

УДК 617.753.2

ПРЕИМУЩЕСТВО ОПЕРАЦИИ ФЕМТОЛАЗИК ПРИ МИОПИИ ВЫСОКОЙ СТЕПЕНИ

© И.Ю. Сырых, А.Е. Копылов, М.Л. Курзин

Ключевые слова: миопия; астигматизм; фемтосекундный лазер; ФемтоЛАЗИК; ЛАЗИК; ФРК; фемтосекундный лазер VisuMax.

Цель: оценить преимущество операции по технологии ФемтоЛАЗИК при миопии высокой степени по сравнению со стандартной операцией ЛАЗИК и ФРК.

Для проведения операции по технологиям ЛАЗИК, ФРК и ФемтоЛАЗИК были использованы следующие лазерные установки: эксимерный лазер МИКРОСКАН -ЦФП (Троицк) и фемтосекундный лазер VisuMax (Carl Zeiss Meditec AG, Germany). Нами была исследована группа из 200 пациентов (400 глаз). У всех пациентов имелась миопия свыше 6,25 дптр. Пациенты разделены на две группы. Первой группе пациентов были проведены операции с использованием фемтосекундного лазера (100 пациента, 200 глаз). Во второй группе пациентов операции проводились по стандартной технологии ЛАЗИК (80 пациентов, 160 глаз) и ФРК (20 пациентов, 40 глаз). Период наблюдения 6–8 месяцев.

На следующий день у всех пациентов после операций ФемтоЛАЗИК и ЛАЗИК была достигнута максимальная корригируемая острота зрения, которая сохранялась на протяжении всего срока наблюдения (6–8 месяцев). После операции ФРК максимальная острота зрения была достигнута к 2–3 неделе после операции. Послеоперационные осложнения отсутствовали. У 12 пациентов (24 глаза) через 1 неделю после ФРК наблюдалась умеренная субэпителиальная фиброплазия, которая исчезла к 3 неделе.

Кераторефракционные операции по технологии ФемтоЛАЗИК имеют значительные преимущества по сравнению со стандартной технологией ЛАЗИК и ФРК. Формируется более ровный и тонкий клапан, с более прогнозируемой его толщиной. Отсутствуют реакции эпителия роговицы. Возможность проведения операции у пациентов с тонкой роговицей как альтернатива операции ФРК. Более быстрая адаптация пациентов и значительное снижение ограничений в послеоперационном периоде.

На сегодняшний день ФС-лазерные установки в офтальмологии применяются при формировании роговичного клапана, послойной и сквозной кератопластике, создании роговичных туннелей для имплантации интрастромальных сегментов, интрастромальном формировании роговичной линтикулы, интрастромальной коррекции пресбиопии, а также для выполнения фемтосекундного капсулорексиса и фрагментации ядра хрусталика.

Всего лишь через несколько лет после изобретения первых лазеров начали проводиться хирургические операции на глазу с использованием этих устройств. Возможность передавать энергию света почти любому отделу глазного яблока делают глаз приоритетным объектом для лазерной хирургии. В офтальмологии используется несколько видов взаимодействия лазерного излучения с тканью: фотокоагуляция, фотоабляция и фоторазрушение [1–2].

При проведении фотокоагуляции лазерное излучение поглощается целевыми тканями, а клинический эффект достигается посредством теплового разрушения. Данное клиническое свойство наиболее широко применяется для лечения болезней сетчатки, таких как диабетическая ретинопатия и дегенерация желтого пятна (ETDRS, 1991).

При фотоабляции сильно поглощаемый ультрафиолет применяется для испарения внешних тканей, главным образом для терапии и хирургической коррекции различных аномалий рефракции роговицы [1].

Как и в неорганических материалах, фоторазрушение ткани начинается с лазерного оптического пробоя

(англ. laser-induced optical breakdown (LIOB)), когда точно сфокусированный лазерный импульс малой длительности создает высокоинтенсивное электрическое поле, приводящее к формированию плазмы свободных электронов и ионов [1]. Сгенерированная оптически горячая плазма расширяется со сверхзвуковой скоростью, вытесняя окружающую ткань. Распространение плазмы замедляется, сверхзвуковой фронт проходит через ткань как ударная волна, которая теряет энергию и скорость во время распространения, ослабляется до обычной акустической волны и безвредно рассеивается. Адиабатическое расширение плазмы менее длительно по сравнению с временной постоянной локальной тепловой диффузией, поэтому снижаются тепловые повреждения. Охлаждающаяся плазма испаряет малый объем ткани, в итоге формируя кавитационную полость. Кавитационный пузырек, состоящий в основном из углекислого газа, азота и воды, способен выйти из ткани естественным образом.

Фактически первые офтальмологические операции, использующие фоторазрушение, ограничивались всего лишь несколькими внутриглазными процедурами, поскольку для инициализации лазерного оптического пробоя наносекундным Nd:YAG-лазером необходимо относительно большое количество энергии. В результате сильная ударная волна и большие кавитационные пузыри оказывают значительный повреждающий эффект на окружающие ткани. Снижение фокального размера пятна либо длительности импульса лазера уменьшает пороговую мощность лазерного оптического пробоя. В сравнении с наносекундным применением

фемтосекундной системы с низкой энергией обеспечивает микрометрическую точность и минимальное повреждение прилегающим тканям. Такое сочетание позволяет использовать фемтосекундные лазерные импульсы в качестве идеального хирургического скальпеля для высокоточной резки ткани.

Прозрачность тканей глаза позволяет получать оптический пробой на любой глубине, не влияя на ткани вне зоны фоторазрушения. Единственным ограничением при создании произвольных плоскостей разреза является то, что нанесение лазерных импульсов должно проводиться по направлению от наибольшей глубины ткани к ее поверхности, т. е. появляющиеся пузырьки газа создают в ткани тень и препятствуют нанесению следующего, глубже лежащего, лазерного импульса.

ФС-лазер с высокой частотой следования импульсов и контролируемой компьютером сканирующей оптической системой доставки луча выполняет локализованные микрофоторазрушения, которые могут быть размещены рядом друг с другом, формируя разрезы произвольной формы. Учитывая очень малую длительность лазерного импульса, данная процедура получила название фемтосекундного лазерного разреза – фемтодиссекции [3–5]. Сложные фигуры могут быть получены пересечением этих плоскостей разреза

Размер пузырьков микроплазмы может быть от 1,0 до 5,0 мкм и зависит от энергии в импульсе: диаметр – в несколько раз больше начального микроплазменного пузыря. Дискретность нанесения кавитационных пузырей определяет наличие между ними очень тонких тканевых мостиков, которые разрываются при подъеме роговичного клапана. Качество фемтодиссекции достигается при абсолютной координации взаимоотношений между энергией импульса, расстоянием между импульсами и частотой их проведения. Более медленные лазеры, такие как нано- и пикосекундные, в экспериментальных исследованиях с целью фемтодиссекции роговицы проявили себя появлением не последовательных, больших по размеру кавитационных пузырьков с выраженной ударной волной, и, соответственно, с большей повреждающей способностью на окружающие ткани в сравнении с фемтосекундными лазерами.

Биомеханический ответ тканей роговицы на срез клапана и лазерную абляцию приводит к изменениям формы роговицы не только в центре, но и на периферии, а также на задней поверхности. При формировании роговичного клапана в зависимости от глубины среза пересекаются разные по толщине коллагеновые волокна, которые затем сокращаются к периферии роговицы.

Это приводит к эффекту уплощения центра роговицы еще до проведения абляции. Кроме того, после проведения абляции направленная наружу сила натяжения неповрежденных волокон, расположенных на периферии зоны абляции, приводит к дополнительному уплощению центра роговицы, утолщению и увеличению кривизны периферии роговицы [1].

Это ведет к усилению преломляющей способности периферической части роговицы, что, в свою очередь, увеличивает сферическую аберрацию роговицы в целом.

Уникальные возможности современных ФС-лазерных установок позволяют находить индивидуальный подход в хирургии роговицы, уменьшая ее вторичные изменения биомеханических и оптических свойств [4–5].

Цель: оценить преимущество технологии ФемтоЛАЗИК перед стандартной операцией ЛАЗИК и ФРК.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения операции по технологиям ЛАЗИК, ФРК и ФемтоЛАЗИК были использованы следующие лазерные установки: эксимерный лазер МИКРОСКАН-ЦФП (Троицк) и фемтосекундный лазер VisuMax (Carl Zeiss Meditec AG, Germany). Нами была исследована группа из 200 пациентов (400 глаз). У всех пациентов имелась миопия свыше 6,25 дптр. Пациенты разделены на две группы. Первой группе пациентов были проведены операции с использованием фемтосекундного лазера (100 пациента, 200 глаз). Во второй группе пациентов операции проводились по стандартной технологии ЛАЗИК (80 пациентов, 160 глаз) и ФРК (20 пациентов, 40 глаз). Помимо стандартных офтальмологических методов исследования была проведена пахиметрия (Tomey AL-3000, Tomey Corp, Japan), компьютерная кератотопография (Tomey TMS4, Tomey Corp, Japan) и спектральная оптическая когерентная томография роговицы (Оптопол, Польша). Острота зрения без коррекции была $0,08 \pm 0,02$; с коррекцией – $0,85 \pm 0,12$. Толщина роговицы в центре – $495,15 \pm 10,67$ мкм по данным пахиметра. Всем пациентам проводили операцию ФемтоЛАЗИК, ЛАЗИК и ФРК по стандартной технологии. Период наблюдения 6–8 месяцев.

На следующий день у всех пациентов после операций ФемтоЛАЗИК и ЛАЗИК была достигнута максимальная корригируемая острота зрения, которая сохранялась на протяжении всего срока наблюдения (6–8 месяцев). После операции ФРК максимальная острота зрения была достигнута к 2–3 неделе после операции. Послеоперационные осложнения отсутствовали. По данным щелевой биомикроскопии и компьютерной кератотопографии у пациентов после ФемтоЛАЗИК и ЛАЗИК была полная адаптация роговичного клапана в послеоперационном периоде. У 12 пациентов (24 глаза) через 1 неделю после ФРК наблюдалась умеренная субэпителиальная фиброплазия, которая исчезла к 3 неделе.

ТЕХНИКА ОПЕРАЦИИ

Пациентам первой группы формирование клапана производили с использованием фемтосекундного лазера. Первым этапом операции являлся процесс стыковки лазера с глазом пациента. После выполнения центрации и достижения оптимальной компрессии роговицы интерфейсом проводилась фемтодиссекция стромы роговицы в горизонтальной плоскости на определенной толщине, формируя «ложе» клапана. Затем в вертикальной плоскости от «ложа» клапана до поверхности эпителия проводился краевой надрез и формировался край роговичного клапана. Мы считаем следующие параметры клапана наиболее оптимальными: толщина – 100 мкм, диаметр – 8,7–9,0 мм, положение ножки – 90° , длина перешейка – 50° , угол надреза – 90° . Вторым этапом – подъем сформированного клапана специальным шпателем. Затем проводилась эксимерлазерная абляция стромы по заданным параметрам. На завершающем этапе производили укладку и адаптацию клапана. Толщина клапана контролировалось проведением оптической когерентной томографии роговицы на первые сутки после операции. Пациентам второй груп-

пы операция ЛАЗИК проводилась по стандартной технологии с использованием автоматизированного кератома. Операция ФРК проводилась также по стандартной технологии. Первый этап – фотоабляция эпителия. Второй этап заключался в проведении эксимерлазерной абляции стромы по заранее рассчитанным параметрам. На следующий день после операции всем пациентам проводили контроль кератотопограммы.

В послеоперационном периоде проводилась местная антибактериальная и кортикостероидная терапия. Срок наблюдения составил 6–8 месяцев.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На следующий день у всех пациентов после операций ФемтоЛАЗИК и ЛАЗИК была достигнута острота зрения, соответствующая максимальной корректируемой остроте зрения, которая сохранялась на протяжении всего срока наблюдения (6–8 месяцев). После операции ФРК максимальная острота зрения была достигнута к 2–3 неделе после операции. Это обусловлено неравномерной эпителизацией роговицы в послеоперационном периоде. У пациентов второй группы после операции ЛАЗИК на 130 глазах наблюдали умеренную эпителиопатию, на 20 глазах имелся легкий отек роговицы. У пациентов первой группы послеоперационные осложнения отсутствовали. По данным щелевой биомикроскопии и компьютерной кератотопографии, в обеих группах пациентов после операций ФемтоЛАЗИК и ЛАЗИК была полная адаптация роговичного клапана в послеоперационном периоде. По данным

кератотопографии было достигнуто полное соответствие кератотопографической картины роговицы оперированных глаз с запланируемыми параметрами абляции (рис. 1). У всех пациентов второй группы, которым была проведена ФРК (20 пациентов, 40 глаз), наблюдалась умеренная субэпителиальная фиброплазия, которая исчезла к 3 неделе. У 5 пациентов второй группы после проведения ФРК (10 глаз) была необходимость назначения рассасывающей терапии, после проведения которой к 3–4 месяцу после операции прозрачность роговицы восстановилась полностью.

В первые часы после операции у пациентов первой группы на 127 глазах наблюдалась легкая эпителиопатия. У остальных пациентов какие-либо реакции роговицы отсутствовали. Каких либо жалоб со стороны пациентов не наблюдалось. Все пациенты были выписаны на следующий день после операции с максимальной корригируемой остротой зрения, которая сохранялась на протяжении всего срока наблюдения (6–8 месяцев). За период наблюдений какие-либо осложнения отсутствовали. По данным оптической когерентной томографии на следующий день после операции при использовании головки микрокератома 90 мкм (Moria Evolution M3) разброс толщины клапана в месте начала среза составлял 149 мкм, в центральной части роговицы – 124 мкм, в некоторых случаях сопровождаясь неравномерной его толщиной (рис. 2).

Таким образом, при срезе роговичного клапана механическим микрокератомом образуется клапан менискообразной формы. В отличие от него ФС-лазер формирует унимоформный клапан. У пациентов первой

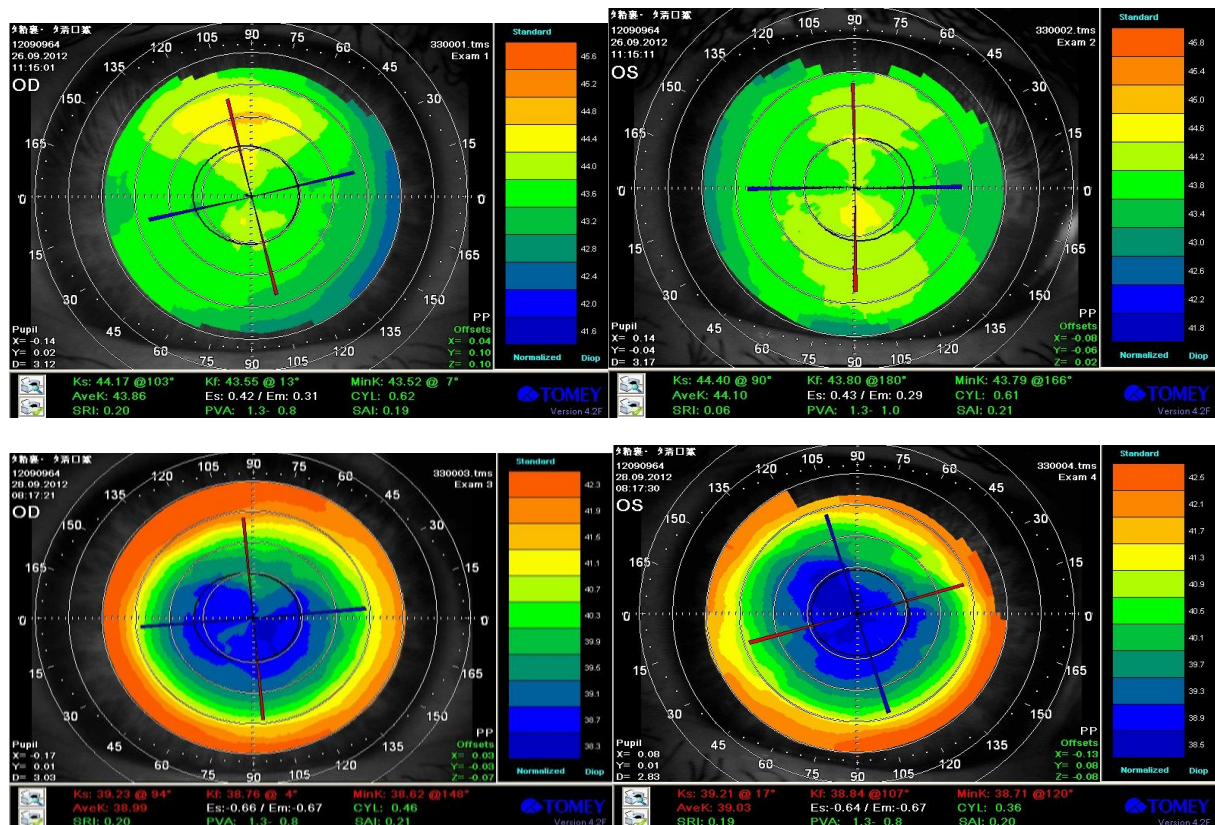


Рис. 1. Равномерность кератотопографической картины после фемтоЛАЗИКа. Кератотопограммы до (сверху) и после операции (снизу)

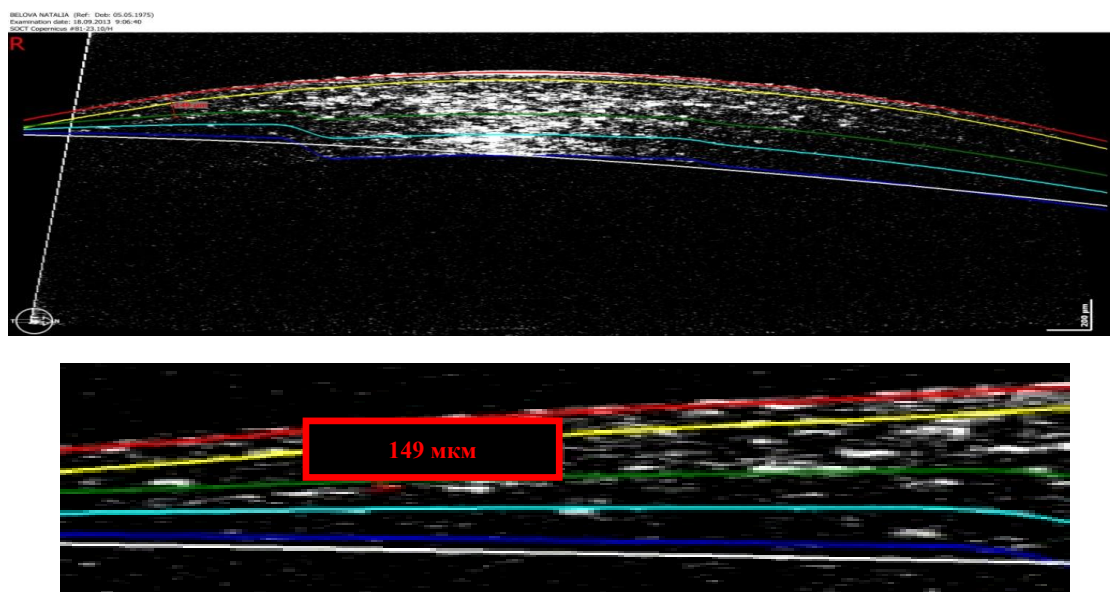


Рис. 2. Разброс толщины клапана роговицы, сформированного механическим кератомом по данным ОКТ

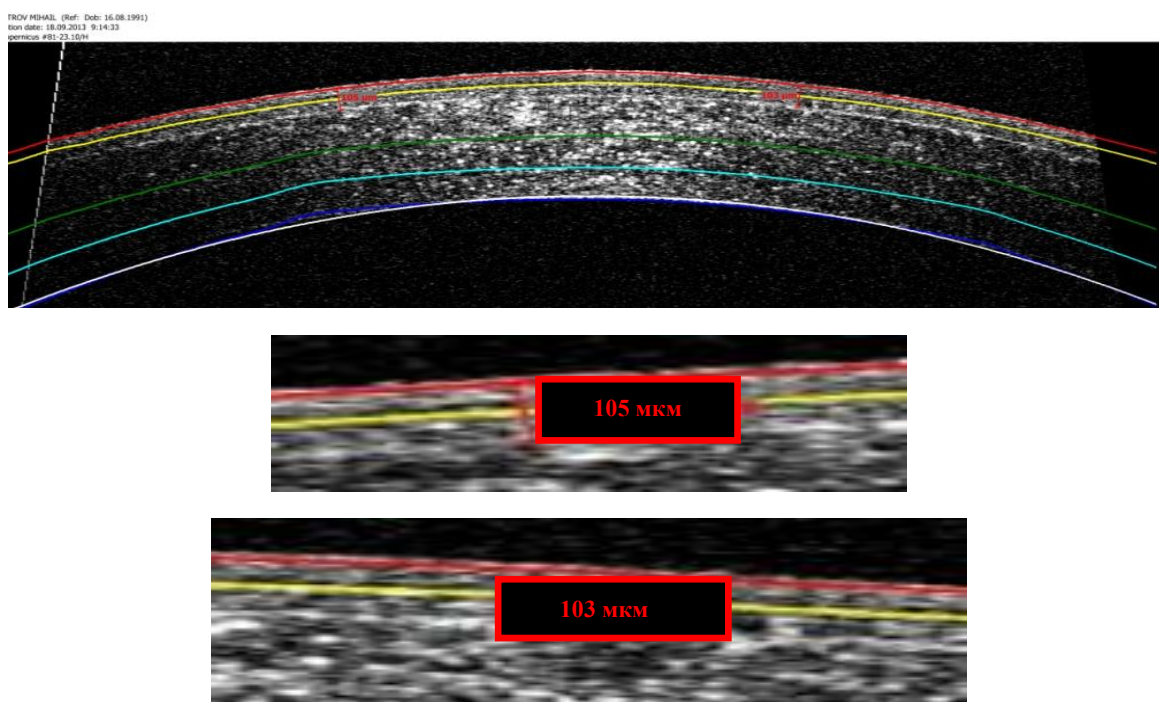


Рис. 3. Полное соответствие толщины и профиля клапана, сформированного фемтосекундным лазером, запланированным параметрам по данным ОКТ

группы роговичный клапан имел четкий и равномерный профиль, практически равномерный по толщине, соответствующая предварительно заданным до операции параметрам, что подтверждено данными оптической когерентной томографии (рис. 3).

При выписке пациентов второй группы после операции ЛАЗИК у 20 из них присутствовали жалобы на сухость в оперированном глазу, у 17 – легкий туман. Через 1 месяц после операции у одного пациента ВТО-рой группы после ЛАЗИК на обоих глазах была обнаружена легкая форма неспецифического диффузного

ламеллярного кератита, которая при соответствующем лечении исчезла через 2 недели. Во первой группе вышеуказанные осложнения отсутствовали.

ВЫВОДЫ

1. При проведении операции ФемтоЛАЗИК практически отсутствует реакция роговицы.
2. Полная адаптация роговичного клапана в послеоперационном периоде и соответствие кератотопо-

графической картины роговицы оперированных глаз с запланируемыми параметрами абляции.

3. Практически полное соответствие планируемой толщины и равномерности реза при ФемтоЛАЗИКе по сравнению с непредсказуемой толщиной клапана при стандартной операции ЛАЗИК.

4. Возможность проведения кераторефракционных операций у пациентов с высокими степенями миопии и астигматизма и тонкими роговицами (во многих случаях как альтернатива операции ФРК).

5. Возможность изменять параметры фемто-клапана в зависимости от планируемых параметров абляции и предпочтений хирурга.

6. Более легкая укладка и быстрая адаптация клапана, вследствие чего – отсутствие жалоб у пациентов при выписке и в послеоперационном периоде.

7. Отсутствие отдаленных послеоперационных осложнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костенев С.В., Черных В.В. Фемтосекундная лазерная хирургия. Принципы и применение в офтальмологии. Новосибирск: Наука, 2012. 142 с.
2. Балашевич Л.И. Хирургическая коррекция аномалий рефракции и аккомодации. СПб.: Человек, 2009. 296 с.
3. Крюков П.Г. Лазеры ультракоротких импульсов // Квант, электроника. 2001. Т. 31. № 2.
4. Ахманов С.А., Вислоух В.А., Чиркин А.С. Оптика фемтосекундных лазерных импульсов. М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988.
5. Херман И., Вильгельми Б. Лазеры сверхкоротких световых импульсов: пер. с нем. / под ред. П.Г. Крюкова. М.: Мир, 1986.

Поступила в редакцию 10 февраля 2015 г.

Сырых Ирина Юрьевна, Тамбовский филиал МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова, г. Тамбов, Российская Федерация, зав. лазерным рефракционным центром, e-mail: naukatmb@mail.ru

Syrykh Irina Yurievna, Academician S.N. Fyodorov FSBI IRTC “Eye Microsurgery”, Tambov branch, Tambov, Russian Federation, Head of Laser Refraction Centre, e-mail: naukatmb@mail.ru

Копылов Андрей Евгеньевич, Тамбовский филиал МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова, г. Тамбов, Российская Федерация, врач-офтальмолог лазерного рефракционного центра, e-mail: naukatmb@mail.ru

Kopylov Andrey Evgenievich, Academician S.N. Fyodorov FSBI IRTC “Eye Microsurgery”, Tambov branch, Tambov, Russian Federation, Ophthalmologist of Laser Refraction Centre, e-mail: naukatmb@mail.ru

Курзин Максим Леонидович, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация, ординатор по специальности «Офтальмология» медицинского института, e-mail: naukatmb@mail.ru

Kurzin Maxim Leonidovich, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russian Federation, Attending Physician of Speciality “Ophthalmology” of Medical Institute, e-mail: naukatmb@mail.ru

Syrykh I.Y., Kopylov A.E., Kurzin M.L. FEMTO-LASIK SURGERY ADVANTAGE IN HIGH MYOPIA

Purpose. To assess the Femto-LASIK surgery advantage in high myopia in comparison with the standard LASIK surgery and PRK.

To perform the surgery according to LASIK, PRK and Femto-LASIK technologies the following laser plants were used: the excimer laser MicroScan – TSFP (Troitsk) and the femtosecond laser VisuMax (Carl Zeiss Meditec AG, Germany). We examined 200 patients (400 eyes). All patients had myopia more than 6.25 D. The patients were divided into two groups. The first group underwent femtosecond laser surgery (100 patients, 200 eyes). The second group underwent the standard LASIK surgery (80 patients, 160 eyes) and PRK (20 patients, 40 eyes). The follow-up period was 6–8 months.

The next day after Femto-LASIK and LASIK surgery all patients reached the best corrected visual acuity, which was preserved for the whole follow-up (6–8 months). After PRK the best visual acuity was obtained by 2–3rd week after surgery. There were no any postoperative complications. In a week after PRK 12 patients (24 eyes) had the moderate subepithelial fibroplasias which disappeared by the 3rd week.

Keratorefractive Femto-LASIK surgeries had the significant advantages in comparison with the standard LASIK and PRK technologies. More even and thinner valve with the more predicted thickness was formed. The corneal epithelium responses were absent. It was possible to perform the surgery in patients with a thin cornea as an alternative to PRK. We observed the quicker patients’ adaptation and a significant reduction of the restrictions in the postoperative period.

Key words: myopia; astigmatism; femtosecond laser; Femto-LASIK; LASIK; PRK; femtosecond laser VisuMax.