

(3) Ocena ostrości wzroku, poczucia kontrastu i aberracji sferycznych w oczach pseudofakijnych z asferyczną soczewką wewnątrzgałkową

Evaluation of visual acuity, contrast sensitivity and spherical aberrations in pseudophakic eyes with an intraocular lens

Michał Wilczyński, Joanna Bartela, Sylwia Konarska, Aleksandra Synder, Wojciech Omulecki

Z Kliniki Chorób Oczu Uniwersytetu Medycznego w Łodzi

Kierownik: prof. dr hab. n. med. Wojciech Omulecki

Summary:

Introduction: The use of modern technologies enables constructing and producing perfected intraocular lenses. Recently, aspheric implants have become widely available.

Purpose: The purpose of the study was to evaluate functional results, contrast sensitivity in scotopic conditions and spherical aberrations of the optical system of the eye after phacoemulsification with implantation of aspheric intraocular lens.

Materials and Methods: The material was gathered prospectively from January until July 2006. The examined group included patients who received aspheric intraocular lenses Adapt AO or AcrySof SN60WF and who previously had received a conventional foldable spherical lens in the fellow eye.

The examined group with an intraocular lens Adapt AO consisted of 25 eyes (25 patients) and the examined group with an intraocular lens AcrySof SN60WF consisted of 12 eyes (12 patients).

We examined best corrected visual acuity (BCVA) and intraocular pressure. Contrastometry in scotopic conditions and aberrometry were performed. Intraoperative and early postoperative complications were noted. For statistical analysis non-parametric U Mann-Whitney test was used, all calculations were performed for the level of significance $\alpha=0.05$.

Results: In the examined groups there were no intraoperative and early postoperative complications. In both groups, there was no statistically significant difference in mean postoperative BCVA between eyes with an aspheric implant and eyes with a spherical lens. Assuming the mean contrast sensitivity in eyes with spherical implants as 100%, we observed that in eyes with an aspheric lens it was better nearly by one third.

Mean value of spherical aberrations with a pupil diameter of 5mm (Zernike RMS 5 mm) in eyes with an aspheric lens was significantly lower in comparison with eyes with a spherical implant ($p<0.05$). Similarly, mean value of higher order spherical aberrations with a pupil diameter of 5 mm (Higher Order Zernike RMS 5 mm), in eyes with an aspheric lens was significantly lower in comparison with eyes with a spherical implant ($p<0.05$).

Conclusions: Using aspheric lenses Adapt AO and AcrySof SN60WF allows for achieving very good functional and anatomic results and it enables to achieve better contrast sensitivity in scotopic conditions, as well as significantly decreases spherical aberrations of the optical system of the eye, in comparison with conventional spherical lenses.

Słowa kluczowe:

aberracje, poczucie kontrastu, asferyczne soczewki wewnątrzgałkowe, fakoemulsyfikacja.

Key words:

aberrations, contrast sensitivity, aspheric intraocular lenses, phacoemulsification.

Wstęp

Stosowanie soczewek wewnątrzgałkowych jest standardową praktyką we współczesnej chirurgii zaćmy. Wykorzystywanie nowoczesnych technologii umożliwia m.in. konstruowanie i produkcję coraz doskonalszych ich typów.

W ostatnim czasie na świecie coraz powszechniej dostępne są soczewki asferyczne, których użycie ma w założeniu pozwolić na uzyskanie doskonalszych wyników czynnościowych operacji usunięcia zaćmy, a przez to na zwiększenie satysfakcji pacjentów z zabiegu.

Cel

Celem pracy jest ocena ostrości wzroku, poczucia kontrastu w warunkach skotopowych oraz aberracji sferycznych układu optycznego oka po fakoemulsyfikacji zaćmy z wszczepem asferycznej soczewki wewnątrzgałkowej.

Materiał i metody

Materiał zebrano prospektywnie od stycznia do lipca 2006 r. Do badania włączono pacjentów, którym wszczepiono asferyczną soczewkę wewnątrzgałkową Adapt AO lub AcrySof SN60WF

i którzy w drugim oku mieli w przeszłości wszczepioną konwencjonalną zwiąjalną soczewkę sferyczną.

Badana grupa z soczewką wewnątrzgałkową Adapt AO składała się z 25 oczu (25 chorych): w tym 17 kobiet (frakcja 0,68 badanej grupy) i 8 mężczyzn (frakcja 0,32), w wieku od 37 lat do 83 lat (średnia wieku 66,40 roku, odchylenie standardowe $\pm 11,32$).

Badana grupa z soczewką wewnątrzgałkową AcrySof SN-60WF składała się z 12 oczu (12 chorych): w tym 8 kobiet (frakcja 0,67 badanej grupy) i 4 mężczyzn (frakcja 0,33), w wieku od 53 lat do 83 lat (średnia wieku 72,08 roku, odchylenie standardowe $\pm 7,82$).

U wszystkich chorych zabieg fakoemulsyfikacji zaćmy został wykonany przez dwóch doświadczonych chirurgów w znieczuleniu powierzchniowym (kroplowo-żelowym) przez cięcie skroniowe w czystej rogówce o szerokości 3,2 mm. Z badania wyłączono pacjentów z innymi schorzeniami okulistycznymi mogącymi potencjalnie mieć wpływ na wyniki czynnościowe (np. jaskra, zwyrodnienie plamki związane z wiekiem, astygmatyzm przedoperacyjny wyższy niż 1,0 D itp.).

Badano ostrość wzroku z najlepszą korekcją, ciśnienie wewnątrzgałkowe. Wykonywano kontrastometrię w warunkach skotopowych oraz aberometrię. Oceniano także wystąpienie powikłań śród- i pooperacyjnych.

Do analizy statystycznej danych użyto nieparametrycznego testu U Manna-Whitneya. Obliczenia wykonano dla poziomu istotności $\alpha=0,05$.

Wyniki

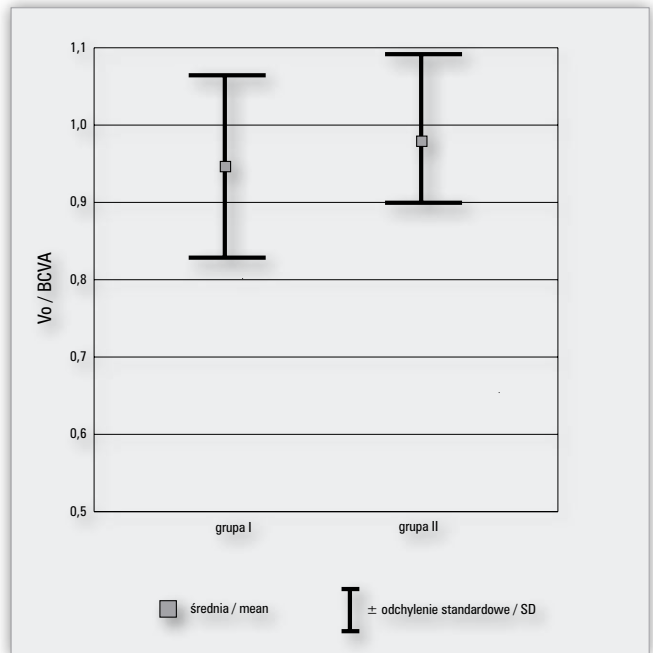
W badanych grupach nie zaobserwowano powikłań śródoperacyjnych ani wczesnych powikłań pooperacyjnych.

W oczach z asferyczną soczewką wewnątrzgałkową Adapt AO średnia ostrość wzroku wyniosła $0,94 \pm 0,09$, w drugim oku pacjentów z tej grupy (w oczach z soczewką sferyczną) zaś wyniosła $0,97 \pm 0,07$. Różnica ta nie była istotna statystycznie ($p=0,152$) (ryc. 1). Przyjmując poczucie kontrastu w oku z konwencjonalną soczewką sferyczną za 100%, stwierdzono, iż w oku z wszczepem asferycznym jest ono o 34% lepsze (ryc. 2).

Średnia wartość aberracji sferycznych przy źrenicy o szerokości 5 mm (Zernike RMS 5 mm) w oczach z wszczepem asferycznym Adapt AO wyniosła $1,06 \pm 0,54 \mu\text{m}$, w oczach z soczewką sferyczną zaś wyniosła $1,46 \pm 0,75 \mu\text{m}$ (ryc. 3). Różnica między grupami była istotna statystycznie ($p<0,05$) na korzyść oczu z wszczepem asferycznym.

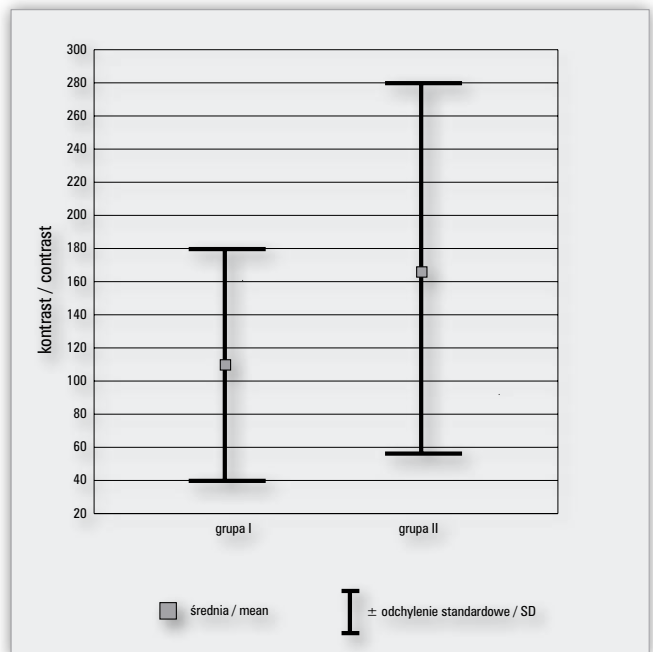
Podobnie średnia wartość aberracji sferycznych wyższego rzędu przy źrenicy o szerokości 5 mm (Higher Order Zernike RMS 5 mm) w oczach z wszczepem asferycznym Adapt AO wyniosła $0,40 \pm 0,11 \mu\text{m}$, w oczach z soczewką sferyczną zaś wyniosła $0,56 \pm 0,22 \mu\text{m}$ (ryc. 4). Różnica między grupami była istotna statystycznie ($p<0,05$) na korzyść oczu z wszczepem asferycznym.

Podobnie w grupie pacjentów z asferyczną soczewką wewnątrzgałkową AcrySof SN60WF średnia ostrość wzroku w oku z wszczepem asferycznym wyniosła $0,97 \pm 0,05$, w drugim oku pacjentów z tej grupy (w oczach z soczewką sferyczną) zaś wyniosła $0,95 \pm 0,05$. Różnica ta nie była istotna statystycznie ($p=0,514$) (ryc. 5). Przyjmując poczucie kontrastu w oku z konwencjonalną soczewką sferyczną za 100%, stwierdzono, iż w oku z wszczepem asferycznym jest ono o 35% lepsze (ryc. 6).



Ryc. 1. Średnia skorygowana ostrość wzroku w oczach pacjentów z soczewką asferyczną Adapt AO (grupa I) i oczach pacjentów z soczewką sferyczną (grupa II).

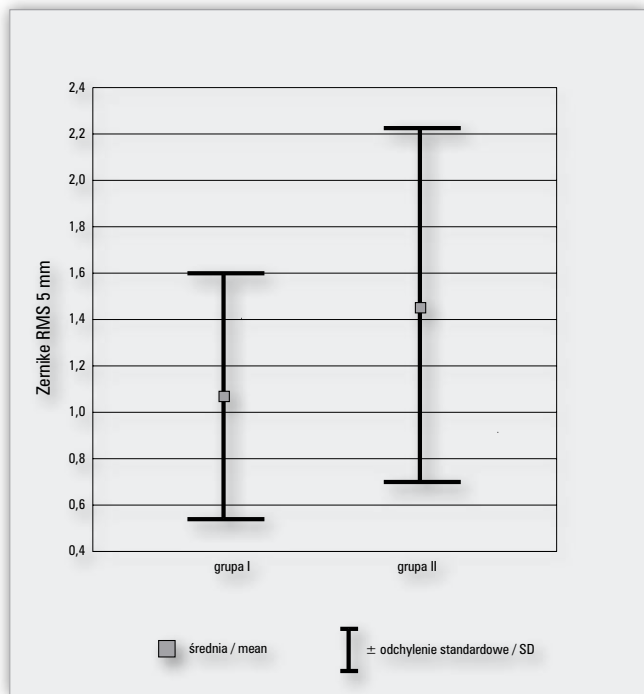
Fig. 1. Mean best corrected visual acuity in eyes with an aspheric intraocular lens Adapt AO (Group I) and in eyes with a spherical intraocular lens (Group II).



Ryc. 2. Wartości średnie poczucia kontrastu w oczach pacjentów z soczewką asferyczną Adapt AO (grupa I) i oczach pacjentów z soczewką sferyczną (grupa II).

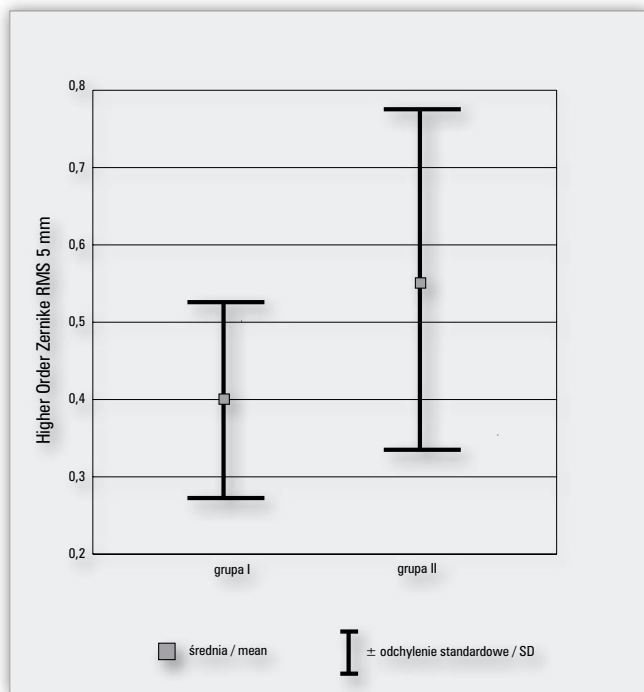
Fig. 2. Mean contrast sensitivity in eyes with an aspheric intraocular lens Adapt AO (Group I) and in eyes with a spherical intraocular lens (Group II).

Średnia wartość aberracji sferycznych przy źrenicy o szerokości 5 mm (Zernike RMS 5 mm) w oczach z wszczepem asferycznym AcrySof SN60WF wyniosła $0,79 \pm 0,37 \mu\text{m}$, w oczach z soczewką sferyczną zaś wyniosła $1,63 \pm 0,97 \mu\text{m}$ (ryc. 7).



Ryc. 3. Wartości średnie aberracji sferycznych (Zernike RMS 5 mm) w oczach pacjentów z soczewką asferyczną Adapt AO (grupa I) i oczach pacjentów z soczewką sferyczną (grupa II).

Fig. 3. Mean spherical aberrations (Zernike RMS 5 mm) in eyes with an aspheric intraocular lens Adapt AO (Group I) and in eyes with a spherical intraocular lens (Group II).



Ryc. 4. Wartości średnie aberracji sferycznych wyższego rzędu (Higher Order Zernike RMS 5 mm) w oczach pacjentów z soczewką asferyczną Adapt AO (grupa I) i oczach pacjentów z soczewką sferyczną (grupa II).

Fig. 4. Mean higher order spherical aberrations (Higher Order Zernike RMS 5 mm) in eyes with an aspheric intraocular lens Adapt AO (Group I) and in eyes with a spherical intraocular lens (Group II).

Różnica między grupami była istotna statystycznie ($p < 0,05$) na korzyść oczu z wszczepem asferycznym.

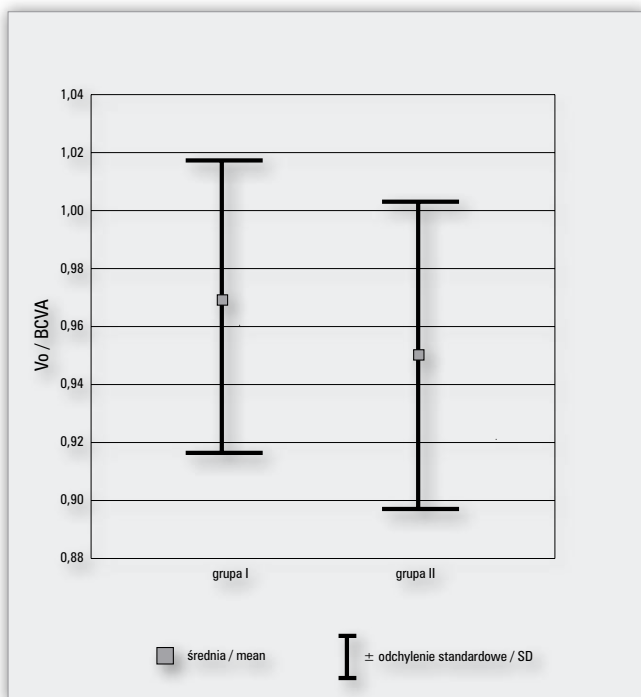
Podobnie średnia wartość aberracji sferycznych wyższego rzędu przy źrenicy o szerokości 5 mm (Higher Order Zernike RMS 5 mm) w oczach z wszczepem asferycznym AcrySof SN60WF wyniosła $0,35 \pm 0,14 \mu\text{m}$, w oczach z soczewką sferyczną zaś wyniosła $0,57 \pm 0,25 \mu\text{m}$ (ryc. 8). Różnica między grupami była istotna statystycznie ($p < 0,05$) na korzyść oczu z wszczepem asferycznym.

Omówienie

Fizjologicznie rogówka powoduje powstawanie pozytywnych aberracji sferycznych, ponieważ jej część obwodowa jest bardziej płaska niż część centralna, która silniej załamuje promienie świetlne (1). W większości prac badacze stwierdzają, iż z wiekiem pozytywne aberracje sferyczne rogówki ulegają stopniowemu zwiększeniu (2), jednak według niektórych autorów pozytywne aberracje sferyczne rogówki są w miarę stałe (3).

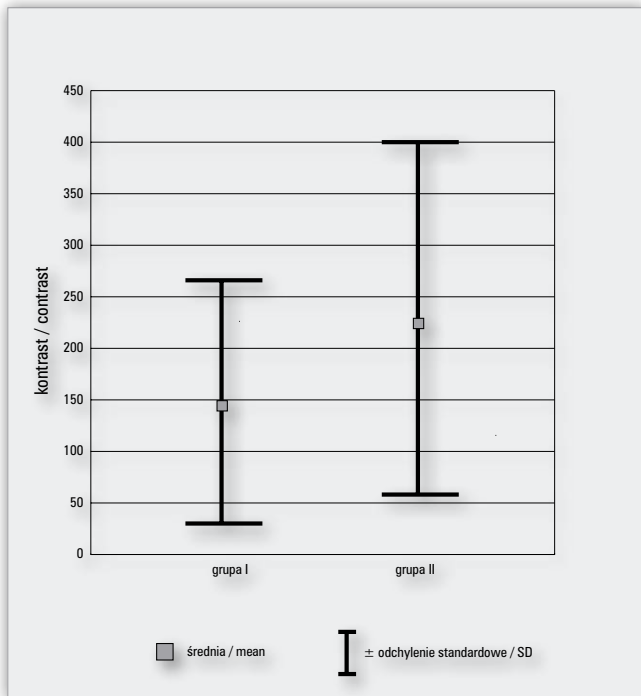
Soczewka osób młodych, z powodu niższego współczynnika załamania światła na obwodzie w stosunku do części centralnej, posiada aberrację ujemną. Zmiany struktury soczewki następujące z wiekiem, jak np. stwardnienie jądra i zmiany jej współczynnika załamania światła, powodują, iż negatywne aberracje sferyczne soczewki wzrastają w ciągu życia, stając się aberracjami pozytywnymi około 40. roku życia (3,4).

W oku osoby młodej pozytywne aberracje rogówkowe są równoważone przez negatywne aberracje soczewki (5,6). Wskutek zwiększenia aberracji sferycznej soczewki wraz z wiekiem oraz braku zmian aberracji rogówkowych stopniowo male-



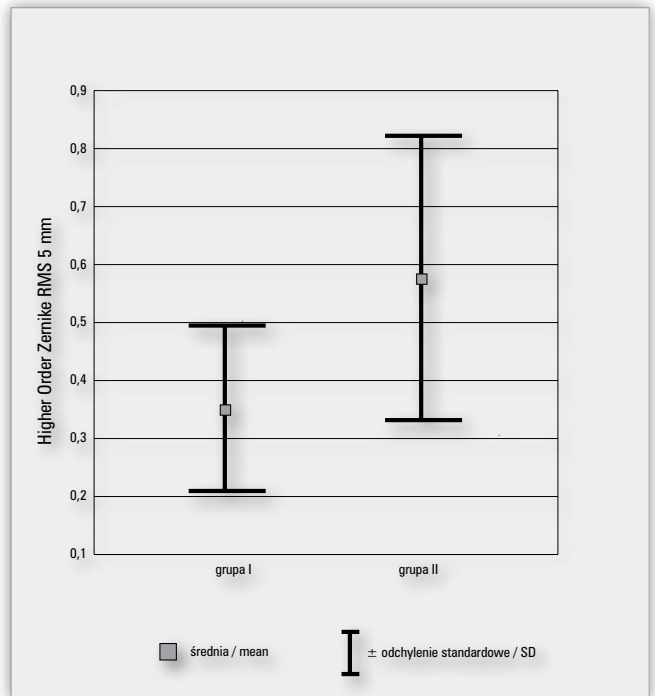
Ryc. 5. Średnia skorygowana ostrość wzroku w oczach pacjentów z soczewką asferyczną AcrySof SN60WF (grupa I) i oczach pacjentów z soczewką sferyczną (grupa II).

Fig. 5. Mean best corrected visual acuity in eyes with an aspheric intraocular lens AcrySof SN60WF (Group I) and in eyes with a spherical intraocular lens (Group II).



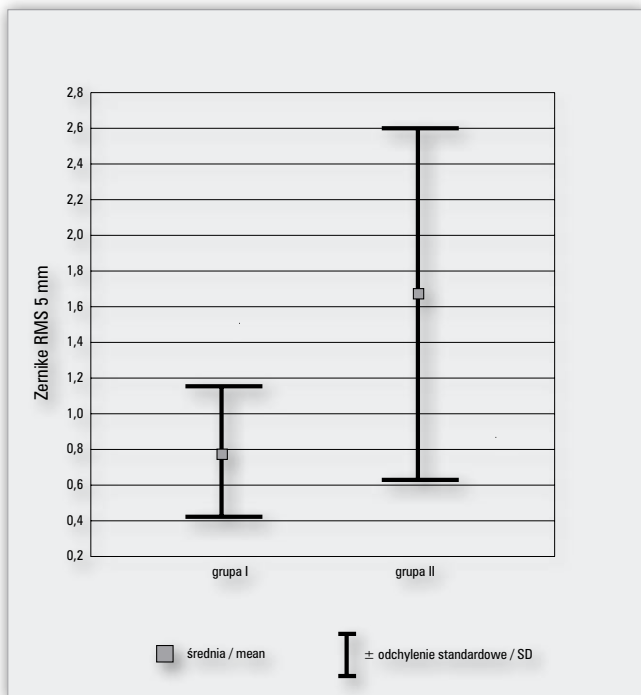
Ryc. 6. Wartości średnie poczucia kontrastu w oczach pacjentów z soczewką asferyczną AcrySof SN60WF (grupa I) i oczach pacjentów z soczewką sferyczną (grupa II).

Fig. 6. Mean contrast sensitivity in eyes with an aspheric intraocular lens AcrySof SN60WF (Group I) and in eyes with a spherical intraocular lens (Group II).



Ryc. 8. Wartości średnie aberracji sferycznych wyższego rzędu (Higher Order Zernike RMS 5 mm) w oczach pacjentów z soczewką asferyczną AcrySof SN60WF (grupa I) i oczach pacjentów z soczewką sferyczną (grupa II).

Fig. 8. Mean higher order spherical aberrations (Higher Order Zernike RMS 5 mm) in eyes with an aspheric intraocular lens AcrySof SN60WF (Group I) and in eyes with a spherical intraocular lens (Group II).



Ryc. 7. Wartości średnie aberracji sferycznych (Zernike RMS 5 mm) w oczach pacjentów z soczewką asferyczną AcrySof SN60WF (grupa I) i oczach pacjentów z soczewką sferyczną (grupa II).

Fig. 7. Mean spherical aberrations (Zernike RMS 5mm) in eyes with an aspheric intraocular lens AcrySof SN60WF (Group I) and in eyes with a spherical intraocular lens (Group II).

je kompensacja pozytywnych aberracji rogówki przez negatywne aberracje soczewki, przez co aberracja układu optycznego oka jako całości pomiędzy 20. rokiem życia a 70. rokiem życia wzrasta ponadtrzykrotnie (7). Jest to przyczyną pojawienia się olśnienia oraz zjawiska halo, co z kolei prowadzi do pogorszenia jakości optycznej obrazu, pogorszenia ostrości wzroku oraz pogorszenia wrażliwości na kontrast (8,9).

Podczas operacji zaćmy zastosowanie konwencjonalnych soczewek wewnątrzgałkowych o sferycznej krzywiznie powoduje wzmocnienie pozytywnych aberracji rogówkowych pacjenta, ponieważ soczewki sferyczne wprowadzają dodatkowe aberracje pozytywne (własne aberracje) do układu optycznego oka. Skutkiem tych zjawisk są: spadek kontrastowości obrazu powstającego na siatkówce oraz obniżenie ostrości wzroku (10). Aberracje sferyczne wzrastają wraz ze wzrostem mocy (11,12) i współczynnika załamania implantu sferycznego (7). Według dostępnej literatury główną korzyścią zastosowania soczewek asferycznych, w porównaniu z dotychczas stosowanymi soczewkami sferycznymi, jest poprawa kontrastu obrazu tworzonego na siatkówce oka (13).

Soczewki asferyczne dzielą się na soczewki asferyczne z negatywnymi aberracjami (ang. aberration correcting) oraz soczewki bezaaberracyjne (ang. aberration corrected). W bezaaberracyjnych soczewkach wewnątrzgałkowych dzięki asferycznej budowie części optycznej wyeliminowano aberracje sferyczne. Soczewki bezaberracyjne są neutralne wobec pozytywnej aberracji rogówkowej (występującej naturalnie w każdym oku), w związku z tym są one odpowiednie dla każdego

pacjenta, niezależnie od kształtu rogówki. Z kolei soczewki asferyczne z ujemnymi aberracjami neutralizują pozytywne aberracje rogówki tak, aby całkowita aberracja sferyczna oka wynosiła zero. Zastosowanie asferycznych soczewek wewnątrzgałkowych poprzez brak indukcji dodatkowych aberracji lub eliminację istniejących aberracji układu optycznego oka jako całości jest w stanie zapewnić lepszą jakość obrazów powstających na siatkówce niż ma to miejsce w przypadku soczewek sferycznych (ryc. 9).

Dotychczas przeprowadzono na świecie zaledwie kilka badań oceniających poczucie kontrastu i wyrównanie aberracji przez wewnątrzgałkowe soczewki asferyczne.

Packer i wsp. (14) donoszą o lepszym poczuciu kontrastu u pacjentów z implantowaną soczewką asferyczną Tecnis Z9000 w porównaniu z chorymi z soczewką sferyczną AMO AR40e Opti Edge. W innym badaniu Packer i wsp. (15) stwierdzili, że u pacjentów z asferycznym wszczepem wewnątrzgałkowym (Tecnis Z9000) występuje lepsza wrażliwość na kontrast w warunkach mezopowych i fotopowych w porównaniu z pacjentami z wszczepem sferycznym.

Również Kennis i wsp. (16) stwierdzili lepsze poczucie kontrastu w warunkach mezopowych i fotopowych w grupie pa-

cjentów z implantowaną soczewką asferyczną Tecnis Z9000 w porównaniu z chorymi z soczewkami sferycznymi Sensor AR40e Opti-Edge IOL (AMO) oraz AcrySof Natural SN60AT IOL (Alcon).

Podobne wyniki uzyskali Chen i wsp. (17): poczucie kontrastu w warunkach fotopowych i skotopowych było lepsze w grupie pacjentów z wszczepem asferycznym Tecnis Z9000 w porównaniu z pacjentami z wszczepem konwencjonalnym CeeOn 911A, AMO. W grupie z wszczepem asferycznym zaobserwowano ponadto statystycznie istotne zmniejszenie aberracji sferycznych.

Bellucci i wsp. (18) donoszą, że ostrość wzroku z najlepszą korekcją oraz poczucie kontrastu w warunkach fotopowych i mezopowych były lepsze w grupie pacjentów z implantowaną soczewką sferyczną Tecnis Z9000 niż w grupie z wszczepem konwencjonalnym Alcon AcrySof SA60AT.

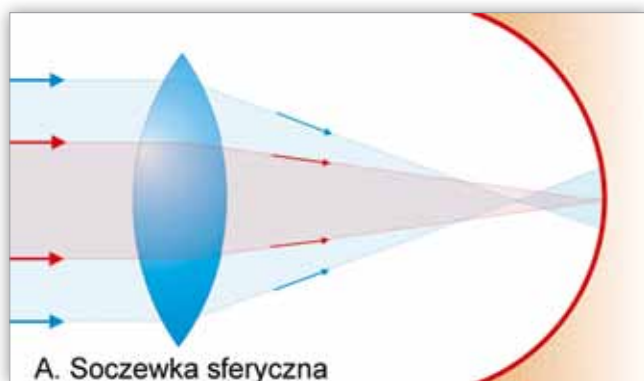
Kershner i wsp. (19) stwierdzili, że zarówno po implantacji sferycznych soczewek silikonowych (AA4207VF, Staar Surgical), sferycznych soczewek akrylowych (AcrySof60AT), jak i soczewek asferycznych Tecnis Z9000 ostrość wzroku z najlepszą korekcją ulegała poprawie, jednakże pacjenci z wszzczepioną soczewką asferyczną Tecnis Z9000 osiągnęli lepszą nieskorygowaną ostrość wzroku w miesiąc po operacji w porównaniu z pacjentami z pozostałych grup. Poza tym u pacjentów z wszczepem asferycznym osiągnięto polepszenie kontrastu obrazu w porównaniu z pacjentami, u których zastosowano soczewki sferyczne. Również poczucie kontrastu w warunkach mezopowych u chorych z wszczepem asferycznym było znacznie lepsze w porównaniu z pacjentami z soczewką konwencjonalną.

Mester i wsp. (20) porównywali aberracje i wyniki czynnościowe u pacjentów z implantowaną soczewką sferyczną SI 40 (Allergan) w jednym oku i asferyczną Tecnis Z9000 w drugim oku. Skorygowana ostrość wzroku w warunkach wysokiego kontrastu (ang. best corrected high-contrast visual acuity) nie różniła się statystycznie w obu grupach, jednak ostrość wzroku w warunkach niskiego kontrastu była statystycznie lepsza w grupie z soczewką asferyczną, podobnie jak i wrażliwość na kontrast w warunkach fotopowych i mezopowych.

Kasper i wsp. (21) nie stwierdzili statystycznie istotnych różnic w zakresie ostrości wzroku w warunkach niskiego kontrastu (ang. low-contrast visual acuity), ostrości wzroku w warunkach wysokiego kontrastu (ang. high-contrast visual acuity) oraz poczucia kontrastu pomiędzy grupą pacjentów z wszczepem asferycznym Tecnis Z9000 a pacjentami z wszczepem sferycznym (Sensor AR40e, AMO). Zaobserwowali jedynie statystycznie istotne zmniejszenie aberracji sferycznych po implantacji soczewki asferycznej, niemające jednak wpływu na poczucie kontrastu.

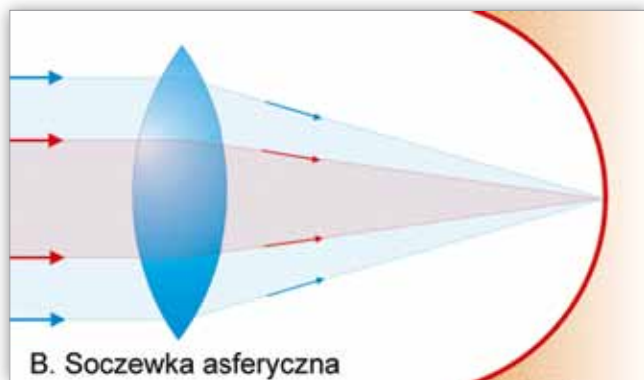
Podobne wyniki uzyskali Munoz i wsp. (22), którzy nie zaobserwowali różnic w ostrości wzroku i poczuciu kontrastu w warunkach mezopowych i fotopowych pomiędzy grupą z wszczepem asferycznym (Tecnis Z9000) a grupą z wszczepem sferycznym: AR40e (AMO) oraz the Stabibag (Ioltech). W grupie z wszczepem asferycznym aberracje sferyczne były niższe niż w pozostałych grupach.

W przeprowadzonym przez nas badaniu zaobserwowaliśmy w oczach z wszzczepami asferycznymi istotnie niższą średnią wartość aberracji sferycznych przy źrenicy o szerokości 5 mm



Ryc. 9 A. Promienie przechodzące przez różne strefy soczewki sferycznej mają ogniska w różnych miejscach, co powoduje powstanie nieostrego obrazu.

Fig. 9 A. Light rays passing through different zones of a spherical lens have different foci, which makes the image blurred.



Ryc. 9 B. Promienie przechodzące przez różne strefy soczewki asferycznej mają jedno ognisko. Obraz powstający na siatkówce jest ostry.

Fig. 9 B. Light rays passing through different zones of an aspheric lens have one focal point. The image on the retina is sharp.

(Zernike RMS 5 mm), istotnie niższą średnią wartość aberracji sferycznych wyższego rzędu przy źrenicy o szerokości 5 mm (Higher Order Zernike RMS 5 mm) oraz lepsze poczucie kontrastu w warunkach skotopowych w porównaniu z oczami z wszczepem sferycznym.

Wnioski

Zastosowanie soczewek asferycznych Adapt AO oraz AcrySof SN60WF pozwala na uzyskanie bardzo dobrych wyników czynnościowych i anatomicznych. Zastosowanie wszczepów asferycznych pozwala na uzyskanie lepszego poczucia kontrastu w warunkach skotopowych, a także znacząco zmniejsza aberracje sferyczne układu optycznego oka w porównaniu z konwencjonalnymi wszczepami sferycznymi.

Praca została przedstawiona na VIII Sympozjum Sekcji Wszczepów Wewnątrzgałkowych i Chirurgii Refrakcyjnej Polskiego Towarzystwa Okulistycznego, Łódź, 05-07.10.2006.

Piśmiennictwo:

1. Thibos LN, Hong X, Bradley A, Cheng X: *Statistical variation of aberration structure and image quality in a normal population of healthy eyes*. J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis 2002, 19, 2329-2348.
2. Guirao A, Redondo M, Artal P: *Optical aberrations of the human cornea as a function of age*. J. Optom Soc Am A, 2000, 17, 1697-1702.
3. Oshika T, Klyce SD, Applegate RA, Howland HC: *Changes in corneal wavefront aberrations with aging*. Invest. Ophthalmol Vis Sci 1999, 40, 1351-1355.
4. Dubbelman M, Van der Hende GL: *The shape of the ageing human lens: curvature, equivalent refractive index and the lens paradox*. Vision Res 2001, 41, 1867-1877.
5. Smith G, Cox MJ, Calver R, Garner LF: *The spherical aberration of the crystalline lens of the human eye*. Vision Res 2001, 41, 235-243.
6. Holladay J, Piers P, Koranyi G, van der Mooren M, Norrby N: *A new intraocular design to reduce spherical aberration of pseudophakic eyes*. J Refract Surg 2002, 18, 683-691.
7. Vilarrodona L, Barrett GD, Johnson B: *High-order aberrations in pseudophakia with different intraocular lenses*. J Cataract Refract Surg 2004, 30, 571-575.
8. Artal P, Berris F, Guirao A, Piers P: *Contribution of the cornea and internal surfaces to the changes of ocular aberration with age*. J Opt Soc Am A 2002, 19, 137-143.
9. Guirao A, Gonzalez C, Redondo M, Geraghty E, Norrby S, Artal P: *Average optical performance of the human eye as the function of age in a normal population*. Invest. Ophthalmol. Vis Sci 1999, 40, 203-213.
10. Pepose SJ: *IOLs for aberration correction*. Cat Refr Surgery Today 2004, 3, 18-22.
11. Barbero S, Marcos S, Jimenez-Alfaro I: *Optical aberrations of intraocular lenses measured in vivo and in vitro*. J Opt Soc Am A 2003, 20, 1841-1851.
12. Atchison DA: *Design of aspheric intraocular lenses*. Ophthalmic Physiology Optics 1991, 11, 137-146.
13. Kershner RM: *Retinal image contrast and functional visual performance with aspheric, silicone and acrylic intraocular lenses*. J Cataract Refract Surg 2003, 29, 1684-1689.
14. Packer M, Fine I, Hoffman R, Piers P: *Prospective randomized trial of an anterior surface modified prolate intraocular lens*. J Refract Surg 2002, 18, 692-696.
15. Packer M, Fine H, Hoffman RS, Piers PA: *Improved functional vision with a modified prolate intraocular lens*. J Cataract Refract Surg 2004, 30, 986-992.
16. Kennis H, Huygens M, Callebaut F: *Comparing the contrast sensitivity of a modified prolate anterior surface IOL and two spherical IOLs*. Bull/ Soc Ophthalmol 2004, 294, 49-58.
17. Chen WR, Ye HH, Qian YY, Yang WH, Lin ZH: *Comparison of higher-order aberrations and contrast sensitivity between Tecnis Z9001 and CeeOn 911A intraocular lenses: a prospective study*. Chin Med J (Engl) 2006, 119, 1779-1784.
18. Bellucci R, Scialdone A., Buratto L, Morselli S, Chierigo C, Criscuoli A, Moretti G, Piers P: *Visual acuity and contrast sensitivity comparison between Tecnis and AcrySof SA60AT intraocular lenses: A multicenter randomized study*. J Cataract Surg 2005, 31, 712-717.
19. Mester U, Dillinger P, Anterist N: *Impact of a modified optic design on visual function: clinical comparative study*. J Cataract Refract Surg 2003, 29, 653-660.
20. Kasper T, Buhren J, Kohnen T: *Visual performance of aspherical and spherical intraocular lenses: Intraindividual comparison of visual acuity, contrast sensitivity, and higher-order aberrations*. J Cataract Refract Surg 2006, 32, 2022-2029.
21. Munoz G, Albarran-Diego C, Montes-Mico R, Rodriguez-Galiete-ro A, Alio JL: *Spherical aberration and contrast sensitivity after cataract surgery with the Tecnis Z9000 intraocular lenses*. J Cataract Surg 2006, 32, 1320-1327.

Praca wpłynęła do Redakcji 20.02.2007 r. (945)
Zakwalifikowano do druku 12.12.2007 r.

Adres do korespondencji (reprint requests to):

dr n. med. Michał Wilczyński
Klinika Chorób Oczu Uniwersytetu Medycznego w Łodzi
Szpital Kliniczny Nr.1 im. N. Barlickiego
ul. Kopcińskiego 22
90-153 Łódź