

Grzegorz OWCZAREK  
Piotr JUROWSKI

## ZMIANY TRANSMISJI PROMIENIOWANIA OPTYCZNEGO PRZEZ SOCZEWKI WEWNĄTRZGAŁKOWE EKSPLANTOWANE Z POWODU ZJAWISKA GLISTENINGU

**STRESZCZENIE** *Celem badań była analiza zmian transmisji promieniowania optycznego przez wewnątrzgałkowe hydrofilne i hydrofobowe soczewki akrylowe eksplantowane z gałki ocznej ze względu na znaczne nasilenie zjawiska glisteningu, obniżającego ostrość wzroku. Porównano średni widmowy współczynnik przepuszczania nadfioletu (dla zakresu od 200 do 380 nm) oraz współczynnik przepuszczania światła (w zakresie od 380 do 780 nm) dla soczewek eksplantowanych i identycznych nieużywanych soczewek wewnątrzgałkowych.*

**Słowa kluczowe:** *chirurgia zaćmy, soczewki wewnątrzgałkowe, widmowa charakterystyka przepuszczania.*

---

**dr inż. Grzegorz OWCZAREK**

e-mail: growc@ciop.lodz.pl

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

**dr hab. n. med. Piotr JUROWSKI**

e-mail: p.jurowski@vp.pl

Zakład Diagnostyki Chorób Oczu, Uniwersytet Medyczny w Łodzi

PRACE INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI, zeszyt 255, 2012

## 1. WSTĘP

---

Glistening jest jednym z częściej obserwowanych zjawisk zachodzących w strukturze akrylowych soczewek wewnątrzgałkowych wszczepionych po usunięciu zaćmy. Występuje w późnym okresie pooperacyjnym i polega na powstawaniu drobnych, przezroczystych lub białawo połyskujących struktur o typie pęcherzyków (mikrowakuoli). Obserwacje kliniczne sugerują wieloczynnikową przyczynę zjawiska. Z kolei stworzony model doświadczalny indukcji glisteningu przemawia za wpływem zmian temperatury środowiska otaczającego soczewkę, przed i w trakcie wszczepu. Pojawienie się glisteningu często w istotny sposób obniża ilość promieniowania optycznego przechodzącego przez implant soczewkowy oraz nasila rozpraszanie światła, co ma bezpośredni wpływ na obniżenie ostrości wzroku i/lub poczucie kontrastu. Jedną z form postępowania w przypadkach intensywnego zjawiska glisteningu jest eksplantacja sztucznej soczewki i wtórny wszczep nowej soczewki. Ze względu na fakt, że ta procedura chirurgiczna jest technicznie trudna i może być związana z licznymi powikłaniami, eksplantację takich soczewek wykonuje się względnie rzadko. Co za tym idzie, wiedza na temat zmian charakterystyki widmowej soczewek z glisteningiem nie jest pełna.

W niniejszym artykule zaprezentowano metodykę pomiaru i wyniki oceny charakterystyki transmisji promieniowania optycznego hydrofilnej i hydrofobowej soczewki wewnątrzgałkowej, eksplantowanych z powodu intensywnego glisteningu z jednego oka chorego (wszczep piggy back). Wyniki porównano z jednakowymi, nieużywanymi soczewkami wewnątrzgałkowymi.

## 2. BADANIA ZJAWISKA GLISTENINGU

---

Najczęściej zjawisko glisteningu jest klasyfikowane na podstawie obrazu widocznego w lampie szczelinowej. W zależności od ilości mikrowakuoli zliczonych w wąskiej wiązce świetlnej stworzono pięciostopniową skalę nasilenia zjawiska (od 0 do 4 stopnia) [3, 7, 12]. Inną metodą oceny zaawansowania glisteningu jest dokumentacja fotograficzna implantu obserwowanego w lampie szczelinowej i jej cyfrowa analiza z zastosowaniem programów komputerowych [11]. Wśród metod pomiaru ilościowego zjawiska glisteningu

w warunkach klinicznych stosuje się również ocenę rozproszenia światła na powierzchni soczewki w oparciu o fotografię Scheimpfluga [1].

Wpływ glisteningu na jakość widzenia jest przedmiotem wielu badań. Dhaliwal i wsp. stwierdził, że glistening w istotny sposób zmniejsza wrażliwość siatkówki na kontrast [6]. Badania przeprowadzone przez Gunenc i wsp. dowiodły, że glistening zmniejsza wrażliwość na kontrast jedynie w wysokich częstotliwościach przestrzennych bez znaczącego wpływu na poczucie kontrastu w niskich i średnich częstotliwościach przestrzennych oraz ostrość widzenia [8]. Z kolei brak zmian wrażliwości na kontrast, ale ze znacznym obniżeniem ostrości wzroku z intensywnym zjawiskiem glisteningu zaprezentowali w swojej pracy Christiansen i wsp. [8]. Moreno-Montañés i wsp. oraz Wilkins i Olson; nie obserwowali wpływu zjawiska glisteningu na najlepszą skorygowaną ostrość wzroku [9, 12]. Większość badań pokazuje, że glistening narasta nieprzerwanie z biegiem czasu. Proces ten dotyczy nie tylko akrylowych soczewek hydrofobowych, ale także soczewek hydrofilnych. Wskazuje się również na brak stabilizacji zjawiska glisteningu przez pierwszych 10 lat od wszczepu implantu do oka [4, 6, 9, 10, 12]. Jak dotąd brak jest doniesień na temat oceny charakterystyk widmowych promieniowania optycznego (głównie w zakresie widzialnym i nadfioletu) dla soczewek wewnątrzgałkowych eksplantowanych z powodu zjawiska glisteningu.

### 3. MATERIAŁ DO BADAŃ

---

Badaniami spektrofotometrycznymi objęto dwie soczewki, które usunięto z tej samej gałki ocznej z powodu obniżenia ostrości wzroku w wyniku zjawiska glisteningu (wszczepionych metodą *piggy back*) oraz identyczne soczewki nieużywane. Badano następujące soczewki:

- hydrofilną ZR 1000 firmy Lenstech o mocy +24,0D, o średnicy optycznej 6 mm i całkowitej implantu 12,5 mm;
- hydrofobową Acrysof Sn60AT o mocy -4,0D;
- nieużywaną hydrofilną ZR 1000 firmy Lenstech o mocy +24,0D;
- nieużywaną hydrofobową Acrysof Sn60AT o mocy -4,0D.

Mikrofografię eksplantowanej badanej soczewki hydrofilnej ZR 1000 ilustrującą zjawisko glisteningu przedstawiono na rysunku 1. Na fotografii widoczne są bardzo liczne mikrowakuole skoncentrowane w centralnej (optycznej) części soczewki.



Rys. 1. Mikrowakuole w części centralnej eksplantowanej soczewki hydrofilnej

#### 4. METODYKA BADAŃ

---

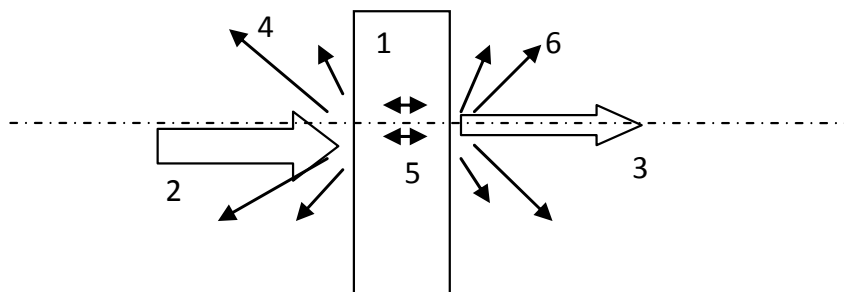
Przeprowadzenie pomiarów charakterystyk widmowych soczewek wewnątrzgałkowych oparto na określeniu całkowitej ilości promieniowania optycznego (w zakresie widzialnym i UV) przechodzącego przez badaną soczewkę. Zasada pomiarów spektrofotometrycznych wykorzystywana do pomiarów widmowej charakterystyki przepuszczania polega na pomiarze energii promieniowania przechodzącego przez badaną próbkę. Przyjęto, że stosunek strumienia przechodzącego ( $\Phi_p$ ) do strumienia padającego wiązki pomiarowej ( $\Phi_0$ ), dla określonej długości fali, określa widmowy współczynnik przepuszczania ( $\tau_F(\lambda)$ ), który wyrażony jest wzorem (1).

$$\tau_F(\lambda) = \frac{\Phi_p}{\Phi_0} \quad (1)$$

Wiązka promieniowania optycznego przechodząc przez dowolny element optyczny ulega trzem zasadniczym procesom, tj. transmisji i rozproszeniu do przodu ( $T$ ), odbiciu i rozproszeniu do tyłu ( $R$ ), a także absorpcji ( $A$ ). Podstawowe równanie bilansu energetycznego wyrażające zależność między transmisją, odbiciem i absorpcją, opisane jest następującym wzorem:

$$A + R + T = 1 \quad (2)$$

Zasadę tą zilustrowano na rysunku 2.



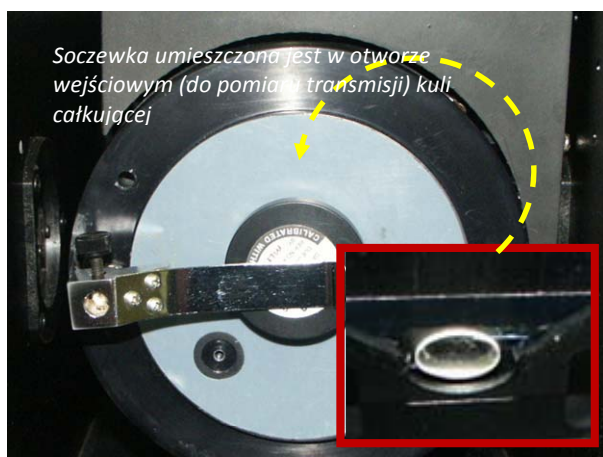
**Rys. 2. Wiązka pomiarowa przechodząca przez badany element optyczny:**

(1) – badany element optyczny, (2) – wiązka padającego promieniowania optycznego, (3) – wiązka przechodząca promieniowania optycznego, (4) – rozproszenie wsteczne, (5) – część promieniowania zaabsorbowana w badanym elemencie optycznym, (6) – rozproszenie do przodu

a)



b)



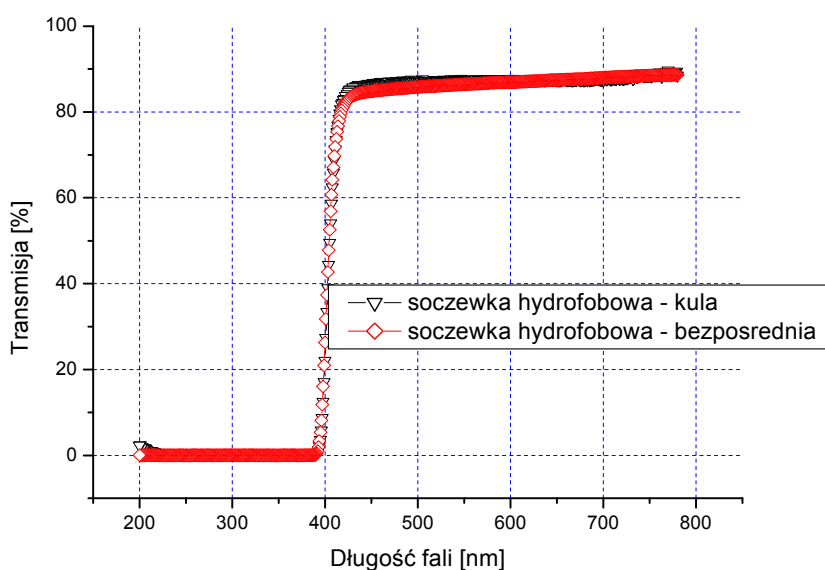
Pomiary spektrofotometryczne charakterystyki widmowej dla transmisji promieniowania optycznego można wykonać, umieszczając badaną próbkę w komorze spektrofotometru tak, aby wiązka pomiarowa przechodząca przez badaną próbkę padała bezpośrednio na powierzchnię detektora promieniowania (w dalszej części metodę tę określano jako bezpośrednią (patrz rysunek 3 (A)) lub wykorzystując kulę całkującą (patrz rysunek 3 (B)).

**Rys. 3. Sposoby umieszczenia próbki w komorze pomiarowej spektrofotometru:**

a) wiązka pomiarowa przechodząca przez badaną soczewkę pada bezpośrednio na powierzchnię detektora promieniowania;  
b) kula całkująca zamontowana w komorze pomiarowej spektrofotometru

Przy pomiarach charakterystyk widmowych transmisji promieniowania optycznego przechodzącego przez soczewki wewnątrzgałkowe, wybór metody pomiaru ma szczególnie istotne znaczenie, co wynika ze stosunkowo niewielkich wymiarów badanych próbek (średnica części optycznej soczewek wewnątrzgałkowych wynosi 6 mm) oraz zróżnicowanych mocy optycznych (-4,0D i +24,0D). Dodatkowo, w przypadku oceny zjawiska glisteningu w soczewkach wewnątrzgałkowych, należy pamiętać, że mikrowakuole są rozłożone nierównomiernie w strukturze implantu. W przypadku zilustrowanym na rysunku 3(A) należało tak dobrać odległość badanej próbki od okna wejściowego detektora promieniowania, aby wiązka pomiarowa przechodząca przez badaną soczewkę była ogniskowana na powierzchni detektora pomiarowego, a przekrój poprzeczny wiązki obejmował całą badaną powierzchnię. W tym przypadku mierzona jest więc jedynie energia promieniowania przechodząca za próbkę w kierunku wyznaczonym przez wiązkę pomiarową (patrz rysunek 2).

Z kolei podczas pomiarów z wykorzystaniem kuli całkującej, detektor pomiarowy rejestruje całe promieniowanie przechodzące przez soczewkę, jak również promieniowanie rozproszone do przodu. Z tego względu pomiary charakterystyk widmowych transmisji wykonane z wykorzystaniem obu zaprezentowanych metod dają takie same wyniki tylko w przypadku, gdy badane próbki są wolne od zmatowień porysowań i innych wad powierzchni (w tym również glisteningu). Na rysunku 4 przedstawiono charakterystyki widmowe transmisji promieniowania optycznego w zakresie widzialnym i UV dla nieużywanej soczewki hydrofobowej otrzymane w pomiarach wykonanych metodą bezpośrednią i w kuli całkującej.



**Rys. 4. Charakterystyki widmowe przepuszczania promieniowania optycznego dla soczewki hydrofobowej otrzymane w pomiarach metodą bezpośrednią i z wykorzystaniem kuli całkującej**

Ocenę zmian charakterystyki widmowej transmisji promieniowania optycznego przechodzącego przez soczewki wewnątrzgałkowe dokonano na podstawie pomiarów uzyskanych z zastosowaniem dwuwiązkowego spektrofotometru CARY 5000 firmy Varian (Australia) w układzie z kulą całkowłą. Wyznaczono wartości widmowych współczynników transmisji promieniowania optycznego ( $\tau_F(\lambda)$ ) dla zakresu UV – VIS w przedziale długości fali od 200 do 780 nm, z krokiem co 1 nm. Na tej podstawie określono współczynnik przepuszczania światła ( $\tau_v$ ) w zakresie od 380 do 780 nm oraz średni widmowy współczynnik przepuszczania promieniowania nadfioletowego ( $\tau_{UV}$ ) w zakresie od 200 do 380 nm. Wymienione wskaźniki określone są wzorami:

$$\tau_v = \frac{\int_{380nm}^{780nm} \tau_F(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot S_{D65\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_{380nm}^{780nm} V(\lambda) \cdot S_{D65\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda} ; \quad (3)$$

$$\tau_{UV} = \frac{\int_{200nm}^{380nm} \tau_F(\lambda) \cdot d\lambda}{180} , \quad (4)$$

gdzie:

- $SD65_\lambda(\lambda)$  – rozkład widmowy promieniowania iluminantu normalnego D65 (CIE);  
 $V(\lambda)$  – względna skuteczność widmowa dla widzenia dziennego;  
 $\tau_F(\lambda)$  – widmowy współczynnik przepuszczania.

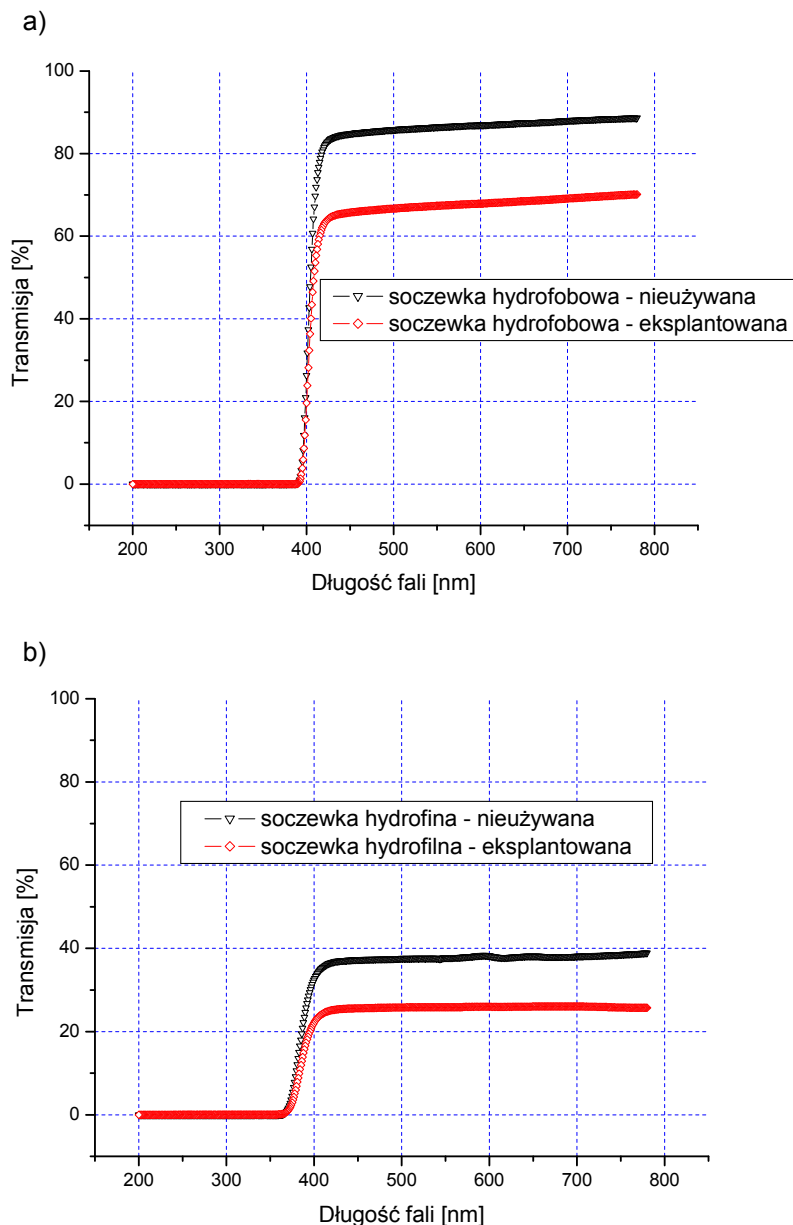
## 5. WYNIKI BADAŃ

Charakterystyki widmowe eksplantowanych i nieużywanych soczewek wewnątrzgałkowych przedstawiono na rysunku 5. Wartości wskaźników wyznaczonych z wzorów (3) i (4) przedstawiono w tabeli 1.

**TABELA 1**

Wyniki współczynnika przepuszczania światła i średniego widmowego współczynnika przepuszczania promieniowania nadfioletowego dla soczewek eksplantowanych i nieużywanych

Soczewka hydrofobowa nieużywana		Soczewka hydrofobowa eksplantowana	
$\tau_v$ [%]	$\tau_{UV}$ [%]	$\tau_v$ [%]	$\tau_{UV}$ [%]
86,5	0,011	67,4	0,005
Soczewka hydrofilna nieużywana		Soczewka hydrofilna eksplantowana	
$\tau_v$ [%]	$\tau_{UV}$ [%]	$\tau_v$ [%]	$\tau_{UV}$ [%]
37,8	0,264	25,9	0,195



**Rys. 5. Charakterystyki widmowe transmisji promieniowania UV-VIS:**

a) dla soczewki hydrofobowej eksplantowanej i nieużywanej;

b) dla soczewki hydrofilnej eksplantowanej i nieużywanej

## 6. DYSKUSJA

Wyniki pomiarów widmowej transmisji promieniowania optycznego przechodzącego przez eksplantowane soczewki wewnątrzgałkowe i implanty nieużywane wykazały znaczne obniżenie transmisji promieniowania w zakresie widzialnym od 380 do 780 nm dla soczewek eksplantowanych przy zachowaniu wysokiego tłumienia promieniowania nadfioletowego.



W przypadku pomiarów wykonanych dla obu soczewek hydrofilnych zaobserwowano wysokie tłumienie promieniowania z zakresu widzialnego. Tłumienie to jest znacznie wyższe niż wynikające z danych dostarczonych przez producenta soczewki. Należy jednak wziąć pod uwagę to, że w przypadku implantów soczewkowych określenie charakterystyki widmowej soczewek dokonywane jest na podstawie pomiarów przeprowadzonych dla płasko równoległych próbek modelowych (błoczków akrylowych), a nie dla rzeczywistych soczewek o odpowiedniej wartości refrakcyjnej. Dodatkowo ze względu na charakter soczewek hydrofilnych pomiar charakterystyki widmowej transmisji promieniowania optycznego dokonywany jest w warunkach pełnej hydratacji krążka testowego.

Zaproponowana w niniejszej pracy metoda oceny charakterystyki widmowej transmisji promieniowania optycznego pozwala na odniesienie się do zmian, jakie mogą występować w przepuszczeniu promieniowania optycznego przez soczewkę nieużywaną i eksplantowaną. Wartości widmowych współczynników przepuszczania wyznaczone dla rzeczywistych implantów soczewkowych (w szczególności o dużych mocach optycznych) nie mogą być traktowane jako wartości bezwzględne. W opisanej metodzie pomiarów spektrofotometrycznych, dla rzeczywistych implantów soczewkowych najistotniejsza wydaje się ocena ewentualnego zwiększenia transmisji promieniowania nadfioletowego lub zmiany w sposobie filtracji widmowej promieniowania widzialnego. Z wykresów przedstawionych na rysunku 5 widać, że części charakterystyk widmowych dla zakresu widzialnego soczewek nieużywanych i eksplantowanych przebiegają równolegle, a w zakresie nadfioletu charakterystyki te pokrywają się.

## 7. WNIOSKI

---

Badania spektrofotometryczne analizujące i porównujące charakterystyki widmowe eksplantowanych i nieużywanych soczewek wewnątrzgałkowych wykazały, że zjawisko glisteningu nie wpływa na właściwości blokujące promieniowania nadfioletowego oraz wywołuje zmiany w sposobie filtracji widmowej promieniowania widzialnego. Stwierdzono, że obniżenie transmisji promieniowania widzialnego w soczewkach z obecnym zjawiskiem glisteningu jest takie samo dla całego zakresu promieniowania widzialnego. Można więc powiedzieć, że soczewka z glisteningiem działa jak tzw. *szary filtr*, który równomierne obniża transmisję promieniowania w całym badanym zakresie

promieniowania widzialnego. Badania wykazały, że istnieją znaczne różnice pomiędzy wartościami transmisji promieniowania optycznego przedstawianymi w specyfikacji producentów soczewek, a rzeczywistymi wartościami (otrzymanymi w wyniku pomiarów spektrofotometrycznych) dla konkretnych implantów soczewkowych wszczepianych do oka pacjentów.

## LITERATURA

1. Behndig A., Mönestam E., Quantification of glistenings in intraocular lenses using Scheimpflug photography, *J of Cataract Refractive Surg.*, 2009, 35, 14-17.
2. Christiansen G, Durcan F.J., Olson R.J., Christiansen K.: Glistenings in the AcrySof intraocular lens: pilot study, *J Cataract Refract Surg.*, 2001, 27, 728-733.
3. Cisneros-Lanuza A., Hurtado-Sarrio´ M., Duch-Samper A., Gallego-Pinazo R., Menezos-Rozale´n J.L.: Glistenings in the Artiflex phakic intraocular lens, *J Cataract Refract Surg.*, 2007, 33, 1405-1408.
4. Davison J.A.: Clinical performance of Alcon SA30AL and SA60AT single-piece acrylic intraocular lenses, *J Cataract Refract Surg.*, 2002, 28, 1112-1123.
5. Dhaliwal D.K., Mamalis N., Olson R.J., et al.: Visual significance of glistenings seen in the AcrySof intraocular lens, *J Cataract Refract Surg.*, 1996, 22, 452-457.
6. Dick H.B., Olson R.J., Augustin A.J., Schwenn O., Magdowski G., Pfeiffer N.: Vacuoles in the Acrysof intraocular lens as factor of the presence of serum in aqueous humor, *Ophthalmic Res.*, 2001, 33, 61-67.
7. Dogru M., Tetsumoto K., Tagami Y., Kato K., Nakamae K.: Optic and atomic force microscopy of an explanted AcrySof intraocular lens with glistenings, *J Cataract Refract Surg.*, 2000, 26, 571-575.
8. Gunenc U., Oner F.H., Tongal S., Ferliel M.: Effects on visual function of glistenings and folding marks in AcrySof intraocular lenses, *J Cataract Refract Surg.*, 2001, 27, 1611-1614.
9. Moreno-Montane´s J., Alvarez A., Rodriguez-Conde R., Fernandez-Hortelano A.: Clinical factors related to the frequency and intensity of glistenings in AcrySof intraocular lenses, *J Cataract Refract Surg.*, 2003, 29, 1980-1984.
10. Tognetto D., Toto L., Sanguinetti G., Ravalico G.: Glistenings in foldable intraocular lenses, *J Cataract Refract Surg.*, 2002, 28, 1211-1216.
11. Waite A., Faulkner N., Olson R.J.: Glistenings in the single-piece, hydrophobic, acrylic intraocular lenses, *Am J Ophthalmol*, 2007, 144, 143-144.
12. Wilkins E., Olson R.J.: Glistenings with long-term follow-up of the Surgidev B20/20 polymethylmethacrylate intraocular lens, *Am J Ophthalmol*, 2001, 132, 783-785.

CHANGES OF SPECTRAL TRANSMITTANCE  
OF OPTICAL RADIATION THROUGH  
INTEROCULARS LENSESS EXPLANTED  
FROM THE EYE DUE TO GLISTENING PHENOMA

Grzegorz OWCZAREK  
Piotr JUROWSKI

**ABSTRACT** *The aim of research was analysis of spectral transmittance of optical radiation through of acrylic hydrophilic and hydrophobic IOLs explanted due to deterioration of visual acuity in the course of advanced glistening phenomenon. The mean ultraviolet transmission (from 200 to 380 nm) as well as luminous transmittance (from 380 to 780 nm) were analyzed for explanted and non used acrylic IOLs.*

**Keywords:** *cataract surgery, intraocular lenses, glistening phenomenon, optical radiation transmittance.*

**Dr inż. Grzegorz OWCZAREK** – absolwent Wydziału Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Łódzkiej. Obecnie pracownik CIOP-PIB – Kierownik Pracowni Ochron Oczu i Twarzy.



**Dr hab. n. med. Piotr JUROWSKI** – absolwent Wydziału Lekarskiego Wojskowej Akademii Medycznej w Łodzi. Obecnie Profesor Uniwersytetu Medycznego w Łodzi, Kierownik Zakładu Diagnostyki Chorób Oczu Uniwersytetu Medycznego w Łodzi.

