

Роговичная крышка, сформированная фемтосекундным лазером: анализ толщины и влияние на абберрометрические показатели у гиперметропов

*Чебоксарский филиал ФГУ «МНТК «Микрохирургия глаза»
им. акад. С.Н. Федорова Росмедтехнологии»*

Совершенствование технологии лазерного интрастромального кератомилеза (LASIK) не может в полной мере решить проблему создания планомерно точных роговичных лоскутов [1,6]. Сама по себе рефракционная операция, изменяя профиль роговицы, неизбежно приводит к увеличению aberrаций высших порядков, а создаваемый микрокератомом лоскут в виде «мениска» – толстый на периферии и тонкий в центре – усиливает нестабильность роговицы в зоне воздействия и ухудшает оптические свойства глаза [3]. Ограничения в объеме, получаемые иногда во время среза, и неадекватный размер крышки зачастую ограничивают возможности хирурга в коррекции гиперметропии. Появление фемтосекундного лазера, способного фокусироваться в строме на запрограммированной глубине, создавая гладкий срез и однородную крышку, является очередным шагом к усовершенствованию техники LASIK и достижению более высоких функциональных показателей [5].

Цель

Оценка профиля толщины, диаметра роговичной крышки и абберрометрических результатов после гиперметропического интрастромального лазерного кератомилеза с использованием фемтосекундного лазера для резекции крышки (IntraLASIK).

Материалы и методы

В исследование вошло 9 глаз 7 пациентов, у которых ранее не было рефракционных операций. Возраст варьировал от 17 до 56 лет [средний – (36,5±5,3) лет]. Период наблюдения – 3 месяца.

Всем пациентам проводили предоперационное обследование по стандартной методике. Для топографических измерений (кератотопограф TMS-4, Tomey, Япония) и измерений aberrаций волнового фронта зрачки расширяли с использованием 1% тропикамида. Дан-

ные высот рельефа поверхности роговицы трансформировались в коэффициенты Цернике до 6-го порядка с использованием программного обеспечения Analyse 250. Измерения толщины роговицы проводились с помощью оптического когерентного томографа Viasante (tm)OCT (Zeiss).

IntraLASIK состоял из двух этапов. Первый – резекция роговичной крышки с помощью фемтосекундного лазера с частотой повторения импульсов 60 кГц (IntraLase Corp). Инфракрасный луч Nd:Glass-лазера (длина волны 1053 nm) фокусировался на заданной глубине, где под программным управлением в растровом режиме создавалась плоскость резекции за счет узконаправленных лазерных импульсов длительностью 600-800 фсек. Лазерная энергия доставлялась в виде пятна 6,0x6,0 мкм с энергией 1,5 мкДж, боковой разрез формировался под углом 70° к поверхности. Планируемая толщина лоскута – 120 мкм, диаметр – 9,5 мм. Второй этап – абляция роговицы эксимерным лазером со сканированием пятна («Микроскан-ЦФП», Троицк) диаметром 0,7 мм, частотой следования импульсов 200 Гц. Все операции выполнялись с диаметром центральной оптической зоны 6,5 мм и общей зоной абляции 9,0 мм. После операции применялись 0,1% дексаметазон по схеме на 3 недели, тобрамицин в течение 1 недели, офтагель 1,5 месяца. Обследования проводились до операции, затем на 5-й день и через 3 месяца после операции.

Для статистического анализа, чтобы сравнить дооперационные и послеоперационные данные, использовался t-тест Стьюдента для парных данных. Результаты выражены, как mean \pm SD (range) (среднее арифметическое \pm стандартное отклонение, диапазон).

Результаты

До операции средний сферический эквивалент рефракции составлял (+7,18 \pm 1,55) дптр (от +5,0 до +9,30 дптр), через 3 месяца (+0,13 \pm 0,41) дптр (от -1,5 до +1,5 дптр). Сферический эквивалент рефракции через 3 месяца был в пределах \pm 0,5 дптр в 67% случаев.

В табл. 1 суммированы aberromетрические исходы через 3 месяца после гиперметропического IntraLASIK, полученные для величины зрачка 6,0 мм. До операции роговичные aberрации высших порядков, имеющие место у обследованных пациентов, составляли в среднем 0,733 мкм, после операции – 1,208 мкм. Из aberраций высших порядков кома увеличилась с 0,343 до 0,719 мкм после операции. Сферическая aberрация увеличилась с 0,294 до 0,913 мкм, коэффициент сферической aberрации изменился с положительного на отрицательный.

**Роговичные aberрометрические показатели
до и после гиперметропического IntraLASIK
для зрачка 6,0 мм (mean \pm SD, мкм, n=9)**

Аберрации (RMS)	До операции	Через 5 дней	Через 3 месяца	Изменение	Степень достоверности (P Value)
Аберрации высших порядков	0,733 \pm 0,255	2,072 \pm 0,407	1,208 \pm 0,138	1,65x	0,0001
Кома	0,343 \pm 0,165	0,719 \pm 0,459	0,582 \pm 0,134	1,69x	0,006
Сферическая аберрация (коэффициент)	0,294 \pm 0,109	-0,836 \pm 0,098	-0,613 \pm 0,400	2,08x	0,0001

RMS – корень квадратный из суммы квадратов всех исследованных коэффициентов Цернике (усредненное значение степени отклонения волнового фронта).

В табл. 2 показаны величины толщины роговичной крышки, полученные в разных местах через 3 дня после операции. Анализ крышки показал, что толщина крышки, полученной с помощью IntraLase 60 кГц, отличается от запланированной толщины 120 мкм в среднем только на 8 мкм. Горизонтальные и вертикальные профили толщины показывали постоянную среднюю толщину 119 мкм и запланированную конфигурацию (рис. 1а см. в Приложении с. 300). Исследование роговицы через 3 месяца показало сохранение созданной конфигурации роговицы с уплотнением слоев стромы в месте лазерной абляции и четко очерченный край крышки (рис. 1б см. в Приложении с. 301). Среднее различие от намеченного диаметра роговичной крышки в 9,5 мм составило \pm 0,09 мм со стандартным отклонением \pm 0,13 мм.

Обсуждение

Одним из важных свойств фемтосекундного лазера, особенно применительно к гиперметропии, является создание планомерного диаметра роговичной крышки и точная ее центрация [5]. В нашем исследовании стандартное отклонение от намеченного диаметра составило 0,13 мм со средним различием от намеченного 0,09 мм, а центрация контролировалась программным обеспечением. Толщина роговичной крышки, полученной в исследовании, не зависела от доопе-

Толщина роговичной крышки на разных расстояниях от центра роговицы на 3-й день после IntraLASIK [mean \pm SD (range), n=9]

Место расположения на роговице	Толщина роговичной крышки (IntraLase 60 кГц), мкм
Центр	122,75 \pm 5,11 (111-129)
1,5 мм к носу	119,67 \pm 5,5 (117-129)
1,5 мм к виску	118,89 \pm 6,40 (112-130)
3 мм к носу	121,78 \pm 6,09 (111-130)
3 мм к виску	118,56 \pm 5,60 (110-127)
1,5 мм вверх	120,44 \pm 5,41 (110-128)
1,5 мм вниз	116,44 \pm 5,70 (109-127)
3 мм вверх	121,33 \pm 5,46 (109-129)
3 мм вниз	117,00 \pm 6,65 (110-129)

рациональных данных кератометрии и толщины роговицы и у всех пациентов составила в среднем 119 мкм на всем протяжении со стандартным отклонением в среднем 8 мкм. Стандартное отклонение для большинства известных микрокератомов составляет в среднем 28 мкм с диапазоном от 25 до 250 мкм [3,5].

Исследование показало, что коррекция дефокусировок была успешной, при этом роговичные aberrации высшего порядка увеличились более чем в 1,5 раза. По данным литературы, гиперметропический LASIK индуцирует aberrации высших порядков в 5-6 раз больше по сравнению с миопическим LASIK, что объясняется сложным профилем гиперметропической абляции [2,7]. Некоторые авторы сообщают, что через 3 месяца после LASIK для коррекции гиперметропии более 5,0 дптр роговичный RMS aberrаций высших порядков увеличился в среднем в 2,89 раза для 6,0 мм размера зрачка [4]. В нашем предварительном исследовании через 3 месяца после IntraLASIK получено увеличение роговичных aberrаций высшего порядка в 1,65 раза. Отсутствие жалоб у пациентов на зрение в мезопических условиях объясняется наличием у них отрицательной сферической aberrации, когда снижение качества зрения можно компенсировать небольшим усилением аккомодации. Нами было отмечено, что четкие

края крышки способствуют более плотному прилеганию крышки к ложу роговицы, препятствуя ее смещению и вращению эпителия, а заживление по краю крышки идет сильнее по сравнению с микрокератомом. Этим объясняется более выраженная воспалительная реакция в первый день после операции и наличие выраженного рубца по краю крышки в поздние сроки, видимого в щелевую лампу и четко просматривающегося на оптической томограмме роговицы (рис.). Для более полных выводов исследования будут продолжены.

Выводы

1. Фемтосекундный лазер IntraLase 60 кГц резецирует роговичную крышку со средним отклонением от запланированного 8 мкм по толщине и 0,09 мм по диаметру.

2. IntraLASIK является эффективным в коррекции гиперметропии, при этом роговичные аберрации высших порядков увеличиваются в 1,65 раза.

Литература

1. Балашевич Л.И. Рефракционная хирургия. – СПб.: Издательский дом СПбМАПО, 2002. – 285 с.
2. Семчишен В., Мрхен М., Сайлер Т. Оптические аберрации человеческого глаза и их коррекция // Рефракционная хирургия и офтальмология. – 2003. – Т.3. – №1. – С. 5-13.
3. Alio J.L., Pinero D.P. Very high-frequency digital ultrasound measurement of the LASIK flap thickness profile using the IntraLase femtosecond laser and M2 and Carriazo-Pendular Microkeratomes // J. Refract. Surg. – 2008. – Vol. 24. – P. 12-23.
4. Arbarran-Diego C., Munoz G. et al. Corneal aberration changes after hyperopic LASIK: a comparison between the VISX Star S2 and the Asclepion-Meditec Mel 70G Scan excimer lasers // J. Refract. Surg. – 2006. – Vol. 22. – P. 34-42.
5. Binder P.S. Flap dimensions created with the IntraLase FS laser // J. Cataract Refract. Surg. – 2004. – Vol. 30. – P. 26-32.
6. Duffey R.J., Leaming D. US Trends in refractive surgery: 2003 International Society of Refractive Surgery / AAO Survey // J. Refract. Surg. – 2005. – Vol. 21. – P. 87-91.
7. Pesudovs K. Wavefront aberration outcomes of LASIK for high myopia and high hyperopia // J. Refract. Surg. – 2005. – Vol. 21. – P. 508-512.