

(161)

# Zmiany aberracji układu optycznego oka po zabiegach PRK i LASIK

## Evaluation of eye total aberration in patients after PRK and LASIK procedures

Dorota Wyględowska-Promieńska, Izabela Zawojcka, Stanisława Gierek-Ciaciura

Z I Katedry i Kliniki Okulistyki Śląskiej Akademii Medycznej w Katowicach  
Kierownik: prof. dr hab. n. med. Ariadna Gierek-Łapińska

**Summary:** Construction of aberrometer unit gives us a possibility to clinically measure the optical defects of the eye beyond sphere and cylinder, quickly and efficiently. This technology of measurement quantify ocular aberrations, to design ideal refractive corrections.

**Purpose:** The aim of this study was to evaluate ocular aberrations after PRK and LASIK procedures.

**Material and methods:** We measured the high order aberrations in 114 treated eyes by WASCA System.

**Results:** We noticed that all excimer procedures increased ocular aberrations. The higher aberrations appears after LASIK. The main assignment of excimer laser surgery is planning this type of ablation profile which does not increase aberrations.

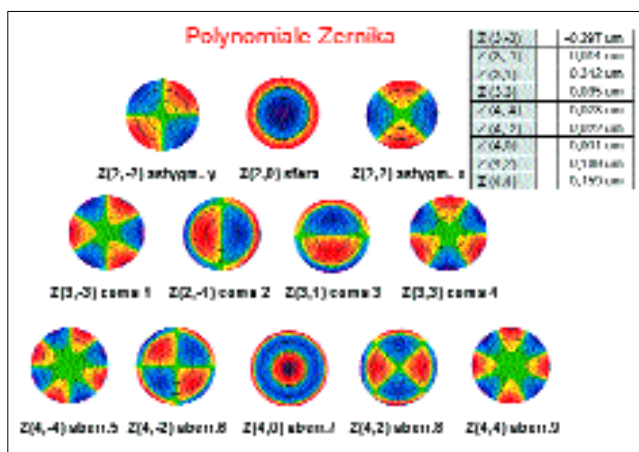
**Słowa kluczowe:** aberracje, PRK, LASIK

**Key words:** aberrations, PRK, LASIK.

### Wstęp

Problem aberracji układu optycznego oka od dawna nurtował okulistów, jednak ze względu na barierę technologiczną pozostawał w sferze rozważań teoretycznych. Skonstruowanie aberrometru pozwoliło na ocenę aberracji wyższego rzędu, a więc nie tylko aberracji sferycznych i cylindrycznych (1).

Aberracją to wada układu optycznego przejawiająca się tym, że otrzymane w jej wyniku obrazy są nieostre, zniekształcone lub zabarwione. Rodzaje aberracji układu optycznego oka są przedstawiane za pomocą polinomiali Zernika. Obraz zniekształcony wyższego rzędu wywołanych przez aberracje przedstawia ryc. 1.



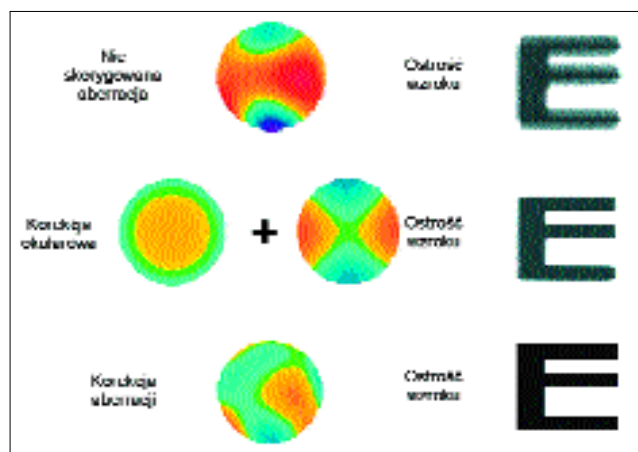
Ryc. 1. Polinomiali Zernika.

Fig. 1. Zernike Polynomials.

Korekcja aberracji przekracza ograniczenia, jakie daje korekcja tylko okularowa. Możliwości poprawy ostrości widzenia, jakie daje korekcja aberracji, pokazuje ryc. 2.

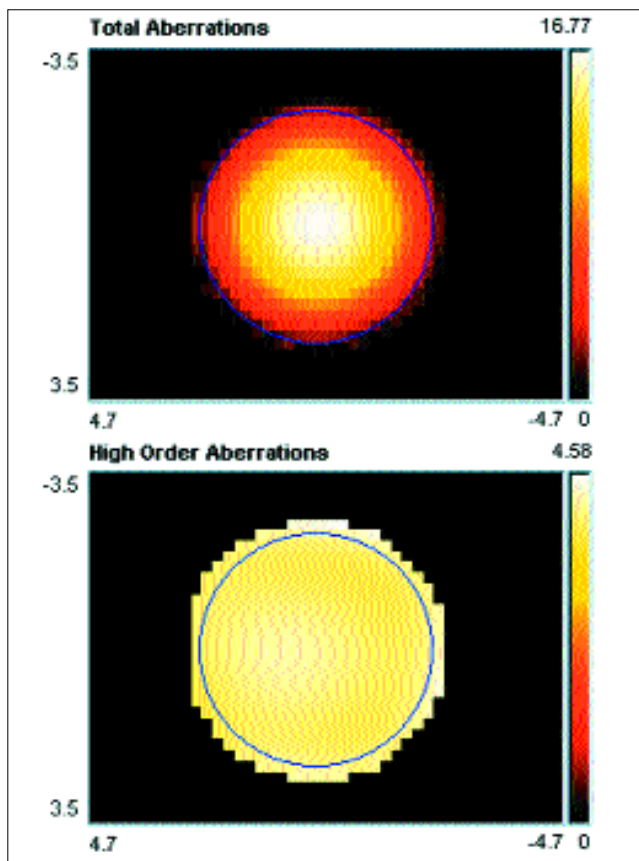
Kolejne ryciny przedstawiają obraz całkowitej aberracji i aberracji wyższego rzędu przed zabiegiem i po zabiegu u tego samego pacjenta z wadą refrakcji -6,0 D, u którego wykonano zabieg LASIK (ryc. 3,4).

**Celem pracy** jest ocena zmian aberracji układu optycznego oka po wykonanych zabiegach laserowej korekcji krótkowzroczności i niezborności krótkowzrocznej metodą PRK i LASIK.



Ryc. 2. Wpływ korekcji aberracji na widzenie pacjenta.

Fig. 2. Effect of corrected aberration on patient's visual acuity.



Ryc. 3. Aberracja całkowita i wyższego rzędu przed zabiegiem LASIK (wada refrakcji -6,0 D).

Fig. 3. Total and high order aberration before LASIK procedure (refraction error -6,0 D).

### Materiał i metodyka

W naszej klinice przeprowadziliśmy pomiary aberracji wyższego rzędu układu optycznego oka u 78 pacjentów (114 oczu) przed planowanym zabiegiem laserowej korekcji wady wzroku oraz 7 dni, 1 miesiąc i 3 miesiące po wykonanym zabiegu. Zabieg wykonywano za pomocą lasera ekscymerowego MEL-70 G-Scan, a pomiary aberracji – za pomocą Systemu WASCA (Wavefront Aberration Supported Corneal Ablation).

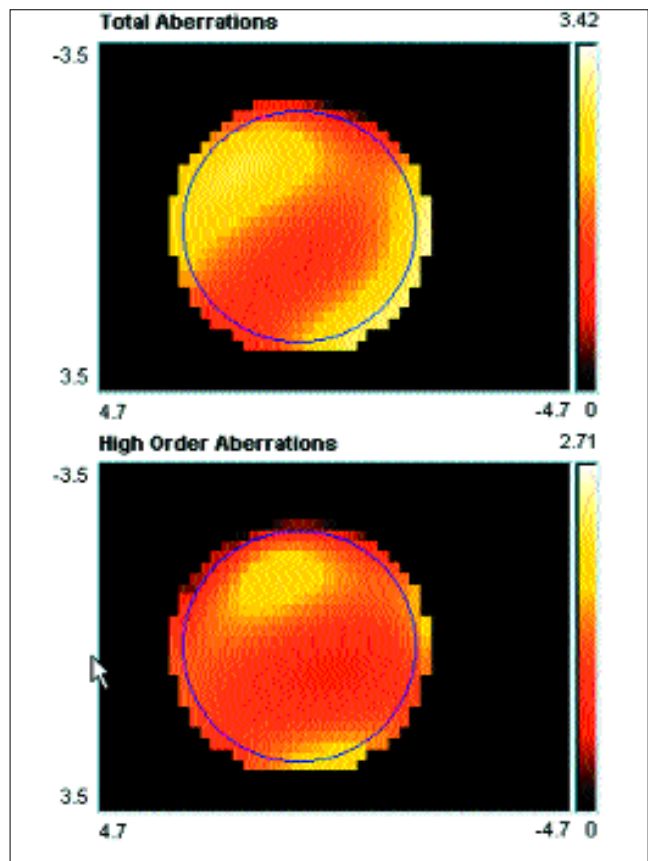
Parametry systemu WASCA:

- ❖ rozdzielczość: 210  $\mu\text{m}$ ,
- ❖ zakres pomiaru sfery: -17,0 D do +10,0 D,
- ❖ zakres pomiaru cylindra:  $\pm 6,0$  D,
- ❖ długość fali: 850 nm,
- ❖ czas pomiaru: 13 ms,
- ❖ dokładność pomiaru:  $\pm 0,05$  D,
- ❖ powtarzalność:  $\pm 0,02$  D.

Do badań statystycznych używaliśmy programu Statistika for Windows, korzystając z testu t-Studenta dla zmiennych zależnych (oceniając parametry w obrębie tej samej grupy) i niezależnych (przy porównywaniu dwóch grup). Współczynnik istotności statystycznej oceniliśmy na poziomie  $p$  ( $\alpha$ ) < 0,05.

Pacjentów podzieliliśmy na dwie grupy:

- ❖ grupa I – pacjenci po PRK; 27 pacjentów – 38 oczu, w tym 20 kobiet i 7 mężczyzn; wiek pacjentów wahał się od 19 do 42 lat (średnia wieku wynosiła 24,8 roku),
- ❖ grupa II – pacjenci po zabiegu LASIK; 51 pacjentów – 76 oczu,



Ryc. 4. Aberracja całkowita i wyższego rzędu po zabiegu LASIK u tego samego pacjenta.

Fig. 4. Total and high order aberration for the same patient after LASIK procedure.

w tym 37 kobiet i 14 mężczyzn; wiek pacjentów wahał się od 21 do 44 lat (średnia wieku wynosiła 25,7 roku).

Grupy nie różniły się statystycznie pod względem wieku.

### Wyniki

Aberracje wyższego rzędu są matematycznie przedstawione za pomocą tzw. polinomiali Zernika (trzeciego i czwartego rzędu). Rzeczywiste zniekształcenie spowodowane aberracjami może być opisane jako kombinacja serii polinomiali Zernika. Z uwagi na to, że aberracja w dużym stopniu zależy od wielkości źrenicy mierzonego oka, wszystkie współczynniki Zernika przeliczane były dla samej średnicy źrenicy – 5 mm.

Najpierw analizowano zmiany wartości współczynników Zernika trzeciego i czwartego rzędu w każdym okresie obserwacji w stosunku do wartości przed zabiegiem w ramach poszczególnych grup.

Wyniki pomiarów u pacjentów, u których wykonano zabieg PRK, przedstawiają tabela I i ryciny 5, 6, 7, 8.

Wyniki pomiarów u pacjentów, u których wykonano zabieg LASIK, przedstawiają tabela II oraz ryciny 9, 10, 11, 12.

Jak możemy zauważyć, w obu grupach wszystkie współczynniki uległy zwiększeniu w stosunku do wartości przed zabiegiem. Zmiany istotne statystycznie oznaczono gwiazdką.

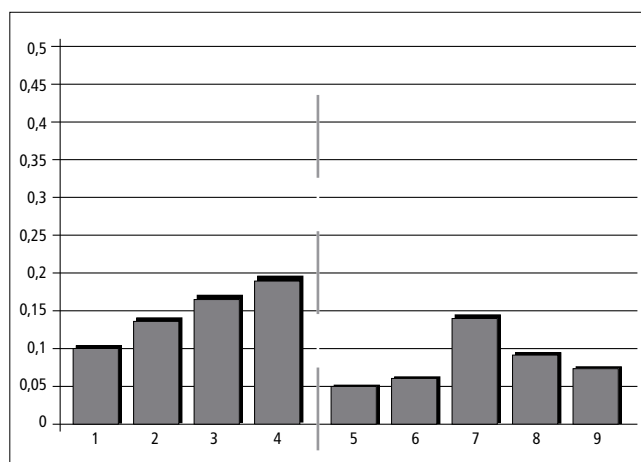
Następnie dokonano porównania zmian współczynników Zernika pomiędzy grupą I i II. Wyniki zaprezentowano na rycinach 13, 14, 15 i 16.

Możemy zauważyć, że w grupie II statystycznie istotnie wzrosła aberracja sferyczna. Tego typu aberracja jest indukowana cięciem płatką rogówki za pomocą mikrokeratomu.

	Z1 ( $\mu\text{m}$ )	Z2 ( $\mu\text{m}$ )	Z3 ( $\mu\text{m}$ )	Z4 ( $\mu\text{m}$ )	Z5 ( $\mu\text{m}$ )	Z6 ( $\mu\text{m}$ )	Z7 ( $\mu\text{m}$ )	Z8 ( $\mu\text{m}$ )	Z9 ( $\mu\text{m}$ )
Przed zabiegiem Before treatment	0,117	0,139	0,166	0,179	0,050	0,063	0,139	0,089	0,074
7 dni po zabiegu 7 days after treat.	0,243	0,359	0,374	0,342	0,150	0,188	0,279	0,204	0,116
1 miesiąc po zabiegu 1 month after treat.	0,188	0,309	0,311	0,226	0,084	0,116	0,169	0,142	0,115
3 miesiące po zabiegu 3 months after treat.	0,229	0,447	0,279	0,172	0,084	0,087	0,223	0,115	0,139

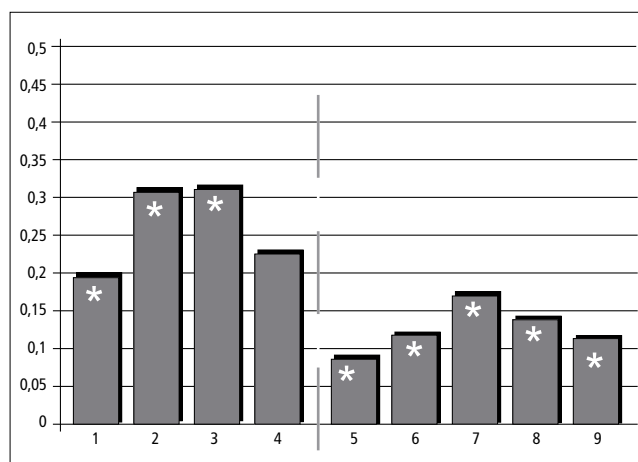
Tab. 1. Współczynniki Zernika przed zabiegiem PRK i po nim.

Tab. 1. Zernike coefficients before and after PRK.



Ryc. 5. Współczynniki Zernika przed zabiegiem PRK.

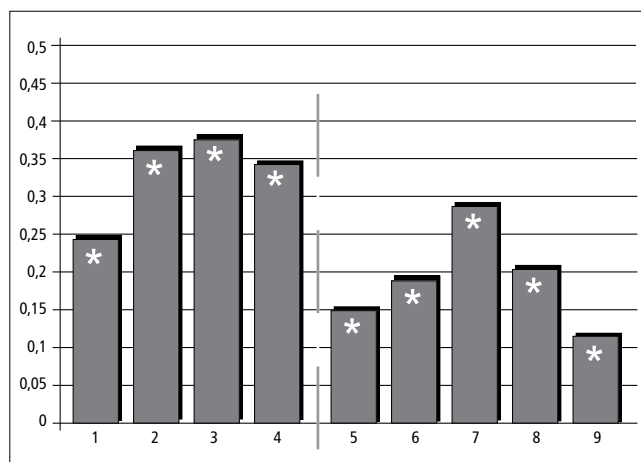
Fig. 5. Zernike coefficients before PRK.



Ryc. 7. Współczynniki Zernika 1 miesiąc po zabiegu PRK.

Fig. 7. Zernike coefficients 1 month after PRK.

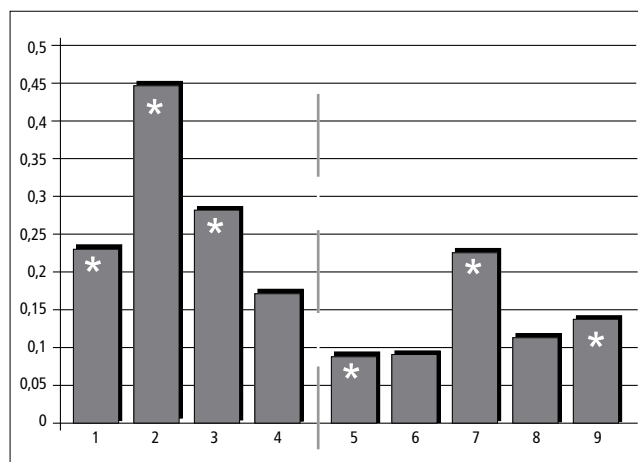
\*statistically significant



Ryc. 6. Współczynniki Zernika 7 dni po zabiegu PRK.

Fig. 6. Zernike coefficients 7 days after PRK.

\*statistically significant



Ryc. 8. Współczynniki Zernika 3 miesiące po zabiegu PRK.

Fig. 8. Zernike coefficients 3 months after PRK.

\*statistically significant

## Omówienie

W przedstawionej pracy analizie poddano wyniki pomiarów aberracji wyższego rzędu układu optycznego oka przed zabiegami PRK i LASIK oraz po nich.

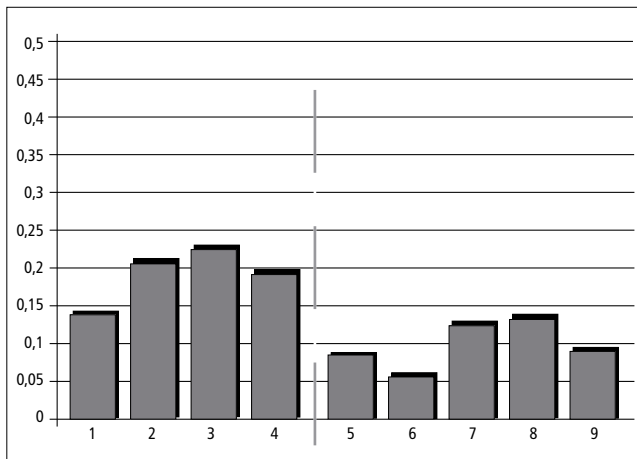
Procedury te wykonywane były według ogólnie przyjętych standardów. Większość autorów, opisujących do tej pory wyniki swoich badań nad zmianami aberracji przed zabiegami korekcyjnymi wykonywanymi laserem ekscymerowym i po nich, jest zgodna co do tego, że chirurgia refrakcyjna zwiększa aberracje wyższego rzędu

układu optycznego oka, czego wynikiem jest pogorszenie jakości otrzymywanych obrazów siatkówkowych (4,6). Ilość i jakość zaburzeń aberrometrycznych wyższego rzędu zależne są, w dużej mierze, od szerokości źrenicy pacjenta. Wraz ze zwiększaniem się średnicy źrenicy nasilają się aberracje wyższego rzędu. Hong i Thibos przeprowadzali badania aberrometryczne u pacjentów przed zabiegiem LASIK, bezpośrednio i 2 miesiące po nim (3). W przypadku pacjentów o szerokości źrenicy  $\leq 4$  mm aberracje wyższego rzędu wzrastały nieznacznie w porównaniu z grupą pacjentów

	Z1 ( $\mu\text{m}$ )	Z2 ( $\mu\text{m}$ )	Z3 ( $\mu\text{m}$ )	Z4 ( $\mu\text{m}$ )	Z5 ( $\mu\text{m}$ )	Z6 ( $\mu\text{m}$ )	Z7 ( $\mu\text{m}$ )	Z8 ( $\mu\text{m}$ )	Z9 ( $\mu\text{m}$ )
Przed zabiegiem Before treatment	0,142	0,205	0,228	0,190	0,084	0,059	0,125	0,133	0,088
7 dni po zabiegu 7 days after treat.	0,225	0,336	0,380	0,298	0,099	0,114	0,490	0,147	0,185
1 miesiąc po zabiegu 1 month after treat.	0,225	0,426	0,376	0,277	0,115	0,107	0,490	0,159	0,159
3 miesiące po zabiegu 3 months after treat.	0,137	0,328	0,266	0,217	0,081	0,068	0,490	0,123	0,117

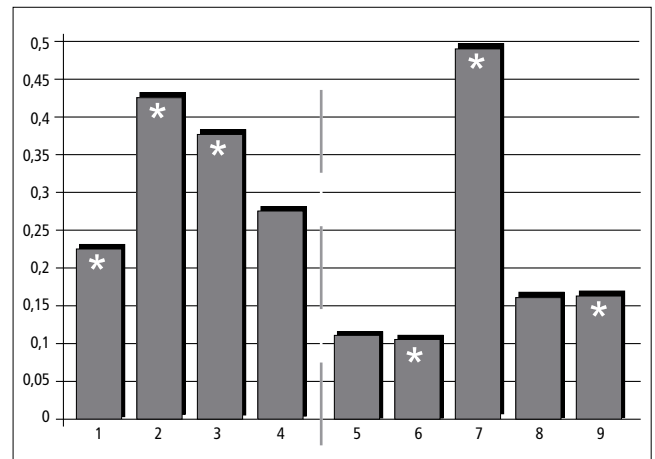
Tab. II. Współczynniki Zernika przed zabiegiem LASIK i po nim.

Tab. II. Zernike coefficients before and after LASIK.



Ryc. 9. Współczynniki Zernika przed zabiegiem LASIK.

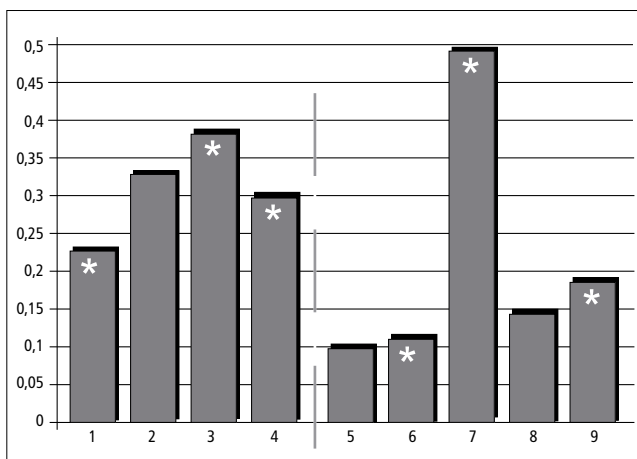
Fig. 9. Zernike coefficients before LASIK.



Ryc. 11. Współczynniki Zernika 1 miesiąc po zabiegu LASIK.

Fig. 11. Zernike coefficients 1 month after LASIK.

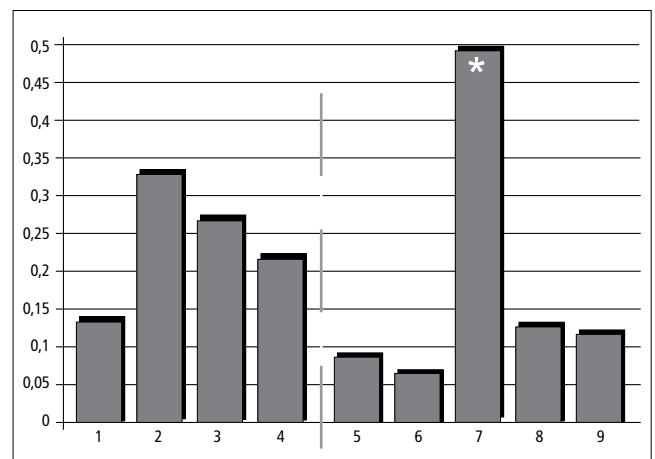
\*statistically significant



Ryc. 10. Współczynniki Zernika 7 dni po zabiegu LASIK.

Fig. 10. Zernike coefficients 7 days after LASIK.

\*statistically significant



Ryc. 12. Współczynniki Zernika 3 miesiące po zabiegu LASIK.

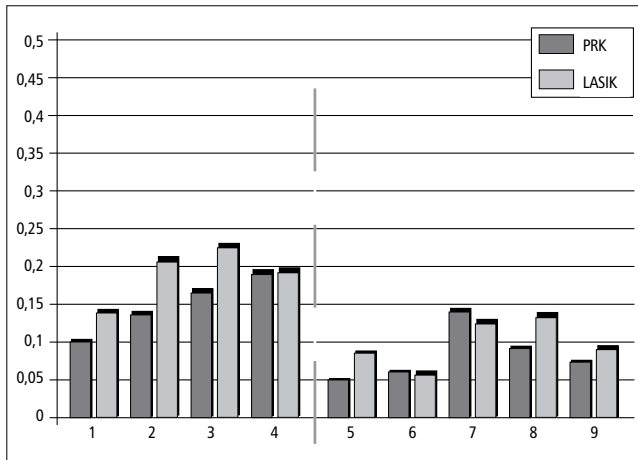
Fig. 12. Zernike coefficients 3 months after LASIK.

\*statistically significant

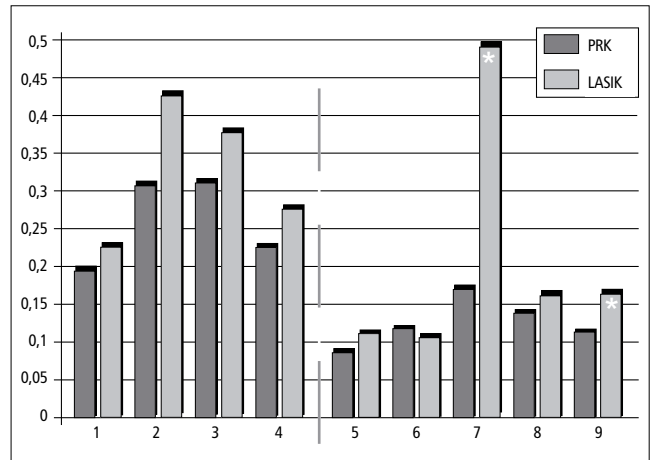
o szerokości źrenicy powyżej 4 mm. W wyniku procesu gojenia aberracje wyższego rzędu ulegały zmniejszeniu.

Według Sailera i wsp. wzrost aberracji wyższego rzędu po fotokeratektomii refrakcyjnej osłabia możliwość uzyskania optymalnej ostrości wzroku pacjenta (11). Podobne wyniki dotyczące innej procedury chirurgii refrakcyjnej, jaką jest LASIK, otrzymali Moreno-Barriso i wsp. (5). U badanych pacjentów autorzy zaobserwowali znaczący, pozabiegowy wzrost aberracji sferycznej.

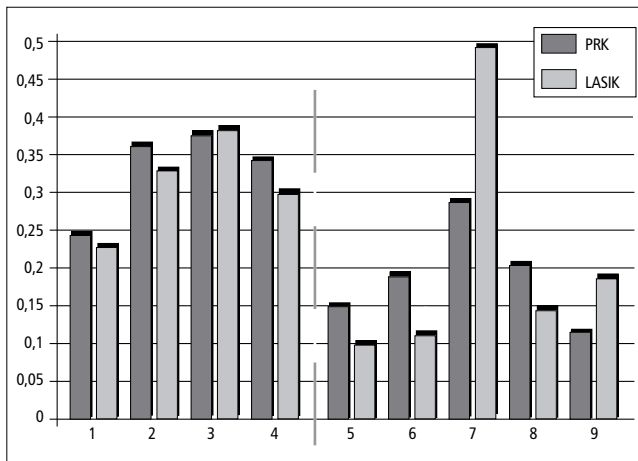
Oshika i wsp. porównywali aberracje wyższego rzędu u pacjentów po zabiegach PRK i LASIK (7,8). Nie stwierdzili oni istotnych zmian między wynikami obu technik w zakresie aberracji typu *coma*, zanotowali natomiast znaczny wzrost aberracji sferycznej w grupie pacjentów po zabiegu LASIK w porównaniu z grupą po PRK. I. Pali-karis i wsp. analizowali i oceniali aberracje wyższego rzędu 3. i 4. stopnia u pacjentów po procedurze LASIK (9). Badania swoje wykonywali na analizatorze WASCA. Autorzy donieśli, że w grupie oce-



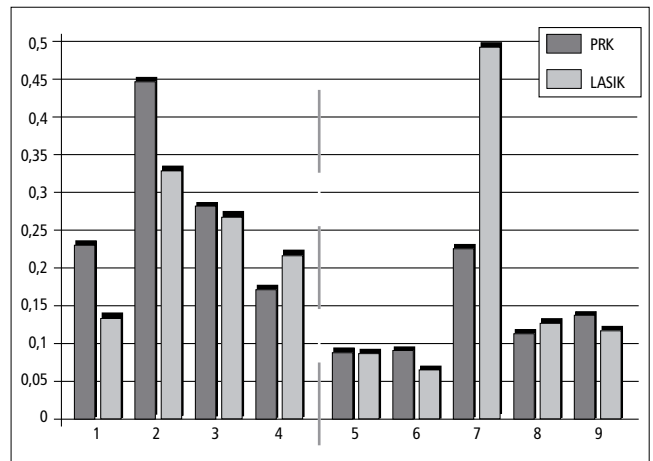
Ryc. 13. Porównanie współczynników Zernika przed zabiegiem PRK i LASIK.  
Fig. 13. Comparison of Zernike coefficients before PRK and LASIK.



Ryc. 15. Porównanie współczynników Zernika 1 miesiąc po zabiegu PRK i LASIK.  
Fig. 15. Comparison of Zernike coefficients 1 month after PRK and LASIK.  
\*statistically significant



Ryc. 14. Porównanie współczynników Zernika 7 dni po zabiegu PRK i LASIK.  
Fig. 14. Comparison of Zernike coefficients 7 days after PRK and LASIK.  
\*statistically significant



Ryc. 16. Porównanie współczynników Zernika 3 miesiące po zabiegu PRK i LASIK.  
Fig. 16. Comparison of Zernike coefficients 3 months after PRK and LASIK.  
\*statistically significant

nianych pacjentów zanotowali zwiększenie aberracji sferycznej i typu *coma* wzdłuż osi poziomej. Zmian tych nie zaobserwowali wzdłuż osi pionowej. Według autorów powodem tego typu zaburzeń mogą być zmiany krzywizny rogówki spowodowane cięciem płatką za pomocą mikrokeratomu. Proces gojenia oraz tworzenie blizny wzdłuż brzegów płatką rogówki również zwiększa prawdopodobieństwo aberracji typu *coma* w osi poziomej. Umieszczenie podstawy płatką rogówki od strony nosowej powoduje mniejsze narastanie aberracji 3. rzędu typu *coma* wzdłuż osi pionowej. Porter i wsp. przedstawili w swojej pracy bardzo ciekawe wyniki dotyczące analizy zmian aberracji wyższego rzędu w dwóch grupach pacjentów (10). Pierwszą grupę stanowili chorzy, u których wykonano pełną procedurę LASIK. Do drugiej grupy należeli pacjenci, u których w pierwszym etapie wykonano cięcie rogówki mikrokeratomem, a następnie po 2 miesiącach wykonano fotoablację. Cięcie mikrokeratomem wywołało wzrost aberracji wyższego rzędu w 30% przypadków. Na tym etapie porównanie wyników pomiarów aberracji z grupą pierwszą wykazało istotnie statystyczną różnicę w przypadku aberracji typu „koniczyna” (trefoil). Badanie aberracji wyższego rzędu 1 miesiąc po zakończeniu drugiego etapu w grupie drugiej i 1 miesiąc po zabiegu LASIK w grupie pierwszej nie wykazało statystycznie znamiennej różnicy między obiema grupami.

W analizowanej przez nas grupie pacjentów po zabiegu PRK i LASIK wykonywaliśmy pomiary aberracji wyższego rzędu dla średnicy źrenicy oka 5 mm. W przypadku zabiegu PRK odnotowaliśmy zmiany wszystkich aberracji 3. i 4. rzędu (ryc. 5,6,7,8), które utrzymywały się w całym okresie obserwacji, z nasileniem zmian typu *coma*. W przypadku zabiegu typu LASIK zwiększone aberracje wyższego rzędu po zabiegu ulegały stopniowemu obniżeniu w okresie obserwacji. W 3. miesiącu obserwacji statystycznie znamiennej wzrost odnotowaliśmy tylko w przypadku aberracji sferycznej (ryc. 9,10,11,12) (2).

Celem współczesnej chirurgii refrakcyjnej jest nie tylko korygowanie aberracji niższego rzędu, tj. sferycznych i cylindrycznych, ale również zmniejszenie do minimum aberracji wyższego rzędu. Dlatego też coraz większy nacisk kładzie się na wprowadzenie do procedur PRK i LASIK programów opracowywanych dokładnie dla danego oka z uwzględnieniem aberracji niższego i wyższego rzędu.

#### Wnioski

- ❖ Zabieg wykonywany laserem ekscymerowym wpływa na zwiększenie aberracji układu optycznego oka.
- ❖ Większe zmiany aberracji występują po zabiegu LASIK.

- ❖ Głównym zadaniem laserowej chirurgii refrakcyjnej jest zaplanowanie takiego profilu ablacji, który nie zwiększałby aberracji.

**PIŚMIENNICTWO:** 1. Applegate R. A., Howland H. C., Klyce S. D.: *Corneal aberration and refractive surgery*. In: MacRae S. (Editor), *Customized Corneal Ablation*, Thorofare NJ, Slack, Inc., 2001. 2. Goes F., Gierek-Ciaciura S., Mrukwa-Kominek E., Wyględowska-Promieńska D.: *MEL 80 Multicentre study in myopia*. ISRS Orlando, 2002. 3. Hong X., Thibos L. N.: *Longitudinal evaluation of optical aberrations following laser in situ keratomileusis surgery*. *J. Refract. Surg.*, 2000, 16, 647-650. 4. Klein S. A.: *Optimal corneal ablations for eye with arbitrary Hartmann-Shack aberrations*. *J. Opt. Soc. A.*, 1998, Vol. 15, 9. 2580-2588. 5. Moreno-Barriuso E., Merayo Lloves J., Marcos S., et al.: *Ocular aberrations before and after myopic corneal refractive surgery: LASIK-induced changes measured with laser ray tracing*. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 2001, 42, 1396-1403. 6. Oliver K., O'Brart D., Stephenson C. et al.: *Anterior Corneal Optical*

*Aberrations Induced by Photorefractive Keratectomy for Hyperopia*. *J. Refract. Surg.*, 2001, 4, 406-413. 7. Oshika T., Klyce S., Applegate R. et al.: *Comparison of corneal wavefront aberrations after photorefractive keratectomy and laser in situ keratomileusis*. *Am. J. Ophthalmol.*, 1999, 127, 1-7. 8. Oshika T., Klyce S. D., Applegate R. A., Howland H. C.: *Changes in corneal wavefront aberrations with aging*. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 1999, 40, 1351-1355. 9. Pallikaris I., Kymionis G., Panagopoulou S. et al.: *Induced optical aberrations following formation of a laser in situ keratomileusis flap*. *J. Cataract. Refract. Surg.*, 2002, 10, 1737-1741. 10. Porter J., MacRae S., Yoon G., Roberts C., Cox I. G., Williams D. R.: *Separate effects of the microkeratome incision and laser ablation on the eye's wave aberration*. *Am. J. Ophthalmol.*, 2003, 136, 327-337. 11. Seiler T., Kaemmerer M., Mierdel P., Krinke H. E.: *Ocular optical aberrations after photorefractive keratectomy for myopia and myopic astigmatism*. *Arch. Ophthalmol.*, 2000, 118, 17-21.

Praca wpłynęła do Redakcji 11.12.2003 r. (364).

Adres do korespondencji (Reprint requests to):  
dr n. med. Dorota Wyględowska-Promieńska  
Samodzielny Publiczny Szpital Kliniczny nr 5 ŚAM  
ul. Ceglana 35  
40-952 Katowice

# Nyolol

1/2 A4  
cz-b

Opis w załączeniu