

после развития LIDRS, хирург принимал вышеуказанные меры.

Во II группу вошли пациенты со II и III ст. витреальной деструкции, коллапсом СТ I, II и III ст., которым накануне операции для устранения развития обратного зрачкового блока (LIDRS) была выполнена профилактическая периферическая лазерная иридэктомия. В ходе ЛЭК у данных пациентов резкого углубления передней камеры с возникновением болевого синдрома не возникало.

### Заключение

Обратный зрачковый блок (LIDRS) чаще всего возникает во время тоннельной экстракции катаракты с использованием автоматизированных ирригационно-аспирационных систем у пациентов с осевой миопией высокой степени при наличии II и III ст. витреальной деструкции, коллапса СТ I, II и III ст.

С целью профилактики развития обратного зрачкового блока (LIDRS) у данной категории пациентов накануне операции – тоннельной экстракции катаракты с использованием автоматизированных ирригационно-аспирационных систем предлагается производить лазерную базальную иридэктомию.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бобрышева И. В., Щербина Г. В., Крылов В. А. Особенности фактоэмulsификации катаракты на глазах с миопией высокой степени // Энергетические технологии в офтальмологии: Сб. научн. тр. – Краснодар, 2004. – С. 15–18.
2. Копеева В. Г., Кравченко А. В. Удаление осложненных катаракт на близорукых глазах с помощью Nd-Yag (1,44) лазера // Международный съезд офтальмологов по рефракционной и катарактальной хирургии: Тезисы. – М., 2002. – С. 20.
3. Махачева З. А. Стекловидное тело: новые анатомо-физиологические данные. – М., 1996. – 11 с.
4. Нестеров А. П., Бунин А. Я., Кацнельсон Л. А. Внутриглазное давление. Физиология и патология. – М.: Наука, 1974. – 381 с.

5. Сахнов С. Н., Крылов В. А., Дереза С. В., Заболотный А. Г., Мисакьян К. С. Анестезиологическое пособие при удалении катаракты на глазах с осевой миопией высокой степени // Современные технологии хирургии катаракты: Сб. научн. стат / Под ред. Х. П. Тахчиди. – М., 2003. – С. 276–280.

6. Тахчиди Х. П., Иванов Д. И., Бардасов Д. Б. Анатомо-топографические особенности строения иридоцилиарной зоны глаза у пациентов с различными видами клинической рефракции // Евро-Азиатская конф. по офтальмохирургии, 3-я, ч. 1. Тез. докл. – Екатеринбург, 2003. – С. 88–89.

7. Федоров С. Н., Копеева В. Г., Андреев Ю. В., Ерофеев А. В., Беликов А. В. Способ лазерной экстракции катаракты: Патент РФ № 2102048 от 20.03.95 г.

8. Юсеф Ю. Н., Юсеф С. Ю., Резникова Е. В., Введенский А. С. Хирургия катаракты у пациентов с высокой близорукостью // Вестн. офтальмол. – 2005. – № 6. – С. 47–49.

9. Cheung Chui M. G., MRCOphth, Hezo M., FRCOphth Stabilization of anterior chamber depth in vitrectomized eyes during phacoemulsification cataract surgery // J. cataract refract. surg. – 2005. – Vol. 31. № 11. – P. 2055–2057.

10. Cionni R. J. Lens-iris diaphragm retropulsion syndrome // Cataract and refract. Surgery today europe. – 2006. – Vol. 1. № 2. – P. 58–59.

11. Cionni R. J., Barros M. G., Osher R. H. Management of lens-iris diaphragm retropulsion syndrome during phacoemulsification // J. cataract refract. surg. – 2004. – Vol. 30. № 5. – P. 953–956.

12. Sharma N., Siinha R., Vajpayee R. B., FRCSED Lens-iris diaphragm retropulsion syndrome during phacoaspiration in pediatric cataracts // J. cataract refract. surg. – 2005. – Vol. 31. № 3. – P. 460–461.

13. Wilbrandt H. R., Wilbrandt T. H. Pathogenesis and management of the lens-iris diaphragm retropulsion syndrome during phacoemulsification // J. cataract refract. surg. – 1994. – Vol. 20. № 1. – P. 48–53.

14. Zauberman H. Extreme deepening of the anterior chamber during phacoemulsification // Ophthalmic surg. – 1992. – Vol. 23. № 8. – P. 555–556.

Поступила 21.09.2010

Б. Э. МАЛЮГИН<sup>1</sup>, А. В. ТЕРЕЩЕНКО<sup>2</sup>, Ю. А. БЕЛЫЙ<sup>2</sup>, С. К. ДЕМЬЯНЧЕНКО<sup>2</sup>

## ВЛИЯНИЕ АСФЕРИЧНОСТИ И КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ОПТИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ПОКАЗАТЕЛИ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ИНТРАОКУЛЯРНЫХ ЛИНЗ

<sup>1</sup>ФГУ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С. Н. Федорова Росмедтехнологии», Россия, 127486, г. Москва, Бескудниковский бульвар, 59а;

<sup>2</sup>Калужский филиал ФГУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С. Н. Федорова Росмедтехнологии», Россия, 248007, г. Калуга, ул. Вишневого, 1а. E-mail: nauka@mntk.kaluga.ru

Провели сравнительную оценку качества обработки оптической поверхности асферических и сферических интраокулярных линз (ИОЛ) различных производителей, измерили показатели разрешающей способности ИОЛ и определили влияние асферичности и качества обработки оптической поверхности на показатели разрешающей способности ИОЛ. Выявили, что показатели разрешающей способности ИОЛ находятся в зависимости от качества обработки оптической поверхности и от абберационных свойств ИОЛ. При этом чем ниже шероховатость оптической поверхности и количество индуцируемых ИОЛ сферических аббераций, тем выше разрешающая способность линзы.

**Ключевые слова:** интраокулярная линза, разрешающая способность, интерференционная микроскопия.

В. Е. MALYUGIN<sup>1</sup>, А. В. TERESHCHENKO<sup>2</sup>, Yu. A. BELYY<sup>2</sup>, S. K. DEMYANCHENKO<sup>2</sup>

# INFLUENCE OF OPTIC SURFACE ASPHERICITY AND PROCESSING QUALITY ON INTRAOCULAR LENSES RESOLVING CAPACITY FACTORS

<sup>1</sup>The S. Fyodorov eye microsurgery Federal state institution,  
Russia, 127486, Moscow, Beskudnikovskiy bulvar, 59a;

<sup>2</sup>the S. Fyodorov eye microsurgery Federal state institution, Kaluga branch,  
Russia, 248007, Kaluga, Vishnevskogo street, 1a. E-mail: nauka@mntk.kaluga.ru

Comparative evaluation of optic surface processing quality of aspherical and spherical intraocular lenses (IOL) by different producers was performed, and IOL resolving capacity factors was measured, and an influence of optic surface asphericity and processing quality on IOL resolving capacity factors was defined. It was revealed that the IOL resolving capacity factors depended on optic surface processing quality and IOL aberrational characteristics. Than lower optic surface roughness and amount of spherical aberration induced by IOL than higher IOL resolving capacity.

**Key words:** intraocular lens, resolving capacity, interference microscopy.

Имплантация интраокулярных линз (ИОЛ) в афакичный глаз стала надежной процедурой, позволяющей возвращать пациентам утраченное зрение и обеспечивать его высокий функциональный уровень [1–3]. Технические характеристики имплантируемых ИОЛ являются одним из основных критериев, определяющих оптические свойства системы «глаз – ИОЛ».

Различия показателей разрешающей способности различных моделей ИОЛ, изготовленных из аналогичных материалов, могут быть обусловлены особенностями их конструкции, при этом немаловажную роль играет качество обработки преломляющих поверхностей в процессе промышленного производства [4, 7–9, 12, 13].

По мнению большинства авторов, преимущество асферических линз бесспорно, также как и негативное влияние сферической аберрации на качество изображения и основные характеристики, определяющие качество оптической системы [1–13]. Однако эти закономерности правомерны для оптических систем, изготовленных с высочайшей точностью, из кристаллических материалов с высокой прозрачностью и прецизионным качеством обработки оптических поверхностей. Поэтому исследование уровня технической реализации данной задачи при производстве асферических ИОЛ, изготовленных из эластичных биополимеров, а также сравнительная оценка их оптических характеристик с характеристиками стандартных ИОЛ и получение достоверных показателей, определяющих практическое превосходство линз с асферической оптикой, представляют особый интерес.

Цель работы – провести сравнительную оценку качества обработки оптической поверхности асферических и сферических ИОЛ (изготовленных из гидрофильного и гидрофобного акрила) различных производителей, измерить показатели разрешающей способности этих интраокулярных линз и определить влияние асферичности и качества обработки оптической поверхности на показатели разрешающей способности ИОЛ.

## Материалы и методы

Исследование разрешающей способности ИОЛ проводилось на оптической скамье ОСК-3, которая предназначена для исследования качества изображения оптических систем и измерения их оптических характеристик. Для проведения измерений разрешающей способности испытуемых линз на станинах были установлены: длиннофокусный коллиматор с мирой в фокусе объектива, осветитель с конденсором, лампой накаливания, суппорт с универсальной оправой, в которую вставляется испытуемая линза, микроскоп. Раз-

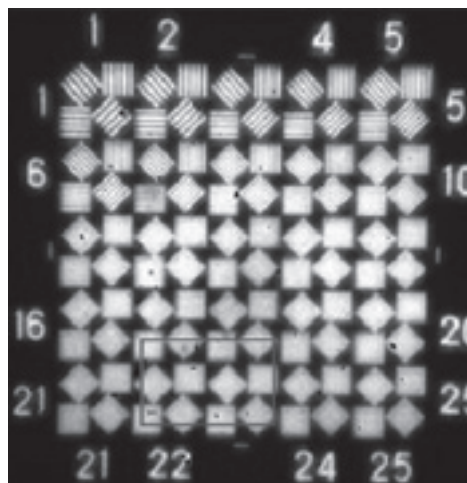


Рис. 1. Штриховая мира

решающую способность ИОЛ определяли по наименьшим штрихам миры (рис. 1), видимым отчетливо через испытуемую линзу.

Расчет разрешающей способности линзы производили по формуле:  $\alpha = K \times 120 / D$ , где:  $\alpha$  – наименьший угол, под которым через данную линзу два штриха будут видны раздельно (не будут сливаться в один); коэф.  $K = 1,2$  для простых телескопических систем;  $D$  – диаметр исследуемой линзы; 120 – число, принятое при вычислении разрешающей способности.

Качество оптических поверхностей различных моделей ИОЛ оценивали на интерферометре «New View-5000 Zygo» (Германия). Принцип работы данного прибора заключается в освещении объекта белым светом в момент измерения, при этом наблюдается интерференционная картина поверхности (рис. 2), которая фиксируется цифровой камерой и обрабатывается компьютером.

В результате измерения определяются следующие показатели-коэффициенты, характеризующие качество сравниваемых поверхностей оптической части ИОЛ: RMS – среднеквадратичное отклонение точек поверхности относительно средней высоты по всей изучаемой области; PV – расстояние между высшей и низшей точками исследуемой области; Ra – среднее отклонение точек поверхности от срединной поверхности.

Гладкость поверхности считается тем лучше, чем меньше полученные в результате измерения коэффициенты.

Для исследования были взяты эластичные линзы разных производителей, отличающиеся профилем оптической части (сферические и асферические), изготовленные из гидрофильного и гидрофобного



**Рис. 2. Интерференционная картина в момент измерения**

акрила: Akreos Adapt AO (Bausch & Lomb Inc.), Acrysof IQ SN60WF (Alcon), Tecnis Z9003 (AMO), HELILENS (Hanita), AquaSens (Rumex), Nidek.

Все ИОЛ были одинаковой диоптрийности (20 дптр), по 3 экземпляра каждой модели. Измерения проводили трижды, полученные показатели усредняли. Результаты обрабатывали с помощью статистического анализа.

Для проведения оценки разрешающей способности и интерференционной микроскопии ИОЛ из гидрофильного акрила остатки влаги с оптической поверхности линзы удаляли.

Угловые значения разрешающей способности исследуемых ИОЛ определяли по существующим табличным данным (соответствие углового расстояния номеру миры и номеру элемента миры).

### Результаты и обсуждение

ИОЛ с асферической оптикой (Akreos AO, Acrysof IQ) показали лучшие результаты разрешающей способности, превышающие расчетные значения. Самый низкий показатель разрешающей способности оказался у ИОЛ Rumex.

Результаты измерения гладкости оптической поверхности ИОЛ представлены в таблицах 1 и 2.

Результаты интерференционной микроскопии показали, что для ИОЛ, изготовленных из гидрофобного

акрила, характерны более низкие значения Pv, RMS и Ra. Полученные результаты имеют статистически достоверные различия. Возможно, это связано с особенностями производства линз из гидрофобного акрила: отсутствие гидратации линз по завершении обработки способствует лучшему качеству оптической поверхности ИОЛ по сравнению с линзами, изготовленными из гидрофильного акрила.

При сравнении показателей разрешающей способности и качества обработки оптической поверхности исследуемых ИОЛ нами были учтены материал ИОЛ и аберрационные свойства интраокулярных линз. Из числа исследованных линз три модели изготовлены из гидрофобного акрила (Acrysof IQ SN60WF, Tecnis Z9003, Nidek) и четыре – из гидрофильного (Akreos AO, Akreos Adapt, HELILENS, AquaSense).

Разрешающая способность в группе линз из гидрофобного акрила оказалась выше у Acrysof IQ SN60WF, Tecnis Z9003 и Nidek. Это, по всей видимости, связано с различными показателями «шероховатости» оптических поверхностей. Интерференционная микроскопия Acrysof IQ SN60WF выявила лучшие показатели качества оптической поверхности (Pv, RMS, Ra). ИОЛ Tecnis Z9003 и Nidek по уровню качества оптических поверхностей заняли второе и третье место соответственно. Определенное влияние на полученные результаты разрешающей способности оказали аберрометрические свойства ИОЛ. Acrysof IQ индуцирует меньшее количество отрицательной сферической аберрации, чем Tecnis Z9003 (-0,2 и -0,27 мкм соответственно). Nidek – сферическая линза – индуцирует положительные сферические аберрации (СА), числовые значения которой производителем не указываются. Однако, по данным литературы, значения положительной СА для сферических линз варьируют от 0,3 до 0,5 мкм.

При сравнении показателей разрешающей способности (PC) ИОЛ из гидрофильного акрила (Akreos AO, Akreos Adapt, HELILENS, AquaSense) оказалось, что лучшие значения PC принадлежат ИОЛ Akreos AO. Это, скорее всего, связано с более высокими показателями качества оптической поверхности (Pv, RMS, Ra) и отсутствием индуцированных сферических аберраций. Второе, третье и четвертое места по значению PC

**Таблица 1**

### Показатели качества оптической поверхности ИОЛ из гидрофобного акрила в нм ( $M \pm \sigma$ )

| Линза        | Pv (мкм)    | RMS (нм)      | Ra (нм)       |
|--------------|-------------|---------------|---------------|
| Acrysof IQ   | 0,24 ± 0,1  | 12,06 ± 1,68  | 9,25 ± 1,21   |
| Tecnis Z9003 | 1,06 ± 1,09 | 31,62 ± 2,93  | 14,5 ± 1,39   |
| Nidek        | 8,05 ± 4,74 | 170,56 ± 52,6 | 90,65 ± 10,26 |

**Таблица 2**

### Показатели качества оптической поверхности ИОЛ из гидрофильного акрила в нм ( $M \pm \sigma$ )

| Линза        | Pv (мкм)    | RMS (нм)      | Ra (нм)        |
|--------------|-------------|---------------|----------------|
| Akreos AO    | 0,72 ± 0,33 | 40,98 ± 4,85  | 30,56 ± 4,95   |
| Akreos Adapt | 1,25 ± 0,41 | 66,86 ± 12,73 | 50,9 ± 9,34    |
| Hanita       | 8,13 ± 6,0  | 247,25 ± 58,2 | 170,94 ± 11,16 |
| Rumex        | 9,91 ± 3,48 | 427,38 ± 54,5 | 335,08 ± 52,4  |

принадлежат Akreos Adapt, HELILENS и AquaSens соответственно, что, по нашему мнению, связано с уровнем качества обработки оптики данных ИОЛ.

Выявлена прямая корреляционная зависимость между показателями разрешающей способности ИОЛ и качества оптической поверхности (Ra, RMS). При этом чем выше качество оптической поверхности, тем выше показатели разрешающей способности. Вычисленный коэффициент корреляции между РС и RMS составил 0,88, а между РС и Ra – 0,89.

На наш взгляд, клинический эффект от коррекции сферических aberrаций может быть достигнут только при условии высокого качества обработки оптических поверхностей ИОЛ.

### Заключение

Таким образом, показатели разрешающей способности ИОЛ находятся в зависимости от качества обработки оптической поверхности и от абберационных свойств ИОЛ. При этом чем ниже шероховатость оптической поверхности, а также чем ниже количество индуцируемых ИОЛ сферических aberrаций, тем выше разрешающая способность линзы.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Балашевич Л. И., Качанов А. Б., Никулин С. А. и др. Первые результаты исследования сферических aberrаций высокого порядка при эметропии // «Федоровские чтения-2002». НПК по вопросам коррекции аномалий рефракции: Сб. науч. ст. / Под ред. Х. П. Тахиди. – М., 2002. – С. 52–57.
2. Волков В. В., Бржевский В. В., Ушаков Н. А. Офтальмохирургия с использованием полимеров. – Санкт-Петербург, 2003.
3. Atchison D. A. Design of aspheric intraocular lenses // Ophthalmic physiol opt. – 1991. – № 11. – P. 137–146.

4. Cunanan C. M., Tarbaux N. M., Knight P. M., Surface properties of intraocular lens materials and their influence on in vitro cell adhesion // J. cataract refract surg. – 1991. – Nov, № 17 (6). – P. 767–773.
5. Holladay J. T., Piers P. A., Kozanyi G., et al. A new intraocular lens designed to reduce spherical aberration of pseudophakic eyes // J. refract surg. – 2002. – № 18. – P. 683–701.
6. Kershner R. M. Retinal image contrast and functional visual performance with aspheric, silicone, and acrylic intraocular lenses: prospective evaluation // J. cataract refract surg. – 2003. – № 29. – P. 1684–1694.
7. Kohnen T., Magdowski G., Koch D. D. Scanning electron microscopic analysis of foldable acrylic and hydrogel intraocular lenses // J. cataract refract surg. – 1996. – 22 Suppl. – № 2. – P. 1342–1350.
8. Lombardo M., De Santo M. P., Lombardo G., Barberi R., Serrao S. Analysis of intraocular lens surface properties with atomic force microscopy // J. cataract refract surg. – 2006. – Aug, № 32 (8). – P. 1378–1384.
9. Mitchell L., Molteno A. C., Bevin T. H., Sanderson G. Star testing: a novel evaluation of intraocular lens optical quality // Br. j. ophthalmol. – 2006. – May, № 90 (5). – P. 586–592.
10. Montés-Micó R., Ferrer-Blasco T., Cerviño A. Analysis of the possible benefits of aspheric intraocular lenses: review of the literature // J. cataract refract surg. – 2009. – Jan., № 35 (1). – P. 172–181.
11. Rohart C., Lemaire B., Thanh H. X., Gatineau D., Ocular aberrations after cataract surgery with hydrophobic and hydrophilic acrylic intraocular lenses: comparative study // J. cataract refract surg. – 2006. – № 32. – P. 1201–1205.
12. Tehrani M., Dick H. B., Wolters B., Pakula T., Wolf E. Material properties of various intraocular lenses in an experimental study // Ophthalmologica. – 2004. – Jan.-Feb., № 218 (1). – P. 57–63.
13. Tognetto D., Sanguinetti G., Sirotti P., Cecchini P., Marcucci L., Ballone E., Ravalico G. Analysis of the optical quality of intraocular lenses // Invest ophthalmol vis sci. – 2004. – Aug., № 45 (8). – P. 2682–2690.

Поступила 22.09.2010

В. П. ФОКИН, Ю. С. СЕРКОВ, Е. С. БЛИНKOVA, И. А. РЕМЕСНИКОВ

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИМПЛАНТАЦИИ ФАКИЧНЫХ ИНТРАОКУЛЯРНЫХ ЛИНЗ ПРИ МИОПИИ: ОЦЕНКА КЛИНИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Волгоградский филиал ФГУ МНТК «Микрохирургия глаза» Росмедтехнологии, Россия, 400138, г. Волгоград, ул. Землячки, 80. E-mail: fokin@isee.ru

Провели исследование результатов 34 операций имплантации факичных заднекамерных интраокулярных линз РСК-3 при интраокулярной коррекции миопии высокой степени. Установили, что показатель некорригированной остроты зрения после операции превысил средний показатель максимально корригированной остроты зрения (МКОЗ) до операции. Отметим положительную динамику среднего показателя МКОЗ до и после операции. Достигли рефракцию цели в виде эметропии в 59% случаев, отклонение более чем на  $\pm 0,5$  дптр от эметропии получили в 41%. Рефракционные показатели в течение срока наблюдения были стабильны.

**Ключевые слова:** факичные заднекамерные линзы.

V. P. FOKIN, Y. S. SERKOV, I. A. REMESNIKOV, E. S. BLINKOVA

### IMPLANTATION OF PHAKIC INTRAOCULAR LENSES IN HIGH MYOPIA: EVALUATION OF CLINICAL DATA

Volgograd branch of the S. N. Fyodorov «Eye microsurgery clinic», Russia, 400138, Volgograd, Zemlyachky st., 80. E-mail: fokin@isee.ru

We studied results of 34 surgeries, undertaken to correct high myopia by means of phakic posterior chamber intraocular lens РСК-3 implantation. It was found that value of postoperative uncorrected visual acuity (UCVA) exceeded value of average preoperative