

СПОСОБ ПРОФИЛАКТИКИ ПОСТОПЕРАЦИОННОЙ АМЕТРОПИИ ПУТЕМ ПРОВЕДЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОЙ СКВОЗНОЙ КЕРАТОПЛАСТИКИ

Сучкова В.А.*, Арутюнян Л.Л., Измайлова С.Б.,
Шацких А.В., Таевере М.Р.

ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза»
им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Москва

DOI: 10.25881/20728255_2023_18_4_S1_47

Резюме. Обоснование: Сквозная кератопластика (СКП) часто остается единственным возможным радикальным методом лечения пациентов с патологией роговицы, одной из которых является кератоконус в поздних стадиях [1]. Главным критерием успешности выполненной кератопластики на сегодняшний день остается прозрачное приживление трансплантата, однако в настоящее время все большее значение приобретает достижение высоких клинико-функциональных результатов после операции, что напрямую зависит от степени аметропии прооперированного глаза [2]. Известно достаточно большое количество методов профилактики посткератопластической аметропии, но как показали исследования, каждый из методов имеет ряд недостатков. Поэтому в настоящее время по-прежнему актуален поиск оптимального способа интраоперационной коррекции аметропии у пациентов с кератоконусом, позволяющего получить стабильный результат.

Цель: Разработать модифицированный способ проведения сквозной фемто-ассистированной кератопластики.

Материалы и методы: Объектами экспериментального исследования стали 10 изолированных донорских (кадаверных) глаз, не прошедшие качественный отбор материала для проведения кератопластики. Всем донорским глазам была проведена фемто-ассистированная сквозная кератопластика с имплантацией интрастромального кольца по предложенному методу.

Результаты: При моделировании предложенной нами технологии мы получили полное просечение роговицы без образования тканевых мостиков и спаек.

Заключение: Благодаря фемтосекундным технологиям интрастромальное кольцо занимает правильное положение по всей окружности и остается фиксированным окружающими тканями в своем ламеллярном кармане.

Ключевые слова: интрастромальное кольцо, кератопластика, фемтосекундный лазер, кератоконус.

Введение

У пациентов с далекозашедшей стадией кератоконуса, которая часто характеризуется выраженным истончением роговицы, степень астигматизма после проведения СКП выше, чем у пациентов с другими патологиями по причине формирования неравномерного по толщине рубца [3]. Также у данной группы пациентов существует возможность прогрессии эктатических изменений на остаточном периферическом ободке роговицы реципиента, что приводит к еще большему увеличению показателей кератометрии и увеличению степени астигматизма [4]. По данным ряда авторов, астигматизм величиной 5,00 дптр и выше развивается у 15–27% пациентов, перенёсших СКП [5].

С целью профилактики посткератопластических аметропий и воздействия на остаточный истонченный периферический ободок роговицы реципиента нами был предложен модифицированный метод проведения сквозной фемто-кератопластики с имплантацией интрастромального замкнутого кольца [6].

METHOD FOR PREVENTING POSTOPERATIVE AMETROPIA BY PERFORMING MODIFIED PENETRATING KERATOPLASTY

Suchkova V.A.*, Arutyunyan L.L., Izmailova S.B., Shatskikh A.V., Taevere M.R.
The S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Moscow

Abstract. Rationale: Penetrating keratoplasty (PKP) often remains the only possible radical treatment for patients with corneal pathologies, one of which is keratoconus in the late stages [1]. The main criterion for the success of keratoplasty today remains transparent engraftment of the graft, but nowadays it is becoming increasingly important to achieve high clinical and functional results after surgery, which directly depends on the degree of ametropia of the operated eye [2]. Today, a fairly large number of methods for preventing postkeratoplastic ametropia are known, but as studies have shown, each method has a number of disadvantages. Therefore, at present, the search for an optimal method for intraoperative correction of ametropia in patients with keratoconus, allowing to obtain a stable result, is still relevant.

Objective: Development of a new modified method for performing penetrating femto-assisted keratoplasty.

Methods: The objects of the experimental study were 6 isolated donor (cadaver) eyes that did not undergo high-quality selection of material for keratoplasty. All donor eyes underwent femto-assisted penetrating keratoplasty with implantation of an intrastromal ring according to the proposed method.

Results: When modeling the technology we proposed, we obtained a complete cut of the cornea without the formation of tissue bridges and adhesions.

Conclusion: With the help of femtosecond technologies, the intrastromal ring places the correct position around the entire circumference and remains fixed by the surrounding tissues in its lamellar pocket, which eliminates the need for suturing.

Keywords: intrastromal ring, keratoplasty, femtosecond laser, keratokonus.

Материалы и методы

Объектами экспериментального исследования стали 10 изолированных донорских (кадаверных) глаз, не прошедшие качественный отбор материала для проведения кератопластики. Кадаверные глаза были предоставлены Глазным тканевым банком федерального государственного автономного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр «Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации г. Москва, имеющим лицензию на осуществление медицинской деятельности по изъятию и хранению органов и (или) тканей человека для трансплантации; транспортировку органов и (или) тканей человека для трансплантации. Каждый экспериментальный глаз с целью фиксации помещали в специальную подставку-держатель (Экспериментально-техническое производство «Микрохирургия глаза», Россия, Москва), которая путем вращения винта-фиксатора регулирует

* e-mail: 9324val@gmail.com

степень давления на глазное яблоко, и тем самым создается стабильное внутриглазное давление. Как известно из литературы, значение внутриглазного давления влияет на полученный размер (диаметр) сформированного ложа роговицы реципиента, а так же размер диска донорского трансплантата [7]. В связи с этим для более точного формирования роговичных срезов параметр внутриглазного давления в каждом случае контролировался с помощью аппланационной тонометрии по Маклакову грузами в 10 грамм и составил 17 ± 3 мм рт. ст. После фиксации кадаверного глаза выполняли скарификацию эпителия. С помощью фемтосекундного лазера выполнялась подготовка ложа роговицы реципиента путем формирования профильного роговичного среза с паттерном «гриб» и образованием в остаточной строме бокового ламеллярного кольцевидного тоннеля (интраламеллярный срез) концентрично лимбу. Образованный с помощью фемтосекундного лазера ламеллярный тоннель служил «карманом» для замкнутого интрастромального кольца, которое имплантировалось интраоперационно перед фиксацией диска донорской роговицы к ложу роговицы реципиента. Подготовка донорского роговичного трансплантата проходила так же с использованием фемтосекундного лазера, при этом паттерн имеет конгруэнтную форму «гриба» с размерами, соответствующими подготовленному ложу роговицы реципиента. Для избегания чрезмерного давления интрастромальное кольцо на роговичную ткань в сформированном кольцевом интрастромальном тоннеле, его параметр длины задается больше диаметра интрастромальное кольцо на 0,4 мм. Благодаря наличию этого тоннеля интрастромальное кольцо помещали на точно заданную глубину. Оно остается отдалено от интерфейса донор-реципиент, тем самым минимизируется его влия-

ние на формирование полноценного рубца роговицы, его плотность и стабильность в послеоперационном периоде. Роговичный диск фиксировали с помощью обвивного роговичного шва (нейлон 10-0).

С целью оценки возможного деструктивного влияния лазерного воздействия на окружающую ткань при используемых настройках фемтосекундного лазера провели гистологическое исследование краёв роговичных срезов. Для выполнения исследования опытный материал фиксировали в растворе нейтрального формалина, далее промывали проточной водой, обезвоживали в спиртах восходящей концентрации, после чего снова заливали формалином. Выполняли гистологические срезы, окрашенные гематоксилин-эозином, полученные препараты изучали под световым микроскопом фирмы «Leica DM LB2» («Leica», Германия) при $\times 50, \times 100, \times 200, \times 400$ -кратном увеличении с последующим фотографированием.

Результаты

Результаты проведения модифицированной технологии сквозной фемто-кератопластики с имплантацией интрастромального кольца в эксперименте проводили с помощью оптической когерентной томографии переднего отрезка глазного яблока Visante OCT (Carl Zeiss Meditec, Германия). В ходе исследования оценивали равномерность залегания интрастромального кольца путем определения глубины расположения его верхнего края в строме кадаверного глаза в 8-ми равномерно удаленных друг от друга точках по данным оптической когерентной томографии (Рис. 1), в среднем этот параметр составил $445,6 \pm 14,9$ мкм.

На полученных образцах определялся максимально ровный отвесной край роговичного среза, окружающая

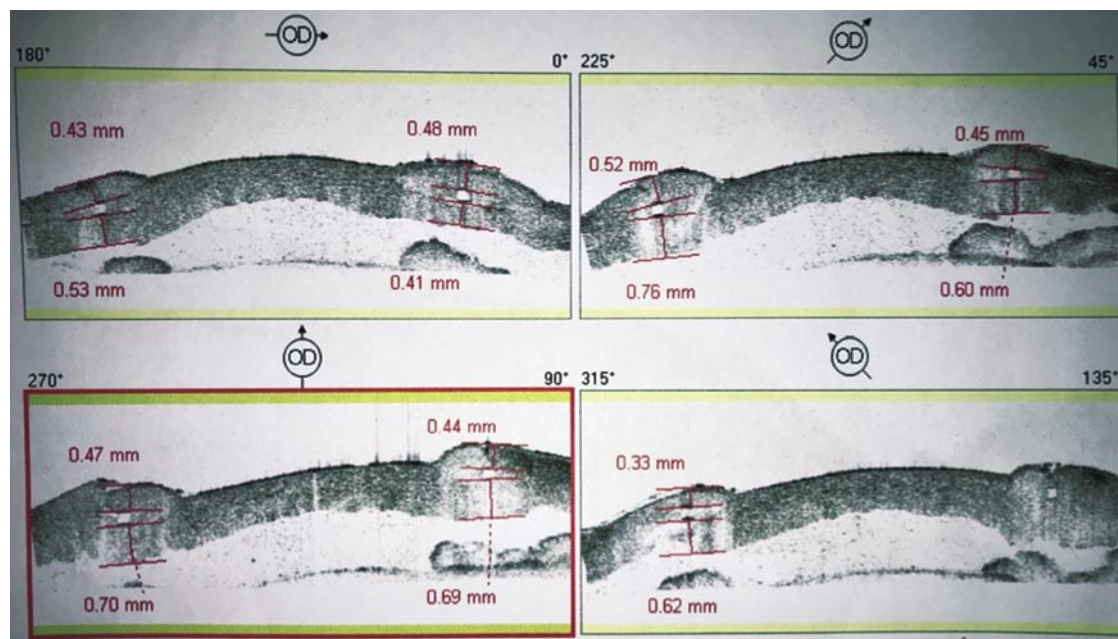
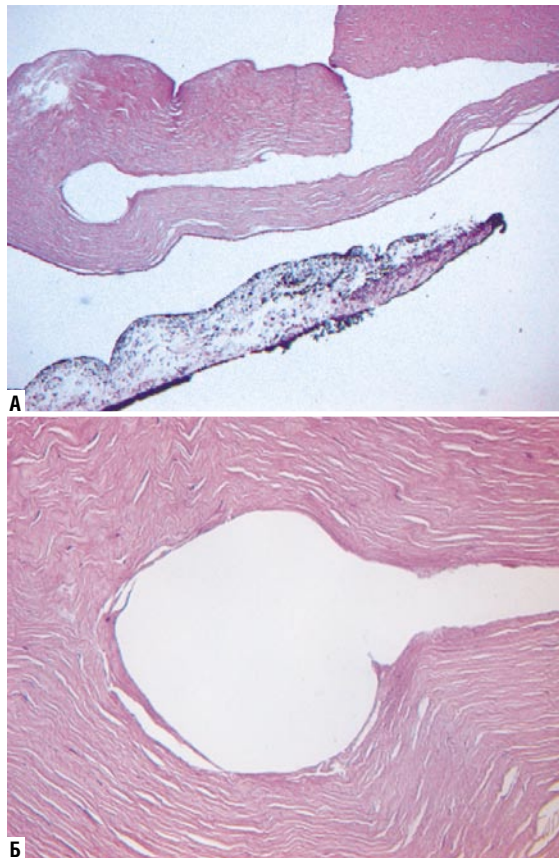


Рис. 1. Измерение глубины залегания интрастромального кольца по данным оптической когерентной томографии.

Табл. 1. Параметры роговичных срезов, используемых при экспериментальном моделировании на кадаверных глазах

| Параметр | Значение |
|---|----------|
| Верхний (внешний) диаметр | 7,5 мм |
| Нижний (внутренний) диаметр | 6,5 мм |
| Диаметр замкнутого интрастромального кольцевого кармана | 8,9 мм |
| Глубина замкнутого интрастромального кольцевого кармана (глубина «ступеньки») | 450 мкм |
| Диаметр замкнутого интрастромального кольца | 8,5 мм |

**Рис. 2.** Гистологический препарат дезителеризированной донорской роговицы после моделирования фемто-кератопластики с боковым ламеллярным туннелем, выполненным фемтосекундным лазером с периферическим расширением вследствие установки интрастромального кольца (в процессе гистологической окраски интрастромальное кольцо выпало из препарата). Окраска гематоксилин – эозин, увеличение А – $\times 50$, Б – $\times 200$.

ткань была без признаков повреждения, сформированный ламеллярный тоннель имел четкую форму без разволокнения стромы (Рис. 2 А, Б).

Обсуждение

Таким образом, экспериментальное моделирование на кадаверных глазах позволило разработать технику предлагаемой модифицированной сквозной фемто-кератопластики с имплантацией замкнутого интрастромального кольца и алгоритм хирургического вмешательства. По данным оптической когерентной томографии

переднего отрезка глазного яблока интрастромальное кольцо располагалось равномерно во всех сегментах, без признаков его смещения. Использование параметров работы фемтосекундного лазера, рекомендованных производителем для проведения кератопластики, позволили выполнить качественное отделение роговичного диска без применения механического усилия во всех случаях. Гистологическое исследование образцов показало отсутствие деструктивного воздействия применяемых параметров фемтосекундного лазера на окружающую ткань.

Заключение

Полученные результаты позволили сделать заключение о возможности применения данной методики в клинической практике для лечения пациентов с кератоконусом, а имплантация интрастромального кольца в остаточную строму роговицы реципиента является обоснованной с точки зрения предупреждения развития вторичной эктазии со стороны ткани реципиента.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов (The authors declare no conflict of interest).

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Слонимский А.Ю. Возможности реконструктивной сквозной пересадки роговицы при различной патологии переднего отрезка глаза и подход к решению основных посткератопластических проблем // Автореф. дисс. д-ра мед. наук. – Москва, 2004. – 44 с. [Slonimsky A.Y. Possibilities of reconstructive end-to-end corneal transplantation for various pathologies of the anterior segment of the eye and an approach to solving the main postkeratoplasty problems: Abstract of thesis. dis. DMSc. M., 2004].
2. Zirm EK. Eine erfolgreiche totale Keratoplastik (A successful total keratoplasty). 1906. *Refract Corneal Surg.* 1989 Jul-Aug;5(4):258-61. PMID: 2488816.
3. Miura M, Leon P, Nahum Y, et al. Recurrent keratoconus: Corneal transplants for keratoconus develop tomographic ectatic changes. *Cornea.* – 2022. – № 3. – P. 112-115.
4. Moramarco A, Gardini L, Iannetta D, Versura P, Fontana L. Post Penetrating Keratoplasty Ectasia: Incidence, Risk Factors, Clinical Features, and Treatment Options. *J Clin Med.* – 2022. – № 11(10). P. 2678.
5. Слонимский Ю.Б., Слонимский А.Ю., Джафарли Т.Б. и др. Рефракционный статус и его динамика после сквозной пересадки роговицы. Анализ многолетних наблюдений // Российский симпозиум по рефракционной и пластической хирургии глаза, 4-й.: Сб. науч. ст. – М, 2002. – С. 27-29. [Slonimsky Yu.B., Slonimsky A.Yu., Jafarli T.B. and others. Refractive status and its dynamics after end-to-end corneal transplantation. Analysis of long-term observations // Russian Symposium on Refractive and Plastic Surgery of the Eye, 4th: Sat. scientific Art. – M, 2002. – P. 27-29].
6. Патент РФ на изобретение №2646588/5.03.2018. Бюл.№7. Измайлова С.Б., Малюгин Б.Э., Новиков С.В., Зимина М.В. Способ проведения кератопластики с одномоментной имплантацией интрастромального кольца. Патент РФ на изобретение №2674889/13.12.2018. Бюл. №35. Измайлова С.Б., Новиков С.В., Зимина М.В., Чуприн В.В. Способ проведения кератопластики с одномоментной имплантацией интрастромального кольца для профилактики послеоперационного астигматизма. [Patent RUS №2646588/03/05/2018. Byul. №7. Izmailova S.B., Malyugin B.E., Novikov S.V., Zimina M.V. Method of performing keratoplasty with simultaneous implantation of an intrastromal ring. Patent RUS №2674889/13.12.2018. Byul. №35. Izmailova S.B., Novikov S.V., Zimina M.V., Chuprin V.V. Method of keratoplasty with simultaneous implantation of an intrastromal ring for the prevention of postoperative astigmatism]
7. Liu J., Roberts S.J. Influence of the biomechanical properties of the cornea on the measurement of intraocular pressure: a quantitative analysis. *Cataract-refractive surgery.* – 2005. – № 31(1). P. 146-155.