

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТУННЕЛЬНОГО РОГОВИЧНОГО РАЗРЕЗА ПРИ ФЕМТОЛАЗЕРНОЙ И МЕХАНИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИЯХ ФОРМИРОВАНИЯ

С. В. Шухаев², Ю. Ш. Низаметдинова^{1,4}, Ю. В. Тахтаев³

¹ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И. И. Мечникова, ²ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С. Н. Федорова» Минздрава России, ³СПБГМУ им. акад. И. П. Павлова, ⁴СПБГБУЗ «Городская многопрофильная больница № 2», Санкт-Петербург

Проведена сравнительная оценка характера и степени структурных изменений, возникающих после операции в зоне роговичного разреза, сформированного с помощью фемтосекундного лазера «Victus» (Bausch & Lomb, TPV, США) и кератома «Mani» 2,2 мм (Mani, Япония) по данным оптической когерентной томографии.

Результаты проведенного исследования показали преимущества формирования основного многопрофильного туннельного роговичного разреза с использованием фемтолазерной технологии: точность и воспроизводимость заданных параметров профиля и размеров; возможность выбора параметров ширины, длины, угла, профиля разреза; минимальные структурные повреждения роговичного разреза в послеоперационном периоде.

Ключевые слова: факоэмульсификация, фемтосекундный лазер, роговичный разрез.

DOI 10.19163/1994-9480-2017-2(62)-105-108

DIFFERENCES IN MORPHOLOGY OF CORNEAL TUNNEL INCISIONS CREATED WITH A FEMTOSECOND LASER OR A KERATOME

S. V. Shukhaev², Y. Sh. Nizametdinova^{1,4}, Y. V. Takhtayev³

¹North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov, Department of Ophthalmology, St. Petersburg,

²St. Petersburg Affiliate of the Federal State Autonomous Institution «The S. N. Fyodorov Eye Microsurgery Complex» of the Ministry of Public Health of the Russian Federation, St. Petersburg,

³Pavlov First St. Petersburg State Medical University, Department of Ophthalmology, St. Petersburg,

⁴Municipal multi-profile hospital № 2, St. Petersburg

Based on optical coherence tomography, we compared the character and extent of structural changes occurring postoperatively in the corneal incision created with a femtosecond laser (Victus, Bausch & Lomb, TPV, USA) or a keratome (2.2 mm, Mani, Japan). Our findings showed that a corneal tunnel incision created with a femtosecond laser was more beneficial because it was more accurate and allowed reproducibility of the specified profile and size parameters as well as the choice of the width, length, angle and profile parameters. The corneal tunnel incision created with a femtosecond laser caused minimal structural changes in the corneal incision postoperatively.

Key words: phacoemulsification, a femtosecond laser, corneal incision.

Применение фемтосекундного лазера (ФС-лазер) в хирургии катаракты является новым направлением, которое требует основательной оценки всех его возможностей, в частности, на этапе формирования операционного доступа [3, 9, 11, 12, 13]. Благодаря сочетанию сверхкороткого времени воздействия (10^{-15} с) и малого диаметра фокусировки лазер используют в качестве хирургического скальпеля с микрометрической точностью [2, 3, 6, 12]. Впервые ФС-лазер нашел свое применение в кераторефракционной хирургии и зарекомендовал себя как прецизионно точный, малоинвазивный и безопасный метод формирования локуса роговицы [2, 8]. Учитывая опыт рефракционной хирургии, можно предположить, что применение ФС-лазера на этапе формирования роговичных разрезов повысит их точность и предсказуемость [6]. В то же время данному вопросу были посвящены лишь единичные исследования [6, 9, 10].

Важно помнить, что от параметров разреза зависит ход операции, риск возникновения интра- и послеоперационных осложнений, а также рефракционный ре-

зультат операции [1, 4, 7, 10]. В настоящее время традиционная методика предусматривает механический способ формирования роговичного туннеля с использованием калиброванного режущего инструмента (стальной или алмазный кератом) [1]. Манипуляция выполняется под визуальным контролем хирурга, определяется его предпочтениями и опытом. В целом механический способ формирования роговичного разреза характеризуется высоким уровнем субъективности [5, 7].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Оценить структурные изменения туннельного роговичного разреза, сформированного с помощью ФС-лазера и кератома.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Прооперировано 105 пациентов (117 глаз) в возрасте от 52 до 80 лет (средний возраст $70,1 \pm 6,3$). Плотность катаракты II—III (по классификации Буратто). В работе была использована фемтосекундная лазерная

платформа «Victus» (Bausch & Lomb, TPV, США). Фактоэмульсификация выполнялась на приборе «Infiniti» (Alcon, США).

Всем пациентам была выполнена коаксиальная ультразвуковая фактоэмульсификация с фемтолазерным сопровождением. С помощью лазера выполнялась капсулотомия и фрагментация ядра хрусталика. В последующем пациенты были разделены на две группы в зависимости от способа формирования основного роговичного разреза: I группа 61 пациент (64 глаза) — фемтолазерная технология формирования; II группа 44 пациента (53 глаза) — механическая технология с использованием калиброванного металлического кератома 2,2 мм (Mapi, Япония).

Выполнение как мануальных, так и лазерных разрезов планировалось с тремя плоскостями, шириной 2200 мкм (2,2 мм). Фемтолазерный разрез определяется настройками каждой плоскости в отдельности, в качестве базисных были определены следующие параметры: плоскость 1 — 400 мкм под углом 45°; плоскость 2 — 450 мкм, длина 1000 мкм под углом 3°; плоскость 3—800 мкм под углом 50°.

Оценка структурных характеристик роговичного разреза проводилась с помощью ОКТ-сканирования в динамике (первые сутки, 1 неделя, 1 месяц и 6 месяцев после операции) на приборе «RTVue-100» (Optovue, США). Роговичный разрез оценивался по следующим критериям: профиль разреза, истинная длина разреза, частота встречаемости микроотслойки десцеметовой оболочки, наличие эпителиального зияния, наличие эндотелиального зияния, нарушение сопоставления эндотелиального края, толщина роговицы в зоне разреза [1, 7, 9].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Разрезы у пациентов двух групп сравнивали по критерию точности соблюдения и прогнозируемости запланированного трехплоскостного профиля. В группе I (64 разреза) в 100 % случаев разрезы оказались трехпрофильными, на ОКТ-изображениях четко прослеживались все три плоскости на протяжении всего периода наблюдения (рис. 1).

В группе II с разрезами, выполненными кератомом, было выявлено, что в 77 % случаев полученный профиль не отвечал запланированному (рис. 2). Трехпрофильными разрезы оказались только в 23 % случаев (рис. 2в), в 57 % двухпрофильными (рис. 2 б) и в 20 % однопрофильными (рис. 2а).

В первые сутки после операции выполнялось измерение средней истинной длины роговичного туннеля. В группе I (ФС-лазер) данный показатель составил $(1,82 \pm 0,09)$ мм, в группе II (кератом) $(1,79 \pm 0,48)$ мм. Статистически достоверного различия между исследуемыми группами выявлено не было (t-тест, $p > 0,05$). Внимания заслуживает вариабельность значений от 1,18 до 2,4 мм при мануальном исполнении и стабильность данного показателя при фемтолазерном исполнении.

В обеих группах исследования было выявлено статистически значимое утолщение роговицы в зоне разреза в ранние сроки наблюдения. В группе I, где разрез формировался лазерными импульсами, толщина роговицы увеличилась с $(698 \pm 38,6)$ до $(940 \pm 91,3)$ мкм. В группе II, где разрез формировался режущим инструментом, толщина роговицы увеличилась с $(711 \pm 43,2)$ до $(991 \pm 89,03)$ мкм. Толщина роговицы возвращалась

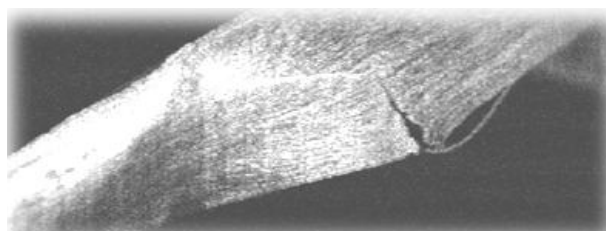
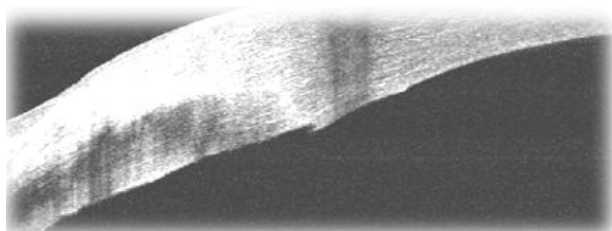
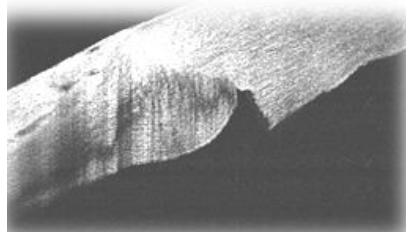
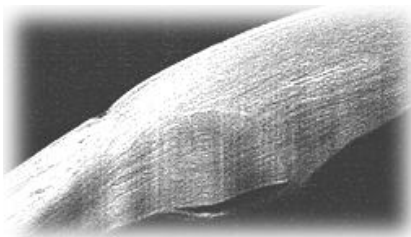
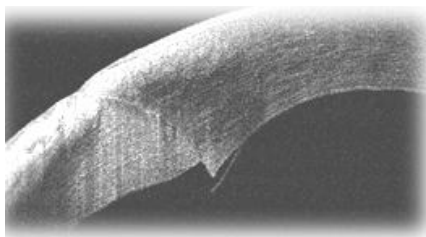


Рис. 1. ОКТ-изображение трехпрофильного роговичного разреза, сформированного фемтосекундным лазером в первые сутки после операции



а)

б)

в)

Рис. 2. ОКТ-изображения роговичных разрезов, сформированных кератомом, в первые сутки после операции: а) однопрофильный (параболический); б) двухпрофильный; в) трехпрофильный

к исходному значению через полгода после операции, значимой разницы не было обнаружено уже к 1-му месяцу послеоперационного наблюдения.

Туннельный роговичный разрез в ходе операции претерпевает определенные структурные изменения. Данные по частоте их встречаемости представлены в таблице.

Полученные данные свидетельствуют, что зияние наружного края операционного разреза (эпителиальное) в раннем послеоперационном периоде встречалось в двух группах с небольшой частотой, однако при мануальном разрезе в 2 раза чаще. Зияние внутренней части туннеля (эндотелиальное) в ранний послеоперационный период встречалось в обеих группах с частотой 20,31 % (ФС-лазер) и в 26,4 % (кератом) в 1 день после операции. Статистически достоверного различия между группами сравнения по двум критериям оценки не выявлено ($p > 0,05$).

Нарушение сопоставления эндотелиального края прослеживалось в группе (ФС-лазер) с частотой: 31,25 % в 1 день, 15,62 % — через 1 неделю и 1,56 % — через 1 месяц после операции.

В группе (кератом) исследуемый параметр встречался с большей частотой: 54,71 % в 1 день, 24,43 % через 1 неделю и 7,54 % через 1 месяц после операции. Микроотслойка десцеметовой оболочки в первые сутки после операции была выявлена в группе II (кератом) с частотой 39,62 %, что почти в 2 раза превышает показатель группы I (ФС-лазер), равный 21,87 %. Статистически значимая разница по двум данным показателям была значима только в первый послеоперационный день ($p < 0,05$). Следует подчеркнуть, что структурные изменения роговицы в зоне основного туннельного разреза полностью регрессировали к 6 месяцу послеоперационного наблюдения.

Результаты проведенного исследования показали определенные преимущества формирования основного многопрофильного туннельного роговичного разреза с использованием фемтолазерной технологии: точность и воспроизводимость заданных параметров профиля и размеров; возможность выбора параметров ширины, длины, угла, профиля разреза; меньшую операционную травму основного доступа.

Послеоперационные структурные изменения роговицы в зоне разрезов, при фемтолазерной и механической технологиях формирования по данным ОКТ, (%)

Исследуемые параметры	ФС-лазер	Кератом	ФС-лазер	Кератом	ФС-лазер	Кератом	ФС-лазер	Кератом
	1 день		1 неделя		1 месяц		6 месяцев	
Зияние наружной части туннеля (эпителиальное)	3 (4,68)	7 (13,2)	0	2 (3,77)	0	0	0	0
Зияние внутренней части туннеля (эндотелиальное)	13 (20,3)	14 (26,4)	4 (6,25)	7 (13,2)	0	1 (1,88)	0	0
Нарушение сопоставления эндотелиального края	20 (31,25)	29 (54,7)	10 (15,6)	13 (24,5)	1 (1,56)	4 (7,54)	0	0
Микроотслойка десцеметовой оболочки	14 (21,9)	21 (39,6)	4 (6,25)	8 (15,1)	0	1 (1,88)	0	0

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. ФС-лазер позволяет сформировать запланированный трехпрофильный роговичный разрез в 100 % случаев с соблюдением параметров размера. Стало возможным стандартизировать этап формирования операционного доступа.

2. По данным сравнительной оценки структурных изменений туннельного роговичного разреза менее выраженная послеоперационная травма наблюдалась в группе с фемтолазерной технологией формирования основного доступа.

ЛИТЕРАТУРА

- Бойко К. В., Тахтаев Ю. В. Структурные изменения роговичного разреза при микрокоаксиальной фактоэмульсификации // Вестник Российской военно-медицинской академии. — 2012. — № 1 (37). — С. 92—97.
- Бойко Э. В., Коскин С. А., Пожарицкий М. Д. Сравнительная медико-техническая характеристика современных фемтосекундных лазерных систем // Вестник военно-медицинской академии. — 2010. — Т. 2. — № 30. — С. 220—222.
- Анисимова С. Ю., Анисимов С. И., Трубилин В. Н., Трубилин А. В. Фемтолазерное сопровождение хирургии катаракты: методическое пособие. — М., 2013. — 16 с.
- Малюгин Б. Э., Эль Маатауй, Л. М., Филиппов В. О. Техника и функциональные результаты коррекции астигматизма слабой и средней степени в ходе фактоэмульсификации // Офтальмохирургия. — 2000. — № 4. — С. 22—30.
- Фабрикантов О. Л., Кузьмин С. И., Козлов В. А. Конфигурация роговичных разрезов при фактоэмульсификации ката-

REFERENCES

- Bojko K. V., Tahtayev Ju. V. Strukturnye izmeneniya rogovichnogo razreza pri mikrokoaksial'noj faktoemul'sifikacii // Vestnik Rossijskoj voenno-meditsinskoj akademii. — 2012. — № 1 (37). — S. 92—97.
- Bojko Je. V., Koskin S. A., Pozharickij M. D. Sravnitel'naja mediko-tehnicheskaja harakteristika sovremennyh femtosekundnyh lazernyh sistem // Vestnik voenno-meditsinskoj akademii. — 2010. — T. 2. — S. 220—222.
- Anisimova S. Ju., Anisimov S. I., Trubilin V. N., Trubilin A. V. Femtolazernoe soprovozhdenie hirurgii katarakty: metodicheskoe posobie. — M., 2013. — 16 s.
- Maljugin B. Je., El' Maatauj, L. M., Filippov V. O. Tehnika i funkcional'nye rezul'taty korrekcii astigmatizma slaboj i srednej stepeni v hode faktoemul'sifikacii // Oftal'mohirurgijaju. — 2000. — № 4. — S. 22—30.
- Fabrikantov O. L., Kuz'min S. I., Kozlov V. A. Konfiguracija rogovichnyh razrezov pri faktoemul'sifikacii katarakty // Sovremennye

ракты // Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии — 2011. — Сб. науч. трудов. — М., 2011.

6. Binder P. S. Perfecting Clear Corneal Incisions // *Cataract & Refractive Surgery Today*. — 2013. — P. 20—30.

7. Calladine D., Packard R. Clear Corneal Incision Architecture in the Immediate Postoperative Period Evaluated Using Optical Coherence Tomography // *Journal of Cataract and Refractive Surgery*. — 2007. — Vol. 33 (8). — P. 1429—1435.

8. Nordan L. T., Slade S. G., Baker R. N. Femtosecond laser flap creation for laser in situ keratomileusis: six-month follow-up of initial U.S. clinical series // *J Refract Surg*. — 2003. — Vol. 19. — P. 8—14.

9. Greval D. S., Basti S. Comparison of morphologic features of clear corneal incisions created with a femtosecond laser or a keratome // *J Cataract Refract Surg*. — 2014. — Vol. 40 (4). — P. 521—530.

10. Masket S., Sarayba M., Ignacio T., Fram N. Femtosecond laser-assisted cataract incisions: architectural stability and reproducibility // *J Cataract Refract Surg*. — 2010. — Vol. 36 (6). — P. 1048—1049.

11. Nagy Z. Z., Takacs A., Filkorn T., Sarayba M. Initial clinical evaluation of intraocular femtosecond laser in cataract surgery // *J Refract Surg*. — 2009. — Vol. 25. — P. 1053—1060.

12. Nagy Z. Z. New technology update: femtosecond laser in cataract surgery // *Clin Ophthalmol*. — 2014. — Vol. 8. — P. 1157—1167.

13. Tomilova E., Shukhaev S. A novel method to compare phacoemulsification parameters in vivo: two halves of one nucleus. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. — 2016. — Aug; Vol. 254 (8). — P. 1579—84. doi: 10.1007/s00417-016-3376-0. Epub 2016 Jun 21.

tehnologii kataraktal'noj i refrakcionnoj hirurgii — 2011. — Sb. nauch. trudov. — M., 2011.

6. Binder P. S. Perfecting Clear Corneal Incisions // *Cataract & Refractive Surgery Today*. — 2013. — P. 20—30.

7. Calladine D., Packard R. Clear Corneal Incision Architecture in the Immediate Postoperative Period Evaluated Using Optical Coherence Tomography // *Journal of Cataract and Refractive Surgery*. — 2007. — Vol. 33 (8). — P. 1429—1435.

8. Nordan L. T., Slade S. G., Baker R. N. Femtosecond laser flap creation for laser in situ keratomileusis: six-month follow-up of initial U.S. clinical series // *J Refract Surg*. — 2003. — Vol. 19. — P. 8—14.

9. Greval D. S., Basti S. Comparison of morphologic features of clear corneal incisions created with a femtosecond laser or a keratome // *J Cataract Refract Surg*. — 2014. — Vol. 40 (4). — P. 521—30.

10. Masket S., Sarayba M., Ignacio T., Fram N. Femtosecond laser-assisted cataract incisions: architectural stability and reproducibility // *J Cataract Refract Surg*. — 2010. — Vol. 36 (6). — P. 1048—1049.

11. Nagy Z. Z., Takacs A., Filkorn T., Sarayba M. Initial clinical evaluation of intraocular femtosecond laser in cataract surgery // *J Refract Surg*. — 2009. — Vol. 25. — P. 1053—1060.

12. Nagy Z. Z. New technology update: femtosecond laser in cataract surgery // *Clin Ophthalmol*. — 2014. — Vol. 8. — P. 1157—1167.

13. Tomilova E., Shukhaev S. A novel method to compare phacoemulsification parameters in vivo: two halves of one nucleus. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. — 2016. — Aug; Vol. 254 (8). — R. 1579—84.

Контактная информация

Шухаев Сергей Викторович — врач-офтальмолог 7-го хирургического отделения Санкт-Петербургского филиала ФГБУ МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова, e-mail: shukhaevsv@gmail.com