

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-1-99-104>



Изменение аберраций высших порядков после фоторефракционной кератэктомии (ФРК) и ФемтоЛАСИК

Н.В. Ходжабекян, А.Т. Ханджян, Е.П. Тарутта, С.Г. Арутюнян ✉, М.Д. Сенгаева

ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, ул. Садовая-Черногрозская, д. 14/19, Москва, 105062, Россия

Цель работы — сравнительное изучение динамики роговичных и общих аберраций волнового фронта глаза после фоторефракционной кератэктомии (ФРК) и ФемтоЛАСИК. **Материал и методы.** Роговичные и общие аберрации исследованы на абберрометре OPD-Scan III (Nidek) у 63 пациентов (126 глаз) с миопией средней и высокой степени, в том числе у 44 пациентов (88 глаз) до и после ФемтоЛАСИК (FemtoLDV, Ziemer + Nidek-Quest, Japan) и у 19 пациентов (38 глаз) до и после ФРК (Nidek-Quest, Japan). Сферическую аберрацию (SA) оценивали как сумму $Z4 + Z8 + Z12$. **Результаты.** Коэффициент асферичности роговицы Q после обоих вмешательств изменился в сторону положительных значений. Роговичный RMS НОА увеличился как в группе ФемтоЛАСИК, так и в группе ФРК. Роговичный tilt 1 после ФемтоЛАСИК увеличился, после ФРК перешел в отрицательные значения, роговичный tilt 2 после ФемтоЛАСИК перешел в отрицательные, а после ФРК — в положительные значения. Вертикальный трейлол достоверно не изменился в группе ФемтоЛАСИК и уменьшился в группе ФРК. Вертикальная и горизонтальная комы (coma 7, coma 8) изменились синхронно. Роговичная SA после ФемтоЛАСИК увеличилась, а после ФРК стала отрицательной. Общие аберрации (НОА) изменились меньше, и эти изменения не были синхронны с роговичными: RMS НОА в группе Фемто уменьшился с $0,28 \pm 0,05$ до $0,19 \pm 0,05$, в то время как роговичный RMS достоверно увеличился, а в группе ФРК RMS НОА увеличился, но гораздо слабее роговичного: с $0,25 \pm 0,07$ до $0,62 \pm 0,02 \mu\text{m}$. Общая SA увеличилась с $0,11 \pm 0,03$ до $0,27 \pm 0,02$ в группе Фемто и недостоверно уменьшилась с $0,09 \pm 0,03$ до $0,03 \pm 0,01$, оставаясь положительной, в группе ФРК. **Заключение.** Изменения волнового фронта после ФемтоЛАСИК и ФРК достоверны и различны. Выявленные различия динамики роговичных аберраций соответствуют разным профилям передней поверхности роговицы, формирующимся после ФемтоЛАСИК и ФРК. Внутренняя оптика глаза частично компенсирует индуцированные эксимер-лазерным воздействием роговичные аберрации.

Ключевые слова: миопия; ФРК; ФемтоЛАСИК; аберрации волнового фронта

Конфликт интересов: отсутствует.

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования: Ходжабекян Н.В., Ханджян А.Т., Тарутта Е.П., Арутюнян С.Г., Сенгаева М.Д. Изменение аберраций высших порядков после фоторефракционной кератэктомии (ФРК) и ФемтоЛАСИК. Российский офтальмологический журнал. 2022; 15 (1): 99-104. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-1-99-104>

Changes of high order aberrations after photorefractive keratectomy (PRK) and FemtoLASIK

Narine V. Khodzhabekyan, Anush T. Khandzhyan, Elena P. Tarutta, Sona G. Harutyunyan ✉, Maria D. Sengaeve

Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, 14/19, Sadovaya-Chernogryazskaya St., Moscow, 105062, Russia
arutyunyan@gmail.ru

Purpose: a comparative study of corneal and total wavefront aberration changes after traditional PRK and FemtoLASIK. **Material and methods.** Corneal and total wavefront aberrations were studied on OPD-Scan III aberrometer (Nidek) in 63 patients (126 eyes) with moderate and high myopia before and after FemtoLASIK (Ziemer + Nidek-Quest, Japan) (44 patients, 88 eyes) and PRK (Nidek-Quest, Japan)

(19 patients, 38 eyes). Spherical aberration (SA) was considered as the sum $Z4 + Z8 + Z12$. **Results.** The corneal asphericity coefficient Q changed to positive values after both types of intervention. Corneal RMS HOA increased in both Femto and PRK groups. Corneal Tilt 1 increased after FemtoLASIK and moved to negative values after PRK, corneal tilt 2 moved to negative values after Femto and to positive values after PRK. The vertical trefoil showed no significant change in the Femto group and dropped in the PRK group. The vertical and horizontal coma (coma 7, coma 8) changed synchronously. Corneal SA increased after Femtolasik, and became negative after PRK. The total aberrations showed a lesser change and the changes were not synchronized with the corneal ones: in particular, the RMS HOA fell from 0.28 ± 0.05 to 0.19 ± 0.05 in the Femto group, while the corneal RMS increased significantly. In the PRK group, the corneal RMS HOA showed some increase, but it was much less than corneal RMS: from 0.25 ± 0.07 to $0.62 \pm 0.02 \mu\text{m}$. The total SA increased from 0.11 ± 0.03 to 0.27 ± 0.02 in the Femto group and showed an insignificant drop from 0.09 ± 0.03 to 0.03 ± 0.01 , while remaining positive in the PRK group. **Conclusions.** The changes of the wavefront after FemtoLASIK and PRK are both significant and different. The revealed differences in the changes of corneal aberrations correspond to different profiles of the anterior surface of the cornea formed after FemtoLASIC and PRK. The internal optics of the eye partially compensates the corneal aberrations induced by excimer laser surgery.

Keywords: myopia; PRK; FemtoLASIC; wavefront aberrations

Conflict of interests: there is no conflict of interests.

Financial disclosure: No author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

For citation: Khodzhabekyan N.V., Khandzhyan A.T., Tarutta E.P., Harutyunyan S.G., Sengaeva M.D. Changes of high order aberrations after photorefractive keratectomy (PRK) and FemtoLASIK. Russian ophthalmological journal. 2022; 15 (1): 99-104 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-1-99-104>

Исправление аномалий рефракции, обеспечение высоких зрительных функций со стабильным и долгосрочным рефракционным эффектом — задачи современной кераторефракционной хирургии. В то же время лазерное ремоделирование роговицы, в том числе высокотехнологичными методами, так или иначе индуцирует погрешности волнового фронта оптической системы. Каким образом меняется волновой фронт в зависимости от метода коррекции и применяемого профиля абляции, рассмотрим по данным литературных источников.

Большое число исследований показывает, что методы эксимерной лазерной коррекции с лоскутной технологией (ЛАСИК, ФемтоЛАСИК) с применением традиционного профиля абляции высокоэффективны в коррекции миопии. Однако устраняя aberrации низших порядков (дефокус и астигматизм), эти вмешательства нередко повышают уровень aberrаций высших порядков, особенно комы и сферической aberrации [1]. Хорошо известно, что до 30% пациентов отмечают нарушения ночного зрения после ЛАСИК и ФемтоЛАСИК: глэр-эффект, гало-эффект, снижение контрастной чувствительности. Эти явления вызваны повышением aberrаций высших порядков (HOAs) [2]. Факторами, обуславливающими повышение HOAs после операции, могут служить различные элементы проведения flap-технологий: формирование роговичного лоскута, несимметричное уплощение стромы роговицы в результате абляции, незначительная децентрация последней, проблемы заживления, в частности эпителиальная гиперплазия, а также протрузия роговицы [3].

Физиологическая форма неоперированной роговицы отличается от сфероида и является эллипсоидом. Степень эллиптичности характеризует коническая константа Q , в среднем, по данным литературы, равная $-0,53$ [4]. После стандартной лазерной операции по коррекции миопии формируется более плоская поверхность, которая может остаться сферической или приобрести форму сплюснутого эллипсоида. Это приводит к возникновению сферических aberrаций, которые индуцированы вновь сформированной поверхностью роговицы и усиливаются при расширении зрачка, что наиболее значительно сказывается на качестве сумеречного и ночного зрения [5, 6].

В программном обеспечении современных лазеров существуют два подхода к устранению данной проблемы: оптимизированный по волновому фронту асферический

профиль абляции (WFO) и кастомизированная по Q -фактору абляция, формирующая на роговице индивидуальную асферическую линзу с персонализированным Q -фактором.

Концепция персонализированного, или управляемого по волновому фронту (wavefront-guided), профиля абляции в кераторефракционной хирургии была предложена М. Mrochen и соавт. в 2000 г. [7]. Авторы сообщали о суперзрении (некорригированной остроте зрения (НКОЗ) $> 20/10$) после кастомизированного ЛАСИК в 16% глаз. По данным авторов, кастомизированный ЛАСИК может уменьшать количество индуцированных aberrаций и даже частично исправлять существовавшие до вмешательства [8].

В работе М. Rana и соавт. [9] показано, что wavefront-guided-ЛАСИК обеспечивает большую эффективность, безопасность, предсказуемость и сохранение качества зрения у пациентов с миопией высокой степени, чем оптимизированный по волновому фронту профиль абляции (wavefront-optimized) ЛАСИК. Wavefront-guided-профиль имеет преимущества — индуцирует меньшее количество общих роговичных НОА и сферических aberrаций и уменьшает послеоперационные coma и trefoil [9].

Аналогичные результаты демонстрирует работа R. Nuijts и соавт. [10]: операции, выполняемые с применением персонализированного профиля абляции, высокоэффективны, предсказуемы и безопасны при коррекции aberrаций и низших, и высших порядков, обеспечивают послеоперационную НКОЗ 1,0 и выше, снижают вероятность возникновения гало- и глэр-эффектов, сохраняют высокое качество зрения и контрастную чувствительность у пациентов.

В то же время другие авторы не получили такой разницы и отмечают одинаковый уровень НКОЗ и aberrаций после традиционной и кастомизированной абляции [11].

С. Du Chi-xin и соавт. [12] провели сравнительное исследование динамики HOAs после традиционного и кастомизированного ЛАСИК на парных глазах у пациентов с миопией. Обнаружено достоверное увеличение Т. coma, Т. trefoil и сферической aberrации (SA) в группе традиционного ЛАСИК. Авторы отмечают, что различные паттерны aberrаций могут быть обусловлены различиями формирования лоскута, диаметра зрачка и зоны абляции, методами aberromетрии, изменениями корнеального эпителия [12]. Другие авторы сравнивали результаты стандартной и оптимизированной (OATz) технологии ЛАСИК и получили следующее: RMS HOAs в первой группе (стандартная

технология абляции) был достоверно выше, чем во второй (оптимизированная технология абляции) — $0,70 \pm 0,28$ и $0,51 \pm 0,15 \mu\text{m}$ соответственно. То же касалось SA ($0,38 \pm 0,23$ и $0,22 \pm 0,17 \mu\text{m}$ соответственно) и комы. Статистически достоверных различий величин трефойла, тетрафойла и вторичного астигматизма не было выявлено [13]. S. Agarwal и соавт. [14], оценивая результаты ФемтоЛАСИК с применением wavefront-optimized treatment профиля абляции при миопии менее 4,0 дптр и астигматизме менее 2,0 дптр, отметили достоверное повышение RMS HOA с $0,32 \pm 0,11$ до $0,45 \pm 0,14 \mu\text{m}$ и SA с $0,16 \pm 0,06$ до $0,25 \pm 0,10 \mu\text{m}$. Достоверных изменений вертикальной и горизонтальной комы не было отмечено.

В другом исследовании I. Сох и соавт. [15] изучали, что влияет на aberrации оптической системы глаза после стандартного ЛАСИК с механическим формированием лоскута: формирование лоскута с помощью микрокератома, подъем лоскута или лазерная абляция стромы. Оказалось, что формирование лоскута с помощью микрокератома не влияет на уровень HOAs, подъем лоскута увеличивает уровень aberrаций на 30%, последующая лазерная абляция стромы еще больше увеличивает HOAs, особенно SA, пропорционально величине корригируемой миопии.

X. Chen и соавт. [16] сравнивали HOAs после SMILE (Small Incision Lenticule Extraction) и wavefront-guided (WFG) FS-LASIK и не обнаружили статистически достоверных различий в величине трефойла, горизонтальной комы, SA и общих HOAs между двумя группами. Изменение вертикальной комы было единственным исключением. Более высокие значения вертикальной комы были выявлены именно в группе пациентов после SMILE, что, вероятно, является следствием децентрации лентиккулы по вертикальной оси. В отличие от WFG FS-LASIK, при процедуре SMILE не применялись системы слежения и регистраторы радужки, что могло привести к менее аккуратной центровке и объяснить более высокие значения вертикальной комы. Авторами обнаружена достоверная корреляция между индуцированной вертикальной комой и предоперационным сферическим эквивалентом рефракции в группе SMILE, а также достоверная корреляция между индуцированной горизонтальной комой и предоперационным сферическим эквивалентом рефракции в группе WFG FS-LASIK [16]. Эти данные совпадают с полученными ранее A. Guirao и соавт. [17], которые демонстрируют корреляцию между амплитудой индуцированной комы, величиной корригируемой аномалии рефракции и величиной децентрации. Даже применение систем слежения не исключает вероятности децентрации. Коррекция более высокой миопии увеличивает время процедуры, что может быть причиной потери фиксации со стороны пациента, и, таким образом, индуцирует большую aberrацию [18]. По мнению X. Chen и соавт. [16], следует также учитывать немаловажную роль разной ответной реакции на заживление раны роговицы. Во-первых, при WFG FS-LASIK формируется лоскут, при SMILE формируется маленький разрез, поэтому после SMILE сохраняется большая целостность роговицы. Во-вторых, чем больше степень корригируемой миопии, тем больше сила затраченной энергии и время экспозиции эксимерного лазера при абляции в ходе выполнения WFG FS-LASIK.

Величина индуцированной SA как после SMILE, так и после WFG FS-LASIK коррелировала с величиной предоперационной аномалии рефракции. Авторы предполагают, что увеличение SA вызвано изменением асферичности роговицы после рефракционной хирургии. Естественная асферическая вытянутая (prolate) архитектура роговицы

изменяется на сплюснутую (oblate) поверхность после коррекции миопии, что отражается на увеличении SA. Операция по методике SMILE имеет преимущества по сравнению с ЛАСИК: уменьшается площадь денервации, быстрее исчезает синдром сухого глаза, меньше нарушается биомеханика роговицы, отсутствуют риски, связанные с формированием лоскута. После SMILE индуцируется меньшее, чем при традиционном ЛАСИК, количество HOAs [19, 20].

Таким образом, кераторефракционные вмешательства, изменяя преломляющую силу, форму, кривизну, толщину и в ряде случаев — прозрачность роговицы, оказывают ожидаемый эффект на роговичные aberrации. Изменения общих (и внутренних) aberrаций оптической системы глаза мало описаны.

ЦЕЛЬЮ настоящего исследования явилось сравнительное изучение динамики роговичных и общих aberrаций волнового фронта глаза после традиционных фоторефракционных кератэктомий (ФРК) и ФемтоЛАСИК.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследовали роговичные и общие aberrации у 63 пациентов (126 глаз) с миопией средней и высокой степени, в том числе у 44 пациентов (88 глаз) до и после ФемтоЛАСИК (FemtoLDV, Ziemer + Nidek-Quest, Japan) и у 19 пациентов (38 глаз) до и после ФРК (Nidek-Quest, Japan). Диаметр оптической зоны составлял 6,5 мм, диаметр транзитной зоны — 7 мм; диаметр фемтолооскута — $9,0 \pm 0,5$ мм; остаточная толщина стромального ложа — не менее 300 μm (рассчитывали по формуле Santhiago PTAReport). Aberrации оптической системы глаза исследовали на aberрометре OPD-Scan III (Nidek). SA оценивали как сумму Z4 + Z8 + Z12.

Перед обследованием все пациенты получили полную информацию согласно Хельсинкской декларации и подписали информированное согласие. Исследование было одобрено этическим комитетом ФГБУ НМИЦ ГБ им. Гельмгольца.

Эксимер-лазерную коррекцию зрения проводили под местной инстилляционной анестезией. Роговичный лоскут формировали с помощью фемтосекундного хирургического лазера Femto LDV (Ziemer, Швейцария), заявленная толщина лоскута составила 100 мкм, диаметр лоскута — $9,0 \pm 0,5$ мм; ножка лоскута — на 12 ч. Абляцию роговицы осуществляли на лазерной установке NAVEX Quest (Nidek, Япония). Ни у одного пациента не возникло интраоперационных осложнений при формировании, отделении и подъеме фемтолооскута. При ФРК проводили скарификацию эпителия роговицы вручную с помощью хирургического скребка, абляцию роговицы осуществляли на лазерной установке NAVEX Quest (Nidek, Япония).

Клинико-функциональные исследования проводили до и через 3 мес после операции.

Статистическую обработку материала выполняли на персональном компьютере с использованием приложения Microsoft Excel и пакета статистического анализа Biostatistics 6,0 for Windows (Statsoft Inc., USA). Для оценки достоверности различий использовали t-критерий Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ

После эксимер-лазерной коррекции миопии коэффициент асферичности роговицы Q изменился в сторону положительных значений: с $-0,22 \pm 0,02$ до $0,28 \pm 0,03$ после ФемтоЛАСИК и с $-0,19 \pm 0,02$ до $0,35 \pm 0,03$ после ФРК ($p < 0,01$) (рис. 1). Это соответствует oblate (сплюснутый эллипсоид) форме роговицы.

Роговичный RMS HOA увеличился с $0,15 \pm 0,03$ до $0,46 \pm 0,03 \mu\text{m}$ в группе ФемтоЛАСИК и с $0,18 \pm 0,02$

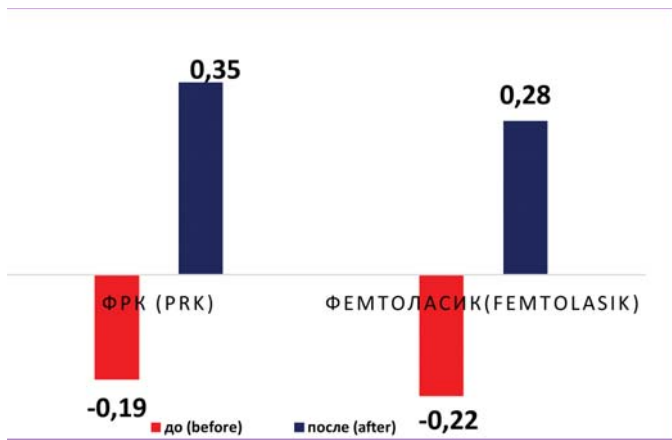


Рис. 1. Коэффициент асферичности роговицы (Q) до и после ФРК и ФемтоЛАСИК

Fig. 1. The corneal asphericity coefficient Q before and after PRK and FemtoLasik

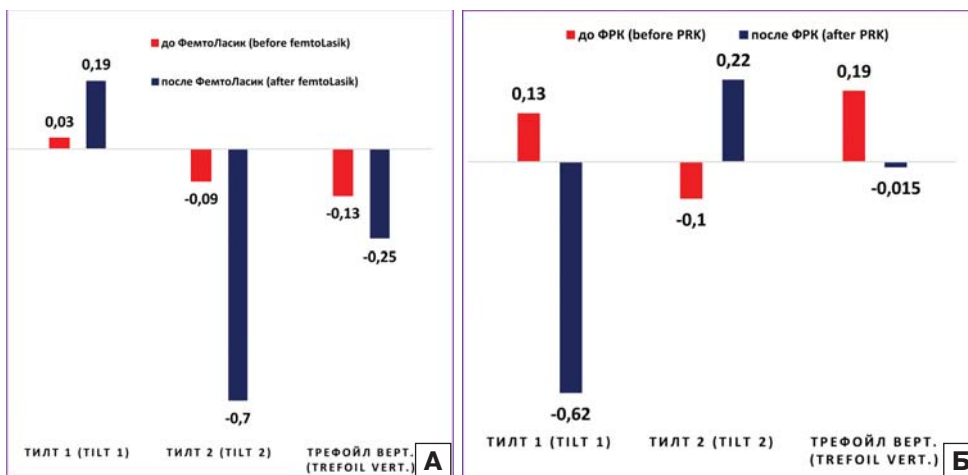


Рис. 2. Роговичные tilt1, tilt 2 и Trefoil vertical до и после ФемтоЛАСИК (А) и ФРК (Б)

Fig. 2. Corneal tilt1, tilt 2 and vertical Trefoil before and after FemtoLasik (A) and PRK (B)

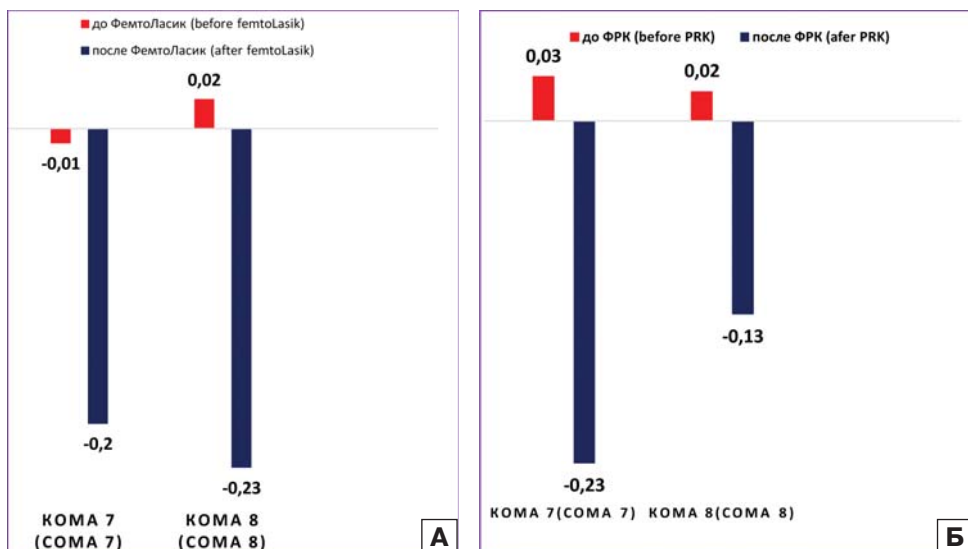


Рис. 3. Роговичные coma 7 и coma 8 до и после ФемтоЛАСИК (А) и ФРК (Б)

Fig. 3. Corneal coma 7 and coma 8 before and after FemtoLasik (A) and PRK (B)

до $1,05 \pm 0,06 \mu\text{m}$ в группе ФРК, разница между группами достоверна ($p < 0,05$). Роговичная SA после ФемтоЛАСИК увеличилась с $0,01 \pm 0,01$ до $0,20 \pm 0,01 \mu\text{m}$, а после ФРК стала отрицательной, изменившись с $0,03 \pm 0,01$ до $-0,38 \pm 0,01 \mu\text{m}$ ($p < 0,05$). Очевидно, это различие связано с разным профилем абляции и влиянием края лоскута на результаты aberromетрии в 6-мм зоне зрачка.

По-разному изменились роговичные вертикальный и горизонтальный Тилт (tilt 1 и tilt 2) и вертикальный трейфойл. Tilt 1 после ФемтоЛАСИК увеличился, после ФРК перешел в отрицательные значения; tilt 2 после ФемтоЛАСИК изменился с $-0,09 \pm 0,01$ до $-0,70 \pm 0,02$, а после ФРК — с $-0,10 \pm 0,02$ до $0,22 \pm 0,04$, с переходом в положительные значения. Вертикальный трейфойл достоверно не изменился в группе ФемтоЛАСИК и уменьшился с $0,19 \pm 0,03$ до $-0,015 \pm 0,010 \mu\text{m}$ в группе ФРК ($p < 0,05$) (рис. 2).

Вертикальная и горизонтальная комы (coma 7, coma 8) изменились синхронно: соответственно с $-0,01 \pm 0,01$ до $-0,20 \pm 0,02 \mu\text{m}$ и с $0,02 \pm 0,01$ до $-0,23 \pm 0,02 \mu\text{m}$ после ФемтоЛАСИК и с $0,03 \pm 0,02$ до $-0,23 \pm 0,02 \mu\text{m}$ и с $0,02 \pm 0,01$ до $-0,13 \pm 0,01 \mu\text{m}$ после ФРК ($p < 0,05$) (рис. 3).

Общие аберрации изменились меньше, и эти изменения не были синхронны с роговичными. Так, RMS НОА в группе ФемтоЛАСИК уменьшился с $0,28 \pm 0,05$ до $0,19 \pm 0,05 \mu\text{m}$ (в то время как роговичный RMS достоверно увеличился с $0,15 \pm 0,03$ до $0,46 \pm 0,03 \mu\text{m}$, $p < 0,05$), а в группе ФРК увеличился, но гораздо слабее роговичного: с $0,25 \pm 0,07$ до $0,62 \pm 0,02 \mu\text{m}$ и $0,18 \pm 0,02$ до $1,05 \pm 0,06 \mu\text{m}$, ($p < 0,05$) соответственно (рис. 4, А, Б).

Общая SA увеличилась с $0,11 \pm 0,03$ до $0,27 \pm 0,02$ ($p < 0,05$) в группе ФемтоЛАСИК и недостоверно уменьшилась с $0,09 \pm 0,03$ до $0,03 \pm 0,01$, оставаясь позитивной, в группе ФРК (рис. 5, А, Б).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изменения волнового фронта после ФемтоЛАСИК и ФРК достоверны и различны. Выявленные различия динамики роговичных аберраций соответствуют разным профилям передней поверхности роговицы, формирующимся после ФемтоЛАСИК и ФРК. Разная динамика роговичных и общих НОА после обоих видов эксимер-лазерной коррекции миопии свидетельствует об активном участии внутренней оптики глаза в компенсации индуцированных хирургическим вмешательством оптических погрешностей.

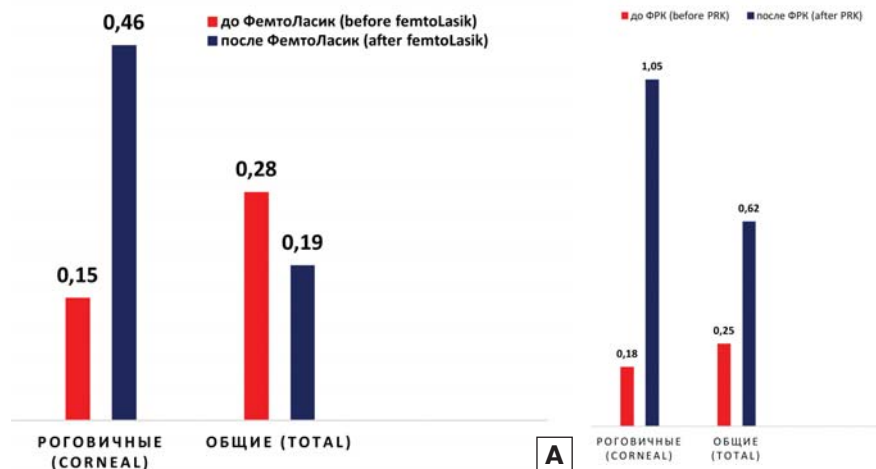


Рис. 4. Динамика роговичных и общих HOAs до и после ФемтоЛАСИК (А) и ФРК (Б)
Fig. 4. The dynamics of corneal and total HOAs before and after FemtoLasik (A) and PRK (Б)

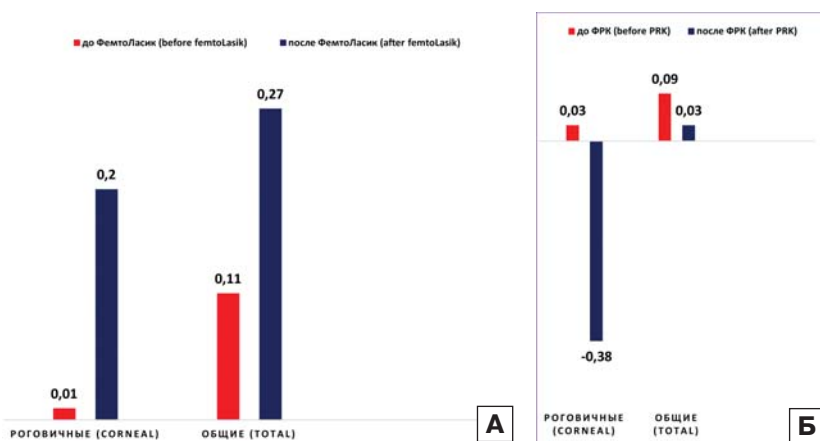


Рис. 5. Динамика роговичных и общих HOAs до и после ФемтоЛАСИК (А) и ФРК (Б)
Fig. 5. The dynamics of corneal and total HOAs before and after FemtoLasik (A) and PRK (Б)

Литература/References

- Oshika T., Klyce S.D., Applegate R.A., Howland H.C., El Danasoury M.A. Comparison of corneal wavefront aberrations after photorefractive keratectomy and laser in situ keratomileusis. *Am. J. Ophthalmol.* 1999 Jan; 127 (1): 1–7. doi: 10.1016/s0002-9394(98)00288-8
- Moreno-Barriuso E., Lloves J.M., Marcos S., et al. Ocular aberrations before and after myopic corneal refractive surgery: LASIK-induced changes measured with laser ray tracing. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2001; 42 (6): 1396–1403. doi: 10.1016/s0002-9394(98)00288-8
- Baek T., Lee K., Kagaya F., et al. Factors affecting the forward shift of posterior corneal surface after laser in situ keratomileusis. *Ophthalmology.* 2001; 108 (2): 317–20. doi: 10.1016/s0161-6420(00)00502-9
- Calossi A. Corneal asphericity and spherical aberrations. *J. of Refract. Surg.* 2007; 23 (5): 505–14. doi: 10.3928/1081-597X-20070501-15
- Applegate R.A., Marsack J.D., Ramos R., Sarver E.J. Interaction between aberrations to improve or reduce visual performance. *J. Cataract. Refract. Surg.* 2003; 29 (8): 1487–95. doi: 10.1016/s0886-3350(03)00334-1
- Holladay J.T., Janes J.A. Topographic changes in corneal asphericity and effective optical zone after laser in situ keratomileusis. *J. Cataract. Refract. Surg.* 2012; 28 (6): 942–47. doi: 10.1016/s0886-3350(02)01324-x
- Mrochen M., Kaemmerer M., Seiler T. Wavefront-guided laser in situ keratomileusis: early results in three eyes. *J. Refract. Surg.* 2000; 16 (2): 116–21. doi: 10.3928/1081-597X-20000301-03
- Mrochen M., Kaemmerer M., Seiler T. Clinical results of wavefront-guided laser in situ keratomileusis 3 months after surgery. *J. Cataract. Refract. Surg.* 2001; 27 (2): 201–7. doi: 10.1016/s0886-3350(00)00827-0
- Rana M., Gebril A., El-Lakwa A.F., Zaky M. Corneal wavefront-guided versus aberration free transepithelial photorefractive keratectomy in patients with myopia with high pre-existing corneal higher order aberrations. *Menoufia medical Journal.* 2019; 32 (2): 683–9.
- Nuijts R.M., Nabar V., Hammett W.J., Eggink F.A. Wavefront-guided versus standard laser in situ keratomileusis to correct low to moderate myopia. *J. Cataract. Refract. Surg.* 2002; 28 (11): 1907–13. doi: 10.1016/s0886-3350(02)01511-0
- Phusitphoykai N., Tungsiripat T., Siriboonkoom J., Vongthongsri A. Comparison of conventional versus wavefront-guided laser in situ keratomileusis in the same patient. *J. Refract. Surg.* 2003; 19 (2 Suppl.): 217–20. doi: 10.3928/1081-597X-20030302-08
- Du C.X., Shen Y., Wang Y. Comparison of high order aberration after conventional and customized ablation in myopic LASIK in different eyes of the same patient. *J. Zhejiang Univ. Sci.* 2007; 8 (3): 177–80. doi: 10.1631/jzus.2007.B0177
- Kosaki R., Maeda N., Hayashi H., Fujikado T., Okamoto S. Effect of NIDEK optimized aspheric transition zone ablation profile on higher order aberrations during LASIK for myopia. *J. Refract. Surg.* 2009; 25 (4): 331–8. doi: 10.3928/1081597X-20090401-06
- Agarwal S., Thornell E., Hodge C., Sutton G., Hughes P. Visual outcomes and higher order aberrations following LASIK on eyes with low myopia and astigmatism. *Open Ophthalmology Journal.* 2018; 12 (1): 84–93. doi: 10.2174/1874364101812010084
- Cox I., MacRae S., Porter J., et al. What causes the increase in higher order aberrations after LASIK? The cut, the flap manipulation and/or the ablation. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2004; 45: 211.
- Chen X., Wang Y., Zhang J., et al. Comparison of ocular higher-order aberrations after SMILE and wavefront-guided femtosecond LASIK for myopia. *BMC Ophthalmol.* 2017; 17 (1): 42. doi: 10.1186/s12886-017-0431-5
- Guirao A., Williams D.R., Cox I.G. Effect of rotation and translation on the expected benefit of an ideal method to correct the eye's higher-order aberrations. *J. Opt. Soc. Am A Opt. Image Sci. Vis.* 2001; 18 (5): 1003–15. doi: 10.1364/josaa.18.001003
- Padmanabhan P., Mrochen M., Vismanathan D., Basuthkar S. Wavefront aberrations in eyes with decentered ablations. *J. Cataract. Refract. Surg.* 2009; 35: 695–702. doi: 10.1016/j.jcrs.2008.12.022
- Ganesh S., Gupta R. Comparison of visual and refractive outcomes following femtosecond laser-assisted LASIK with SMILE in patients with myopia or myopic astigmatism. *J. Refract. Surg.* 2014; 30 (9): 590–6. doi: 10.3928/1081597X-20140814-02
- Lin F., Xu Y., Yang Y. Comparison of the visual results after SMILE and femtosecond laser-assisted LASIK for myopia. *J. Refract. Surg.* 2014; 30 (4): 248–54. doi: 10.3928/1081597X-20140320-03

Вклад авторов в работу: Н.В. Ходжабекян — концепция исследования, выполнение хирургических манипуляций, написание и научное редактирование статьи; А.Т. Ханджян — выполнение хирургических манипуляций, анализ и интерпретация данных; Е.П. Тарутта — концепция исследования, научное редактирование, формулировка выводов; С.Г. Арутюнян — сбор данных, написание текста, статистическая обработка; М.Д. Сенгаева — анализ клинического материала, статистическая обработка данных.

Authors' contribution: N.V. Khodzhabekyan — concept of the study, performing of surgical manipulations, writing and editing of the article; A.T. Khandzhyan — performing of surgical manipulations, data analysis and interpretation; E.P. Tarutta — concept of the study, formulation of the conclusions, editing of the article; S.G. Harutyunyan — data collection and statistical processing, writing of the article; M.D. Sengaeva — data collection, analysis and statistical processing.

Поступила: 25.01.2021. Переработана: 27.02.2021. Принята к печати: 02.03.2021

Originally received: 25.01.2021. Final revision: 27.02.2021. Accepted: 02.03.2021

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, ул. Садовая-Черногызская, д. 14/19, Москва, 105062, Россия

Нарине Володяевна Ходжабекян — канд. мед. наук, ведущий научный сотрудник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргономики

Ануш Тиграновна Ханджян — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отдела патологии сетчатки и зрительного нерва

Елена Петровна Тарутта — д-р мед. наук, профессор, начальник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргономики

Сона Гришаевна Арутюнян — канд. мед. наук, врач-офтальмолог отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргономики

Мария Дмитриевна Сенгаева — аспирантка отдела патологии сетчатки и зрительного нерва

Для контактов: Сона Гришаевна Арутюнян,
arutyunyansg@mail.ru

Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, 14/19, Sadovaya Chernogryazskaya St., Moscow, 105062, Russia

Narine V. Khodzhabekyan — Cand. of Med. Sci., leading researcher of the department of refraction pathology, binocular vision and ophthalmoeconomics

Anush T. Khandzhyan — Cand. of Med. Sci., senior researcher, department of retinal and optic nerve pathology

Elena P. Tarutta — Dr. of Med. Sci., professor, head of the department of refraction pathology, binocular vision and ophthalmoeconomics

Sona G. Harutyunyan — Cand. of Med. Sci., ophthalmologist, department of refraction pathology, binocular vision and ophthalmoeconomics

Maria D. Sengaeva — PhD student, department of retinal and optic nerve pathology

Contact information: Sona G. Harutyunyan,
arutyunyansg@mail.ru