

Grzegorz Owczarek, Joanna Szkudlarek

Wytyczne do oceny skuteczności optycznych filtrów ochronnych stosowanych przez osoby z zaimplementowanymi soczewkami wewnątrzgałkowymi (IOLs)



Materiały informacyjne CIOP-PIB

Wytyczne do oceny skuteczności optycznych filtrów ochronnych stosowanych przez osoby z zaimplementowanymi soczewkami wewnątrzgałkowymi (IOLs)

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

Projekt I.N.15: Modele optycznych filtrów ochronnych do stosowania przez osoby z zaimplementowanymi soczewkami wewnątrzgałkowymi (IOL)

Autorzy:

dr inż. Grzegorz Owczarek, dr Joanna Szkudlarek – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Ochron Osobistych, Pracownia Ochron Oczu i Twarzy

Zdjęcie na okładce: bigstock - zilber42

© Copyright by

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2019

CIOP  **PIB**

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa
tel. (48-22) 623 36 98, www.ciop.pl

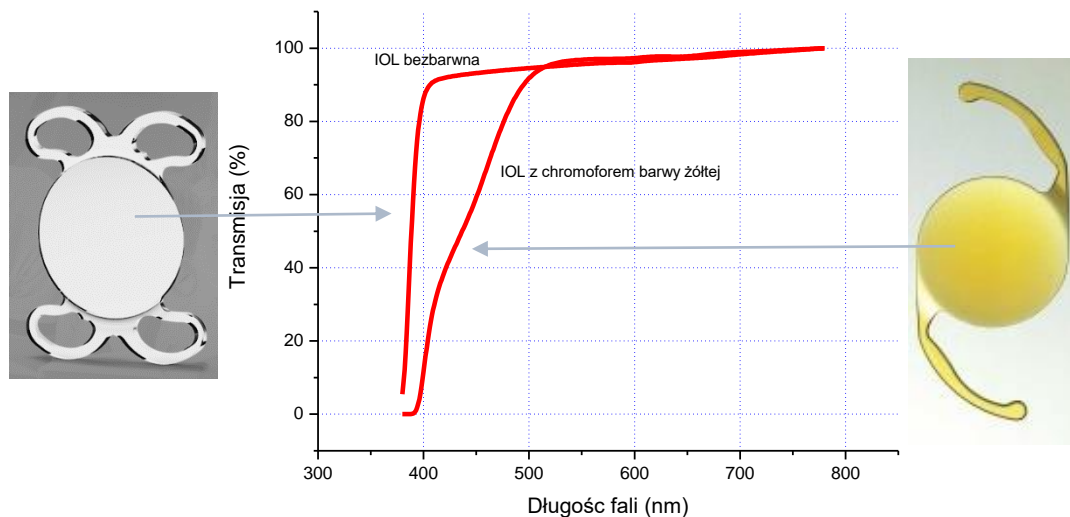
Niniejszy materiał informacyjny zawiera skrócony opis podstawowych zagadnień dotyczących konstrukcji i działania optycznych filtrów ochronnych i soczewek wewnątrzgałkowych oraz ich wpływu na wybrane funkcje widzenia, a także zalecenia dla osób z soczewkami wewnątrzgałkowymi stosującymi środki ochrony oczu.

Współcześnie wiele osób ma zaimplementowane sztuczne soczewki wewnątrzgałkowe IOLs (ang. *intraocular lens*). Są to osoby, które: poddały się chirurgicznej korekcji wad refrakcji, przeszły zabieg usunięcia zaćmy lub utraciły naturalną soczewkę w wyniku urazu mechanicznego. Należy podkreślić, że rośnie liczba osób z zaimplementowanymi soczewkami IOLs, jak również zmniejsza się średnia wieku pacjentów poddających się 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 się zmienić poziom ochrony, na jakim filtr optyczny musi blokować szkodliwe promieniowanie optyczne, aby nie dotarło ono do siatkówki oka. Szczególnie barwa soczewek IOLs (żółte i pomarańczowe) ma potencjalny wpływ na zmianę właściwości ochronnych, co nie stanowiło dotąd przedmiotu badań. Barwa soczewki wewnątrzgałkowej może również powodować zmianę czułości rozpoznawania barw. Jest to funkcja widzenia bardzo istotna podczas wykonywania pracy wzrokowej (m.in. rozpoznawania świateł sygnalizacyjnych i ostrzegawczych, obserwacji 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. Ponadto występują znaczące różnice w przepuszczaniu promieniowania optycznego (w tym światła) przez same soczewki wewnątrzgałkowe². Na rysunku 1 przedstawiono wykresy obrazujące różnice w przepuszczaniu światła dla dwóch typowych, powszechnie stosowanych soczewek wewnątrzgałkowych: jednej z chromoforem o barwie żółtej i drugiej bez niego.

¹ G. Owczarek, P. Jurowski, Zmiany transmisji promieniowania optycznego przez soczewki wewnątrzgałkowe eksplantowane z powodu zjawiska glisteningu, Prace Instytutu Elektrotechniki 2012, 255.

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, 22(1), 2016, s. 66-70.



Rys. 1. Wykresy obrazujące różnice w przepuszczaniu światła dla dwóch typowych, powszechnie stosowanych soczewek wewnątrzgałkowych: jedna z chromoforem o barwie żółtej, druga bezbarwna [CIOP-PIB]

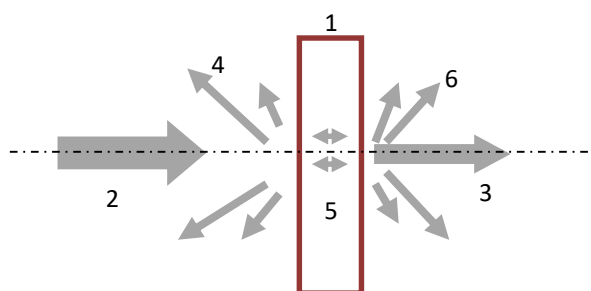
Z punktu widzenia technicznego wprowadzenie w strukturę materiału, z którego są wykonywane soczewki, barwników (chromoforów) ograniczających przepuszczanie światła z określonego zakresu widmowego może modyfikować przepuszczanie światła przez IOLs. Najczęściej wprowadza się chromofor żółty, czyli filtr 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, a 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. Optyczne

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).

filtry ochronne, jako element kompletnej konstrukcji środków ochron oczu, stanowią dla oczu również barierę przeciw zagrożeniom mechanicznym, takim jak: uderzenia i odpryski ciał stałych lub cząstek stopionego metalu, rozbryzgi ciekłych substancji chemicznych i biologicznych, a także 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

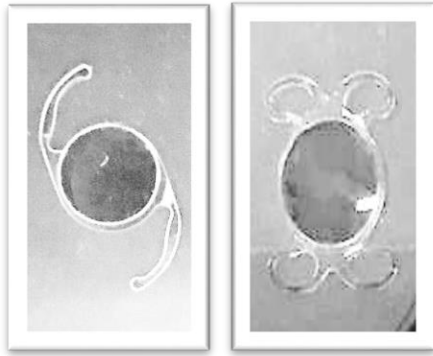
Pojęcie oceny skuteczności optycznych filtrów ochronnych jest bardzo szerokie. Współczynniki służące do oceny skuteczności ochronnej filtrów dotyczą zarówno właściwości optycznych, jak i mechanicznych (np. odporność na uderzenie, odporność na ścieranie, starzenie się itp.). W przypadku projektowania optycznych filtrów ochronnych, których główne zadanie to 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 IOLs to sztuczne soczewki zastępujące naturalne soczewki oczne, które są usuwane podczas operacji zaćmy. Mętną soczewkę zastępuje się wówczas przezroczystą

⁴ G. Owczarek, P. Jurowski, *op. cit.*

soczewką IOL. Celem operacji jest poprawa komfortu widzenia – ostrości widzenia i widzenia barwnego. Fotografie przykładowych soczewek IOLs zamieszczono na rysunku 3.



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

Soczewka IOL jest zbudowana z części optycznej i haptycznej. Część optyczna o średnicy około 60 mm to najważniejsza część soczewki IOL, jej konstrukcja i materiał decydują o funkcji widzenia pacjenta, natomiast część haptyczna ma za zadanie utrzymać IOL we właściwym miejscu i zachować tę pozycję podczas użytkowania.

Wpływ soczewek wewnątrzgałkowych na funkcje widzenia

Zaburzenia widzenia związane z soczewkami IOLs wiążą się z możliwością wystąpienia różnych zjawisk optycznych zwanych dysfotopsjami (dodatnie dysfotopsje – efekty rozjaśnień obrazu w postaci smug, promieni, oraz ujemne – związane z odczuciem ciemności lub cienia⁵). Najczęściej dotyczą one budowy soczewek (soczewki o kwadratowym kształcie) lub samego materiału (soczewki o wyższym współczynniku refrakcji), wskutek czego powstają samoistne podwójne odbicia światła przez soczewkę. Rodzaj soczewki jedno- lub wieloogniskowej decyduje o poziomie funkcji widzenia, stąd istotna jest świadomość pracownika, jaką soczewkę ma zaimplementowaną. Należy liczyć się z tym, 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

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

⁶ *Op. cit.*

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 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 powinny 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

⁷ S. Bandyopadhyay, M. Saha, A. Chakrabarti, A. Sinha, Effect on contrast sensitivity after clear, yellow and orange intraocular lens implementation, *International Ophthalmology*, 36, 2016, s. 313-318, doi: 10.1007/s10792-015-0120-4.

⁸ B. Neumaier-Ammarer, S. Felke, S. Hagen et al., Comparison of visual performance with blue light filtering and ultraviolet-filtering intraocular lenses, *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 36(12), 2010, s. 2073-2079, doi: 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 transmittance properties, *Eye*, 31(2), 2017, s. 258-272, doi: 10.1038/eye.2016.266.

¹⁰ M.A. Mainster, Blue-blocking intraocular lenses and pseudophakic scotopic sensitivity, *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 32(9), 2006, s. 1403-1404, doi: 10.1016/j.jcrs.2006.06.014.

¹¹ F.M. Cuthbertson, S.N. Pierson, K. Wulff et al., Blue-light-filtering intraocular lenses: review of potential benefits and side effects, *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 35, 2009, s. 1281-1297.

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

przewidziane dla osób bez IOLs. Soczewki wewnątrzgałkowe mogą obniżyć poziom promieniowania docierającego do siatkówki oka, jednak obniżenie tego poziomu nie wpływa zasadniczo na dobór oznaczenia filtra ochronnego.

- W przypadku, gdy specyfika procesu 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.

Bibliografia

Bandyopadhyay S., Saha M., Chakrabarti A., Sinha A., Effect on contrast sensitivity after clear, yellow and orange intraocular lens implementation, *International Ophthalmology*, 36, 2016, s. 313-318, doi: 10.1007/s10792-015-0120-4.

Cuthbertson F.M., Pierson S.N., Wulff K. et al., Blue-light-filtering intraocular lenses: review of potential benefits and side effects, *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 35, 2009, s. 1281-1297.

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).

Li X., Kelly D., Nolan J.M. et al., The evidence informing the surgeon's selection of intraocular lens on the basis transmittance properties, *Eye*, 31(2), 2017, s. 258-272, doi: 10.1038/eye.2016.266.

Mainster M.A., Blue-blocking intraocular lenses and pseudophakic scotopic sensitivity, *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 32(9), 2006, s. 1403-1404, doi: 10.1016/j.jcrs.2006.06.014.

Neumaier-Ammarer B., Felke S., Hagen S. et al., Comparison of visual performance with blue light filtering and ultraviolet-filtering intraocular lenses, *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 36(12), 2010, s. 2073-2079, doi: 10.1016/j.jcrs.2010.06.069.

Owczarek G., Gralewicz G., Skuza N., Jurowski P., 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*, 22(1), 2016, s. 66-70.

Owczarek G., Jurowski P., Zmiany transmisji promieniowania optycznego przez soczewki wewnątrzgałkowe eksplantowane z powodu zjawiska glisteningu, *Prace Instytutu Elektrotechniki* 2012, 255.

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