

## Исследование положения интраокулярной линзы с помощью оптической когерентной томографии и связанных с ним изменений рефракции после факоэмульсификации

А.Н. Куликов, Е.В. Кокарева, А.А. Дзилихов

Кафедра офтальмологии ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ, Санкт-Петербург

### РЕФЕРАТ

**Цель.** Определить вариабельность положения ИОЛ у пациентов после факоэмульсификации с помощью оптической когерентной томографии (ОКТ) и выявить связанные с ней изменения послеоперационной рефракции.

**Материал и методы.** В исследование включены 187 пациентов (220 глаз), которым проводилась факоэмульсификация с внутрикапсульной имплантацией ИОЛ платформы AcrySof®. Дооперационное обследование включало биометрию на приборе «IOLMaster», «Lenstar LS 900», кератотопографию «Pentacam HR» Через 1 мес. после операции всем пациентам проводили повторные замеры. Для определения наклона и смещения оптической части ИОЛ использовался оптический когерентный томограф «Topcon 3D OCT-2000».

**Результаты.** Выявленные по данным ОКТ аксиальные смещения оптической части ИОЛ позволили разделить пациентов на 2 группы. Пациенты с «прогибом» ИОЛ отличались большей аксиальной длиной глаза и широким роговичным сегментом, глубокой передней камерой и большим ее объемом. Также в выделенной группе отмечал-

Офтальмохирургия. – 2018. – № 2. – С. 10–15.

ся сдвиг субъективной рефракции в сторону гиперметропии относительно значений, рассчитанных по формулам Hoffer Q, Holladay I и Haigis. На основании дооперационных биометрических параметров «IOLMaster» и «Lenstar LS 900», а также по силе рассчитанной линзы построены уравнения логистической регрессии, обладающие высоким прогностическим качеством.

**Выводы.** Данные ОКТ позволяют выявить аксиальные «прогибы» оптической части ИОЛ у пациентов. Это приводит к ослаблению субъективной рефракции. Вероятность смещений может быть с высоким прогностическим качеством рассчитана по модели логистической регрессии. Это дает возможность оценить риск подобной дислокации и внести поправки в расчет оптической силы ИОЛ, оптической силы ИОЛ.

**Ключевые слова:** аксиальное смещение ИОЛ, оптическая когерентная томография, «Lenstar 900 LS», «IOLMaster», «Pentacam HR».

**Авторы не имеют финансовых или имущественных интересов в упомянутых материале и методах.**

### ABSTRACT

## Intraocular lens position investigation using optical coherence tomography and induced refraction shift analysis after phacoemulsification

A.N. Kulikov, E.V. Kokareva, A.A. Dzilikhov

The S.M. Kirov Medical Military Academy, the Chair of Ophthalmology, Saint-Petersburg

**Purpose.** To reveal a variability of IOL position after phacoemulsification using the optical coherence tomography (OCT) and to determine associated changes in postoperative refraction.

**Material and methods.** The study enrolled 187 patients (220 eyes) who underwent phacoemulsification with the AcrySof® IOL implantation. The preoperative examination included the «IOLMaster» and «Lenstar LS 900» biometry, and the «Pentacam HR» keratotopography. One month postoperatively all of the measurements were repeated. The «Topcon 3D OCT-2000» optical coherent tomography was used to detect an IOL tilt and its displacement.

**Results.** Axial displacements of the IOL optical part revealed by the OCT data allowed to divide the patients into 2 groups. Patients with an IOL «deflection» had eyes with a bigger axial length and a wide corneal segment, a deeper pseudophakic anterior chamber with a larger volume. Also there was a shift of subjective refraction towards the hyperopia

Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery. – 2018. – No. 2. – P. 10–15.

relative to values calculated by the Hoffer Q, Holladay I and Haigis formulas in the selected group. Constructed logistic regression equations included the «IOLMaster» and «Lenstar LS 900» biometry parameters, the calculated IOL power and had a high predictive quality.

**Conclusions.** The OCT data allow to reveal axial «deflections» of the IOL in patients. This leads to a weakening of subjective refraction. The probability of displacements can be calculated with a high predictive quality according to the logistic regression model. So, it enables to assess a risk of such dislocations and to make adjustments in the calculation of IOL optical power.

**Key words:** axial IOL displacement, optical coherence tomography, «Lenstar 900 LS», «IOLMaster», «Pentacam HR».

**No author has a financial or proprietary interest in any material or method mentioned.**

## АКТУАЛЬНОСТЬ

Расчет положения интраокулярной линзы (ИОЛ) является основной нерешенной проблемой рефракционной составляющей хирургии катаракты [1, 13]. Данный параметр используется во многих современных формулах расчета, однако, несмотря на выраженное снижение погрешностей биометрии [4, 5] и возможности комбинации методов [3], достижение запланированного результата зачастую не превышает 80% [10]. Изменение положения оптической части ИОЛ в задней камере [2, 9], ее децентрация и наклон [7], могут приводить к отклонению послеоперационной рефракции как в сторону миопии, так и в сторону гиперметропии [6, 8, 11, 15]. При увеличении силы ИОЛ проявления оптических эффектов смещения линейно возрастают [7]. Возможность учета подобных явлений особенно важна при выборе конфигурации имплантируемой линзы [8], рассмотрении вопроса о постановке мультифокальных и торических линз [12], а также для принятия решения об использовании дополнительных внутрикапсульных устройств [14]. Таким образом, выявление биометрических параметров, предполагающих более частые изменения в положении искусственного хрусталика, могут быть полезными для выбора линз интраокулярной коррекции, а также для учета возможных рефракционных сдвигов.

## ЦЕЛЬ

Определить вариабельность положения ИОЛ у пациентов после фактоэмульсификации с помощью оптической когерентной томографии (ОКТ) и выявить связанные с ней изменения послеоперационной рефракции.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследование вошли 187 пациентов (220 глаз), проходившие лечение в клинике офтальмологии ВМедА им. С.М. Кирова в период с сентября 2016 г. по июль 2017 г. с диагнозом начальной катаракты. Выборка состоит из 97 мужчин и 123 женщин, средний возраст которых составил 73,33±9,40 года (от 20 до 90 лет).

Всем пациентам на дооперационном этапе проводились стандартное офтальмологическое обследование,

биометрия и расчет ИОЛ по формулам Hoffer Q, Holladay I, Haigis и SRK/T на приборе «IOLMaster» («Carl Zeiss Meditec», Германия), биометрия на приборе «Lenstar LS 900» («Haag-Streit», Швейцария), кератотопография «Pentacam HR» («Oculus», Германия). Описание биометрических параметров пациентов приведено в табл. 1.

Всем пациентам выполнена фактоэмульсификация с внутрикапсульной имплантацией ИОЛ платформы AcrySof® (Alcon, США) через роговичный тоннельный разрез 2,2-2,4 мм. Хирургическое вмешательство и послеоперационный период прошли без осложнений.

Через 1 мес. после операции всем пациентам проводили авторефрактометрию на приборе «Tonoref-II» («Tomey», Япония), визометрию с использованием проектора знаков «Nidek CP-690» (Nidek, Япония), повторную биометрию «Lenstar LS 900», «IOLMaster» и «Pentacam HR». Для определения наклона и смещения оптической части ИОЛ проводили съемку переднего отрезка глазного яблока с помощью оптического когерентного томографа «Topcon 3D OCT-2000» («Topcon», Япония).

Статистическая обработка результатов проводилась в программе

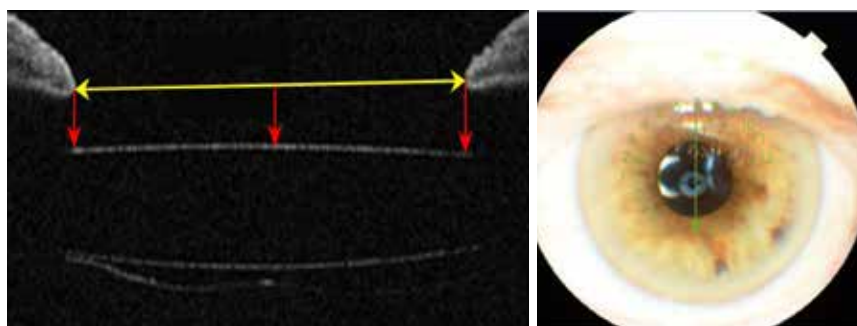
Таблица 1

### Анатомические характеристики глаз по данным нескольких приборов для биометрии

Table 1

#### Anatomical parameters of eyes measured with different biometry methods

Параметр Parameter	«IOLMaster»	«Lenstar LS 900»	«Pentacam HR»
Сила имплантированной ИОЛ, дптр Implanted IOL power, D	21,18±4,00 (8,0-35,0)		
Аксиальная длина, мм Axial length, mm	23,74±1,49 (20,03-29,10)	23,73±1,50 (20,02-29,22)	
Сила роговицы в пологом меридиане, дптр Corneal power at flat meridian, D	43,58±1,57 (39,34-48,91)	43,58±1,60 (38,99-48,81)	43,40±1,55 (39,2-48,4)
Сила роговицы в крутом меридиане, дптр Corneal power at steep meridian, D	44,57±1,68 (39,57-49,49)	44,56±1,71 (39,68-49,56)	44,32±1,64 (39,4-48,8)
Глубина передней камеры, мм Anterior chamber depth, mm	3,13±0,42 (2,17-4,29)	3,14±0,44 (1,95-4,44)	2,64±0,46 (1,36-3,96)
Толщина нативного хрусталика, мм Thickness of native lens, mm		4,44±0,45 (2,87-5,38)	
Диаметр роговичного сегмента, мм White To White, mm	11,98±0,39 (10,90-13,0)	11,94±0,50 (9,38-13,4)	



**Рис. 1.** Определение расстояний до оптической части ИОЛ относительно плоскости зрачка:  $\varnothing$  – диаметр зрачка,  $a$  и  $b$  – расстояния от края зрачка до оптической части ИОЛ,  $c$  – расстояние от центра зрачка до оптической части ИОЛ,  $c'$  – расстояние от центра зрачка до линии, соединяющей прямые  $a$  и  $b$ ,  $\alpha$  – угол между плоскостью зрачка и плоскостью ИОЛ

**Fig. 1.** Distance measurement from pupil plane to the IOL optical part:  $\varnothing$  – Pupil diameter,  $a$  and  $b$  – distances from the pupil edge to the optical part of IOL,  $c$  – distance from the pupil center to the optical part of IOL,  $c'$  – distance from the pupil center to the line, connecting lines  $a$  and  $b$ ,  $\alpha$  – angle between the pupil plane and the IOL plane

«Statistica 10.0» (StatSoft, Inc., США), уровень значимости принят равным 0,05.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

При анализе данных ОКТ выявлены изменения положения оптической части ИОЛ относительно плоскости зрачка, такие как наклон и «прогиб» вдоль аксиальной оси. Для количественной оценки положения линзы выбраны анатомические ориентиры: диаметр зрачка по горизонтали и вертикали, расстояния от краев зрачка до передней поверхности оптической части ИОЛ, а также расстояние от центра зрачка до передней поверхности ИОЛ (рис. 1). Факт «прогиба» оптической части в сторону сетчатки однозначно доказы-

вается при соблюдении соотношения  $c' \leq c$ . Расстояние  $c'$  рассчитывается из уравнения:

$$c' = a - 1/2 \times \varnothing \times \tan \alpha,$$

где:  $\alpha$  – угол наклона оптической части ИОЛ относительно плоскости зрачка;  $a$  – расстояние от края зрачка до передней поверхности ИОЛ, противоположное углу  $\alpha$ ;  $\varnothing$  – диаметр зрачка (все расстояния используются в мкм по результатам измерения ОКТ).

Рассчитанные углы наклона в рассмотренной выборке составили от 0,00 до 6,06 градусов по горизонтали (0,71±0,70) и от 0,00 до 2,34 градусов по вертикали (0,54±0,44). Отличия угла наклона оптической части ИОЛ по горизонтали и по вертикали оказались статистически значимыми ( $p=0,00$ ). Далее мы использовали угол горизонтального наклона

плоскости ИОЛ к плоскости зрачка для расчета расстояний  $c'$ , из них получили, что в 38 случаях (17,27%) определяется смещение центра оптической части линзы назад. Амплитуда этого смещения относительно линии, соединяющей прямые  $a$  и  $b$ , составила 8,41±8,28 мкм (от 0,00 до 30,00 мкм).

Проведенный анализ послеоперационных биометрических показателей показал статистическую разницу по аксиальной длине глаза, глубине и объему передней камеры, толщине имплантированной интраокулярной линзы, а также по величине диаметра роговичного сегмента между группами пациентов с аксиальным смещением ИОЛ и без (табл. 2). Показатели силы роговицы в основных меридианах по данным «IOLMaster», «Lenstar LS 900» и «Pentacam HR», величина угла передней камеры по данным «Pentacam HR» в группах оказались схожими. При этом пациенты с «прогибом» оптической части ИОЛ отличаются большими значениями ПЗО при широком роговичном сегменте, более глубокой передней камерой псевдофакического глаза и большим ее объемом после имплантации ИОЛ.

Дислокация ИОЛ в сторону сетчатки предполагает ослабление послеоперационной рефракции. В рассматриваемых группах пациентов проведено сравнение полученной субъективной рефракции и данных авторефрактометрии в виде сферозэквивалента с ожидаемой величиной расчетной рефракции по стандартным формулам. Исключены случаи имплантации торических линз (7 пациентов в группе с аксиальным смещением и 14 среди оставшихся случаев). Между группами выявлены статистически значимые различия разницы полученных показателей субъективной коррекции и ожидаемой рефракции по формулам Hoffer Q ( $p=0,00$ ), Holladay I ( $p=0,04$ ) и Haigis ( $p=0,03$ ). Описанная разница для данных авторефрактометрии отличалась значимо только при расчете по формуле Hoffer Q ( $p=0,00$ ). При использовании формулы SRK/T статистически значимых различий не было получено как для данных визометрии, так и для показателей авторефрактометрии (табл. 3). Таким образом,

## Для корреспонденции:

Кокарева Екатерина Владимировна, канд. мед. наук, врач-офтальмолог, начальник госпитального отделения клиники офтальмологии ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ. E-mail: EKokareva83@gmail.com

Таблица 2

**Различия биометрических параметров псевдофакичных глаз, имеющих смещение оптической части ИОЛ вдоль аксиальной оси по данным ОКТ, и без таковых**

Table 2

**Biometry parameter differences in pseudophakic eyes without and with axial IOL displacement confirmed by the OCT method**

Измеряемый параметр Measured value	Метод биометрии Biometry method	ИОЛ с аксиальным смещением назад Backward axial IOL displacement	ИОЛ без смещения оптической части IOL without axial displacement	Уровень значимости отличий Significance level
Аксиальная длина, мм Axial length, mm	«IOLMaster»	25,16±1,52	23,28±1,21	p=0,00
	«Lenstar LS 900»	25,31±1,54	23,29±1,22	p=0,00
Глубина передней камеры, мм Anterior chamber depth, mm	«IOLMaster»	4,67±0,52	4,45±0,42	p=0,00
	«Lenstar LS 900»	4,91±0,29	4,49±0,29	p=0,00
	«Pentacam HR»	4,77±0,53	4,43±0,42	p=0,00
Объем передней камеры, мм <sup>2</sup> Anterior chamber volume, mm <sup>2</sup>	«Pentacam HR»	205,92±30,55	182,94±30,06	p=0,00
Толщина ИОЛ, мм IOL thickness, mm	«Lenstar LS 900»	0,57±0,08	0,70±0,11	p=0,00
Диаметр роговичного сегмента, мм White To White, mm	«IOLMaster»	12,12±0,40	11,91±0,38	p=0,00
	«Lenstar LS 900»	12,08±0,39	11,87±0,49	p=0,02

Таблица 3

**Разница полученной и ожидаемой по результатам расчетов с использованием стандартных формул рефракции**

Table 3

**Differences of the real refraction and the calculated with various formulas one**

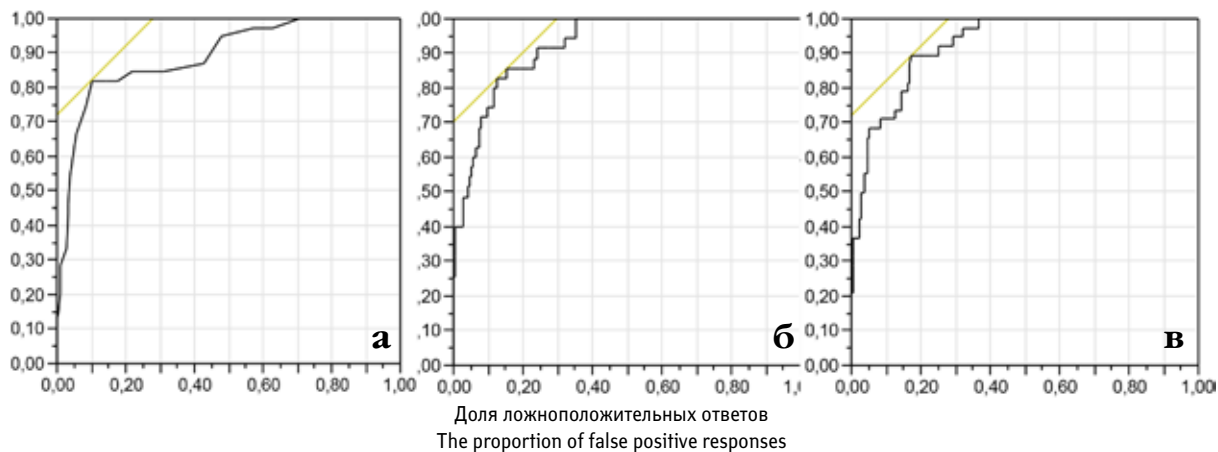
	По данным визометрии Clinical refraction				По данным авторефрактометрии Autorefractometry			
	Hoffer	Holladay I	Haigis	SRK/T	Hoffer	Holladay I	Haigis	SRK/T
Пациенты без аксиального смещения ИОЛ Patients without axial IOL displacement	0,07±0,47	0,08±0,45	0,11±0,46	0,06±0,51	0,11±0,46	0,11±0,46	0,14±0,46	0,1±0,51
Пациенты с аксиальным смещением ИОЛ Patients with axial IOL displacement	0,44±0,46	0,27±0,5	0,31±0,46	0,03±0,49	0,44±0,38	0,26±0,41	0,3±0,38	0,02±0,43

амплитуда смещения рефракции в сторону гиперметропии составила в среднем 0,25 дптр, что требует внесения поправок в расчет у пациен-

тов с высоким риском аксиального смещения ИОЛ.

Для прогноза вероятности появления «прогиба» линзы были по-

строены математические модели на основе логистической регрессии. Хорошим прогностическим качеством и возможностью интерпре-



**Рис. 2.** ROC-кривая вероятности аксиального «прогиба» ИОЛ: а) для силы интраокулярной линзы; б) для набора биометрических параметров «IOLMaster»; в) для набора биометрических параметров «Lenstar LS900»

**Fig. 2.** ROC-curve of IOL axial deflection probability: a) for IOL power; б) for «IOLMaster» biometry data; в) for «Lenstar LS900» biometry data

Приложение  
Appendix

Коэффициенты лог-регрессии для силы рассчитанной ИОЛ  
ROC-analysis coefficients for calculated IOL power

Параметр Parameter	Коэффициент Coefficient
Константа Constant	-9,58714
Сила интраокулярной линзы IOL power	0,570297

Коэффициенты лог-регрессии для набора биометрических параметров  
ROC-analysis coefficients for biometry parameters

Параметр Parameter	Коэффициент Coefficient	
	Для данных «IOLMaster» «IOLMaster» data	Для данных «Lenstar LS 900» «Lenstar LS 900» data
Константа Constant	112,9332	111,4046
Аксиальная длина глаза Axial length	-1,56515	-1,61588
Диаметр роговичного сегмента White To White	-1,90127	-1,68471
Усредненная сила роговицы по основным меридианам Average keratometry value	-1,1421	-1,14257

тации выделилась модель, построенная только по 1 фактору силы ИОЛ ( $AUC=0,89\pm 0,07$ ). Максимальная чувствительность и специфичность модели (82 и 90% соответственно) достигается при показателе ИОЛ=18,5 дптр, что говорит о высокой вероятности появления «прогиба» при силе ИОЛ  $\leq 18,5$  дптр. Также были построены модели по

наборам факторов «IOLMaster» и «Lenstar LS900» (длина глаза, диаметр роговичного сегмента и усредненная сила роговицы по основным меридианам), обладающие высоким прогностическим качеством:  $AUC=0,92\pm 0,06$  и  $AUC=0,93\pm 0,06$  соответственно. Графики и рассчитанные коэффициенты приведены на рис. 2 и приложении.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании данных оптической когерентной томографии возможно выявить аксиальный «прогиб» оптической части интраокулярной линзы у определенной категории пациентов. Данный вид дислокации значимо отражается на

смещении субъективной рефракции в сторону ее ослабления относительно рассчитанной по формулам Hoffer Q, Holladay I и Naigis, что требует внесения поправок в расчет. Для вычисления вероятности смещения имплантированной ИОЛ в сторону сетчатки разработаны модели логистической регрессии с хорошим прогностическим качеством и возможностью интерпретации для биометрических параметров «IOLMaster» и «Lenstar LS 900». Это дает возможность оценить риск смещения ИОЛ для конкретного пациента и внести поправки в расчет.

зы, имплантируемой при фактоэмульсификации: Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во СПбМАПО, 2010. – 69 с.

2. Балашевич Л.И., Даниленко Е.В., Шаров Т.В., Ефимов О.А. Деформация гибких моделей интраокулярных линз при разном диаметре раскрытия гаптических элементов // Катарактальная и рефракционная хирургия. – 2012. – № 1. – С. 4-8.

3. Куликов А.Н., Кокарева Е.В., Котова Н.А. Оценка расчета оптической силы ИОЛ с помощью IOLMaster и нескольких методов кератотопографии: Материалы «Невские горизонты-2016»: Научн. конф. офтальмологов. – СПб., 2016. – С. 361-364.

4. Куликов А.Н., Кокарева Е.В., Котова Н.А. Сравнение результатов биометрии глаза при использовании различных приборов // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2017. – № 2 – С. 53-55.

5. Куликов А.Н., Кокарева Е.В., Котова Н.А. Сравнение результатов измерений параметров глаза с помощью IOLMaster, Lenstar LS 900, Pentacam HR, OPD-Scan // Современные технологии в офтальмологии. – 2016. – № 5. – С. 58-61.

6. Engren I.A., Behndig A. Anterior chamber depth, intraocular lens position, and refractive outcomes after cataract surgery // J. Cataract Refract. Surg. – 2013. – Vol. 39. – P. 572-577.

7. Erickson P. Effects of intraocular lens position errors on postoperative refractive error // J. Cataract Refract. Surg. – 1990. – Vol. 16. – P. 305-311.

8. Findl O., Drexler W., Menapace R. et al. Accurate determination of effective lens position and lens-capsule

distance with 4 intraocular lenses // J. Cataract Refract. Surg. – 1998. – Vol. 24. – P. 1094-1098.

9. Findl O., Hirschschall N., Draschl P., Wiesinger J. Effect of manual capsulorhexis size and position on intraocular lens tilt, centration, and axial position // J. Cataract Refract. Surg. – 2017. – Vol. 43. – P. 902-908.

10. Findl O., Struhal W., Dorffner G., Drexler W. Analysis of nonlinear systems to estimate intraocular lens position after cataract surgery // J. Cataract Refract. Surg. – 2004. – Vol. 30. – P. 863-866.

11. Hoffer K.J., Savini G. Anterior chamber depth studies // J. Cataract Refract Surg. – 2015. – Vol. 41. – P. 1898-1904.

12. Savini G., Hoffer K.J., Lombardo M. et al. Influence of the effective lens position, as predicted by axial length and keratometry, on the near add power of multifocal intraocular lenses // J. Cataract Refract. Surg. – 2016. – Vol. 42. – P. 44-49.

13. Olsen T. Prediction of intraocular lens position after cataract extraction // J. Cataract Refract. Surg. – 1986. – Vol. 12. – P. 376-379.

14. Weber M., Hirschschall N., Rigal K., Findl O. Effect of a capsular tension ring on axial intraocular lens position // J. Cataract Refract. Surg. – 2015. – Vol. 41. – P. 122-125.

15. Wirtitsch M.G., Findl O., Menapace R. et al. Effect of haptic design on change in axial lens position after cataract surgery // J. Cataract Refract. Surg. – 2004. – Vol. 30. – P. 45-51.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Балашевич Л.И., Даниленко Е.В. Особенности расчета оптической силы интраокулярной лин-

Поступила 14.09.2017

**БРОКСИНАК®**  
ОСТАНОВИТ ГЛАЗНОЕ ВОСПАЛЕНИЕ  
В ОДНО КАСАНИЕ

**Применение 1 раз в день**

- Мощный противовоспалительный эффект<sup>1</sup>
- Быстрое купирование боли<sup>2</sup>
- Удобный режим дозирования 1 раз в сутки<sup>3</sup>

Источники:  
1. Backlyan G.A. et al. J.Ocul Pharmacol Ther 2008; 24(4):392-8  
2. Silverstein S.M. et al. Review of Bromfenac ophthalmic solution 0,09% once-daily 2011,5  
3. Инструкция по медицинскому применению препарата Броксинак®

Для медицинских и фармацевтических работников

ООО «Сентис Рус»  
111033, Москва,  
ул. Золоторовская Вил.  
д. 11, стр. 21,  
тел.: 495 229-74-43,  
факс: 495 229-74-44

SENTISS

Реклама