenicznej w modulowaniu procesów zachodzących w mózgu po urazie oraz wskazują potencjalne kierunki dalszych badań. Nowość pracy polega na połączeniu zaawansowanych metod spektroskopowych z analizą biologiczną tego procesu, co umożliwiło jednoczesne śledzenie zmian molekularnych i pierwiastkowych.

O oryginalności i wysokiej jakości uzyskanych rezultatów oraz ich znaczeniu dla międzynarodowego środowiska naukowego świadczy publikacja wyników w prestiżowych czasopismach o zasięgu międzynarodowym. Na szczególne podkreślenie zasługuje to, że wyniki badań zostały opublikowane w czasopismach naukowych, takich jak *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* (IF: 4,6) oraz *Scientific Reports* (IF: 3,9), co potwierdza ich wartość i aktualność podejmowanej problematyki.

4. Uwagi krytyczne

W aspekcie redakcyjnym praca została przygotowana bardzo starannie. Język rozprawy jest adekwatny do charakteru pracy naukowej. Niektóre z opisów metodologicznych można byłoby wręcz skrócić bez utraty wartości merytorycznej. W niektórych fragmentach można odnieść wrażenie zaburzenia proporcji między częścią metodologiczną a dyskusją wyników.

W recenzji chciałabym wskazać kilka kwestii wymagających pogłębienia. W pracy w ograniczonym zakresie przedstawiono potencjalne implikacje kliniczne uzyskanych wyników. Bardziej rozbudowana dyskusja dotycząca możliwości zastosowania rezultatów do badań klinicznych, w szczególności w kontekście diety ketogenicznej w terapii urazowego uszkodzenia mózgu (TBI), zwiększyłaby wartość pracy. Ponadto, zastosowany model zwierzęcy, choć uzasadniony i powszechnie stosowany, posiada naturalne ograniczenia. W pracy brakuje analizy możliwości przenoszalności uzyskanych wyników na organizm człowieka.

Wskazane byłoby również bardziej szczegółowe omówienie niepewności pomiarowych oraz powtarzalności uzyskiwanych wyników, zwłaszcza w analizach ilościowych.

W związku z powyższym zwracam się do Doktoranta z prośbą o odniesienie się podczas obrony do następujących kwestii:

- Jakie są potencjalne różnice między modelem zwierzęcym a organizmem człowieka?
- Jakie są możliwości translacji wyników do badań klinicznych u ludzi oraz ich znaczenie terapeutyczne?
- Które z zaobserwowanych efektów diety ketogenicznej można uznać za korzystne, a które mogą stanowić efekt uboczny?
- Jak Autor ocenia ograniczenia zastosowanych metod spektroskopowych?

Uwagi te nie obniżają ogólnej wysokiej oceny rozprawy, lecz mają na celu doprecyzowanie interpretacji wyników oraz wskazanie kierunków dalszych badań.

5. Wniosek końcowy

Podsumowując stwierdzam, że recenzowana rozprawa spełnia wymagania określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (z późn.zm.) i wnioskuję o jej dopuszczenie do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne.

Biorąc pod uwagę wkład wniesiony przez Doktoranta w badania opisane w rozprawie do rozwoju fizyki, a w szczególności wyniki i analizę tematu opublikowane w prestiżowych czasopismach zaliczam rozprawę do kategorii wybitnie dobrej i zasługującej na wyróżnienie. Tym samym wnioskuję o uznanie rozprawy doktorskiej pana mgr Kamila Kawonia za wyróżniającą się.