



UNIWERSYTET
MIKOŁAJA KOPERNIKA
W TORUNIU

Wydział Lekarski
Collegium Medicum w Bydgoszczy

Katedra Chorób Oczu

Szpital Uniwersytecki nr 1 im. dr. A. Jurasza
ul. M. Curie Skłodowskiej 9, 85-094 Bydgoszcz
+48 52 585 45 20
b.kaluzny@cm.umk.pl

prof. dr hab. n. med. Bartłomiej J. Kałużny

Bydgoszcz, dnia 30.03.2026 r.

Szanowny Pan dr hab. Jacek Szczytko, prof. ucz.

Przewodniczący Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Fizyczne

Uniwersytet Warszawski

Szanowny Panie Profesorze,

W odpowiedzi na pismo z dnia 29.04.26 w sprawie oceny poprawionej rozprawy doktorskiej pana mgr. Tomasza Sulińskiego pragnę poinformować, że podtrzymuję swoją pozytywną opinię wyrażoną z recenzji z dnia 8.12.2025.



2 powtórzeń,

B. Kałużny
Kierownik
Katedry Chorób Oczu
prof. dr hab. Bartłomiej Kałużny



UNIWERSYTET
MIKOŁAJA KOPERNIKA
W TORUNIU

Wydział Lekarski
Collegium Medicum w Bydgoszczy

Katedra Chorób Oczu

Szpital Uniwersytecki nr 1 im. dr. A. Jurasza
ul. M. Curie Skłodowskiej 9, 85-094 Bydgoszcz
+48 52 585 40 33
b.kaluzny@cm.umk.pl

prof. dr hab. n. med. Bartłomiej J. Kałużny
Kierownik Katedry Chorób Oczu

Bydgoszcz, dnia 9.12.2025 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Tomasza Sulińskiego

pod tytułem:

„Badanie interakcji lipidów z powierzchnią i matrycą
silikonowo-hydrożelowych soczewek kontaktowych”

Rada Naukowa Dyscypliny Nauki Fizyczne Uniwersytetu Warszawskiego na posiedzeniu w dn. 15.09.2025 r. wyznaczyła mnie na recenzenta w postępowaniu doktorskim mgr. Tomasza Sulińskiego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie: nauki fizyczne. Podstawę prawną postępowania doktorskiego stanowi art. 192 ust. 2 i 3 oraz art. 221 ust. 14 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce oraz uchwała nr 157 Senatu Uniwersytetu Warszawskiego z dnia 29 czerwca 2022 r. Badania były prowadzone w ramach Szkoły Doktorskiej Nauk Ścisłych i Przyrodniczych Uniwersytetu Warszawskiego. Przedłożona do oceny rozprawa doktorska nie zawiera istotnych podobieństw do wcześniej opublikowanych tekstów, co potwierdza załączony raport z badania Jednolitym Systemem Antyplagiatowym, który został zatwierdzony przez promotora.

Prawidłowe interakcje między łzami a materiałem, z którego jest wykonana soczewka kontaktowa są kluczowe dla komfortu i bezpieczeństwa stosowania tej metody korekcji wad wzroku. Film łzowy jest ma złożoną strukturę, a jego zewnętrzna warstwa, zbudowana głównie z lipidów, odgrywa istotną rolę w utrzymywaniu objętości i stabilności łez na powierzchni rogówki. Współcześnie, najczęściej wykorzystywaną do produkcji soczewek kontaktowych grupą materiałów są silikon-hydrożele (Si-Hy). Wprowadzenie soczewki kontaktowej do worka spojówkowego prowadzi do rozdzielenia filmu łzowego na dwie części: przedsoczewkową i zasoczewkową. Równocześnie dochodzi do natychmiastowej, złożonej interakcji pomiędzy łzami a powierzchnią i



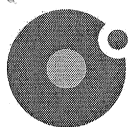
materiałem soczewki. Procesy te nie zostały do końca poznane. Nie dysponujemy wystandaryzowanymi metodami oceny zjawiska tworzenia się osadów lipidowych na powierzchni i wewnątrz materiałów Si-Hy. Ponadto, nadal trwają badania nad wpływem łez na zmianę właściwości fizykochemiczne samych soczewek, w tym zawartości wody. Biorąc pod uwagę powyższe, uważam, że wybór tematu rozprawy jest trafny, a uzyskane wyniki mogą przełożyć się na praktykę kliniczną oraz mają potencjalne zastosowanie przemysłowe.

Przedłożona do oceny rozprawa liczy 151 stron, zawiera 5 zasadniczych rozdziałów tematycznych, posiadających typowy układ dla rozprawy doktorskiej. Praca jest dobrze ilustrowana za pomocą 48 rycin, zawiera 20 tabel, a spis piśmiennictwa liczy 290 pozycji.

Rozprawę doktorską rozpoczynają prawidłowo przygotowane streszczenia w języku polskim i angielskim. Następnie znajdziemy szczegółowy spis treści oraz spis najważniejszych skrótów i symboli. Przed zasadniczą częścią rozprawy znajduje się lista publikacji naukowych mgr. Tomasza Sulińskiego. Wymieniono 10 prac, w których doktorant jest pierwszym autorem. Na podkreślenie zasługuje fakt, że 2 z opublikowanych prac związane są z tematyką rozprawy, a 3 kolejne zostały złożone do publikacji w wysoko punktowanych czasopismach.

W krótkim wprowadzeniu autor przedstawia główny cel rozprawy, którym jest pogłębienie wiedzy na temat interakcji lipidów z materiałami Si-Hy stosowanymi do produkcji miękkich soczewek kontaktowych. Doktorant sformułował trzy szczegółowe hipotezy badawcze:

1. Fluorescencyjna mikroskopia konfokalna, wraz z zastosowaniem metody wirującego dysku Yokogawy, przy zastosowaniu odpowiednio dobranych znaczników lipidowych, pozwala na rejestrację momentu inicjacji adsorpcji lipidów na powierzchni soczewki Si-Hy oraz śledzenie ich penetracji do wnętrza materiału w czasie rzeczywistym, co umożliwia identyfikację różnic w mechanizmie osadzania się lipidów pomiędzy różnymi rodzajami materiałów Si-Hy.
2. Założenie soczewek Si-Hy powoduje statystycznie istotne zmiany grubości warstwy lipidowej filmu łzowego (z ang. Lipid Layer Thickness, LLT), w porównaniu do wartości wyjściowych, a skala tego efektu zależy od właściwości materiałowych soczewek.



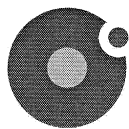
3. Obecność osadów lipidowych na soczewkach Si-Hy prowadzi do istotnego zmniejszenia równowagowej zawartości wody (z ang. Equilibrium Water Content) EWC w materiale.

Cele szczegółowe rozprawy zostały sformułowane jasno i precyzyjnie. Pozostają aktualne w świetle dotychczasowego stanu nauki, a ich realizacja stwarza możliwość poszarzenia obecnego stanu wiedzy.

Obszerny wstęp, obejmujący 58 stron, stanowi dobre wprowadzenie do tematu badań. Zapoznaje czytelnika z aktualnym stanem wiedzy na temat miękkich soczewek kontaktowych oraz zagadnień związanych z fizjologią i patofizjologią ich użytkowania. Ciekawie została przedstawiona aktualna wiedza na temat wpływu soczewek na powierzchnię oka i film łzowy, oraz wpływu użytkowania soczewek na ich właściwości. Szczególnie dokładnie opisano kwestie związane z tworzeniem się osadów lipidowych na i wewnątrz soczewek kontaktowych si-hy. W podsumowaniu wstępu znajdziemy interesującą tabelę, która zbiera stosowane dotychczas metody oceny lipidów na soczewkach kontaktowych. Mimo, że w literaturze znajdziemy kilkadziesiąt publikacji z tego zakresu autor stwierdza, że istnieje wiele niewyjaśnionych aspektów interakcji lipidów z materiałami Si-Hy, które wymagają dalszych badań.

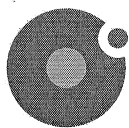
Zasadnicza część rozprawy została podzielona na trzy, w dużej mierze niezależne części. Dla każdej z nich znajdziemy osobne podrozdziały przedstawiające materiał, metodykę, wyniki, dyskusję i wnioski. Wszystkie przedstawione badania mają charakter prospektywny i zostały prawidłowo zaprojektowane.

Pierwszy temat, zatytułowany „Fluorescencyjna mikroskopia konfokalna jako narzędzie badania interakcji lipidów z soczewkami Si-Hy” został dodatkowo podzielony na 3 podpadania. W pierwszym zbadano charakterystykę odbicia światła na powierzchni 5 różnych soczewek Si-Hy w mikroskopii konfokalnej. Metodyka badania jest przedstawiona bardzo szczegółowo, nie znalazłem jednak informacji czy pomiary poszczególnych próbek były wykonywane wielokrotnie i czy próbę stanowił ten sam zestaw 5 soczewek. Niemniej, uzyskane wyniki potwierdzają w sposób jakościowy, że mikroskopia konfokalna w trybie odbiciowym jest skutecznym, szybkim i niedestrukcyjnym narzędziem do identyfikacji różnic w powierzchniowych właściwościach optycznych soczewek Si-H. Drugie podbadanie podejmuje analizę osadów i dyfuzji cholesterolu w soczewkach kontaktowych



Si-Hy z wykorzystaniem fluorescencyjnej mikroskopii konfokalnej. W badaniu wykorzystano fluorescencyjnie oznakowany cholesterol (NBD-CHL). Doktorant zauważył i opisał ograniczenia przeprowadzonego eksperymentu, co świadczy o zdolności do krytycznego spojrzenia na uzyskane rezultaty. Badanie wykazało istnienie wzorców dyfuzji i osadzania lipidów na powierzchniach oraz wewnątrz materiałów różnych soczewek Si-Hy, wskazując na zmienność interakcji lipidów w zależności od rodzaju materiału soczewki. W trzecim podbadaniu zaproponowano nowatorską metodę obrazowania z wykorzystaniem mikroskopii konfokalnej z wirującym dyskiem (spinning disc), umożliwiającą rejestrację w czasie rzeczywistym procesów adhezji i transportu cholesterolu do wnętrza materiału, od momentu pierwszego kontaktu lipidu z soczewką. Przeanalizowano 10 soczewek kontaktowych, po dwie z każdego testowanego materiału. Autor udowodnił, że nowe podejście to daje możliwość monitorowania w czasie rzeczywistym interakcji pomiędzy agregatami lipidów a powierzchnią soczewki. Badanie stanowi jednak dowód słuszności koncepcji, a nie analizę ilościową tego zjawiska czy walidację metody.

Druga część pracy koncentruje się na wykazaniu, czy aplikacja soczewek Si-Hy powoduje zmianę grubości warstwy lipidowej filmu łzowego (LLT) oraz czy efekt ten zależy od właściwości materiałowych soczewek. Badanie zostało zatwierdzone przez Komisję Rektora Uniwersytetu Warszawskiego ds. etyki badań z udziałem ludzi. W badaniu wzięło udział ostatecznie 28 osób w wieku od 22 do 56 lat. Zastosowano odpowiednie kryteria włączenia i wyłączenia. W badaniu wykorzystano cztery różne soczewki kontaktowe, które zakładano w sposób losowy wśród uczestników. Zachowano zaślepienie względem uczestnika, ale nie wobec operatora urządzenia IDRA. Pewne wątpliwości może budzić wykorzystanie obu oczu każdego uczestnika. Jednak wobec przytoczonej przez autora międzyocznej zmienności parametrów filmu łzowego, takie podejście może być zaakceptowane. Zebrany materiał jest obszerny, wystarczający do analizy statystycznej, która statystyczna została przeprowadzona prawidłowo. Normalność rozkładu badanych parametrów sprawdzono za pomocą testu Shapiro-Wilka. W związku z brakiem normalności rozkładu danych zastosowano test nieparametryczny Wilcoxon. Wykorzystano również test korelacji rang Spearmana, test Friedmana, a dla niektórych parametrów obliczono współczynnik korelacji Pearsona. Wyniki Doktorant przedstawił wykorzystując tabele i wykresy. Znaczna część



danych statystycznych zawarta jest również w tekście. Wyniki zaprezentowane są w sposób przemyślany, uporządkowany i bardzo staranny. Zaprezentowane rezultaty pozwalają na realizację założonych celów badawczych. W rozdziale dyskusja uzyskane rezultaty zostały zestawione z danymi z piśmiennictwa. Tok prowadzenia dyskusji wskazuje na dobre przygotowanie merytoryczne Doktoranta. Ponadto pozwala pozytywnie ocenić zdolność autora do krytycznego spojrzenia na osiągnięte rezultaty. Autor udowodnił, że soczewki kontaktowe Si-Hy powodują wzrost LLT w ciągu pierwszych 5 minut po aplikacji. LTT może ulegać fluktuacjom po założeniu soczewek, a okres 5 minut może być niewystarczający do oceny dopasowania.

W trzeciej części Doktorant weryfikuje hipotezę o wpływie osadów lipidowych na równowagę zawartość wody (EWC) w soczewkach Si-Hy z wykorzystaniem innowacyjnego inkubatora odtwarzającego warunki fizjologiczne, w tym symulację mechanizmu mrugania. Należy podkreślić, że inkubator został indywidualnie zaprojektowany i wydrukowany w technologii 3D. W badaniu zastosowano trzy różne roztwory do inkubacji soczewek Si-Hy. Proces inkubacji partii soczewek kontaktowych został zaprojektowany tak, aby symulować tydzień noszenia soczewek w trybie dziennym. Przeprowadzono sześć cykli inkubacyjnych, w każdym inkubowano 64 soczewki tego samego typu. Badano soczewki wykonane z dwóch materiałów inkubowane w trzech różnych roztworach: soli fizjologicznej, sztucznym roztworze łzowym bez lipidów oraz z lipidami. Uzyskano znaczną ilość danych, które zostały przeanalizowane statystycznie w wykorzystaniem podobnej metodyki jak w drugiej części rozprawy. Prezentacja wyników nie budzi zastrzeżeń, a dyskusja jest przeprowadzona wnikliwie. Wnioski są prawidłowo sformułowane i zgodne z założeniami pracy. Autor dowiódł, że odkładanie się lipidów powoduje statystycznie istotne obniżenie EWC w Si-Hy soczewkach kontaktowych. Wykazał również istnienie różnic między poszczególnymi materiałami. Ponadto Doktorant analizuje aspekty kliniczne uzyskanych wyników oraz wykazuje się umiejętnością wskazywania dalszych, wynikających z pracy, tematów badawczych.

Pracę kończy obszerne podsumowanie, które nie jest prostym rozwinięciem streszczenia. Zawiera wnioski, które wypływają logicznie z całości rozprawy i odpowiadają celowi i założeniom pracy. Autor podkreśla, że praca ma częściowo charakter wdrożeniowy: opracowane metody pomiarowe



UNIWERSYTET
MIKOŁAJA KOPERNIKA
W TORUNIU

Wydział Lekarski
Collegium Medicum w Bydgoszczy

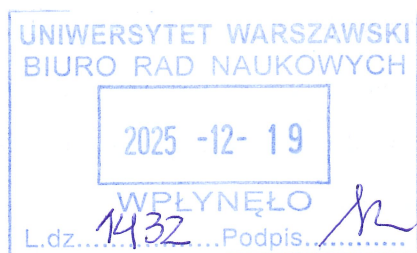
Katedra Chorób Oczu

Szpital Uniwersytecki nr 1 im. dr. A. Jurasza
ul. M. Curie Skłodowskiej 9, 85-094 Bydgoszcz
+48 52 585 40 33
b.kaluzny@cm.umk.pl

zostały zaprojektowane z myślą o ich bezpośrednim transferze do praktyki przemysłowej i klinicznej. Ważnym elementem rozprawy jest skonstruowanie inkubatora CLI, który w kontrolowanych warunkach umożliwia wielopróbkowe, powtarzalne eksperymenty.

Rozprawę charakteryzuje aktualne, dobrze dobrane i prawidłowo cytowane piśmiennictwo. Wykaz zawiera aż 290 pozycji literaturowych, głównie anglojęzycznych, jednak istotne dla tematyki prace polskich autorów nie zostały pominięte. Cała praca napisana jest poprawnym językiem, tworzy logiczną całość. Dostrzeżono tylko nieliczne błędy i niedociągnięcia edytorskie. Nie mają one jednak istotnego wpływu na merytoryczną ocenę pracy.

Podsumowując, Autor we wstępie dowiódł, że dysponuje należyłą wiedzą dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie: nauki fizyczne. Wykazał się przygotowaniem merytorycznym, starannością i dociekliwością badawczą. Ponadto udowodnił, że potrafi prawidłowo zaplanować, wykonać i opracować zamierzony problem badawczy. Praca stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i wzbogaca dotychczasową wiedzę na temat interakcji lipidów z powierzchnią i matrycą silikonowo-hydrożelowych soczewek kontaktowych. W moim przekonaniu oceniana rozprawa w pełni spełnia wymogi określone w art. 192 ust. 2 i 3 oraz art. 221 ust. 14 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. W oparciu te przesłanki mam przyjemność pozytywnie zaopiniować rozprawę i wnioskować o dopuszczenie mgr. Tomasza Sulińskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Kierownik
Katedry Chorób Oczu
prof. dr hab. Bartłomiej Kaluzny