

## EDOF – КАК ЭТО РАБОТАЕТ?

Безик С.В.\*, Клийменко А.В., Чукалина И.В.

ООО «Центр оперативной офтальмологии», Ульяновск

DOI: 10.25881/20728255\_2024\_19\_4\_S1\_100

**Резюме.** EDOF – наименование новой категории интраокулярных линз, являющихся своего рода компромиссом между традиционными монофокальными и трифокальными ИОЛ. Монофокальные ИОЛ позволяют иметь хорошее зрение на одной дистанции при высоком качестве. Мультифокальные – напротив, дают достаточную остроту зрения на различных дистанциях, но характеризуются наличием большого количества дисфотопсий. Интраокулярные линзы с расширенным фокусом обеспечивают большую, чем монофокалы, независимость от очков при сохранении высокого качества зрения.

Цель: обсудить доступную информацию о принципах формирования изображения EDOF линзами и зависимость состояния волнового фронта артификачного глаза от сочетания сферических аберраций роговицы и ИОЛ.

Волновой фронт глаза формируется несколькими структурными элементами, главными из которых являются роговица и хрусталик (искусственный хрусталик). Изучение аберраций человеческого глаза находится в области рефракционной хирургии. Попытки использования аберраций в катарактальной хирургии начались с создания асферических ИОЛ. Последние предназначались для коррекции сферических аберраций роговицы и имели целью улучшение характеристик волнового фронта. Разработка и применение асферических ИОЛ основывались на данных о состоянии роговицы среднестатистического глаза и давали условный эффект. Новая генерация ИОЛ, основанных на создании определенного количества и вида сферических аберраций, призвана модифицировать (деформировать) волновой фронт артификачного глаза и расширить его оптические возможности при сохранении низкого количества дисфотопсий. Это, в некотором роде, революционное изменение тенденций еще больше сближает катарактальную хирургию с рефракционной.

По мнению авторов для наиболее полного использования возможностей ИОЛ из категории EDOF необходимо применение принципов и опыта рефракционной хирургии в части изучения характеристик оперируемого глаза и соотнесение их с параметрами планируемой к имплантации ИОЛ.

**Ключевые слова:** сферические аберрации, ИОЛ, EDOF.

В последнее десятилетие в офтальмохирургии используются новые интраокулярные линзы категории EDOF (Extended Depth of Focus) – с расширенной глубиной фокуса.

Традиционные монофокальные ИОЛ позволяют получить отличное зрение вдаль при минимальном возможном количестве дисфотопсий и сохранении контрастной чувствительности. Мультифокальные ИОЛ, напротив, позволяя получать достаточную остроту зрения на разных дистанциях, отличаются наличием различных оптических феноменов и снижением контрастной чувствительности из-за генерации различных аберраций, а также длительным периодом нейроадаптации. Новое поколение интраокулярных линз с расширенным фокусом является своего рода компромиссом, позволяющим получить качественное зрение на дальней и средней дистанциях при сохранении приемлемого качества зрения.

Первой ИОЛ, отнесенной к категории EDOF можно считать Lentis Comfort – ИОЛ с ротационно-асимметричной бифокальной оптикой. Tecnis Symphony-линза с

## EDOF – HOW DOES IT WORK?

Bezik S.V.\*, Kliimenko A.V., Chukalina I.V.

LLC «Center for Operative Ophthalmology», Ulyanovsk

**Abstract.** EDOF is the name of a new category of intraocular lenses that are a kind of compromise between traditional monofocal and trifocal IOLs. Monofocal IOLs allow you to have good vision at one distance with high quality. Multifocal, on the contrary, give sufficient visual acuity at various distances, but are characterized by the presence of a large number of dysphotopsias. Intraocular lenses with extended focus provide greater independence from glasses than monofocals while maintaining high quality vision.

Objective: to discuss the available information on the principles of EDOF imaging by lenses and the dependence of the state of the wavefront of the arthphakic eye on the combination of spherical corneal aberrations and IOLs.

The wavefront of the eye is formed by several structural elements, the main of which are the cornea and the lens (artificial lens). The study of aberrations of the human eye is in the field of refractive surgery. Attempts to use aberrations in cataract surgery began with the creation of aspherical IOLs. The latter were intended to correct spherical corneal aberrations and were aimed at improving the characteristics of the wavefront. The development and use of aspherical IOLs were based on data on the state of the cornea of the average eye and gave a conditional effect. The new generation of IOLs based on the creation of a certain number and type of spherical aberrations is designed to modify (deform) the wavefront of the artifakic eye and expand its optical capabilities while maintaining a low number of dysphotopsias. This, in a way, revolutionary change in trends brings cataract surgery even closer to refractive surgery.

According to the authors, for the fullest use of the capabilities of IOLs from the EDOF category, it is necessary to apply the principles and experience of refractive surgery in terms of studying the characteristics of the operated eye and correlating them with the parameters planned for IOL implantation.

**Keywords:** spherical aberrations, IOL, EDOF.

известной ранее дифракционной оптикой. Появившиеся в последние годы и быстро завоевавшие популярность новые EDOF интраокулярные линзы отличаются иным принципом построения изображения с непрерывным фокусом от дальней до средней дистанции, обеспечивают большую, чем у монофокальных линз, независимость от очков. Подобные ИОЛ, несмотря на технические различия, можно объединить схожим способом формирования изображения на сетчатке, основанном на создании продольных сферических аберраций в различных комбинациях [1–3]. Эти линзы условно можно назвать аберрационными.

Генерация определенного количества продольных сферических отрицательных или положительных аберраций позволяет получить достаточную остроту зрения на средней дистанции далее без заметных провалов при сохранении высокого качества зрения и меньшем, чем у дифракционных ИОЛ, проявлении дисфотопсий. Вероятно, еще более высокий уровень сферических аберраций позволил бы получить с такими линзами приемлемую остроту зрения и для ближней дистанции

\* e-mail: coo73@bk.ru

при условии неприемлемого снижения качества зрения (снижение контрастной чувствительности, появление дисторсий, комы).

Более двадцати лет офтальмологами применяются ИОЛ с асферическим дизайном, в том числе создающие отрицательные сферические aberrации [4], призванные корректировать наиболее часто встречающиеся положительные aberrации нативной роговицы глаза человека. Заявлялось, что исправление или нейтрализация положительных сферических aberrаций позволит повысить контрастную чувствительность и остроту зрения. В то же время некоторые работы показывают нежелательность имплантации таких ИОЛ определенному числу пациентов при условии учета характеристик роговицы. Данное утверждение основывалось на изучении характера имеющихся aberrаций конкретной роговицы в сочетании с aberrациями имплантированной линзы. Имплантация ИОЛ асферического дизайна (с отрицательным индексом асферичности) у лиц данной группы может негативно отразиться на качестве зрения за счет увеличения суммарного числа сферических aberrаций, что определяет показания для имплантации сферических ИОЛ (5). Обычные (не асферические) ИОЛ обеспечивают лучшую глубину фокусировки и улучшают зрение вблизи. Причина улучшения глубины фокусировки в обычных линзах связана с остаточной сферической aberrацией. Небольшое улучшение глубины фокусировки с помощью обычных ИОЛ улучшает нескорректированное зрение вблизи и улучшает способность к чтению [10].

EDOF линзы новой генерации (абerrационные) напротив, за счет особенностей оптики, создают значимо больший уровень отрицательных или комбинации положительных и отрицательных aberrаций различного (4-6 по Цернике) порядка. При этом, как правило, не учитывается уровень и характер имеющихся у пациента aberrаций роговицы. Вместе с тем, как говорилось выше, именно роговица и интраокулярная линза являются главными структурами, формирующими единый волновой фронт артификального глаза. Очевидным становится, что при выборе в качестве импланта абerrационной EDOF ИОЛ необходимо учитывать складывающуюся комбинацию суммарных aberrаций в конкретном глазу. Для этого необходимо принимать во внимание исходный уровень, порядок и знак сферических aberrаций имплантируемой ИОЛ. Очевидно, что уровень сферических aberrаций может меняться и в зависимости от диоптрийности конкретной интраокулярной линзы. В открытых источниках разработчики и производители ИОЛ не дают информации по этим параметрам. Продольные сферические aberrации роговицы, напротив, могут быть определены корнеотопографами и оптическими биометрами и даже авторефкератометрами с известной точностью [3], хотя они не являются величиной постоянной и могут удваиваться с возрастом. Предполагаемая

комбинация этих параметров в оперированном глазу позволит прогнозировать не только ожидаемую рефракцию, но и величину аддидации, и, соответственно, остроту зрения на разных дистанциях, предсказать наличие дисфотопсий и изменение контрастной чувствительности.

Исходя из этих предположений, относительно высокий уровень положительных сферических aberrаций роговицы может нейтрализовывать отрицательные aberrации новых ИОЛ, нивелировав ее преимущества по сравнению с монофокальной интраокулярной линзой. В случае исходно высокого уровня отрицательных aberrаций роговицы в комбинации с ИОЛ с отрицательными aberrациями можно предположить большую чем планируемая аддидацию и некоторое снижение качества зрения, усиления дисфотопсий. Линзы с расширенным фокусом, создающие комбинацию положительных и отрицательных aberrаций различного порядка, в таких случаях должны быть более предсказуемы.

Как известно, рефракционно-лазерные операции по миопическому профилю и радиальная кератотомия создают высокий уровень положительных сферических aberrаций роговицы, по гиперметропическому- отрицательных [7; 8]. В последнем случае имплантация даже монофокальной ИОЛ может обеспечить достаточную аддидацию а эффект EDOF может оказаться излишним. Известно, что количество aberrаций роговицы, участвующих в преломлении света, при увеличении размера зрачка возрастает многократно. Соответственно, пупиллометрия необходима для прогнозирования рефракционного результата и аддидации после имплантации абerrационных ИОЛ. Несостоятельность связочного аппарата хрусталика и децентрация линзы также будут более значимы, чем для безабerrационной ИОЛ [5].

Таким образом при выборе в качестве импланта абerrационной интраокулярной EDOF линзы необходимо определять и учитывать характер и уровень сферических aberrаций роговицы, так как именно эти структуры формируют волновой фронт глаза, экскурсию зрачка, состояние глазной поверхности, прогнозируемую рефракцию и данные корнеотопографии.

Необходимо понимать разнообразие EDOF ИОЛ, их оптику и их соответствующее влияние на качество зрения, чтобы выбрать подходящую ИОЛ в каждом отдельном случае. Анализ новой, инновационной оптики ИОЛ, основанной на сферических aberrациях, может помочь офтальмохирургу выбрать ИОЛ, соответствующую индивидуальным требованиям пациента, для достижения наилучших послеоперационных результатов. Известно, что не существует идеальной ИОЛ, которая одинаково подходила бы всем пациентам. Необходим индивидуальный подход, учитывающий ожидания пациентов и возможности искусственного хрусталика [9].

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов (The authors declare no conflict of interest).****ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES**

1. Kohnen T, Berdahl JP, Hong X, Bala C. The Novel Optical Design and Clinical Classification of a Wavefront-Shaping Presbyopia-Correcting Intraocular Lens. *Clin Ophthalmol*. 2023 Aug 18;17:2449-2457.
2. Schmid R, Borkenstein AF. Enhanced Depth of Focus Intraocular Lenses: Through Focus Evaluation of Wavefront-Shaping versus Diffractive Optics. *Biomed Hub*. 2023 Feb 28;8(1):25-30.
3. Reinhard T, Maier P, Böhringer D, Bertelmann E, Brockmann T, Kiraly L, Salom D, Piovello M, Colonval S, Mendicute J. Comparison of two extended depth of focus intraocular lenses with a monofocal lens: a multi-centre randomised trial. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2021 Feb;259(2):431-442.
4. Чередник В.И., Треушников В.Н. Сферическая aberrация и асферические интраокулярные линзы. Фундаментальные исследования. 2007. №8. С.38-41; [Cherednik V.I., Treushnikov V.N. Sfericheskaya aberratsiya i asfericheskie intraokulyarnye linzy. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2007. №8. S.38-41; (In Russ.)]
5. Розанова О.И. Показатель корневальной сферической aberrации как фактор выбора оптического дизайна ИОЛ. oai:eyepress.ru:article15233 [Rozanova O.I. Pokazatel' korneal'noi sfericheskoi aberratsii kak faktor vybora opticheskogo dizaina IOL. (In Russ.)]
6. Богущ И.В., Ходжаев Н.С. Значения эксцентриситета, асферичности и фактора формы нормальной роговицы. OAI-PMH ID: oai:eyepress.ru:article8836 [Bogush I.V., Khodzhaev N.S. Znacheniya ekstsentrissiteta, asferichnosti i faktora formy normal'noi rogovitsy. (In Russ.)]
7. Antonio Calossi Corneal asphericity and spherical aberration/*Refract Surg*. 2007 May;23(5):505-14.
8. D. Gatinel, J. Malet, T. Hoang-Xuan, D. T Azar. Corneal asphericity change after excimer laser hyperopic surgery: theoretical effects on corneal profiles and corresponding Zernike expansions. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004 May;45(5):1349-59.
9. Borkenstein AF, Borkenstein EM, Luedtke H, Schmid R. Optical Bench Analysis of 2 Depth of Focus Intraocular Lenses. *Biomed Hub*. 2021 Sep 27;6(3):77-85.
10. Нанавати, Массачусетс; Сполтон, Бойс, Дж.; Саха, С; Маршалл, Дж. "Аберрации волнового фронта, глубина фокусировки и контрастная чувствительность при использовании асферических и сферических интраокулярных линз: исследование с глазу на глаз". *Журнал катаракты и рефракционной хирургии*. 35 (4): 663-71. doi:10.1016/j.jcrs.2008.12.011. PMID 19304086. S2CID 10016253