

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РОГОВИЦЫ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ ЛАСИК С ПРИМЕНЕНИЕМ ФЕМТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРА ИЛИ МЕХАНИЧЕСКОГО МИКРОКЕРАТОМА

Пожарицкий М.Д.¹, Трубилин В.Н.¹, Овечкин И.Г.²

¹ Центр офтальмологии Федерального медико-биологического агентства, Москва

² ФГУ «6 Центральный военный клинический госпиталь Минобороны России», Москва

УДК: 617.713:001.8:612.76:623.74

Резюме.

Настоящее исследование выполнялось с целью сравнительной оценки динамики радиуса кривизны роговицы (в качестве показателя биомеханической реакции) при использовании двух технологий формирования лоскута – с использованием механического микрокератома или фемтосекундного лазера. Под наблюдением находилось 48 пациентов (85 глаз), которым был проведен ЛАСИК при помощи механического микрокератома или с использованием фемтосекундного лазера. До и через 1 месяц после операции выполнялись кернатопографические измерения с помощью системы «Pentacam Oculus» (Германия). Результаты работы показали, что вследствие биомеханического «ответа» роговицы в обеих группах пациентов наблюдалась относительная постоперационная недокоррекция, которая была статистически значимо ниже в группе фемтосекундного лазера. Применение методики ФемтоЛАСИК позволяет сформировать практически однородный лоскут как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях, параметры которого соответствуют прогнозируемым, что в целом обеспечивает пациенту более качественные (с точки зрения морфологии роговицы) возможности для зрительного восприятия.

Ключевые слова: фемтосекундный лазер, фемтоЛАСИК, биомеханический ответ роговицы, радиус кривизны роговицы.

Актуальность

Стремительное развитие лазерных рефракционных технологий – одно из наиболее значимых событий в офтальмологии за последнее десятилетие. Благодаря возможности тонкой фокусировки и строгого дозирования воздействия лазерное излучение стало уникальным инструментом в рефракционной хирургии. При этом к настоящему времени ведущим методом эксимерлазерного восстановления зрения при аномалиях рефракции является лазерный *in situ* кератомилез (ЛАСИК), технология которого предполагает формирование роговичного лоскута («флэпа») различной толщины (от 110 до 150 мкм) в зависимости от выбранного способа его создания. В этой связи следует подчеркнуть, что на данный момент существуют два основных метода создания роговичного лоскута – с использованием механического микрокератома, создающего «менискообразный» лоскут и с помощью фемтосекундного лазера, формирующий однородный по толщине лоскут. По мнению ряда исследователей создание лоскута может (особенно при толстом лоскуте) являться фактором риска неблагоприятных изменений биомеханических свойств роговицы, в этих случаях биомеханический «ответ» роговицы может быть оценен по динамике радиуса передней поверхности [1, 2, 3].

COMPARISON ANALYSIS OF THE CORNEA BIOMECHANICAL RESPONSE AFTER LASIK WITH FEMTOSECOND LASER OR MECHANICAL MICROKERATOME

Pozharitskiy M.D., Trubilin V.N., Ovechkin I.G

The aim of the present research was to compare the dynamics of the cornea radius curvature changing, using two techniques of the flap creation: femtosecond laser and mechanical microkeratome. There were 48 patients (85 eyes) with LASIK, using microkeratome or femtosecond laser. All patients got keratopography on "Pentacam Oculus" before the surgery and one month later. Results showed that relative postsurgical undercorrection appeared in both groups because of the cornea biomechanical response and this undercorrection was statistically lower in the femtosecond laser group. Usage of the femtosecond laser gives an opportunity to create uniform flap (vertically and horizontally) with the easy predictable parameters. It provides a higher quality of patients visual life.

Keywords: femtosecond laser, femtoLASIK, biomechanical cornea response, cornea radius curvature.

Цель исследования

Целью данного исследования явилась сравнительная оценка динамики радиуса кривизны роговицы (в качестве показателя биомеханической реакции) при использовании двух технологий формирования лоскута – с использованием механического микрокератома или фемтосекундного лазера.

Материалы и методы

Под нашим наблюдением находилось 48 пациентов (85 глаз) в возрасте 19–38 лет (средний возраст $26,6 \pm 2,2$ года) с исходной близорукостью от $-1,5$ дптр до $-8,75$ дптр (средняя величина близорукости $5,2 \pm 1,2$ дптр), разделенных на две равнозначные по возрасту и величине близорукости группы. Первой группе (26 пациентов, 41 глаз) был проведен ЛАСИК при помощи механического микрокератома «Moria-2» с целевой толщиной лоскута 130 мкм (Мех.ЛАСИК), второй группе (22 пациента, 44 глаза) – с использованием фемтосекундного лазера «Intralase» с целевой толщиной лоскута 120 мкм (ФемтоЛАСИК). При первичном определении обследуемой группы пациентам было выполнено топографическое обследование роговицы, что позволило исключить пациентов с нерегулярным астигматизмом, все пациенты имели предоперационную кривизну роговицы в диа-

пазоне между 40,0 и 48,0 дптр, горизонтальный диаметр роговицы в диапазоне между 11,5 и 12,0 мм, толщину центра роговицы более 500мкм.

При формировании лоскута роговицы у пациентов обеих групп диаметр лоскута составлял 9,5 мм, размер ножки 4,0 мм с верхним ее расположением. При использовании механического микрокератома применялись четыре различных кольца (+2, +1, 0 и -1) в зависимости от предоперационной кривизны роговицы и на основе номограмм производителя. В группе фемтосекундного лазера были использованы следующие параметры: угол среза 45°, энергия 0,95мкДж, размер рабочего пятна 8 мкм. Частота лазера была 60кГц. Лазерная абляция в обеих группах выполнялась на эксимерном лазере «Visx S4 IR».

Комплексное обследование пациентов выполнялось перед операцией и через один месяц после коррекции. Применительно к целевым задачам исследования оценка биомеханических свойств роговицы осуществлялась по данным корнеотопографических измерений с помощью системы «Pentacam Oculus» (Германия). При этом подсчет биомеханического «ответа» роговицы осуществлялся в виде процента изменения радиуса её кривизны по следующей формуле:

$$C = (R_{post} - R_s) / R_s \times 100$$

где, C – коэффициент изменения кривизны роговицы. R_{post} – постхирургический радиус роговицы, измеренный через 1 месяц после операции; R_s – хирургический радиус роговицы, измеренный до операции. R_s – планируемый радиус роговицы, который определялся математически программным обеспечением эксимерного лазера с помощью специальных формул абляции с учетом предоперационной асферичности поверхности роговицы и настройки сферичности в зоне абляции. Данный показатель отображал планируемую величину радиуса роговицы, который должен получиться после воздействия эксимерного.

В общем виде значение коэффициента C указывает на правильность проведения операции и точность полученного результата. При этом величина коэффициента $C > 0$ свидетельствует о приплюснутости роговицы ($R_{post} > R_s$), что указывает на гиперкоррекцию. Коэффициент $C < 0$ свидетельствует об увеличении крутизны роговицы ($R_{post} < R_s$), что указывает на недокоррекцию после операции. Наряду с этим, выявлялась корреляционная зависимость между усредненными (по группе) показателями C, R_{post} и R_s , а также выявлялась взаимосвязь данных значений с полученным рефракционным результатом по специальным номограммам – $SE = 337,5 / R_{post} - 337,5 / R_{pre}$ (SE – средний сферический эквивалент, дптр, R_{pre} – средний радиус роговицы перед операцией ($R_{pre} = 7,8$ мм) [4,5].

Результаты и обсуждение

Результаты расчета коэффициента изменения кривизны роговицы (на основании данных кератото-

пографии) в обеих группах пациента представлены в таблице 1.

Представленные в таблице 1 данные свидетельствуют о том, что в обеих группах пациентов оцениваемый коэффициент «С» был отрицательный, что указывает на некоторую недокоррекцию, при этом указанные изменения были статистически значимо ($p < 0,05$) менее выражены в группе после применения фемтосекундного лазера по сравнению с использованием механического кератома. Данный эффект объясняется тем, что для создания лоскута механическим микрокератомом прилагается больше давления на роговицу, что влечет большие изменения радиуса её кривизны. Таким образом, вследствие биомеханического «ответа» роговицы в обеих группах пациентов наблюдалась постоперационная недокоррекция, которая была статистически значимо ниже в группе фемтосекундного лазера. При этом такой результат, по-видимому свидетельствует о том, что в дальнейшем требуется использовать специальные номограммы для достижения более точного результата с учетом биомеханических свойств роговицы.

Дальнейший математический анализ полученных данных показал, что в обеих группах была выявлена статистически значимая прямая корреляция между постхирургическим (R_{post}) и запланированным радиусами роговицы. В группе с применением механического микрокератома соотношение радиусов вычисляется по формуле

$$R_{post} = 0,68 \times R_s + 2,5,$$

в группе с использованием фемтосекундного лазера – $R_{post} = 0,88 \times R_s + 0,90$. Данная корреляция в обеих группах указывает на практическую целесообразность применения показателя хирургического радиуса роговицы (R_s) в целях оценки качества сформированного лоскута роговицы.

Отдельного дополнительного рассмотрения требует сравнительный анализ предполагаемого и достигнутого в ходе операции рефракционного результата (табл. 2).

Представленные в таблице 2 данные указывают на наличие определенных ($p > 0,05$) различий между предполагаемой и постоперационной величиной сферического эквивалента в обеих группах пациентов. В то же время важно подчеркнуть, что разница в группе с использованием механического микрокератома (0,9 дптр) была существенно выше, чем в группе с применением фемтосекундного лазера (0,4 D), при этом данные различия были статистически достоверны ($p < 0,05$), что косвенно указывает на более качественные рефракционные результаты при применении методики ФемтоЛАСИК. Последнее положение, с нашей точки зрения, связано с высокой прогнозируемостью формирования лоскута роговицы и кератотопографических показателей при использовании фемтосекундного лазера. Иллюстрацией данного положения служит рис. 1 и 2.

Табл. 1. Результаты расчета коэффициента изменения кривизны роговицы (С, М±m, %) после проведения МехЛАСИК и ФемтоЛАСИК

Значение	МехЛАСИК	ФемтоЛАСИК	p
Коэффициент «С»	-3,3±0,3%	-1,6±0,2%	<0,05

Табл. 2. Сравнение предполагаемого и постоперационного сферического эквивалента (М±m, дптр) при применении механического микрокератома и фемтосекундного лазера

Значение	Предполагаемый сферический эквивалент, дптр	Постоперационный сферический эквивалент, дптр	p
МехЛАСИК	5,8±0,4	4,9±0,4	>0,05
ФемтоЛАСИК	5,6±0,3	5,1±0,3	>0,05

На кератотопограмме представлены 4 различные карты роговицы, включающие в себя (слева направо, сверху вниз): радиус кривизны роговицы (передняя поверхность), отклонение по кератометрии, радиус кривизны роговицы (задняя поверхность) и толщина роговицы в правом нижнем углу. Цвет области указывает на значение параметра (чем темнее, тем больше значение).

Представлена кератотопограмма пациента с миопией до и после операции фемтоЛАСИК. При сравнении рис. 1 и 2 видно, что путем данной операции установлена кривизна роговицы (как передней, так и задней поверхности), характерная для эметропии. Важно отметить, что на всех видах карт отчетливо определяется выраженная однород-

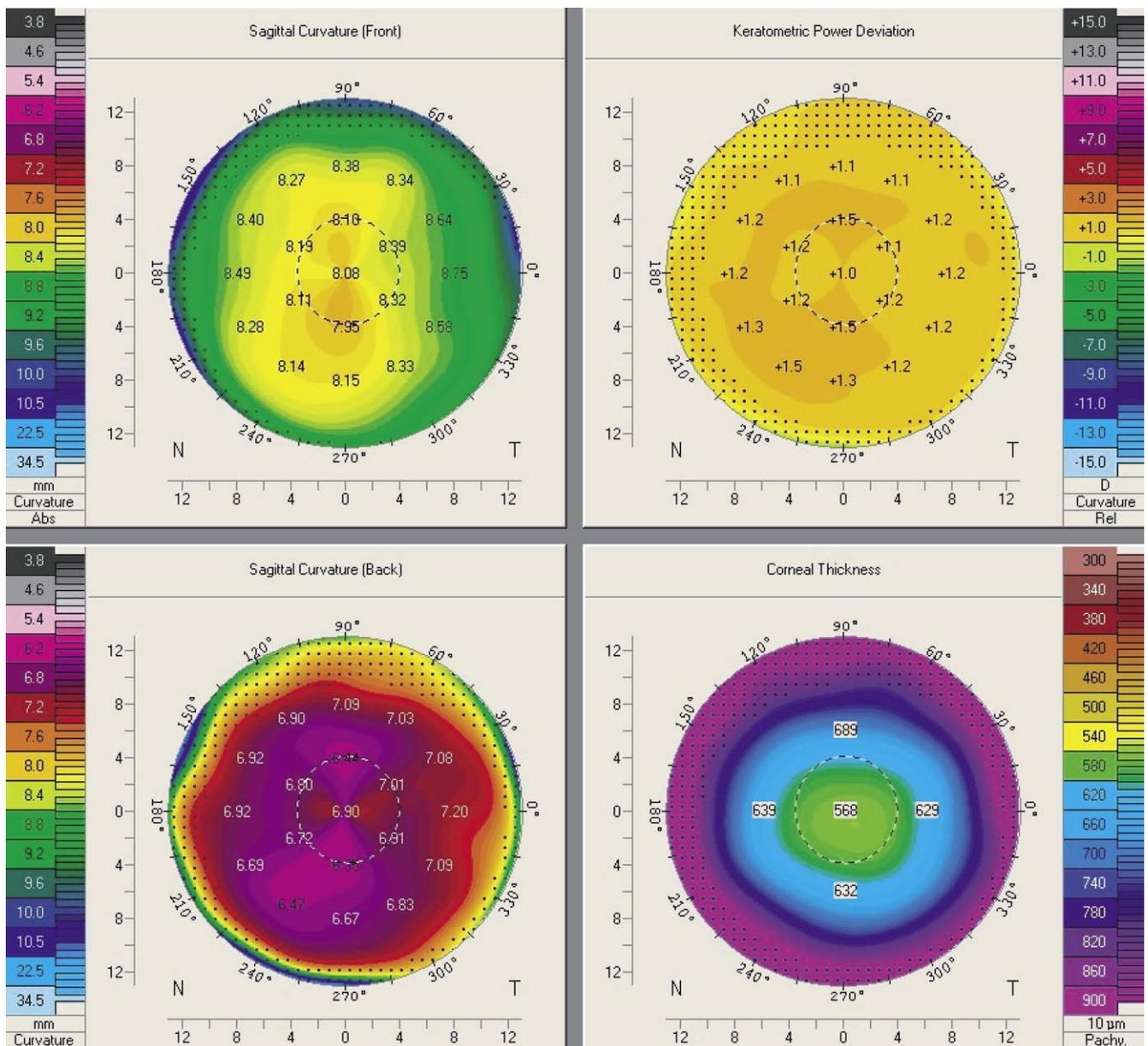


Рис. 1. Кератотопограмма до проведения операции фемтоЛАСИК

Пожарицкий М.Д., Трубилин В.Н., Овечкин И.Г.
 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РОГОВИЦЫ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ
 ЛАСИК С ПРИМЕНЕНИЕМ ФЕМТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРА ИЛИ МЕХАНИЧЕСКОГО МИКРОКЕРАТОМА

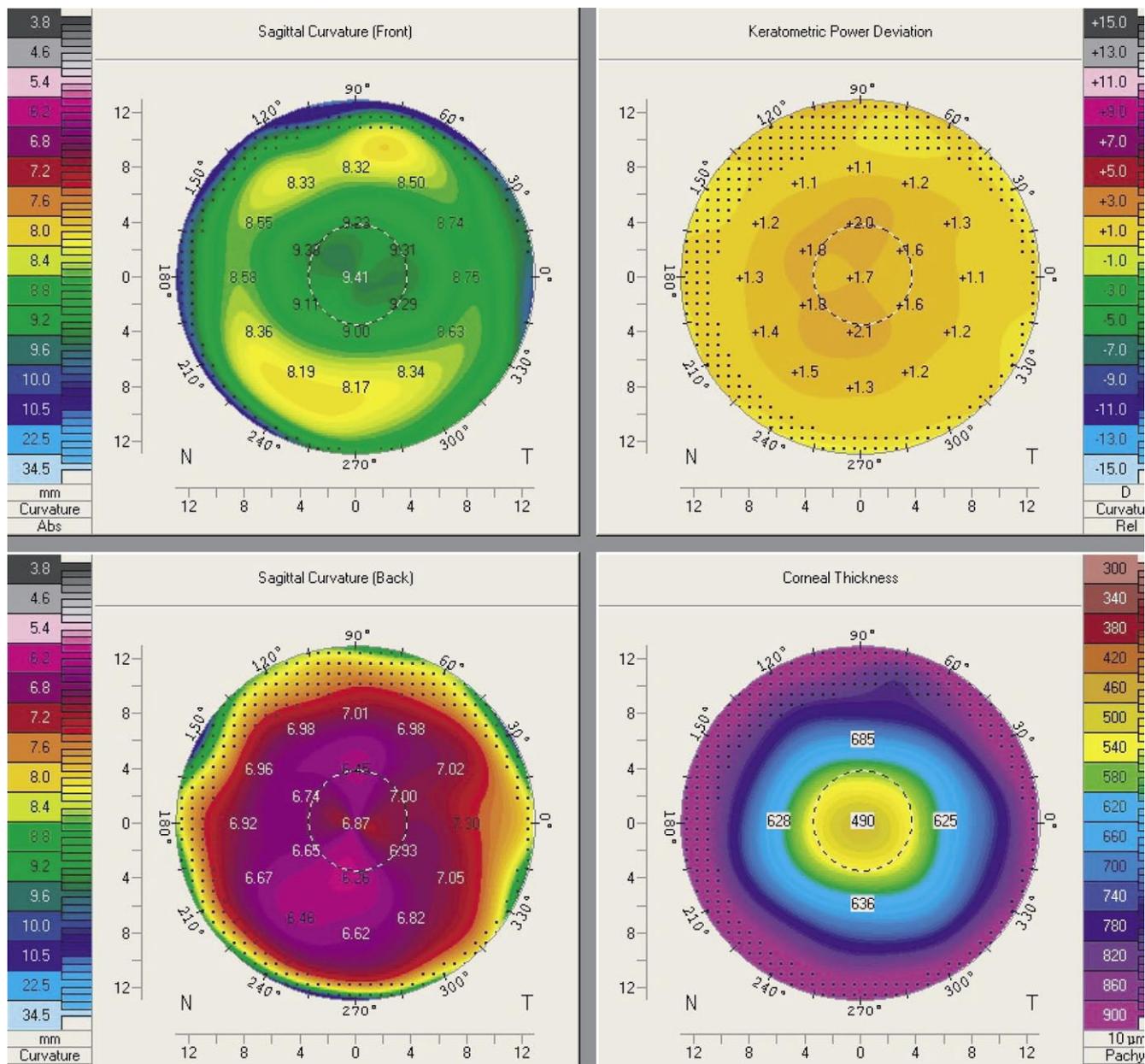


Рис. 2. Кератотопограмма через 1 месяц после проведения фемтоLASIK

ность роговицы по всей поверхности, что является отличительной чертой работы фемтосекундного лазера.

Полученные нами данные кератотопографии в целом хорошо согласуются с результатами ранее проведенных исследований, направленных на сравнительную оценку качества лоскута роговицы по показателям оптической когерентной томографии, показавшие преимущества методики ФемтоЛАСИК по сравнению с МехЛАСИК [6, 7]. При этом в общем виде следует подчеркнуть, что применение фемтосекундного лазера обеспечивает практически плоский лоскут как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях, параметры которого соответствуют прогнозируемым. В

противоположность этому, лоскут при использовании микрокератома приобретает форму симметричного в горизонтальном и вертикальном меридианах мениска, что (в отличие от плоской формы) может служить фактором риска изменения биомеханических свойств роговицы. Несмотря на то, что механизм данных искажений недостаточно изучен (предполагается, в частности, возможность микросмещений фибриллярных волокон стромы [8]), для клинической практики представляется очевидным, что применение фемтосекундного лазера обеспечивает пациенту более качественные (с точки зрения морфологии роговицы) возможности для зрительного восприятия.

Заключение

Проведенное нами исследования кератотопографических особенностей лоскута роговицы в целях проведения эксимерлазерной коррекции зрения по методике ЛАСИК показала преимущества фемтосекундного лазера по сравнению с механическим микрокератомом, что подтверждается высокой, статистически подтвержденной прогнозируемостью биомеханического «ответа» роговицы на лазерное воздействие.

Литература

1. Карамян А.А. Биомеханические аспекты формирования роговичного лоскута при проведении интрастромальной кератэктомии (теоретические расчеты) / Карамян А.А., Бубнова И.А. // Межрегиональная конференция с международным участием «Биомеханика глаза 2005». – М., 2005. – С. 97–100.
2. Alio JL. Surgical correction of myopia. / Alio JL, Perez-Santonja JJ, Artola A.// Recent Advances in Ophthalmology. – 1996. – V. 3, №2. – P. 1–30.
3. Ditzel K. Laser in situ keratomileusis nomogram development. / Ditzel K, Handzel A, Pieger S.// J. Refract. Surg. – 1999. – V.15. Suppl. – P. S197–S201.
4. Dupps WJ Jr. Effect of acute biomechanical changes on corneal curvature after photokeratectomy. / Dupps WJ Jr, Roberts C.// J. Refract. Surg. – 2001. – V. 17, №10. – P. 658–669.
5. Durrie DS. Femtosecond laser versus mechanicalkeratome flaps in wavefront-guided laser in situ keratomileusis: prospective contralateral eye study. / Durrie DS, Kezirian GM.// J. Cataract Refract. Surg. – 2005. – V.31, №1. – P. 120–126.
6. Gonzalez F. Unexpected corneal flattening after laser in situ keratomileusis. / Gonzalez F, Ortiz D, Saiz JM.// J. Refract. Surg. – 200. – V.17, Suppl. – P. S180–S186.
7. Jaycock PD. Interferometric technique to measure biomechanical changes in the cornea induced by refractive surgery. / Jaycock PD, Lobo L, Ibrahim J.// J. Cataract Refract. Surg. – 2005. – V.31, №2. – P. 175–184.
8. Potgieter FJ. Prediction of flap response. / Potgieter FJ, Roberts C, Cox IG.// J. Cataract Refract. Surg. – 2005. – V.31, №1. – P. 106–114.
9. Roberts C. Biomechanical customization: the next generation of laser refractive surgery. / Roberts C.// J. Cataract Refract. Surg. – 2005. – V. 31, №1. – P. 2–5.

Контактная информация

Овечкин И.Г.

ФГУ «6 Центральный военный клинический госпиталь Минобороны России», 125445, г. Москва, ул Левобережная, д.5, тел: +7 (495) 455-88-11

e-mail: doctoro@mail.ru