

ЗНАЧЕНИЕ СФЕРИЧЕСКИХ АБЕРРАЦИЙ В КЕРАТОРЕФРАКЦИОННОЙ ХИРУРГИИ МИОПИИ

**Виктор Петрович ФОКИН, Елена Станиславовна БЛИНКОВА,
Виталий Александрович СИВОЛОБОВ**

*Волгоградский филиал ФГБУ МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова
Минздрава России,
400138, г. Волгоград, ул. Землячки, 80*

Проведены исследования сферических аберраций в фотопических и скотопических условиях до и после 226 билатеральных операций ЛАЗИК на эксимерном лазере Schwind Amaris (Германия) у 113 пациентов с миопией. Для оптической зоны, соответствующей скотопическим условиям, после ЛАЗИК характерно увеличение уровня сферических аберраций. Для его уменьшения перед выполнением ЛАЗИК необходимо рассчитывать оптическую зону роговицы по индивидуальным анатомическим параметрам, с учетом размера зрачка в скотопических условиях. Эффективная оптическая зона роговицы должна соответствовать рассчитанной оптической зоне роговицы.

Ключевые слова: миопия, ЛАЗИК, оптическая зона роговицы, зрачок, сферические аберрации.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время благодаря современным исследованиям изменений в роговице при лазерной абляции последним достижениям аберрометрии и совершенствованию профиля абляции существует необходимость новых, индивидуальных подходов для достижения оптимальных результатов в кераторефракционной хирургии [1, 3, 5, 6]. Наибольший интерес в настоящее время уделяется необходимости коррекции аберраций высокого порядка, так как они вызывают у пациента дефекты качества изображения и затуманивание зрения. При сведении аберраций к минимуму формируется более качественное изображение на сетчатке и улучшается зрительное восприятие пациентов [2]. Эксимерлазерная хирургия (ЭЛХ) для коррекции аберраций высокого порядка является операцией выбора, при миопии она обеспечивает уплощение центральной части роговицы и уменьшение величины сферической аберрации [4, 5].

У претендентов на ЭЛХ может возникать также множество симптомов, которые согласно их предположениям удастся устранить в результате операции, среди них гало (появление кругов вокруг источников света, особенно ночью), а также блики, проявляющиеся ухудшением зрения при

ярком свете. Распознавание этих симптомов, изучение их влияния на качество жизни пациента дает возможность специалистам по коррекции зрения индивидуально подходить к лечению и ведению таких пациентов. Изменения ночного зрения могут отмечаться также после ЭЛХ и объясняются усилением роговичных аберраций после проведения лазерной абляции, особенно коматоподобных и сферических аберраций, а также несоответствием между диаметром сформированной операцией оптической зоны роговицы и диаметром зрачка: при расширении зрачка в условиях низкой освещенности края абляции могут попадать в оптическую зону роговицы и создавать aberrированное изображение на сетчатке, ухудшая контраст и увеличивая слепимость, которые наблюдаются в 6–37 % случаях [7, 8].

Оптической зоной (ОЗ) в офтальмологии принято считать воображаемую проекцию зрачка на роговице. При проведении кераторефракционной хирургии эту зону расширяют до уровня зрачка в скотопических условиях. Важность учета размера зрачка в скотопических условиях при планировании кераторефракционной операции позволяет предупредить возможность возникновения aberrированного изображения на сетчатке.

Таким образом, при планировании операции ЛАЗИК представляется весьма важным индиви-

Фокин В.П. – д.м.н., проф., директор

Блинкова Е.С. – врач-офтальмолог, e-mail: sergej-balalin@yandex.ru

Сиволобов В.А. – медицинский техник

дуально определить размер оптической зоны роговицы для скотопических условий (ОЗР). Цель работы – оценить зависимость размера сформированной эффективной оптической зоны на изменение уровня сферических aberrаций после миопического ЛАЗИК в ОЗР.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проведено исследование по данным сплошной выборки, которую составили результаты 226 билатеральных операций ЛАЗИК у 113 пациентов, выполненных в клинике Волгоградского филиала ФГБУ «МНТК «Микрохирургия глаза» на эксимерном лазере Schwind Amaris 500 Гц (Германия). Критерием включения в группу исследования являлось достижение некорригированной остроты зрения после операции (НКОЗ) не ниже максимально корригированной остроты зрения до операции (МКОЗ), получение целевой рефракции в виде эметропии, по признаку устраненных aberrаций низкого/первого порядка. Степень исходной миопии составила от $-1,5$ до $-12,5$ дптр. Возраст пациентов варьировал от 18 до 37 лет (в среднем 26 лет), мужчин – 9 человек, женщин – 30. Всем пациентам проводили стандартное предоперационное обследование, в том числе пупиллометрию в скотопических условиях, aberrометрию, кератотопографию на диагностической станции Ocular Wavefront Analyzer, Keratron Scout Optikon 2000 (Германия).

Формирование роговичного лоскута осуществляли микрокератомом MORIA M2 с применением головок SU90 (Франция). Срок наблюдения – не менее 3 мес. Средний диаметр сформированной эффективной (функциональной) оптической зоны (ЭОЗ) оценивали по аксиальной топограмме с отклонением рефракции не более 0,5 дптр от данных офтальмометрии в центральной зоне роговицы [3].

Размер оптической зоны роговицы (ОЗР) рассчитывали по формуле, предложенной в Волгоградском филиале ФГБУ МНТК «Микрохирургия глаза»: $ОЗР = Д \times ПЗР / (ПЗР - ПК)$, где ОЗР – диаметр оптической зоны роговицы, Д – диаметр зрачка в скотопических условиях, ПЗР – переднезадний размер глазного яблока, ПК – глубина передней камеры.

Предложенный нами расчет, основанный на тригонометрической функции острого угла (отношение различных пар сторон прямоугольного треугольника), наглядно показывает, что индивидуальный размер ОЗР для скотопических условий зависит не только от размера зрачка, но и от анатомических параметров глаза: чем меньше

ПЗР, тем больше ОЗР, чем больше ПК, тем больше ОЗР. Данный расчет дает возможность получить индивидуальные значения, в отличие от известного способа, определяющего, что ОЗР на 1 мм больше, чем размер зрачка [1].

Проведен анализ зависимости изменения уровня сферических aberrаций стандартно в 4-миллиметровой зоне, выбранной нами как соответствующей фотопическим условиям, и в ОЗР, рассчитанной индивидуально для скотопических условий до и после операции по данным измерений корнеального и тотального волнового фронта. Также был проведен опрос субъективной суммарной оценки пациентами до и после операции таких жалоб как видение ореолов, дополнительных лучей вокруг источников света и ослепление фарами встречных машин в ночное время.

Фракционный клиренс был определен как коэффициент соотношения ЭОЗ к ОЗР. Зависимость изменения сферических aberrаций оценивали по 3 группам: 1-я группа – пациенты, у которых диаметр полученной ЭОЗ меньше диаметра ОЗР и не превышает 0,84 (78 глаз), 2-я группа – пациенты, у которых полученная ЭОЗ совпадает с ОЗР и составляет от 0,85 до 0,99 (86 глаз), 3-я группа – пациенты, у которых ЭОЗ больше ОЗР и превышает 1,0 (62 глаза). Сферический компонент исходной рефракции составил в 1-й группе $6,26 \pm 0,42$ дптр, во 2-й группе $5,17 \pm 0,51$ дптр, в 3-й группе $2,96 \pm 0,21$ дптр, астигматический компонент исходной рефракции – соответственно $0,54 \pm 0,09$, $0,8 \pm 0,1$ и $0,69 \pm 0,12$.

Статистическую обработку результатов исследования проводили, вычисляя среднее арифметическое значение (M), ошибку среднего арифметического значения (m), и представляли в виде $M \pm m$. Различия между группами оценивали с помощью критерия Стьюдента, достоверными считались результаты при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При проведении расчета хирургического вмешательства, для профилактики возникновения побочных световых эффектов расчетная ОЗ, определяемая хирургом, использовалась большей либо равной ОЗР. При увеличении степени миопии имелась тенденция к уменьшению ОЗ (табл. 1), что объясняется целью хирурга на этапе расчета операции ЛАЗИК минимизировать глубину абляции для сохранения безопасной остаточной толщины роговицы. Наряду с этим программное обеспечение эксимерлазерной установки обеспечивает компенсацию, выражающуюся в увеличении так называемой «транс-зоны» и

Таблица 1

Величина сферозэквивалента миопии (SE), диаметра зрачка (D), оптической зоны (OЗ), эффективной оптической зоны (ЭОЗ) и оптической зоны роговицы (OЗР) у пациентов после ЛАЗИК

Группа	SE, дптр	D, мм	OЗ, мм	ЭОЗ, мм	OЗР, мм
1-я группа	-6,53± 0,40	5,71 ± 0,09	6,46 ± 0,04	5,26± 0,11	6,70 ±0,10
2-я группа	-5,57± 0,50	5,81 ± 0,11	6,54 ± 0,04	6,20± 0,11*	6,77± 0,13
3-я группа	-3,31 ±0,20	5,44 ± 0,20	6,70 ± 0,20	6,90 ± 0,10*	6,27± 0,17

* Отличие от величины соответствующего показателя пациентов 1-й группы статистически значимо при $p < 0,05$.

Таблица 2

Субъективная оценка удовлетворенности пациентов состоянием до и после ЛАЗИК

Группа	Ореолы		Дополнительные лучи		Ослепление	
	До операции	После операции	До операции	После операции	До операции	После операции
1-я группа	8,9±0,26	8,5±0,5	8,5±0,4	8,5±0,4	7,7±0,5	7,8±0,5
2-я группа	4,1±0,7	9,6±0,2*	4,6±0,7	9,7±0,2*	5,4±0,6	9,1 ±0,3*
3-я группа	4,3±0,5	9,75±0,7*	6,9±0,7	9,9±0,7*	5,4±0,5	9,0±0,7*

Примечание. Здесь и в табл. 3 * – отличие от величины соответствующего показателя до операции статистически значимо при $p < 0,05$.

соответствующем увеличении общей зоны абляции. Величина общей зоны абляции составила в 1-й группе 7,87±0,06 мм, во 2-й – 7,8±0,07 мм, в 3-й – 7,32±0,33 мм, и во всех случаях превосходила OЗР. Диаметр ЭОЗ у пациентов 2 и 3 групп был статистически значимо больше, чем у пациентов группы 1; при сравнении значения данного показателя с величинами OЗ и OЗР отмечено, что у лиц групп 1 и 2 оно было выше. При проведении ЛАЗИК отмечено расширение ЭОЗ в 3-й группе с миопией меньшей степени. Необходимо отметить также, что диаметр ЭОЗ в 1-й группе был достоверно меньше диаметра зрачка в скотопических условиях, в то время как в группах 2 и 3 – напротив, достоверно больше.

В рамках исследования был проведен опрос субъективной оценки пациентами до и после операции, по 10-балльной шкале, таких субъективных жалоб, как видение ореолов, дополнительных лучей вокруг источников света и ослепление фарами встречных машин в ночное время. До операции 9 пациентов 1-й группы пользовались очками, 19 – контактными линзами, не использо-

вавших коррекцию не было, во 2-й группе соответствующее число пациентов составило 14, 7 и 0, в 3-й группе – 5, 5 и 8. Этим можно объяснить более высокую субъективную оценку состояния лиц 1-й группы (табл. 2), имевших лучшее качество зрения. После операции отмечено достоверное повышение субъективной оценки ночного зрения у пациентов групп 2 и 3.

При анализе сферических аберраций в 4-миллиметровой зоне у пациентов ни одной из групп не выявлено их достоверного увеличения, что подтверждает важность учета диаметра зрачка в скотопических условиях. При анализе сферических аберраций в OЗР по данным корнеального волнового фронта установлено их значительное возрастание в группах 1 и 2, наиболее выраженное в 1-й группе (табл. 3). Уровень сферических аберраций по данным корнеального фронта увеличивается прямо пропорционально объему абляции по SE. В 3-й группе статистически значимых изменений после операции не отмечено (см. табл. 3), что подтверждает клиническую значимость превышения размера ЭОЗ над размером зрачка в скотопических условиях.

Полученная математическая модель расчета OЗР, учитывающая индивидуальные анатомические параметры глаза и величину зрачка, позволяет на этапе расчета операции ЛАЗИК повысить OЗ для достижения необходимой ЭОЗ для профилактики значимого увеличения сферических аберраций и увеличения побочных скотопических эффектов.

Таблица 3

Величина сферических аберраций в OЗР до и после ЛАЗИК по данным корнеального волнового фронта

Группа	До операции	После операции
1-я группа	0,22±0,01	0,65±0,01*
2-я группа	0,24±0,02	0,49±0,03*
3-я группа	0,17±0,01	0,30 ± 0,08

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный нами расчет ОЗР наглядно указывает на зависимость анатомических параметров и размера зрачка на индивидуальный размер ОЗР. Достижение ЭОЗ размера ОЗР, рассчитанного по индивидуальным анатомическим параметрам, с учетом зрачка в скотопических условиях позволяет уменьшить уровень сферических aberrаций. Последнее способствует улучшению качественных оценок ночного зрения после миопического ЛАЗИК. Использование способа расчета ОЗР позволяет усовершенствовать методику в профилактике побочных скотопических эффектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корниловский И.М., Шишкин М.М., Карпов В.Е. Побочные оптические эффекты в фоторефракционной и катарактальной хирургии // Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии. М., 2009. С. 222–333.
2. Applegate R.A. Glenn Fry award lecture 2002 wavefront sensing, ideal corrections and visual performance // *Optom. Vis. Sci.* 2004. 81 (3). P. 167–177.
3. Bühren J., Kühne C., Kohnen T. Influence of pupil and optical zone diameter on higher-order aberrations after wavefront-guided myopic LASIK // *J. Cataract. Refract. Surg.* 2005. 31. (12). P. 2272–2280.
4. Holladay J.T., Janes J.A. Topographic changes in corneal asphericity and effective optical zone after laser in situ keratomileusis // *J. Cataract. Refract. Surg.* 2002. 28. (6). P. 942–947.
5. Gatinel D., Malet J., Hoang -Xuan T., Azar D.T. Analysis of Customized Corneal Ablations: Theoretical Limitations of Increasing Negative Asphericity // *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2002. 43. (4). P. 941–948.
6. Kezerian G.M. Patient selection for Wavefront-Guided Treatments // *J. Cataract. Refract. Surg.* 2011. 2. P. 40–42.
7. Piers P.A., Monzanera S., Prieto P.M., Gorceix N., Artal P. Use of adaptive optics to determine the optimal ocular spherical aberration // *J. Cataract. Refract. Surg.* 2007. 33 (10). P. 1721–1726.
8. Shalhorn S.C., Kapp S.E., Janzer D., Tidwell J., Laurent J., Bbourque L. Pupil size and quality of vision after LASIK // *Ophthalmol.* 2003. 110 (8). P. 1606–1614.

SIGNIFICANCE OF SPHERICAL ABERRATIONS IN KERATOREFRACTIVE SURGERY OF MYOPIA

Viktor Petrovich FOKIN, Helena Stanislavovna BLINKOVA, Vitaliy Aleksandrovich SIVOLOBOV

S.N. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Volgograd Branch
400138, Volgograd, Zemlyatchki str., 80

The investigation of spherical aberrations measured in photopic and scotopic conditions prior to and after 226 bilateral LASIK procedures performed on excimer laser Schwind Amaris (Germany) was carried out in 113 myopic patients. It is known that optical zone appropriate for scotopic conditions tends to increase rate of spherical aberrations after LASIK. To eliminate this, it is essential to calculate corneal optical zone with consideration to individual anatomic parameters and pupil diameter in scotopic conditions. Effective corneal optical zone should correspond to the calculated one.

Key words: myopia, LASIK, corneal optical zone, pupil, spherical aberrations.

Blinkova H.S. – ophthalmologist, e-mail: sergej-balalin@yandex.ru
Fokin V.P. – doctor of medical sciences, professor, director
Sivolobov V.A. – medical technician