

(44)

# Ocena zmiany grubości rogówki metodą optycznej koherentnej tomografii po wykonaniu kapsulotomii Nd: YAG laserem u pacjentów z zaćmą wtórną

## *Central corneal thickness measurement by optical coherence tomography after Nd: YAG capsulotomy in patients with posterior capsule opacity*

Ewa Wróblewska-Czajka <sup>1</sup>, Edward Wylęgała <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Z Oddziału Okulistyki Okręgowego Szpitala Kolejowego Samodzielnego Publicznego Zakładu Opieki Zdrowotnej w Katowicach

<sup>2</sup> Z Zakładu Pielęgniarstwa i Społecznych Problemów Medycznych Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach

Kierownik: dr hab. n. med. Edward Wylęgała

### Summary:

**Purpose:** Opacification of the posterior capsule remains the most frequent complication of cataract-intraocular lens surgery. Nd: YAG laser capsulotomy is actually the most common procedure performed to remove the posterior capsule opacification. YAG laser secondary posterior capsulotomy can be associated with significant complications. Possible problems include among others, corneal oedema. Our study has to determine whether the neodymium:yttrium-aluminium-garnet (Nd: YAG) capsulotomy performed in postoperative posterior capsule opacification, has an impact on corneal thickness measured by means of the optical coherence tomography.

**Material and methods:** 55 patients (43 females and 12 males), who underwent Nd: YAG capsulotomy in posterior capsule opacification, were enrolled to the study. Mean age was 65.1 years (range 23-87). Patients were examined before and one day, week, month, three months and six months after Nd: YAG capsulotomy. Central corneal thickness was measured with use of OCT, anterior chamber depth with OCT, endothelial cell density was estimated with specular microscopy. Besides, slit lamp examination, including fundus examination, and intraocular pressure measurement were performed. Visual function was assessed in terms of best corrected distance visual acuity by means of EDTRS type charts. Median of the total laser power and single impact laser power and count of impacts were determined. In all cases medical history was taken and analyzed.

**Results:** Statistically, significant changes of central corneal thickness at one day, week, month and three months after capsulotomy were observed. Highest relative percentage change at first day (1.9) was noted. Statistically significant correlation between central corneal thickness change and total laser power and single impact laser power was found in patients 1 month and 3 months after treatment.

### Conclusions:

1. Only temporary central corneal thickness increase was observed as assessed by means of OCT.
2. Nd: YAG capsulotomy should be performed with the minimal possible energy delivered to the eye.

### Słowa kluczowe:

zaćma wtórną, Nd: YAG kapsulotomia, powikłania, obrzęk rogówki, OCT przedniego odcinka.

### Key words:

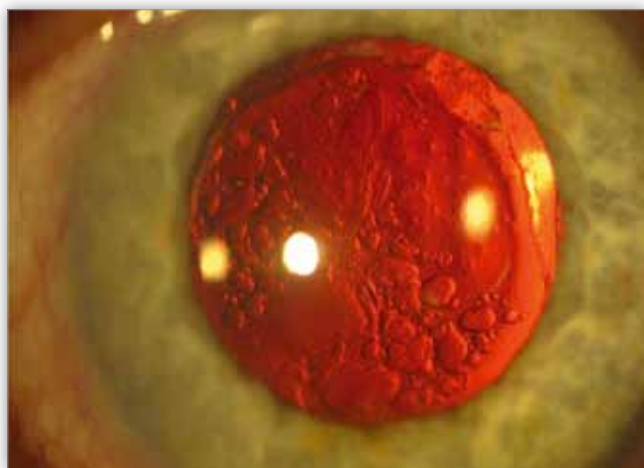
posterior capsule opacification, Nd: YAG capsulotomy, complications, corneal edema, anterior segment OCT.

### Wstęp

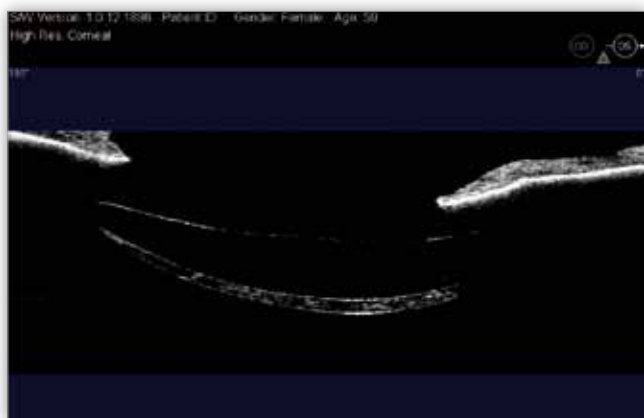
Zaćma wtórną (Posterior Capsule Opacification – PCO) to zmętnienie części tylnej torebki soczewki mogące dotyczyć od kilkunastu procent do kilkudziesięciu procent pacjentów po operacji usunięcia zaćmy (1). Po raz pierwszy zostało opisane przez angielskiego okulistę Harolda Ridley’a, pioniera wszczepów wewnątrzgałkowych (2). Klinicznie PCO objawia się obniżeniem ostrości wzroku, najczęściej początkowo do bliży, czemu może towarzyszyć zmniejszenie poczucia kontrastu, dwojenie, rozproszenie światła czy utrata funkcji przez sztuczne soczewki akomodacyjne (3).

PCO powstaje wskutek proliferacji, migracji i fibroblastycznej metaplastji komórek nabłonka torebki soczewki. Komórki nabłonka

torebki przedniej są odpowiedzialne za zmętnienie o typie włóknienia. Komórki równika soczewki powodują powstanie tzw. pereł Elschniga (ryc. 1) (ryc. 2) (4). Przyczyną tego typu reakcji komórek jest przełamanie podczas operacji zaćmy bariery krew–ciecz wodnista. Spowodowane jest ono urazem chirurgicznym oraz reakcją na ciało obce wewnątrzgałkowe, jakim jest wszczep soczewki (5,6). Obecnie najczęściej stosowaną metodą leczenia PCO jest kapsulotomia laserem neodymowy YAG (7). Zabieg ten nie jest wolny od powikłań. Do najczęściej występujących należą: ślady impaktów lasera na soczewce, przerwanie przedniej błony granicznej ciała szklistego, przemijający wzrost ciśnienia wewnątrzgałkowego, cystoidalny obrzęk plamki, odwarstwienie siatkówki, krew w przedniej komorze,



Ryc. 1. Obraz PCO o typie perel w lampie szczelinowej.  
Fig. 1. Pearl-type PCO in a slit lamp examination.



Ryc. 2. Obraz PCO o typie perel w badaniu OCT Visante.  
Fig. 2. Pearl-type PCO in a OCT Visante examination.

zadrażnienie tęczęwki, przemieszczenie soczewki, przepuklina ciała szklistego, męty w ciele szklistym, powstanie otworów w plamce, obrzęk rogówki, zapalenie wnętrza gałki ocznej (8).

### Cel

Celem pracy jest ocena, metodą optycznej koherentnej tomografii, zmiany grubości rogówki po wykonaniu kapsulotomii laserowej u pacjentów z zaćmą wtórną oraz określenie czynników mających wpływ na tę zmianę.

### Pacjenci

Grupę badaną stanowiło 55 pacjentów (43 kobiety i 12 mężczyzn) w wieku od 23 do 87 lat (średnio 65,1 roku  $\pm$  13,95 roku). Kryteria włączenia do badania i wyłączenia z niego przedstawia tabela I.

### Metody

Badania wykonywano w sześciu punktach czasowych: przed zabiegiem, w pierwszym dniu po zabiegu, tydzień po zabiegu, miesiąc po zabiegu, trzy miesiące po zabiegu i pół roku po wykonaniu laserowej kapsulotomii.

Przed zabiegiem zbierano wywiad lekarski, analizowano historię choroby, wykonywano badanie kliniczne w lampie szczelinowej oraz mierzono następujące parametry:

- ostrość wzroku z pełną korekcją na tablicach ETDRS,
- ciśnienie wewnątrzgałkowe metodą aplanacyjną wg Goldmanna,
- głębokość komory przedniej w milimetrach za pomocą optycznej koherentnej tomografii (OCT) Visante firmy Carl Zeiss Meditec, Inc.
- centralną grubość rogówki (CGR) w mikrometrach za pomocą OCT Visante,
- liczbę komórek śródbłonka za pomocą mikroskopu lustrzanego Topcon SP 2000.

Przygotowanie pacjentów polegało na rozszerzeniu źrenicy wskutek podania kropli 1,0% Tropicamidu oraz kroplowym znieczuleniu powierzchni oka. Zabieg wykonywano za pomocą lasera mode-locked Nd: YAG firmy Carl Zeiss Meditec, Inc. o długości fali 1064 nm z zastosowaniem soczewki nagałkowej Abraham YAG-capsulotomy. Wykonywano od 5 do 34 impulsów laserowych (mediana 13 mJ) o mocy od 1,2 do 2,1 mJ każdy (mediana 1,5 mJ).

Kryteria włączenia Inclusion criteria	Kryteria wyłączenia Exclusion criteria
Zgoda na udział w badaniu Patient's agreement to participate in the study	Jaskra Glaucoma
Najlepsza skorygowana ostrość wzroku poniżej 25 liter na tablicy ETDRS BCVA below 25 letters on the ETDRS chart	Wzrost ciśnienia wewnątrzgałkowego po kapsulotomii IOP elevation after capsulotomy
Obniżenie najlepszej skorygowanej ostrości wzroku powyżej 10 liter na tablicy ETDRS w stosunku do najlepszej skorygowanej ostrości wzroku po operacji zaćmy BCVA decrease above 10 letters on the ETDRS chart compared to BCVA after cataract surgery	Centralna grubość rogówki powyżej 600 $\mu$ m Central corneal thickness above 600 $\mu$ m
Czas od operacji usunięcia zaćmy powyżej ośmiu miesięcy Above eight months after cataract surgery	Liczba komórek śródbłonka poniżej 1000/ mm <sup>2</sup> Endothelium cells count below 1000/ mm <sup>2</sup>
	Dystrofie rogówki Corneal dystrophies
	Przeszczep rogówki Keratoplasty

Tab. I. Kryteria włączenia do badania i wyłączenia z badania.  
Tab. I. Inclusion and exclusion criteria.

Łączna moc impulsów laserowych użyta podczas pojedynczego zabiegu wynosiła od 9 mJ do 50,7 mJ (mediana 30 mJ). U każdego pacjenta energia pierwszego impulsu wynosiła 1,0 mJ, wobec braku efektywnej kapsulotomii stopniowo zwiększano moc lasera. Bezpośrednio po zabiegu podawano krople: 0,5% timolol i 0,1% dexamethason. Po zabiegu zalecano stosowanie kropli 0,5% timololu 2 x dziennie przez 3 dni i 0,1% dexamethasonu 4 x dziennie przez tydzień w równych odstępach z zachowaniem przerwy nocej.

Dwie godziny po zabiegu wykonywano pomiar ciśnienia wewnątrzgałkowego metodą aplanacyjną wg Goldmanna.

W pierwszym dniu po zabiegu, tydzień po zabiegu, miesiąc po zabiegu, trzy miesiące po zabiegu i pół roku po zabiegu oprócz badania w lampie szczelinowej kontrolowano wartość następujących parametrów:

- ciśnienia wewnątrzgałkowego metodą aplanacyjną wg Goldmanna,
- CGR w mikrometrach za pomocą OCT Visante,
- ostrości wzroku z pełną korekcją na tablicach ETDRS.

Grubość rogówki określano na podstawie sumarycznej mapy pachymetrycznej rogówki w badaniu aparatem OCT Visante. Za centralną grubość rogówki uznawano średni wynik pomiaru uzyskanego z centralnego obszaru rogówki o średnicy 2 mm.

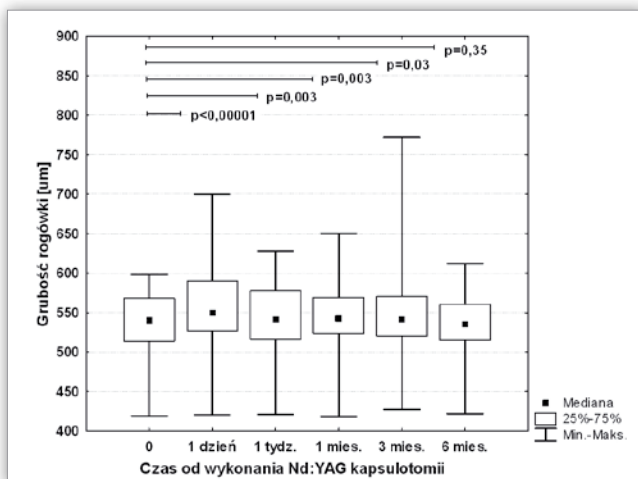
Badano zależność zmian grubości centralnej rogówki od liczby impulsów laserowych, całkowitej mocy lasera użytej podczas zabiegu, liczby komórek śródbłonka oraz głębokości komory przedniej.

### Metody statystyczne

Ponieważ rozkład większości zmiennych różnił się od rozkładu normalnego (test Kołmogorowa-Smirnowa), w celu ich opisu stosowano medianę (zakres), a w celu weryfikacji hipotez – testy nieparametryczne. Zmiany grubości rogówki oraz ostrości wzroku analizowano dla poszczególnych punktów czasowych w odniesieniu do wartości wyjściowych z zastosowaniem testu Wilcoxon. Różnice i korelacje, dla których wartość  $p$  wyniosła  $<0,05$ , uznawano za znamienne statystycznie.

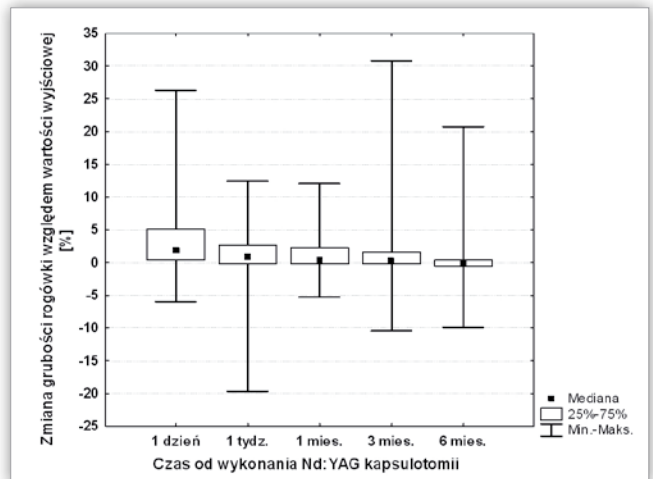
### Wyniki

Statystycznie znaczącą ( $p < 0,05$ ) zmianę grubości rogówki w stosunku do stanu wyjściowego stwierdzono w pierwszym dniu po zabiegu, tydzień po zabiegu, miesiąc po zabiegu i trzy



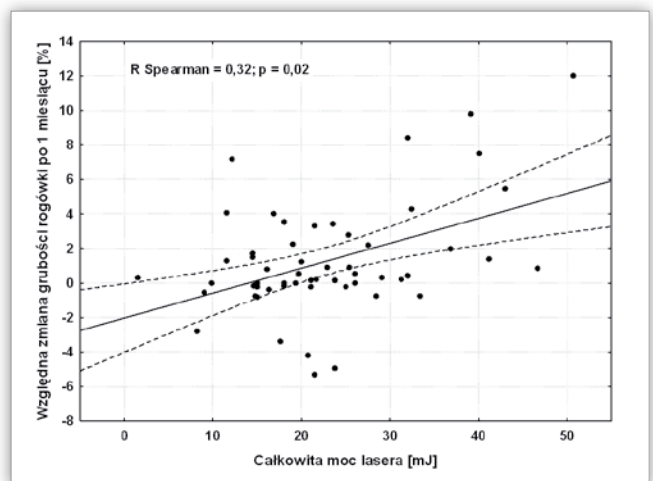
Ryc. 3. CGR w poszczególnych punktach czasowych.

Fig. 3. Central corneal thickness at each subsequent time point.



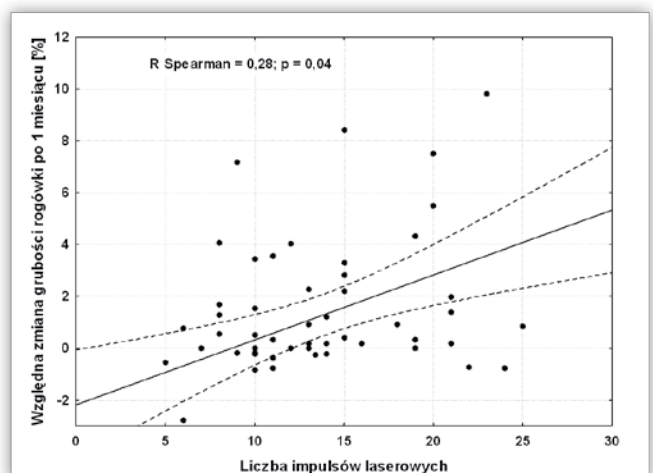
Ryc. 4. Względna procentowa zmiana CGR w poszczególnych punktach czasowych.

Fig. 4. Relative proportional change of the central corneal thickness at each subsequent time point.



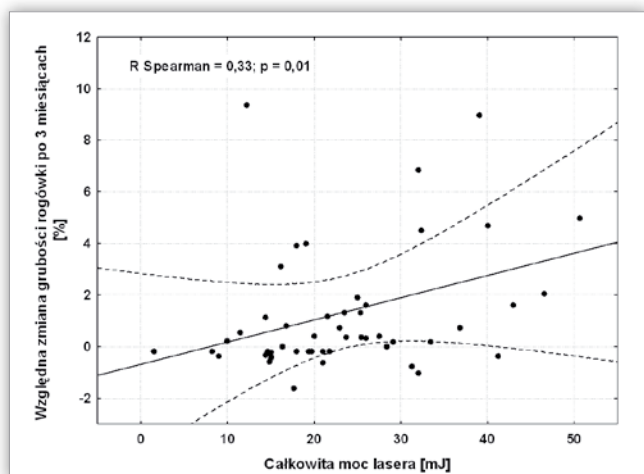
Ryc. 5. Korelacja między względną zmianą grubości rogówki a całkowitą mocą lasera po 1 miesiącu.

Fig. 5. Correlation between central corneal thickness change and total laser power after 1 month.



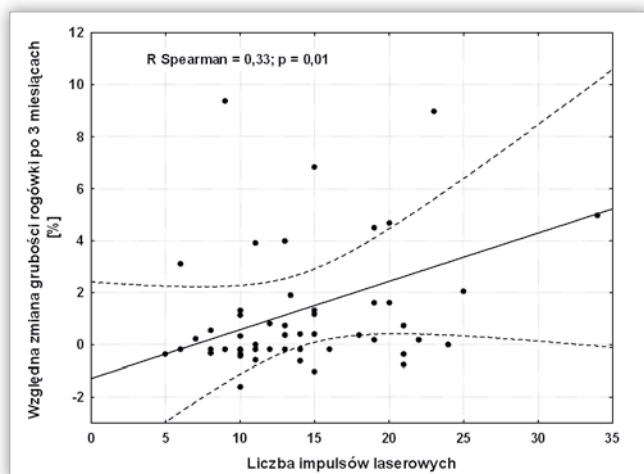
Ryc. 6. Korelacja między względną zmianą CGR a liczbą impulsów laserowych po 1 miesiącu.

Fig. 6. Correlation between central corneal thickness change and laser impact count after 1 month.



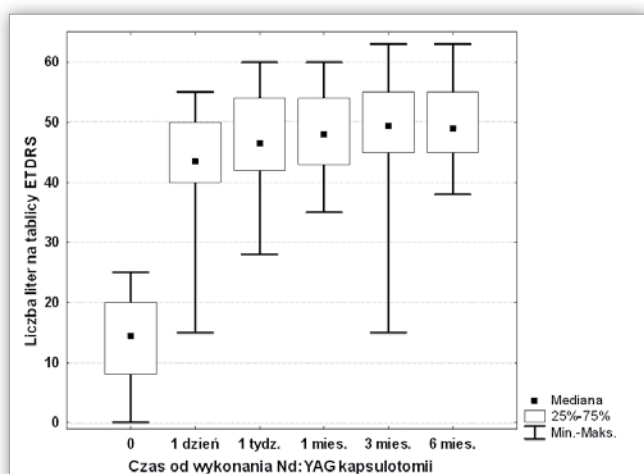
Ryc. 7. Korelacja między względną zmianą CGR a całkowitą mocą lasera użytą podczas zabiegu po 3 miesiącach.

Fig. 7. Correlation between central corneal thickness change and total laser power after 3 months.



Ryc. 8. Korelacja między względną zmianą CGR po 3 miesiącach a liczbą impulsów laserowych.

Fig. 8. Correlation between central corneal thickness change and laser impact count after 3 months.



Ryc. 9. Najlepsza skorygowana ostrość wzroku na tablicach ETDRS w poszczególnych punktach czasowych.

Fig. 9. BCVA on the ETDRS chart at each subsequent time point.

miesiące po zabiegu. Pół roku po kapsulotomii wartości były porównywalne z oznaczonymi przed leczeniem (ryc. 3). Względną procentową zmianę grubości rogówki w poszczególnych punktach czasowych przedstawia rycina 4.

Dodatnią korelację stwierdzono między zmianą centralnej grubości rogówki a liczbą impulsów laserowych użytych podczas zabiegu i całkowitą mocą lasera. Zależność ta była znamiennej statystycznie miesiąc i 3 miesiące po zabiegu (ryc. 5-8).

W każdym z punktów czasowych po zabiegu u wszystkich pacjentów stwierdzono znamiennej statystycznie zmianę liczby znaków odczytywanych na tablicy ETDRS (ryc. 9).

W żadnym z punktów czasowych badania nie stwierdzono zależności między zmianą centralnej grubości rogówki a głębokością komory przedniej oraz zmianą centralnej grubości rogówki a liczbą komórek śródbłonka.

### Dyskusja

Kapsulotomia laserowa należy do jednej z najczęściej wykonywanych procedur w okulistyce. Podczas zabiegu dochodzi do powstania szeregu zjawisk fizycznych, takich jak: fala uderzeniowa, kawitacja, wzrost temperatury, promieniowanie podczerwone oraz reakcje zapalne mogące niekorzystnie oddziaływać na strukturę oka. Na podstawie badań eksperymentalnych stwierdzono, że największy wpływ na rogówkę ma fala uderzeniowa (9). Zmiany powstałe pod jej wpływem mogą pojawić się bezpośrednio po zabiegu, jak również w dłuższym okresie po zabiegu. Według piśmiennictwa obrzęk rogówki obserwowany był zwykle w krótkim czasie po zabiegu na poziomie 0,8% do 4,0% po kapsulotomii laserowej (10). Wynika on najczęściej z przejściowego uszkodzenia połączeń międzykomórkowych śródbłonka, bezpośredniego uszkodzenia komórek śródbłonka, a w mniejszym stopniu – z miejscowego odłączenia błony Descemeta czy jej przerwania (11,12,13). W badaniach eksperymentalnych uwidoczniło po zabiegu obszary całkowitego zniszczenia komórek śródbłonka z odsłonięciem błony Descemeta (11). Stopniowe pokrywanie uszkodzeń przez sąsiadujące z nimi komórki tłumaczy utrzymywanie się obrzęku w okresie od tygodnia do trzech miesięcy, według różnych autorów (10,14). Do długofalowych skutków kapsulotomii laserowej należą szybsze niż fizjologiczne zmniejszanie się liczby oraz zwiększenie polimorfizmu i polimegatyzm komórek śródbłonka (10).

Punkt czasowy Time point	Liczba pacjentów Patients count	Odsetek pacjentów (%) Patients percentage
1 dzień 1 day	8	14,5
1 tydzień 1 week	5	9,0
1 miesiąc 1 month	1	1,8
3 miesiące 3 months	1	1,8
6 miesięcy 6 months	2	3,6

Tab. II. Liczba pacjentów z centralną grubością rogówki  $\geq 600 \mu\text{m}$ .

Tab. II. Count of the patients with central corneal thickness  $\geq 600 \mu\text{m}$ .

Powikłanie Complication	Liczba pacjentów Patients count	Odsetek pacjentów (%) Patients percentage
Ślady impaktów laserowych na soczewce Laser impact on the lens	5	9,0
Męty w ciele szklistym Vitreous floaters	4	7,2
Przepuklina ciała szklistego Vitreous hernia	2	3,6
Przemijający wzrost ciśnienia wewnątrzgałkowego Transient intraocular pressure elevation	1	1,8
Erozja nabłonka rogówki Corneal erosion	1	1,8
Powtórne zmętnienie torebki tylnej Recurrent PCO	1	1,8
Przesunięcie soczewki ku tyłowi i zmiana refrakcji OL movement posteriorly, with change in refraction	1	1,8
Obrzęk plamki Cystoid macular edema	3	5,4

Tab. III. Powikłania po Nd: YAG kapsulotomi.

Tab. III. Complications after Nd: YAG capsulotomy.

W badaniu własnym ustalenie pięciu punktów czasowych obserwacji po zabiegu pozwoliło na określenie dynamiki zmian grubości rogówki. Statystycznie znaczne różnice stwierdzono do trzeciego miesiąca po zabiegu. Największa procentowo względna zmiana grubości rogówki wystąpiła w pierwszym dniu po zabiegu (mediana 1,9%, zakres 6-24%). Wtedy także u największej liczby pacjentów wartość centralnej grubości rogówki wynosiła równo 600  $\mu\text{m}$  lub więcej (tab. II).

Średnio u pacjenta największa zmiana grubości rogówki wynosiła 145  $\mu\text{m}$  w pierwszym dniu po zabiegu przy wyjściowej wartości 550  $\mu\text{m}$ . W trzecim miesiącu po zabiegu u jednej osoby grubość rogówki osiągnęła 722  $\mu\text{m}$  przy wartości wyjściowej 533  $\mu\text{m}$ . Wynik pachymetrii tej pacjentki od czasu pierwszej kontroli wynosił więcej niż 600  $\mu\text{m}$ . Narastanie obrzęku rogówki u tej chorej mogło być spowodowane obniżeniem gęstości komórek śródbłonka (z 1100/  $\text{mm}^2$  do 850/  $\text{mm}^2$ ). Wystąpieniu obrzęku rogówki musiały sprzyjać jednak jeszcze inne czynniki (prawdopodobnie uraz), ponieważ w trakcie dodatkowej kontroli po dwóch tygodniach wynik pachymetrii wynosił 612  $\mu\text{m}$ .

W badaniach eksperymentalnych stwierdzono, że prędkość rozchodzenia się fali uderzeniowej oraz jej amplituda są proporcjonalne do energii impulsu laserowego (15). Fakt ten tłumaczy opisywane w literaturze zjawisko większego uszkodzenia tkanek po wykonaniu Nd: YAG kapsulotomii z zastosowaniem impulsów laserowych o większej energii. Efekt ten został potwierdzony także w badaniu własnym, w którym wykazano dodatnią korelację między całkowitą mocą dostarczoną podczas zabiegu oraz liczbą impulsów laserowych a względną zmianą centralnej grubości rogówki. W pracy własnej nie stwierdzono korelacji między głębokością komory przedniej a amplitudą zmian grubości rogówki po zabiegu. Na podstawie analizy opracowanego przez Petkovského wykresu rozkładu ciśnienia fali akustycznej w zależności od odległości ogniska laserowego i z uwzględnieniem faktu, że to właśnie fala uderzeniowa ma największy wpływ na zmiany w śródbłonku, można wytłumaczyć uzyskanie takiego

wyniku. Najbardziej wyraźne obniżenie ciśnienia fali uderzeniowej występuje na odcinku do 0,5 mm od miejsca skupienia promienia laserowego, następnie amplituda zmian znacznie maleje (16). Różnice w głębokości komory przedniej u badanych pacjentów nie były na tyle duże, aby mogły zawierać się w znacząco różnych strefach oddziaływania fali uderzeniowej. Oprócz obrzęku rogówki u badanych pacjentów wystąpiły również inne powikłania, które zostały przedstawione w tabeli III.

### Wnioski

1. Wykonanie Nd: YAG kapsulotomii wpływa jedynie na przejściowe zwiększenie centralnej grubości rogówki.
2. Zabieg Nd: YAG kapsulotomii powinien być związany z możliwie jak najmniejszą ilością energii dostarczanej do oka.

### Piśmiennictwo:

1. Apple DJ: *Influence of intraocular lens material and design on postoperative intracapsular cellular reactivity*. Trans Am Ophthalmol Soc. 2000, 98, 257-283.
2. Linnola RJ: *Sandwich theory: bioactivity-based explanation for posterior capsule opacification*. J Cataract Refract Surg 1997, 23, 1539-1542.
3. Cheng CY, Yen MY, Chen SJ, Kao SC, Hsu WM, Liu JH: *Visual acuity and contrast sensitivity in different types of posterior capsule opacification*. J Cataract Refract Surg 2001, 27, 1055-1060.
4. Pandey SK, Apple DJ, Werner L, Maloof AJ, Milverton EJ: *Posterior Capsule Opacification: A Review of the Aetiopathogenesis, Experimental and Clinical Studies and Factors for Prevention*. Ind J Ophthalmol 2004, 52(2), 99-112.
5. Miyake K: *The significance of inflammatory reactions following cataract extraction and intraocular lens implantation*. J Cataract Refract Surg 1996, 22, 759-763.
6. Nishi O, Nishi K, Imanishi M, Mano C, Yamada Y, Tada Y, Shirasawa E, Härfstrand A: *Decreased prostaglandin E2 synthesis by lens*

- epithelial cells cultured on heparin-surface-modified poly (methyl methacrylate).* J Cataract Refract Surg 1996, 22, 859-862.
7. Szaflik J, Wesołowski T, Wylegała E: *Zastosowanie Nd:YAG lasera do kapsulotomii.* Klinika Oczna 1991, 93, 86-88.
  8. Durham DG, Gills JP: *Three thousand YAG lasers in posterior capsulotomies an analysis of complications and comparison to polishing and surgical dissections.* Trans Am Ophthalmol Soc 1985, 83, 218-235.
  9. Klapper RM: *Neodymium:YAG laser microsurgery: Fundamental principles and clinical applications.* Int Ophthalmol Clin 1985, 25, 1-195.
  10. Kozobolis PV, Detorakis ET, Vlachonikolis IG et al.: *Endothelial corneal damage after neodymium: YAG Laser treatment: Pupillary Membranectomies, Irydotomies, Capsulotomies.* Ophth Surg Las 1998 (29), 10, 793-803.
  11. Kerr M, Sherrard E: *Damage to the corneal endothelium during Nd: YAG photodisruption.* Br J Ophthalmol 1985, 69, 77-85.
  12. Zysset B, Fujimoto JG, Puliafito CA, Birngruber R: *Picosecond optical breakdown: Tissue effects and reduction of collateral damage.* Laser Surg Med 2005 (9), 3, 193-204.
  13. Vaikoussis E, Bisognianis Z, Margaritis L: *Corneal endothelial damage after Nd: YAG laser anterior capsulotomy. An experimental study on rabbits.* Doc Ophthalmol 1993, (83), 4, 279-286.
  14. Canning C, Capon RMR, Sherrard ES et al.: *Neodymium: YAG laser iridotomies short-term comparison with capsulotomies and long-term follow-up.* Clin Ex Ophthalmol 1988, (226)1, 49-54.
  15. American Academy of Ophthalmology. *Nd: YAG photodisruptors.* Ophthalmology 1993, 100, 1736-1742.
  16. Petkovsek R, Mozina J, Močnik G: *Optodynamic characterization of shock waves after laser-induced breakdown in water.* Optics Express 2005, 3(11), 4107-4112.

Praca wpłynęła do redakcji 14.04.2008 r. (1032)  
Zakwalifikowano do druku 20.04. 2008 r.

**Adres do korespondencji (Reprint requests to):**  
dr n. med. Ewa Wróblewska-Czajka  
Oddział Okulistyczny Okręgowego Szpitala Kolejowego  
ul. Panewnicka 65  
40-760 Katowice  
ewaw8@wp.pl

**W dniach 28-29 listopada 2008 roku w Pałacu Kultury i Nauki w Warszawie odbędzie się**

**XII Sympozjum Sekcji Zapobiegania Ślepotcie i Rehabilitacji Słabowidzących  
IX Sympozjum Sekcji Ergoftalmologii  
Polskiego Towarzystwa Okulistycznego**

**TEMATY GŁÓWNE**

1. **Wpływ przewlekłych schorzeń narządu wzroku na możliwość wykonywania pracy zawodowej**
2. **Degeneracja plamki żółtej związana z wiekiem – choroba XXI wieku**

**Termin nadsyłania streszczeń oraz pierwszy termin rejestracji uczestnictwa  
upływają 31 lipca 2008 roku**

**Pełna informacja dotycząca sympozjum znajduje się na stronie internetowej  
[www.sympozjum.info.pl](http://www.sympozjum.info.pl)**

**Adres organizatora:**

**Katedra i Klinika Okulistyki I Wydziału Lekarskiego Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego  
ul. Lindleya 4, 02-005 Warszawa  
tel.: (0-22) 5021554, faks: (0-22) 5022147**