

# Экспериментальное исследование изменений абберационных показателей при децентрации интраокулярных линз

Д.Г. Жабоедов

Национальный медицинский университет им. А.А. Богомольца, Киев (Украина)

## РЕФЕРАТ

В настоящее время при интраокулярной коррекции все больше стали обращать внимание на создание пациенту качественного функционального зрения, которое зависит от оптических свойств имплантируемых ИОЛ. Поскольку даже при безукоризненно выполненной операции происходит децентрация ИОЛ, что неизбежно индуцирует абберации, снижающие зрительные функции артификачного глаза, важно использовать модели ИОЛ, наименее чувствительные к децентрации.

**Цель.** На искусственной модели оптической системы глаза выявить модели ИОЛ, наиболее устойчивые к децентрации.

**Материал и методы.** На оригинальной модели проведено экспериментальное исследование абберационных свойств ИОЛ моделей TECNIS®, SA60AT, SN60WF, SL-907 «CentriX DZ».

**Результаты.** Первоначально выполнялась абберометрия модели глаза без ИОЛ, далее в модель глаза помещалась исследуемая ИОЛ, которая центрировалась по положениям зеркальных изображений центровочных светодиодов. Искусственно созданная модель децентрация ИОЛ вдоль оси OX

имела значения  $\pm 0,5$  и  $\pm 1,0$  мм, а угловые повороты ИОЛ вокруг вертикальной оси составляли  $\pm 4^\circ$  и  $\pm 8^\circ$ .

Децентрация ИОЛ, а также ее поворот вокруг вертикальной оси вызывали изменение амплитуд абберационных мод ИОЛ. Данные исследования показали, что ИОЛ модели SL-907 «CentriX DZ» менее чувствительна к децентрациям и поворотам (наклонам) ИОЛ, несколько более чувствительны – модели TECNIS® и SN60WF. Наиболее чувствительна к децентрации ИОЛ SA60AT.

**Выводы.** Таким образом, децентрации ИОЛ в диапазоне  $\pm 1$  мм и углах их поворота  $\pm 8$  градусов вызывают увеличение амплитуд абберационных мод, равные значения децентрации ИОЛ вызывают неодинаковые изменения величин аббераций у разных моделей. Выявлено, что ИОЛ модели SL-907 «CentriX DZ» является менее чувствительной к децентрации, поворотам и наклонам, что позволяет использовать ее в случаях с высоким риском смещения в постоперационном периоде.

**Ключевые слова:** катаракта, факоемульсификация, интраокулярная линза, децентрация, индуцирование аббераций, чувствительность к децентрации. ■

Офтальмохирургия.– 2014.– № 1.– С. 6-9.

## ABSTRACT

### Experimental study of aberration characteristics changing in case of intraocular lenses decentration

D.G. Zhaboiedov

The A.A. Bogomolets National Medical University, Kiev, Ukraine

Nowadays the creation of high functional vision in intraocular correction which depends much on the optical properties of implanted IOL is of great importance. So far as even after an impeccably performed operation an IOL decentration occurs that inevitably induces aberrations which reduce the vision of a pseudophakic eye, it is important to use IOL models that are least sensitive to decentration.

**Purpose.** To identify IOL models that are less sensitive to decentration using an artificial model of eye optical system.

**Material and methods.** The experimental study of aberration properties of different IOL models TECNIS®, SA60AT, SN60WF, SL-907 «CentriX DZ» has been conducted on an original model.

**Results.** At first the aberrometry of the eye model was performed without IOL, later an investigated IOL was placed into the eye model and centered by localization of mirror images of LEDs centering. Artificially created IOL decentration along the X-axis had  $\pm 0.5$ mm and  $\pm 1.0$ mm values, IOL angular rotations around the vertical axis were  $\pm 4^\circ$  and  $\pm 8^\circ$ .

Decentration of all IOL models as well as its rotation around the vertical axis caused the change in the aberrations amplitude. The study showed that the SL-907 «CentriX DZ» IOL model is less sensitive to any IOL decentration and rotation (tilt), the TECNIS® and SN60WF models are more sensitive. The SA60AT IOL is the most sensitive to the decentration and rotation.

**Conclusions.** Thus, the IOL decentration in the range of  $\pm 1$  mm and rotation angles of  $\pm 8$  degrees cause an increase

in the amplitude of the aberration modes, equal values of IOL decentration entail unequal changes in the values of aberrations between different IOL models. It has been found that the SL-907 «CentriX DZ» IOL model is less sensitive to decentration, rotation and tilt, that allows its use in cases with a high risk of its displacement in the postoperative period.

**Key words:** cataract, phacoemulsification, intraocular lens, decentration, aberration induction, sensitivity to decentration. ■

Ophthalmosurgery.– 2014.– No. 1.– P. 6-9.

**М**етод интраокулярной коррекции афакии в настоящее время получил всемирное признание как важнейший этап в медицинской и профессиональной реабилитации больных с катарактой. Одним из важных условий для достижения высоких оптических результатов на сегодняшний день является внутрикапсулярная имплантация интраокулярной линзы (ИОЛ) с ее максимальной центровкой. Однако нарушения центрального положения ИОЛ относительно оптической оси глаза от незначительного смещения и децентрации ИОЛ до сублюксации и полного вывиха ИОЛ, как известно, могут иметь место даже при безукоризненно выполненной операции, нивелируя оптические и конструктивные преимущества современных ИОЛ [1, 4, 8, 10].

По данным различных авторов, частота децентрации ИОЛ варьирует в широких пределах – от 10 до 92% [1, 3, 6, 9, 11]. Следовательно, установка ИОЛ в капсульный мешок удаленного хрусталика не может гарантировать точного совпадения ее оптической оси с оптической осью роговицы. Так оптическая ось ИОЛ может оказаться параллельной оптической оси роговицы, т.е. децентрированной в поперечном направлении вдоль горизонтальной (оси ОХ), вертикальной (оси ОУ) или одновременно вдоль обеих этих осей. Возможно и другое проявление децентрации ИОЛ, обусловлен-

ной угловым поворотом (наклоном) ИОЛ вокруг одной из осей.

Децентрация ИОЛ не только изменяет пространственное положение зрительной оси, но и приводит к заметному увеличению генерируемых амплитуд абберационных мод всех степенных порядков, особенно низших, что оказывает существенное влияние на зрительные функции пациентов и соответственно качество их жизни. В связи с этим изучение особенностей абберационных свойств децентрированных ИОЛ является актуальной задачей, имеющей важное как теоретическое, так и практическое значение, поскольку при наличии множества моделей ИОЛ до сих пор остается открытым вопрос ее оптимального выбора, который осуществляется в зависимости от индивидуальных особенностей глаза и течения оперативного вмешательства [2, 5, 7, 8, 11]. На основании этого нами было проведено экспериментальное исследование изменения объективных показателей аббераций у широко используемых моделей ИОЛ при их децентрации на искусственной модели оптической системы глаза с целью уяснения степени чувствительности этих линз к децентрации. Получение объективных данных о чувствительности ИОЛ разных моделей к децентрации по генерации аббераций является важным фактором при окончательном выборе модели линзы для имплантации.

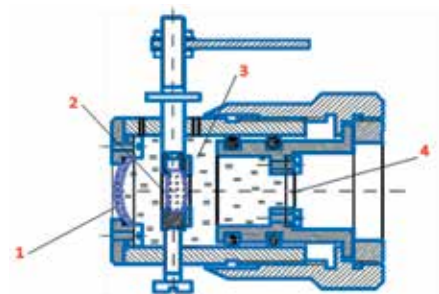
## ЦЕЛЬ

Выявление степени чувствительности различных моделей ИОЛ к децентрации на искусственной модели глаза.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Экспериментальная модель оптической системы глаза (рис. 1) разработана и изготовлена на кафедре оптических и оптико-электронных приборов Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт» под руководством доктора технических наук профессора И.Г. Чижя.

Физическая абберометрия ИОЛ проводилась при помощи реитре-сингового абберометра TRACEY-VFA (Tracey Technologies, США) с размещением исследуемой ИОЛ внутри физической модели оптической системы глаза. В этой модели ИОЛ децентрировалась относительно линзы-роговицы при помощи механизмов вертикального и поперечного



**Рис. 1.** Упрощенная схема и конструкция модели глаза, где: 1 – линза-мениск, имитирующая роговицу; 2 – ИОЛ; 3 – жидкость, имитирующая прозрачные среды глаза; 4 – светорассеивающая и деполаризующая свет пленка, имитирующая сетчатку

### Для корреспонденции:

Жабоедов Дмитрий Геннадьевич, канд. мед. наук, ассистент кафедры офтальмологии Национальный медицинский университет им. А.А. Богомольца  
Адрес: 01601, Киев, бульвар Т. Шевченко, 13  
Тел.: (044) 255-1308. E-mail: zhaboedov@ukr.net

го перемещений оправы ИОЛ. Контроль центрирования осуществлялся при помощи телевизионной системы абберометра, предназначенной для его центрирования относительно глаза пациента. В телевизионной системе использовались центрировочные светодиоды.

При помощи специальных механизмов перемещений ИОЛ внутри модели вдоль горизонтальной оси ОХ и углового поворота ИОЛ вокруг вертикальной оси создавалась поперечная децентрация в пределах  $\pm 1$  мм и поворотная децентрация в пределах  $\pm 8$  градусов.

Для сравнительного анализа абберационных свойств ИОЛ использовались интегральные характеристики Lower-RMS, Higher-RMS и Total RMS разных моделей линз: TECNIS®, SA60AT, SN60WF, SL-907 «CentriX DZ».

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Таблица 1

### Данные абберометрии ИОЛ, центрированных относительно линзы-роговицы

Производитель	Модель ИОЛ	Оптическая сила [дптр]	Lower RMS [мкм]	Higher RMS [мкм]	Total RMS [мкм]
Abbott Medical Optics Inc., США	TECNIS®	20	0,116	0,139	0,181
Alcon Laboratories Inc., США	SA60AT	21	0,137	0,053	0,147
	SN60WF	20	0,240	0,077	0,252
«ЮЭс Оптикс», Украина (по технологии Lenstec Inc., США)	SL-907 «CentriX DZ»	20	0,044	0,044	0,062
Средние значения RMS моделей ИОЛ			0,201	0,110	0,236
Диапазон вариаций RMS у моделей ИОЛ		max	0,389	0,202	0,403
		min	0,044	0,044	0,062

Таблица 2

### Допустимые значения децентрации и поворота ИОЛ

Модель ИОЛ	Р [дптр]	Допустимое значение (RMS <sub>T</sub> =0,05 мкм)		Допустимое значение (RMS <sub>T</sub> =0,1 мкм)	
		Децентрации [мм]	Поворота [град]	Децентрации [мм]	Поворота [град]
TECNIS®	20	$\pm 0,30$	$\pm 2$	$\pm 0,45$	$\pm 2,7$
SN60WF	20	$\pm 0,19$	$\pm 1,5$	$\pm 0,30$	$\pm 2,5$
SA60AT	20	$\pm 0,1$	$\pm 0,8$	$\pm 0,15$	$\pm 1,2$
SL-907 «CentriX DZ»	20	$\pm 0,3$	$\pm 3$	$\pm 0,6$	$\pm 4,5$

Первоначально выполнялась абберометрия модели глаза без ИОЛ, которая помещалась на абберометр и центрировалась относительно оптической оси абберометра по зеркальным изображениям центрировочных инфракрасных светодиодов, полученным при отражении света от передней поверхности линзы-роговицы. Далее в модель глаза помещалась исследуемая ИОЛ, которая центрировалась по положениям зеркальных изображений центрировочных светодиодов. Из среднего значения амплитуды каждой абберационной моды, найденной по 10 сеансам абберометрии модели глаза с центрированной ИОЛ, вычитали среднее значение амплитуды той же абберационной моды модели глаза без ИОЛ. Разница значений, полученная при помощи статистических методов, указывала на величину амплитуды абберационной моды, привнесенную в модель самой ИОЛ.

Искусственно созданная моделью децентрация ИОЛ вдоль оси ОХ имела значения  $\pm 0,5$  и  $\pm 1,0$  мм, а угловые повороты ИОЛ вокруг вертикальной оси составляли  $\pm 4^\circ$  и  $\pm 8^\circ$ .

Децентрация ИОЛ относительно осевого пучка лучей, идущего из линзы-роговицы, вызывала изменение амплитуд абберационных мод ИОЛ. Эти изменения выявлялись путем сравнения двух средних значений амплитуды каждой моды, одно из которых получено из серии 10 сеансов абберометрии модели с децентрированной ИОЛ, а второе – из 10 сеансов абберометрии модели с центрированной ИОЛ. Аналогично определялись изменения амплитуд абберационных мод ИОЛ, обусловленные поворотом ИОЛ вокруг вертикальной оси.

Данные абберометрии ИОЛ, центрированных относительно роговицы, представлены в *табл. 1*.

Анализ спектра абберационных мод ИОЛ модели SL-907 «CentriX DZ» показывает, что малые значения ее RMS есть следствие намного меньших значений амплитуд ее абберационных мод. По нашему мнению, это свидетельствует о несомненно более высоком качестве изготовления этой ИОЛ.

Если значение RMS, вычисленное по полученным статистически значимым приращениям амплитуд абберационных мод у модели с децентрированной ИОЛ, не превышает  $1/14$  длины волны (критерий Марешала), то такая децентрация ИОЛ расценивается как та, которая практически не изменяет абберационных свойств модели глаза, не изменяет качества изображения на сетчатке и поэтому принимается за допустимую. Так как критерий Марешала является одним из самых «жестких» критериев качества оптического изображения, то его применение гарантирует отсутствие ошибки в определении допустимых децентраций ИОЛ внутри глаза.

В таблице 2 представлены диапазоны децентраций и угловых поворотов ИОЛ, которые не приводят к значениям  $RMS_T$ , превышающим указанные  $-0,05$  мкм (по Марешалу) и  $0,1$  мкм (условно допустимое значение RMS).

Из таблицы 2 видно, что вследствие меньшей чувствительности к децентрациям и поворотам (наклонам) ИОЛ наиболее широкие допуски дает ИОЛ модели SL-907 «CentriX DZ», несколько меньше – модели TECNIS® и SN60WF. Наиболее узкие допуски имеет модель SA60AT.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, децентрации ИОЛ в диапазонах  $\pm 1$  мм и углах их поворота  $\pm 8$  градусов вызывают увеличение амплитуд абберационных мод, которые приводят соответственно к существенному возрастанию величин RMS, намного превосходящим предел, установленный Марешалем.

Равные значения децентрации ИОЛ вызывают неодинаковые изменения величин аббераций у разных моделей, причем наблюдается корреляция между величинами собственных значений RMS и приращениями RMS в зависимости от децентраций ИОЛ. Линзы с большими собственными абберациями имеют существенно большие приращения RMS, вызванные децентрациями.

Выявлено, что ИОЛ модели SL-907 «CentriX DZ» является менее чувствительной к децентрации, поворотам и наклонам, это позволяет использовать ее в случаях с высоким риском смещения в постоперационном периоде.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев Э.Г. Особенности зрительных функций и хирургической реабилитации у пациентов при децентрации интраокулярных линз с внутрикапсульной фиксацией: Дис. ... канд. мед. наук. – М., 2005. – 151 с.
2. Батьков Е.Н., Пахтаев Н.П., Поздеева Н.А., Зотов В.В. Биометрия положения интраокулярных линз на основе Шаймпфлут-фотографии // Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии: Материалы науч.-практ. конф. – М., 2009. – С. 37-42.

3. Варавка А.А., Качанов А.Б. Аберрометрия при дислокации ИОЛ // Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии: Материалы науч.-практ. конф. – М., 2011. – С. 64-68.

4. Стебнев С.Д., Малов В.М. Дислокация интраокулярных линз. Причины, характер, хирургическая тактика, результаты лечения // Современные технологии хирургии катаракты: Сб. науч. статей. – М., 2007. – С. 237-243.

5. Altmann G.E., Nichamin L.D., Lane S.S., Pepose J.S. Optical performance of 3 intraocular lens designs in the presence of decentration // J. Cataract Refract. Surg. – 2005. – Vol. 31. – P. 574-585.

6. Baumeister M., Kohnen T. Tilt and decentration of spherical and aspherical intraocular lenses: effect on higher-order aberrations // J. Cataract Refract. Surg. – 2009. – Vol. 35, № 6. – P. 1006-1012.

7. Castro A., Rosales P., Marcos S. Tilt and decentration of intraocular lenses in vivo from Purkinje and Scheimpflug imaging // J. Cataract Refract. Surg. – 2007. – Vol. 33, № 3. – P. 418-429.

8. Hayashi K., Hayashi H., Nakao F. Intraocular lens tilt and decentration after implantation in eyes with glaucoma // J. Cataract Refract. Surg. – 1999. – Vol. 25, № 11. – P. 1515-1520.

9. Kim J., Shyn K. Biometry of types of intraocular lenses using Scheimpflug photography // J. Cataract Refract. Surg. – 2001. – Vol. 27, № 4. – P. 533-536.

10. Phillips P., Perez-Emmanueli J., Rosskothben H. Measurement of intraocular lens decentration and tilt in vivo // J. Cataract Refract. Surg. – 1988. – Vol. 14. – P. 129-135.

11. Taketani F., Matuura T., Yukawa E. et al. Influence of intraocular lens tilt and decentration on wavefront aberrations // J. Cataract Refract. Surg. – 2004. – Vol. 30, № 10. – P. 2158-2162.

Поступила 01.10.2013

## ОФТАЛЬМОХИРУРГИЯ / НОВОЕ В ОФТАЛЬМОЛОГИИ

### Подписные индексы

по каталогу «Газеты и журналы» агентства «Роспечать»

**70689** – теоретический и научно-практический журнал «Офтальмохирургия»

**72173** – реферативно-информационный журнал «Новое в офтальмологии»

по каталогу «Пресса России», каталогу Украины и каталогу Казахстана

**87917** – «Офтальмохирургия» • **87916** – «Новое в офтальмологии»