

**ИССЛЕДОВАНИЕ АБЕРРАЦИЙ ГЛАЗА У ПАЦИЕНТОВ С БИФОКАЛЬНОЙ ДИФРАКЦИОННО-РЕФРАКЦИОННОЙ ЛИНЗОЙ МИОЛ-АККОРД****Игорь Алексеевич ИСКАКОВ, Илья Васильевич БОГУШ***Новосибирский филиал ФГУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова Росмедтехнологии» 630071, г. Новосибирск, ул. Колхидская, 10*

Представлены результаты aberрометрического исследования 38 глаз пациентов с имплантированной бифокальной линзой МИОЛ-Аккорд, изготовленной по оригинальной отечественной технологии. Aberрометрические показатели совпадали с литературными данными для других моделей дифракционных ИОЛ. Размер изображения функции рассеяния точки находился на уровне дифракционного предела и совпадал с размером, полученным при экспериментальной оценке МИОЛ-Аккорд. При расширении зрачка отмечался сдвиг клинической рефракции в миопическую сторону, что облегчает зрение в условиях низкой освещенности.

**Ключевые слова:** aberрометрия, дифракционно-рефракционная, ИОЛ.

Недостатком исследования зрительных функций на основе проверки остроты зрения и контрастной чувствительности является то, что они являются не физическими, а субъективными методами. Результаты исследований зависят от восприятия пациентов и не позволяют дать оценку оптическому преобразованию зрительного сигнала в процессе обработки в зрительной системе, т. е. отделить «оптические» факторы формирования изображения от «нервных» [1]. Объективным методом является aberрометрия глаза [2]. В последние годы выполнены работы, в которых исследовались aberрации артефактных глаз, с разными моделями интраокулярных линз (ИОЛ), в том числе дифракционно-рефракционных ИОЛ [3, 4]. Нами разработана первая отечественная бифокальная дифракционно-рефракционная линза — МИОЛ-Аккорд [5]. Линза МИОЛ-Аккорд изготовлена на основе оригинальных отечественных технологий: лазерной фотолитографии (Институт автотометрии и электрометрии СО РАН, г. Новосибирск) и фронтальной фотополимеризации жидких олигомеров в форме (НПП «Репер-НН», г. Нижний Новгород).

Цель работы: исследовать aberрации глаза после имплантации новой модели бифокальной дифракционно-рефракционной интраокулярной линзы МИОЛ-Аккорд, провести сравнение с результатами имплантации имеющихся аналогов.

**Материал и методы**

Aberрометрическое исследование было проведено на 38 глазах у пациентов с имплантированной линзой МИОЛ-Аккорд. Дифракционная структура линзы нанесена по всей площади оптического элемента и, в отличие от дифрак-

ционных линз, изготавливаемых по технологии алмазного точения, не имеет следов резца на поверхности дифракционного микрорельефа. Оптическое качество линзы МИОЛ-Аккорд соответствует требованиям международного стандарта на ИОЛ [6].

Aberрометрию проводили на aberрометре ZyWave v.5.09 («Bausch & Lomb», США), в котором искажение волнового фронта анализируются с помощью датчика типа Hartmann-Shack. Aberрации описываются с помощью полиномов Zernike. Исследование выполняли сначала на нерасширенный зрачок, затем при медикаментозно расширенном зрачке (однократное закапывание 1%-го раствора тропикамида). Добивались получения как минимум трех подобных друг другу измерений. Производили расчет и фиксацию среднеквадратичных значений общих aberраций, aberраций высшего порядка, aberраций высшего порядка за вычетом сферической aberрации для Wavefront диаметров 5,0 и 6,0 мм. Кроме того, измеряли клиническую рефракцию глаза для диаметра 3,5 мм и на полный Wavefront диаметр. Функцию рассеяния точки (ФРТ) оценивали визуально по ее масштабированному двумерному изображению.

Все исследования выполнены с информированного согласия испытуемых и в соответствии с этическими нормами Хельсинкской Декларации (2000 г.).

Статистическую обработку результатов исследования проводили, вычисляя среднее арифметическое значение ( $M$ ), ошибку среднего арифметического значения ( $m$ ). Различия между группами оценивали с помощью двухвыборочного критерия Уилкоксона, достоверными считались результаты при  $P < 0,05$ .

*Искаков И.А. — зав. операционно-диагностическим блоком, канд. мед. наук, e-mail: iskafov@eyemicrosurgery.nsc.ru*  
*Богущ И.В. — врач-офтальмолог*

## Результаты и обсуждение

В литературе дискутируется вопрос о том, возможно ли точно измерять аберрации глаза с дифракционно-рефракционными линзами [7]. Авторы высказывают сомнение, поскольку концентрические зоны дифракционной структуры плохо совместимы с прямоугольным расположением лазерных пучков, формируемых системой микролинз абберметра. Однако принципиальным является не расположение лазерных пучков, а длина волны лазерного излучения. Так, например, в абберметре ZyWave используется диодный лазер с длиной волны 785 нм. Лазерное излучение с этой длиной волны распределяется преимущественно в дальний фокус линзы, а часть энергии света направляется в ближний фокус и достигает сетчатки в расфокусированном виде. Отраженное из глаза излучение может иметь шумы, формируемые отражением расфокусированного света ближнего фокуса линзы. Но, как показывает практика, результаты абберметрических исследований вполне корректны и сопоставимы по качеству с результатами исследований у пациентов с монофокальными ИОЛ.

Как показали проведенные нами абберметрические исследования, у пациентов с линзами МИОЛ-Аккорд отмечалась общая со всеми ранее выполненными исследованиями тенденция увеличения суммарных аберраций и аберраций высшего порядка с увеличением диаметра зрачка. Так, если при Wavefront диаметре 5,0 мм суммарные аберрации составляли  $0,76 \pm 0,05$  мкм, то при диаметре 6,0 мм —  $1,21 \pm 0,06$  мкм (табл.). С увеличением Wavefront диаметра у пациентов с имплантированными линзами МИОЛ-Аккорд произошло увеличение и аберраций высшего порядка, а также аберраций высшего порядка за вычетом сферической аберрации. При этом доля сферической аберрации практически не менялась: исключение последней привело к уменьшению аберраций высокого порядка при Wavefront диаметре

5,0 мм в среднем на 0,04 мкм, а при диаметре 6,0 мм — на 0,11 мкм ( $P > 0,05$ ).

Наши результаты совпадают с данными, представленными в работах для дифракционно-рефракционных линз Tecnis® ZM900 и AcrySof Restor® [8] и для линзы AcriLISA® [9], где наблюдались аналогичные показатели аберраций высшего порядка.

Полученный при абберметрии размер изображения ФРТ, формируемой аберрациями высшего порядка, у всех пациентов с имплантированными линзами МИОЛ-Аккорд не превышал диаметра фовеолы (100 мкм). В ряде случаев минимальный размер изображения ФРТ был меньше 10 мкм, что приближается к размеру ФРТ при экспериментальной проверке линзы МИОЛ-Аккорд [6]. Эти данные, безусловно, являются положительными, свидетельствуют о хорошем оптическом качестве и должны учитываться при оценке функциональных исходов имплантации линзы МИОЛ-Аккорд.

Было также оценено изменение сферозквивалента клинической рефракции у пациентов с имплантированной линзой МИОЛ-Аккорд при увеличении диаметра зрачка с 3,5 мм до среднего значения в 6,3 мм, который составил соответственно  $0,29 \pm 0,74$  и  $-0,49 \pm 0,70$  дптр. Выявленный умеренный сдвиг клинической рефракции в миопическую сторону при значительном расширении зрачка является, на наш взгляд, обоснованным и физиологически оправданным. В естественных условиях расширение зрачка наблюдается при снижении освещенности, что влечет за собой увеличение аберраций глаза. Миопизация, являясь аберрацией низшего порядка, с одной стороны, дефокусирует изображение и ухудшает зрение вдаль, но одновременно улучшает зрение вблизи за счет приближения дальнейшей точки ясного зрения. Так у пациентов с МИОЛ-Аккорд миопизация по данным абберметрии составила в среднем 0,78 дптр, что соответствует положению дальнейшей точки ясного зрения на рас-

Таблица

Среднее значение абберметрических показателей у пациентов с линзой МИОЛ-Аккорд, мкм ( $M \pm m$ )

Вид аберраций	Wavefront диаметр		P
	5,0 мм	6,0 мм	
Суммарные	$0,76 \pm 0,05$	$1,21 \pm 0,06$	0,000
Высокого порядка	$0,35 \pm 0,02$	$0,63 \pm 0,04$	0,000
Высокого порядка без сферической аберрации	$0,31 \pm 0,02$	$0,52 \pm 0,04$	0,000
Количество измерений	38	33	

Примечание: P — достоверность отличия значения при диаметре 6,0 мм от значения при диаметре 5,0 мм.

стоянии около 1,3 м от глаза. В условиях низкой освещенности зрение вблизи становится более необходимым, чем зрение вдаль. У пациентов с бифокальной ИОЛ этот механизм обеспечивает расширение зоны ясного зрения и компенсирует стандартный объем псевдоаккомодации. Следует заметить, что значение клинической рефракции при диаметре зрачка 6,3 мм было получено после его медикаментозного расширения, т. к. Wavefront диаметр в aberrometre ZyWave составляет не менее 6,0 мм. В реальных условиях такого значительного расширения зрачка обычно не происходит, следовательно, степень миопизации ниже, и дальнейшая точка ясного зрения может находиться на большем конечном расстоянии от глаза. А это, в свою очередь, является даже более предпочтительным.

#### Выводы

1. Aberromетрические показатели у пациентов с имплантированными линзами МИОЛ-Аккорд совпадают с данными для других моделей бифокальных дифракционно-рефракционных линз.

2. Размер изображения ФРТ у пациентов с МИОЛ-Аккорд совпадает с результатами экспериментального тестирования линзы МИОЛ-Аккорд.

3. Увеличение диаметра зрачка у пациентов с МИОЛ-Аккорд приводит к умеренному сдвигу клинической рефракции в миопическую сторону.

#### Литература

1. Новые методы функциональной диагностики в офтальмологии: сб. статей / Под ред. К.В. Трутневой. М., 1973. 157.

New methods of functional diagnostic in ophthalmology: Sb. Statei / Edited by K.V. Trutneva. M., 1973. 157.

2. Алиев А-Г.Д., Исмаилов М.И. Современные методы исследования аберраций оптической системы

глаза и их клиническое значение // Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии. 2006: сб. науч. статей / Под ред. Х.П. Тахчиди. М., 2006. 322-324.

Aliiev A-G. D., Ismailov M.I. Moder methods of investigation of optical eye system and their clinical importance // Sovremennie tehnologii kataraktalnoi I refractionnoi hirurgii – 2006. Sb. nauch. statei / Edited by H.P. Tahchidi. M., 2006. 322-324.

3. Балашевич Л.И., Качанов А.Б., Тахтаев Ю.В. и др. Aberromетрия как метод оценки интраокулярной коррекции // Офтальмохирургия. 2007. (4): 22-26.

Balashevich L.I., Kachanov A.B., Tahtaev U.V. et al. Aberrometry as method of assessment of intraocular lens correction // Ophthalmohirurgia. 2007. № 4. 22-26.

4. Bellucci R., Morselli S., Piers P. Comparison of wavefront aberrations and optical quality of eyes implanted with five different intraocular lenses // J. Refract. Surg. 2004. 20. (4): 297-306.

5. Пат. 2303961 РФ. Мультифокальная интраокулярная линза и способ ее изготовления / Ленкова Г.А., Коронкевич В.П., Корольков В.П. и др., опубл. 10.08.2007.

Pat. 2303961 RU Multifocal intraocular lens and method of its manufacturing / Lenkova G.A., Koronkevich V.P., Korolkov V.P. et al., publ. 10.08.2007.

6. Искаков И.А., Коронкевич В.П., Ленкова Г.А. и др. Отечественная бифокальная дифракционно-рефракционная ИОЛ: конструкция, оптические свойства // Вестник ОГУ. 2007. (12): 85-88.

Iskakov I.A., Koronkevich V.P., Lenkova G.A. et all. Native bifocal diffractive-refractive IOL: design, optical properties // Vestnik OGU. 2007. № 12. 85-88.

7. Charman W.N., Montes-Mico R., Radhakrishnan H. Can we measure wave aberration in patients with diffractive IOLs? // J. Cataract Refract. Surg. 2007. 33. (11): 1997.

8. Toto L., Falconio G., Vecchiarino L. et al. Visual performance and biocompatibility of 2 multifocal diffractive IOLs: Six-month comparative study // J. Cataract Refract. Surg. 2007. 33. (8): 1419-1425.

9. Alio J.L., Elkady B., Ortiz D. et all. Clinical outcomes and intraocular optical quality of a diffractive multifocal intraocular lens with asymmetrical light distribution // J. Cataract Refract. Surg. 2008. 34. (6): 942-948.

## ABERROMETRY STUDY IN PATIENTS WITH BIFOCAL DIFFRACTIVE-REFRACTIVE IOL MIOL-AKKORD

Igor Alekseevich ISKAKOV, Ilia Vasilievich BOGUSH

Multidisciplinary Science and Technology Complex Eye Microsurgery named after Academician S. N. Fyodorov, Federal State Institution, Novosibirsk Branch, Russia  
10, Kolhidskaj str. Novosibirsk, 630071

Aberrometry study of 38 eyes with newel model (MIOL-Accord) of bifocal diffractive-refractive IOL was presented. Aberrometry dates for MIOL-Accord were the same for another model of diffractive-refractive lenses. Point spread function in eyes with MIOL-Accord was near to diffractive limit. Refraction of eyes with MIOL-Accord moved to slight myopia due to restriction of pupil.

**Key words:** aberrometry, diffractive-refractive, IOL

Iskakov I.A. — head of diagnostic and operating department, MD, e-mail: iskakov@eyemicrosurgery.nsc.ru  
Bogush I.V. — ophthalmologist, MD