

Prof. dr hab. Zofia Drzazga

Katowice, 14.01.2018

Recenzja
rozprawy doktorskiej pt. "Wpływ procesów starzeniowych na własności
odwzorowujące sztucznych soczewek wewnątrzgałkowych"
mgr inż. Malwiny Geniusz

Sztuczne soczewki są wykorzystywane w medycynie w operacyjnym leczeniu zaćmy (katarakty), która wraz ze starzejącym się społeczeństwem staje się współcześnie coraz większym problemem społecznym i gospodarczym. W przypadku występowania katarakty soczewka oka przestaje być transparentna, traci swoją funkcję przejerności co prowadzi do niedowidzenia. Zabieg chirurgiczny polega na usunięciu nieprzezierniej soczewki ocznej i zastąpieniu jej sztuczną soczewką wewnątrzgałkową. Jednakże sztuczne soczewki po wszczepieniu do oka są poddane działaniu różnych czynników w środowisku biologicznym prowadzących z czasem do ich degeneracji mniej lub więcej zaawansowanej. Dlatego zajęcie się w pracy doktorskiej analizą procesów starzeniowych i ich wpływu na własności odwzorowujące implantów soczewkowych uważam jak najbardziej za celowe

Praca składa się z części teoretycznej (2 pierwsze rozdziały), dobrze określonego celu pracy oraz 2 rozdziałów prezentujących wynik własnych badań zakończonych wnioskami. Wraz ze spisem literatury i innymi załącznikami (dorobek naukowy, załącznik z parametrami badanych soczewek, streszczenie rozprawy doktorskiej w języku polski i angielskim rozprawa) praca liczy 176 stron. Brakuje mi natomiast indeksu skrótów i oznaczeń użytych w pracy a to podniosłoby wartość pracy pod względem formalnym

W rozdziale pierwszym zostały opisane dysfunkcje wzroku spowodowane zaćmą oraz metody jej leczenia na przestrzeni wieków a właściwie jedynej skutecznej metody polegającej na zastąpieniu zmętniałej soczewki sztuczną soczewką. Następnie zostały omówione własności konstrukcyjne i materiałowe współczesnych sztucznych soczewek wewnątrzgałkowych. Rozdział drugi został poświęcony defektom w implantach, które tworzą się z czasem wskutek interakcji z tkankami oka jak również w warunkach *in vitro* poprzez

przebywanie w symulowanym środowisku cieczy wodnistej. Następnie przedstawiono czynniki wpływające na jakość widzenia u pacjentów po operacji usunięcia zaćmy.

Część badawcza obejmowała dwa rodzaje eksperymentów: pomiarowy i symulacyjny. Pierwszy typowo doświadczalny przedstawia wyniki pomiarów wraz z opisem metodologii stosowanej do oceny jakościowej i ilościowej zmian własności sztucznych soczewek wewnątrzgałkowych wskutek starzeniem się z czasem (rozdział 4). W oparciu o laboratoryjną metodę kontrolowanego starzenia implantów w ustalonej temperaturze w roztworze symulacyjnym cieczy wodnistej (opracowanej na potrzeby tej pracy) oszacowano zmiany mechaniczne i optyczne implantów wykorzystując różne techniki badawcze takie jak: obrazowanie mikroskopowe, koherentna tomografia optyczna, mikrotomografia komputerowa (ZEISS MERTROTOM 1500), profilometr (WYKO NYT2000), Mikroskop sił atomowych (AFM NtegraNT-MDT). Na uwagę zasługuje układ do pomiaru właściwości sprężystych części haptycznych, dla potrzeb którego przystosowano dwuszalkową wagę analityczną ze specjalnie zaprojektowanym kowadełkiem do pomiaru siły ściskającej oraz stworzono specjalny model numeryczny ściskania jednoosiowego soczewki w programie Ansys.

Badania przeprowadzono dla 15 soczewek wykonanych z PMMA firmy Croma oraz 2 soczewek hydrożelowych –Idea X-Celens. Ponadto częściowe pomiary wykonano dla 6 soczewek po ekstrakcji z oczu pacjentów, u których konieczna była reimplantacja z powodu znacznego pogorszenia się po operacji zaćmy w okresie od 5 miesięcy do 6 lat.

Wyniki badań wykazały, że starzenie soczewek powoduje ich degenerację: wzrasta liczba i rozmiar mikrowakuoli (analogia do zjawiska glisteningu), następuje zmiana profilu optycznego soczewki oraz jej chropowatości, przy czym są one najwyraźniejsze w pierwszych 3-4 etapach starzenia (odpowiednik lat) po czym zmiany się nasycają. Natomiast części haptyczne usztywniają się bezpośrednio po umieszczeniu w roztworze Hanks' BSS i dalej pozostają bez zmian. Wszystkie rozważane zmiany wpływały negatywnie na optyczny układ odwzorowujący IOL, który jest dokładnie rozważany w rozdziale 5.

Na początku rozdziału 5 zdefiniowane zostały podstawowe charakterystyki numeryczne takie jak: MTF_{50} , $MTF(30)$, $MTF(8)$, $SQRI$. Następnie doktorantka przedstawiła model numeryczny dla defektów występujących w sztucznych soczewkach wewnątrzgałkowych w wyniku starzenia się (podrozdział 5.2) w oparciu o model oka

Atchisona. Wzięto w nim pod uwagę mikrowakuole wewnątrz soczewek-glistening, złogi wapniowe oraz zmiany chropowatości. Do oceny jakości odwzorowania wykorzystano punktowa funkcję rozmycia (*PSF*) oraz funkcję przenoszenia kontrastu (*MTF*) analizowaną w dwóch przekrojach: tangencjalnym i sagitalnym.

Wprowadzenie złogów wapnia do modelu spowodowało spadek jakości odwzorowania we wszystkich analizowanych soczewkach, tylko nieco zależny od współczynnika załamania materiału soczewki i konstrukcji implantu. Wyniki symulacji numerycznych wykazały brak korelacji między parametrami *MTF* (jak również *SQRI*) a wartością transmitancji cząstek rozpraszających w warstwie złogów wapnia oraz lokalizacją warstw w soczewce. Zauważono natomiast wyraźny wpływ zagęszczenia molekuł w warstwie złogów na jakość odwzorowania.

W symulacjach uzyskano również obniżenie jakości obrazu z powodu obecności mikrowakuoli, które zależało od średnicy defektów i ich zagęszczenia zgodnie z obserwacjami klinicznymi. Natomiast, w ramach symulacji otrzymano, że zmiana chropowatości powierzchni sztucznej soczewki wywołana starzeniem implantów jest do pominięcia. Ten wynik wymaga jednak głębszego przemyślenia.

Jeśli chodzi o część symulacyjną pracy to brakuje mi w niej odniesienia się do literatury: czy wcześniej były wykonywane podobnego typu symulacje i jakie były ich wyniki.

W podrozdziale 5.4 opisano badania eksperymentalne mające na celu zweryfikowanie uzyskanych obliczeń numerycznych. Pomiary wykonano przy zastosowaniu optomechanicznego modelu oka. Dla soczewek poddanych sztuczemu procesowi starzenia w roztworze symulującym ciecz wodnistą otrzymano wyraźne pogorszenie jakości odwzorowania soczewek uwidaczniające się w obniżeniu wartości *MTF*, szczególnie dla niskich częstotliwości (rys. 5.31). Przedstawione pomiary eksperymentalne są w jakościowej zgodzie z obliczeniami numerycznymi.

Natomiast funkcje przenoszenia kontrastu wyznaczone na podstawie obrazu zarejestrowanego w optomechanicznym modelu oka dla soczewek po ekstrakcji z oka pacjenta w porównaniu z nowymi soczewkami wykazują przeciwne zachowanie. Przebiegi *MTF* zaprezentowane na rys. 5.32. dla soczewek po ekstrakcji leżą wyżej niż dla nowych, co wymaga bliższego wyjaśnienia.

Praca jest napisana zrozumiałym językiem, choć autorka nie ustrzegła się od drobnych błędów literowych oraz stylistycznych (np. nieściśły podpis na Tabelą 5.3). Mam też zastrzeżenia do prezentacji niektórych rysunków, szczególnie tych złożonych z kilku np. 5.22 – 5.26, gdzie niezręcznie wprowadzone oznaczenia A, B, C, D pod rysunkami w pewnej od nich odległości mogą być mylące dla czytelnika. Ponadto na rysunkach 4.51 - 4.52) brak oznakowania poszczególnych projektowanych elementów.

Pomimo uwag mogę stwierdzić, że Doktorantka zrealizowała cel swojej pracy doktorskiej, w ramach której przeprowadziła kompleksowe analizy zmian wywołanych procesami starzeniowymi zachodzącymi w sztucznych soczewkach wewnątrzgałkowych i oszacowała ich wpływ na degradację jakości obrazu siatkówkowego w zależności od rodzaju defektu.

Z dorobku naukowego dołączonego do pracy doktorskiej wynika, że zainteresowania mgr inż. Malwiny Geniusz już od lat studenckich dotyczyły zagadnień optyki widzenia. Doktorantka jest współautorką (zwykle pierwszą autorką) 5 publikacji w tematycznych czasopismach recenzowanych ale tylko jednej z *Impact Factorem* oraz kilkunastu artykułów pokonferencyjnych. Warto zaznaczyć, że Malwina Geniusz była 4-krotnie nagradzana za prezentacje na konferencjach naukowych, dwukrotnie była laureatką konkursu na stypendium naukowe, otrzymała też grant badawczy przyznawany przez Polskie Towarzystwo Optometrii i Optyki.

Generalnie uważam, że zaprezentowane w pracy wyniki badań doświadczalnych jak i symulacyjnych wnoszą nowe informacje na temat starzenia się IOL i mają aspekt aplikacyjny a mgr inż. Malwina Geniusz wykazała się odpowiednią wiedzą teoretyczną w danej dyscyplinie naukowej i umiejętnością prowadzenia prac doświadczalnych.

W konkluzji, mogę stwierdzić, że Kandydatka spełnia ustawowe wymogi stawiane osobom ubiegającym się o tytuł naukowy doktora zgodnie z ustawą z dnia 14.03.2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki ((Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późniejszymi zmianami, Dz.U.2016.0882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz.1311)) oraz z rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 30 października 2015 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności

w przewodach doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora. Wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Malwiny Geniusz do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Zapis Dariusz