

WYTYCZNE DO OCENY SKUTECZNOŚCI OPTYCZNYCH FILTRÓW OCHRONNYCH STOSOWANYCH PRZEZ OSOBY Z ZAIMPLEMENTOWANYMI SOCZEWKAMI WEWNĄTRZGAŁKOWYMI (IOLs)

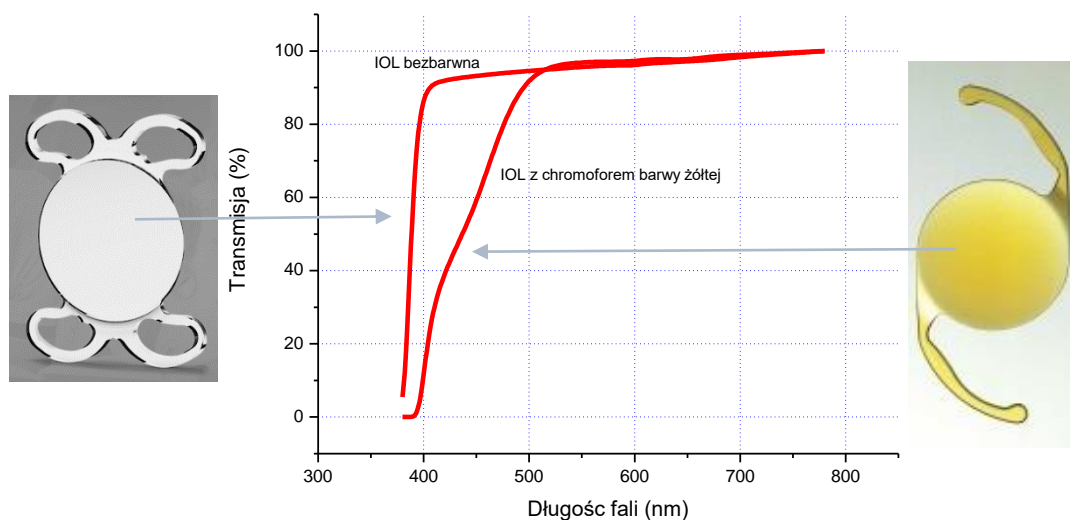
Niniejszy materiał informacyjny zawiera skrócony opis zagadnień związanych z podstawą konstrukcji i działania optycznych filtrów ochronnych, soczewek wewnątrzgałkowych oraz ich wpływu na wybrane funkcje widzenia, a także zalecenia dla osób z soczewkami wewnątrzgałkowymi stosującymi środki ochrony oczu. Materiał przeznaczony jest dla wszystkich osób z soczewkami wewnątrzgałkowymi, które stosują środki ochrony oczu.

Współcześnie wiele osób ma zaimplementowane sztuczne soczewki wewnątrzgałkowe IOLs (ang. *intraocular lens*). Są to osoby, które: poddały się chirurgicznej korekcji wad refrakcji, są po zabiegu usunięcia zaćmy lub takie, które utraciły naturalną soczewkę w wyniku urazu mechanicznego. Należy podkreślić, że rośnie liczba osób z zaimplementowanymi soczewkami IOLs, jak również zmniejsza się średnia wieku pacjentów, którzy poddawani są operacjom korekcji wad wzroku np. usunięcia zaćmy. Jest to duża grupa osób, czynnych zawodowo, dla których trzeba stworzyć bezpieczne warunki pracy wzrokowej.

Jeśli w oku zastąpimy naturalną soczewkę soczewką sztuczną wewnątrzgałkową) może zmienić się poziom ochrony na jakim optyczny filtr optyczny musi blokować szkodliwe promieniowanie optyczne, aby nie dotarło ono do siatkówki oka. Szczególnie barwa soczewek IOLs (żółte i pomarańczowe) może mieć potencjalny wpływ na zmianę właściwości ochronnych, co nie stanowiło dotąd przedmiotu badań. Barwa soczewki wewnątrzgałkowej może również powodować zmianę czułości rozpoznawania barw. Jest to taka funkcja widzenia, która jest bardzo istotna podczas wykonywania pracy wzrokowej (m.in. rozpoznawanie świateł sygnalizacyjnych i ostrzegawczych oraz obserwacja procesów technologicznych, itp.). O ile soczewki wewnątrzgałkowe praktycznie w całości blokują przepuszczanie niebezpiecznego dla struktur wewnątrzgałkowych (np. siatkówki) promieniowania nadfioletowego (UV)¹, co jest zbliżone do warunków jakie zapewnia naturalna soczewka krystaliczna człowieka, o tyle blokowanie przepuszczania światła w pewnym zakresie jej charakterystyki widmowej sprawia, że soczewka IOL znacząco różni się od soczewki naturalnej, jak również występują znaczące różnice w przepuszczaniu promieniowania optycznego (w tym światła) dla samych soczewek

¹ Owczarek G., Jurowski P.: „Zmiany transmisji promieniowania optycznego przez soczewki wewnątrzgałkowe eksplantowane z powodu zjawiska *glisteringu*”, Prace Instytutu Elektrotechniki 2012, zeszyt 255.

wewnątrzgałkowych². Na rysunku 1. przedstawiono wykresy obrazujące różnice w przepuszczaniu światła dla dwóch typowych, powszechnie stosowanych soczewek wewnątrzgałkowych z i bez chromoforu o barwie żółtej.



Rys. 1. Wykresy obrazujące różnice w przepuszczaniu światła dla dwóch typowych, powszechnie stosowanych soczewek wewnątrzgałkowych z i bez chromoforu o barwie żółtej [CIOP-PIB].

Z punktu widzenia technicznego wprowadzenie w strukturę materiału, z którego wykonywane są soczewki, barwników (chromoforów) ograniczających przepuszczanie światła z określonego zakresu widmowego może modyfikować przepuszczanie światła przez IOLs. Najczęściej wprowadzany jest chromofor żółty, czyli filtr barwy niebieskiej. Efektem tej modyfikacji, podobnie jak w przypadku filtrów lub soczewek stosowanych w okularach korekcyjnych są zmiany przepuszczania promieniowania optycznego.

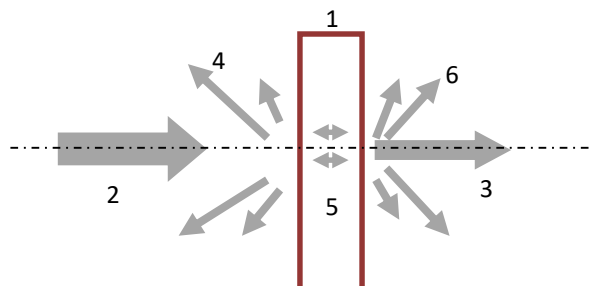
Optyczne filtry ochronne

Głównym zadaniem optycznych filtrów ochronnych jest stworzenie bariery dla szkodliwego promieniowania optycznego. Zatem zapewnienie takich warunków, aby do oka docierało promieniowanie wyłącznie w ilości nieprzekraczającej wartości maksymalnej dopuszczalnej ekspozycji (MDE)³, przy jednoczesnym zachowaniu transmisji światła na poziomie zakresu widmowego umożliwiającego komfortowe wykonywanie czynności przewidzianych na danym stanowisku pracy. Z drugiej strony optyczne filtry ochronne, jako element kompletnej konstrukcji środków ochron oczu, stanowią barierę dla oczu przeciw zagrożeniom mechanicznym, takim jak: uderzenia i odpryski ciał stałych, cząstek stopionego metalu, rozbryzgi ciekłych substancji chemicznych i biologicznych, a także

² G. Owczarek, G. Gralewicz, N. Skuza, P. Jurowski, "Light transmission through intraocular lenses with or without yellow chromophore (blue light filter) and its potential influence on functional vision at everyday environmental conditions", International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE), Vol. 22, no. 1, 2016, s. 66-70.

³ Dyrektywa 25/2006/WE w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na ryzyko spowodowane czynnikami fizycznymi (sztucznym promieniowaniem optycznym).

gazy lub pary mogące wywoływać podrażnienia lub urazy narządu wzroku. Zasadę działania optycznych filtrów ochronnych zilustrowano schematem przedstawionym na rysunku 2.



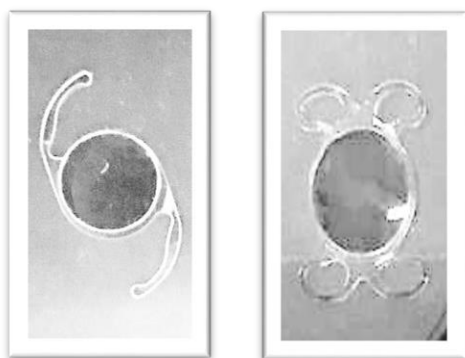
Rys. 2. Zasada działania optycznych filtrów ochronnych – schemat drogi wiązki promieniowania optycznego przechodzącej przez optyczny filtr ochronny. (1) – optyczny filtr ochronny, (2) – wiązka promieniowania optycznego padająca na filtr optyczny, (3) – wiązka promieniowania optycznego przechodząca przez filtr optyczny, (4) – rozproszenie wsteczne promieniowania optycznego, (5) – część promieniowania optycznego zaabsorbowana w próbce, (6) – rozproszenie promieniowania optycznego do przodu⁴.

Pojęcie oceny skuteczności optycznych filtrów ochronnych jest bardzo szerokie. Współczynniki służące do oceny skuteczności ochronnej filtrów dotyczą zarówno właściwości optycznych, jak również mechanicznych (np. odporność na uderzenie, odporność na ścieranie, starzenie się, itp.). W przypadku projektowania optycznych filtrów ochronnych, których głównym zadaniem jest ochrona oczu przed promieniowaniem optycznym najbardziej istotne są założenia odnoszące się do charakterystyk transmisyjno-odbiciowych projektowanych filtrów. Charakterystyki te stanowią podstawę do wyznaczania współczynników określających skuteczność ochronną filtrów w zakresie ochrony przed promieniowaniem optycznym.

Soczewki wewnątrzgałkowe

Soczewki wewnątrzgałkowe (ang. *Intraocular lenses* – IOLs) to sztuczne soczewki, zastępujące naturalne soczewki oczne, które są usuwane podczas operacji zaćmy. Mętną soczewkę zastępuje się wówczas przezroczystą soczewką IOL. Celem operacji jest poprawa komfortu widzenia, poprawie ulegają ostrość widzenia i widzenie barwne. Fotografie przykładowych soczewek IOLs zamieszczono na rysunku 3.

⁴ Owczarek G., Jurowski P.: „Zmiany transmisji promieniowania optycznego przez soczewki wewnątrzgałkowe eksplantowane z powodu zjawiska glisteningu”, Prace Instytutu Elektrotechniki 2012, zeszyt 255.



Rys. 3. Fotografie przykładowych soczewek wewnątrzgałkowych [CIOP-PIB].

Soczewka IOL zbudowana jest z części optycznej i haptycznej. Część optyczna o średnicy około 60 mm jest najważniejszą częścią soczewki IOLs, której konstrukcja i materiał decyduje o funkcji widzenia pacjenta, natomiast część haptyczna ma za zadanie utrzymanie IOL we właściwym miejscu oraz zachowanie takiej pozycji podczas użytkowania.

Wpływ soczewek wewnątrzgałkowych na funkcje widzenia

Zaburzenia widzenia związane z soczewkami IOL związane są z możliwością wystąpienia różnych zjawisk optycznych zwanych dysfotopsjami (dodatkowo dysfotopsje – efekty rozjaśnienia obrazu w postaci smug, promieni, oraz ujemne - związane z odczuciem ciemności lub cienia⁵. Najczęściej związane są one z budową soczewki (dotyczy soczewek o kwadratowym kształcie lub samym materiałem (o wyższym współczynniku refrakcji), w skutek czego powstają samoistne podwójne odbicia światła przez soczewkę. Rodzaj soczewki jedno- czy wieloogniskowych decyduje o poziomie funkcji widzenia, stąd istotna jest świadomość pracownika, jaką soczewkę ma zaimplementowaną. Należy liczyć się z faktem, że soczewki jednoogniskowe generują np. obrazy „*duchy*” (lub dwojenie jednooczne), utratę widzenia ostrego i w nocy⁶. Problemy z ostrością wzroku mogą się pojawiać również po zastosowaniu wieloogniskowych IOLs, szczególnie niska wydajność na średnich odległościach jak i do dali w warunkach słabego oświetlenia. Wpływ zastosowanych filtrów (UV i światła niebieskiego) na funkcje widzenia jest sprawą sporną od lat 80 ubiegłego wieku (1980). Część literatury potwierdza brak istotnego wpływu obecności chromoforów w soczewce IOL na kontrast i widzenie kolorów⁷ ale w zakresie tych parametrów widoczne jest ich obniżenie dla warunków słabego oświetlenia (mezo- i

⁵ Szaflik J., Ambroziak A. M., Basic and Clinical Science Course, Section 3, Clinical Optics, 2008; American Academy of Ophthalmology; Elsevier Urban &Partner; ISBN 978-1-56055-876-7.

⁶ Szaflik J., Ambroziak A. M., Basic and Clinical Science Course, Section 3, Clinical Optics, 2008; American Academy of Ophthalmology; Elsevier Urban &Partner; ISBN 978-1-56055-876-7.

⁷ Sabyasachi Bandyopadhyay, Mita Saha, Asim Chakrabarti, Albik Sinha, Effect on contrast sensitivity after clear, yellow and orange intraocular lens implementation, Int Ophthalmol. 36, p.: 313-318, 2016, doi: 10.1007/s10792-015-0120-4.

skotopowego)^{8 9}. Jednak niektórzy naukowcy dowodzą, że funkcje widzenia ulegają pogorszeniu, szczególnie w warunkach niedoświetlenia czyli dla widzenia mezo- i skotopowego^{10 11}.

Zalecenia dla osób z soczewkami wewnątrzgałkowymi stosującymi optyczne filtry ochronne

W przypadku braku szczegółowych danych o przepuszczaniu IOL osoby z zaimplementowanymi takimi soczewkami powinni kierować się następującymi ogólnymi zasadami przy doborze optycznych filtrów ochronnych:

- ✓ Do ochrony przed promieniowaniem podczerwonym, emitowanym niezależnie od rodzaju źródła oraz procesu technologicznego (również dla promieniowania podczerwonego emitowanego m.in. podczas spawania i w technikach pokrewnych) optyczne filtry ochronne powinny zapewnić, aby współczynnik odbicia promieniowania podczerwonego (w zakresie od 780 do 2000 nm) był na poziomie nie mniejszym niż 60%;
- ✓ Do ochrony przed promieniowaniem nadfioletowym, niezależnie od rodzaju źródła oraz procesu technologicznego optyczne filtry ochronne powinny zapewnić, aby widmowe współczynniki przepuszczania nadfioletu dla długości fal 313 oraz 365 nm nie były większe od wartości 0,0003 % i odpowiednio 0,0006 %.
- ✓ Niezależnie od rodzaju zagrożenia promieniowaniem optycznym (zakres długości fal, natężenie promieniowania) osoby z IOLs powinny stosować filtry o takim samym oznaczeniu¹², jakie jest przewidziane dla osób bez IOLs. Soczewki wewnątrzgałkowe mogą obniżać poziom promieniowania docierającego do siatkówki oka, jednak obniżenie tego poziomu nie wpływa zasadniczo na dobór oznaczenia filtra ochronnego;
- ✓ W przypadku, gdy specyfika procesy technologicznego wymaga od pracownika niezakłóconego rozpoznawania barw osoby z IOLs powinny w sposób empiryczny potwierdzić możliwość rozpoznawania barw podczas patrzenia przez filtr. Zastosowanie IOLs (szczególnie soczewek z chromoforem barwnym) może wpływać na rozpoznawanie barw.

Opracowano na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, sfinansowanego w latach 2017-2019 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego/ Narodowego centrum Badań i rozwoju.

Koordinator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

⁸ Beatrix Neumaier-Ammarer, Stefan Felke, Stefan Hagen et al., Comparison of visual performance with blue light filtering and ultraviolet-filtering intraocular lenses, *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, Vol. 36 (12), 2010, p.: 2073-2079; <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2010.06.069>.

⁹ X. Li, D. Kelly, J.M. Nolan et al., The evidence informing the surgeon's selection of intraocular lens on the basis of transmittance properties, *Eye*, 31, p.: 258-272 2017.

¹⁰ Mainster M. A., Blue- blocking intraocular lenses and pseudophakic scotopic sensitivity, *J. Cataract Refract Surg*, 32, p.:1403-1404.

¹¹ Cuthbertson F. M., Pierson S. N., Wulff K., et al., Blue-light-filtering intraocular lenses: review of potential benefits and side effects, *J. Cataract Refract Surg*, 35, p.: 1281-1297.

¹² Oznaczenie optycznych filtrów ochronnych, czyli pewien rodzaj kodu liczbowego, który przyporządkowany jest dla konkretnego rodzaju filtrów.