

Особенности хирургической техники и клинико-функциональные результаты кератопротезирования у пациентов после неэффективной сквозной кератопластики



А.В. Головин



А.А. Трошина



В.Р. Манцова



А.В. Прошко



Е.В. Кечин

ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
Бескудниковский бульвар, 59а, Москва, 127486, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2025;22(3):547-557

Цель: провести анализ клинико-функциональных результатов хирургического лечения пациентов с сосудистым бельмом роговицы после неэффективной кератопластики в анамнезе. **Пациенты и методы.** Проведен анализ хирургического лечения 33 пациентов (33 глаз) с сосудистым бельмом роговицы различной этиологии, которым в анамнезе была проведена кератопластика. Средний возраст больных составил $54,6 \pm 15,5$ года (от 26 до 79 лет). В первую группу вошли 15 пациентов (15 глаз), которым проводили первый этап кератопротезирования с формированием интрастромального кармана методом мануального расслаивания бельма под интраоперационным контролем ОКТ. Вторую группу составили 10 пациентов (10 глаз), которым выполняли первый этап кератопротезирования с формированием интрастромального кармана при помощи фемтосекундного лазера. Третью группу составили 8 пациентов (8 глаз), которым была выполнена сквозная ре-кератопластика. **Результаты.** Были получены сравнимые функциональные результаты в исследуемых группах, в том числе по количеству интра- и послеоперационных осложнений. Однако в первой и третьей группах было клинически значимо больше интраоперационных осложнений, чем во второй группе. Отмечено клинически значимое различие по количеству послеоперационных осложнений: во второй группе — 30,0 %, в первой — 46,7 % и в третьей — 62,5 %. У пациентов первой и второй групп имело место стабильное положение опорной пластины кератопротеза в различные сроки наблюдения, а после проведения второго этапа кератопротезирования — улучшение зрительных функций. Толщина сосудистого бельма оставалась стабильной в обеих группах на всех сроках наблюдения. **Заключение.** При проведении первого этапа кератопротезирования возможно формирование кармана как мануальным методом, так и с использованием фемтосекундного лазера. Вариантом выбора у пациентов с сосудистым бельмом является сквозная кератопластика, однако следует учитывать высокий риск декомпенсации трансплантата после каждой последующей пересадки, в особенности у пациентов с ожоговой этиологией сосудистого бельма.

Ключевые слова: кератопротезирование, сосудистое бельмо, интрастромальный карман, сквозная кератопластика

Для цитирования: Головин А.В., Трошина А.А., Манцова В.Р., Прошко А.В., Кечин Е.В. Особенности хирургической техники и клинико-функциональные результаты кератопротезирования у пациентов после неэффективной сквозной кератопластики. *Офтальмология*. 2025;22(3):547-557. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2025-3-547-557>

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов отсутствует.



Peculiarities of Surgical Technique, Clinical and Functional Results of Keratoprosthesis Implantation in Patients after Ineffective Keratoplasty

A.V. Golovin, A.A. Troshina, V.R. Mantsova, A.V. Proshko, E.V. Hechin

S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Beskudnikovskiy Blvd, 59a, Moscow, 127486, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2025;22(3):547–557

Objective: To evaluate clinical and functional results of the surgical treatment in patients after ineffective penetrating keratoplasty. **Patients and methods.** The study enrolled 33 patients (33 eyes) aged from 26 to 79 years after ineffective penetrating keratoplasty. The first group included 15 patients (15 eyes), who underwent the first stage of keratoprosthesis implantation using manual technique of creating the intrastromal pocket under intraoperative AS-OCT control. The second group included 10 patients (10 eyes), who underwent the first stage of keratoprosthesis implantation with creating the intrastromal pocket using a femtosecond laser. The third group included 8 patients (8 eyes), who underwent penetrating rekeratoplasty. **Results.** Functional results in the study groups were comparable. There were no significant differences in the number of intra- and postoperative complications between three study groups ($p < 0.05$). However, in the first and third groups, there were more intraoperative complications than in the second group. The significant difference in the number of postoperative complications was also noted: in the first group — 46.7 %, in the second group — 30.0 % and in the third group — 62.5 %. In the first and second groups, the position of the keratoprosthesis intralaminar plate was stable at different follow-up periods. Also, in these groups, after the second stage of keratoprosthesis implantation, vision improved. Vascular leucoma thickness was stable in both groups at all follow-up periods. **Conclusion.** The first stage of keratoprosthesis implantation can be performed using manual technique of creating the intrastromal pocket or using a femtosecond laser. The standard surgical treatment of patients with vascular leucoma is penetrating keratoplasty, but the high risk of graft failure after each corneal transplantation should be taken into account, especially in patients with vascular leucoma due to burns.

Keywords: Keratoprosthesis, vascular leucoma, intrastromal pocket, penetrating keratoplasty

For citation: Golovin A.V., Troshina A.A., Mantsova V.R., Proshko A.V., Hechin E.V. Peculiarities of Surgical Technique, Clinical and Functional Results of Keratoprosthesis Implantation in Patients after Ineffective Penetrating Keratoplasty. *Ophthalmology in Russia*. 2025;22(3):547–557. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2025-3-547-557>

Financial Disclosure: no author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

There is no conflict of interests.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Одной из серьезных и актуальных проблем современной офтальмологии является восстановление зрительных функций у пациентов с сосудистым бельмом роговицы.

Несмотря на многообразие хирургических методик и возможности фармакотерапии, частота развития отека и помутнения трансплантата варьирует от 2,3 до 65 % по данным различных авторов [1]. Развитие реакции отторжения трансплантата после успешного проведения сквозной кератопластики (СКП) может быть обусловлено рядом факторов, среди которых выделяют воспалительные процессы, повышенное внутриглазное давление, степень васкуляризации, наличие предыдущих кератопластик в анамнезе [2].

В ряде случаев также при лечении пациентов с ожоговыми, дистрофическими и посттравматическими бельмами или при наличии врожденной патологии роговицы, сопровождающейся ее васкуляризацией, сквозная кератопластика оказывается неэффективной [3]. Декомпенсация трансплантата происходит в связи с такими патологическими состояниями, как синдром лимбальной недостаточности, выраженный рубцово-спаечный

процесс, активная неоваскуляризация, хронический вялотекущий увеит, декомпенсация внутриглазного давления (ВГД) и др. [4].

На сегодняшний день не существует единого мнения, какая тактика считается предпочтительной для хирургического лечения пациентов после проведения неэффективной сквозной кератопластики. Альтернативным способом эффективного хирургического лечения данной группы пациентов, позволяющим добиться максимальных функциональных результатов в послеоперационном периоде, является кератопротезирование [5].

Проведение первого этапа кератопротезирования у пациентов после выполненной ранее сквозной кератопластики имеет определенные особенности. Описаны методики имплантации опорной пластины кератопротеза в интрастромальный карман (ИСК), формируемый с помощью фемтосекундного лазера или методом мануального расслаивания бельма под интраоперационным контролем оптической когерентной томографии (ОКТ) [6]. Для данной группы пациентов разработка оптимальной тактики хирургического лечения, позволяющей добиться максимальных функциональных результатов с минимальной вероятностью осложнений

в послеоперационном периоде, является актуальным направлением для исследования.

Цель: провести анализ клинико-функциональных результатов хирургического лечения у пациентов с сосудистым бельмом после неэффективной сквозной кератопластики в анамнезе.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Проведено хирургическое лечение 33 пациентов (33 глаза) с сосудистым бельмом различной этиологии, у которых в анамнезе была сквозная кератопластика. Средний возраст больных составил $54,6 \pm 15,5$ года (от 26 до 79 лет), из них 20 мужчин и 13 женщин.

На дооперационном этапе всем пациентам была выполнена полная клинико-функциональная диагностика, включавшая сбор анамнеза, биомикроскопию, визометрию, периметрию, тонометрию, ЭФИ, В-сканирование, ОКТ переднего отрезка, УБМ. Данное обследование проводили всем пациентам до операции, а также на сроках 1 и 6 мес. после выполнения первого этапа кератопротезирования.

В процессе сбора анамнеза особое внимание уделялось этиологии бельма и истории предыдущих хирургических вмешательств (кратность проведения сквозной кератопластики, укрепление бельма аутоканьями, наличие антиглаукомных операций и др.). При биомикроскопии обращали внимание на степень прозрачности трансплантата, определяемую возможностью визуализации структур передней камеры глаза. При проведении ОКТ переднего отрезка и ультрабиомикроскопии (УБМ) учитывали толщину и равномерность бельма, глубину передней камеры, степень открытия угла передней камеры (УПК), наличие иридокорнеальных сращений.

Критериями не включения были неравномерность бельма с выраженным истончением до толщины менее 600 мкм, острый воспалительный процесс, нарушения придаточного аппарата глаза (симблефарон, выворот, заворот век и др.), некомпенсированное повышение ВГД, грубые изменения сетчатки и зрительного нерва, серьезные соматические заболевания.

Все пациенты были разделены на 3 клинические группы в зависимости от выбранного метода хирургического лечения:

- 1-ю группу составили 15 пациентов (15 глаз), которым проводили первый этап кератопротезирования с формированием интрастромального кармана методом мануального расслаивания бельма под интраоперационным контролем ОКТ;
- 2-ю группу составили 10 пациентов (10 глаз), которым выполняли первый этап кератопротезирования с формированием интрастромального кармана с помощью фемтосекундного лазера;
- 3-ю группу составили 8 пациентов (8 глаз), у которых методом лечения была выбрана сквозная кератопластика.

Второй этап кератопротезирования у пациентов 1-й и 2-й групп проводили не менее чем через 6 месяцев после имплантации опорной пластины кератопротеза при отсутствии осложнений в послеоперационном периоде. Второй этап включал вкручивание оптического цилиндра, подобранного в соответствии с индивидуальными параметрами глаза пациента. Методика проведения второго этапа кератопротезирования не отличалась у пациентов обеих групп.

До и после лечения оценивали следующие параметры: максимально скорректированную остроту зрения (МКОЗ), уровень внутриглазного давления (ВГД), общую толщину бельма по данным ОКТ и УБМ, толщину бельма над и под опорной пластиной кератопротеза по данным ОКТ и УБМ. Была также проанализирована частота интра- и послеоперационных осложнений в исследуемых группах.

Для проведения статистического анализа данные вносили в электронную таблицу Microsoft Excel 2010 («Microsoft»). Статистическую обработку данных осуществляли с использованием языка программирования Python 3, библиотек Pandas, SciPy и редактора кода Visual Studio Code («Microsoft»). Характер распределения данных оценивали с помощью критерия Шапиро — Уилка. Сравнение данных между двумя независимыми группами выполняли с использованием критерия Манна — Уитни, между тремя — с помощью критерия Краскела — Уоллиса с последующим попарным сравнением с применением критерия Данна с поправкой Бонферрони. Сравнения категориальных данных проводили с использованием критерия Хи-квадрат (в том числе с поправкой Йейтса), точного критерия Фишера в зависимости от числа ожидаемых частот. При попарном сравнении категориальных данных применяли поправку Бонферрони. Построение графиков осуществляли с использованием библиотек Seaborn, Matplotlib и Statannnotations. Данные представлены в формате Me (Q1; Q3), где Me — медиана, Q1, Q3 — нижний и верхний квартили, а также в виде абсолютных значений и процентов, рассчитывали минимальное и максимальное значения (Min и Max соответственно). Статистически значимыми признавали различия, при которых уровень статистической значимости p менее 0,05 ($p < 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Три исследуемые группы были сопоставимы по полу, возрасту и этиологии бельма ($p > 0,05$). Длина переднезадней оси оперированных глаз составила в среднем $23,1 \pm 1,07$ (от 21,5 до 26,5) мм. Основными причинами формирования сосудистого бельма являлись химический ожог и терминальный дистрофический процесс. В 3-х случаях (9 %) бельмо сформировалось в результате токсико-аллергической реакции.

Распределение пациентов по этиологии сосудистого бельма, а также основные медико-демографические данные пациентов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Медино-демографические данные пациентов до лечения**Table 1.** Patients' medical and demographic data before surgery

Показатель Parameter	Мануальная техника Manual technique		Фемтолазер Femtosecond laser		СКП РКР		p-value
	Абс. Abs.	%	Абс. Abs.	%	Абс. Abs.	%	
Всего глаз Total amount of eyes	15	100,0	10	100,0	8	100,0	—
Всего человек Total amount of patients	15	100,0	10	100,0	8	100,0	—
из них мужчин Males	11	73,3	5	50,0	4	50,0	0,470*
женщин Females	4	26,7	5	50,0	4	50,0	
Возраст, лет Age, y.o. Me (Q1; Q3)	62 (45; 74) Min-Max: 31–79		52,5 (41,5; 59) Min-Max: 26–64		57,5 (53,5; 63) Min-Max: 35–72		0,433**
ПЗО, мм AL, mm Me (Q1; Q3)	25,32 (23,68; 26,32) Min-Max: 22,68–27,52		22,86 (22,10; 23,56) Min-Max: 21,34–25,42		23,14 (22,46; 23,61) Min-Max: 21,50–24,81		0,003** $p_{\text{мануально-фемто}} = 0,006^{***}$ $p_{\text{мануально-femtosecond}} = 0,006^{***}$ $p_{\text{мануально-СКП}} = 0,026^{***}$ $p_{\text{мануал-РКР}} = 0,026^{***}$ $p_{\text{СКП-фемто}} = 1,000^{***}$ $p_{\text{РКР-femtosecond}} = 1,000^{***}$
Толщина бельма, мм Leucoma thickness, mm Me (Q1; Q3)	965 (646; 1261) Min-Max: 620–1440		749 (704; 805) Min-Max: 652–831		566 (559; 580) Min-Max: 550–587		<0,001** $p_{\text{мануально-фемто}} = 0,933^{***}$ $p_{\text{мануал-femtosecond}} = 0,933^{***}$ $p_{\text{мануально-СКП}} < 0,001^{***}$ $p_{\text{мануал-РКР}} < 0,001^{***}$ $p_{\text{СКП-фемто}} = 0,006^{***}$ $p_{\text{РКР-femtosecond}} = 0,006^{***}$
Этиология Etiology							
Дистрофия Dystrophy	4	26,7	4	40,0	3	37,5	0,636*
Ожог Burn	8	53,3	6	60,0	5	62,5	
Токсико- аллергиче- ская реакция Toxic allergic reaction	3	20,0	0	0,0	0	0,0	

Примечание: * точный критерий Фишера, ** критерий Краскела — Уоллеса, *** критерий Данна с поправкой Бонферрони.

Note: * Fisher's exact test, ** Kruskal-Wallis test, *** Dunn's criterion with Bonferroni correction.

У большинства пациентов ранее были выполнены неоднократные оперативные вмешательства, среди них: сквозная кератопластика (33), устранение симблефарона с пластикой конъюнктивальных сводов различными биологическими материалами (7), укрепление бельма различными пластическими материалами до кератопротезирования (4), микроимпульсная лазерная циклофотокоагуляция (6).

Перед операцией острота зрения у пациентов всех групп была существенно снижена и варьировала от $1/\infty$ pr. certa до 0,01. В связи с выраженными изменениями глазной поверхности у всех пациентов измерение внутриглазного давления (ВГД) осуществляли пальпаторно.

Таблица 2. Исходные клинико-функциональные данные пациентов, $n = 33$ **Table 2.** Patients' primary clinical and functional data, $n = 33$

Параметры Parameters		1-я группа ($n = 15$), n (%) Group 1 ($n = 15$), n (%)	2-я группа ($n = 10$), n (%) Group 2 ($n = 10$), n (%)	3-я группа ($n = 8$), n (%) Group 3 ($n = 8$), n (%)	Всего ($n = 33$), n (%) Total ($n = 33$), n (%)
Средняя толщина роговицы, мкм Average corneal thickness, μm		689,4 $\pm$ 54,4	634,3 $\pm$ 50,1	568,1 $\pm$ 13,7	661,9 $\pm$ 52,3
Толщина роговицы Corneal thickness	равномерная regular	4 (26,7 %)	8 (80 %)	8 (100 %)	20 (61 %)
	неравно- мерная irregular	11 (73,3 %)	2 (20 %)	—	13 (39 %)
Степень прозрачности сосудистого бельма (возможность частичной визуализации деталей передней камеры) Degree of transparency (partial visualization of anterior chamber structures)		—	10 (100 %)	6 (75 %)	16 (48 %)
Наличие фиброваскулярного паннуса Fibrovascular pannus		1 (6,3 %)	4 (40 %)	—	5 (15 %)
Средняя толщина фиброва- скулярного паннуса, мкм Average fibrovascular pannus thickness, μm	n OCT AS-OCT	43,2 $\pm$ 7,3	40,7 $\pm$ 6,6	—	41,9 $\pm$ 6,9
	УБМ UBM	49,9 $\pm$ 5,8	47,2 $\pm$ 5	—	48,4 $\pm$ 5,3
Средний диаметр кольцевидного рубца после СКП Average diameter of circular scar after PKP		7,8 $\pm$ 0,7	8,5 $\pm$ 0,39	8,3 $\pm$ 0,25	8,15 $\pm$ 0,66

На момент диагностики перед проведением хирургического лечения у всех пациентов уровень офтальмотонуса пальпаторно был в пределах нормы, при этом 18 пациентов (54 %) получали антиглаукомные препараты.

Методом В-сканирования противопоказаний для хирургического лечения выявлено не было. Показатели ЭФИ были в пределах нормы на 25 глазах (76 %), в остальных случаях отмечалось умеренное снижение данных показателей.

Исходные клинико-функциональные данные пациентов представлены в таблице 2.

Для проведения кератопротезирования у пациентов 1-й и 2-й групп использовали кератопротез модели

Федорова — Зуева (размер 8 на 5,5 мм), модифицированную опорную пластину кератопротеза Федорова — Зуева¹, имеющую размер 5,5×6,5 мм (Экспериментально-техническое производство «Микрохирургия глаза», Россия) и кератопротез «Репер НН» (г. Нижний Новгород). Выбор модели опорной пластины зависел от диаметра рубца после СКП и от степени равномерности сосудистого бельма. По типу модели имплантируемого кератопротеза статистически значимое различие между пациентами 1-й и 2-й групп отсутствовало ($p > 0,05$, точный критерий Фишера) (табл. 3).

В группе с механической техникой выкраивания кармана статистически значимо большему количеству глаз было выполнено укрепление бельма до 1 этапа кератопротезирования ($p < 0,05$, точный критерий Фишера) (табл. 3).

В случаях, если бельмо было неравномерным по своей толщине, визуализировалось тотальное васкуляризированное бельмо, диаметр кольцевидного рубца составлял от 7 до 9 мм, а также в анамнезе отмечалось укрепление сосудистого бельма аутоотканями, проводился первый этап кератопротезирования с формированием интрастромального кармана методом мануального расслаивания бельма под интраоперационным контролем ОКТ (1-я группа) (рис. 1).

Таблица 3. Данные об имплантируемой модели кератопротеза и укреплении бельма до 1-го этапа кератопротезирования у пациентов 1-й и 2-й групп

Table 3. Patients' 1st and 2nd groups data on implanted keratoprosthesis model and autograft transplantation before the first stage of keratoprosthesis implantation

Показатель Parameters	Значение Value	Мануальная техника Manual technique		Фемтолазер Femtosecond laser		p-value*
		Абс. Abs.	%	Абс. Abs.	%	
Укрепление бельма до 1-го этапа Autograft transplantation before the first stage	Да Yes	7	46,7	0	0,0	0,020
	Нет No	8	53,3	10	100,0	
Модель кератопротеза Keratoprosthesis model	Кератопротез Федорова — Зуева (классическая модель) Fyodorov — Zuev keratoprosthesis (classic model)	1	6,7	0	0,0	0,125
	Кератопротез Федорова — Зуева (модифицированная модель) Fyodorov — Zuev keratoprosthesis (modified model)	3	20	0	0	
	Репер Reper	11	73,3	10	100,0	

Примечание: * точный критерий Фишера.

Note: * Fisher's exact test.

¹ Заявка на выдачу патента на полезную модель 2025109431 от 15.04.2025.

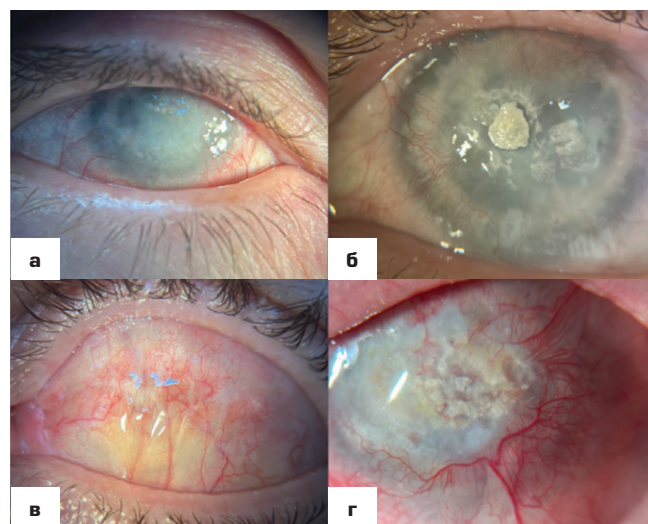


Рис. 1. Серия снимков пациентов с сосудистым бельмом, имеющих в анамнезе кератопластику: а — сосудистое бельмо после сквозной кератопластики, проведенной после химического ожога серной кислотой; б — сосудистое бельмо после сквозной кератопластики, проведенной после термического ожога паром; в — сосудистое бельмо после сквозной кератопластики с одномоментным укреплением аутоотканями после химического ожога щелочью; г — сосудистое бельмо после неоднократной кератопластики с образованием фиброваскулярного паннуса после минно-взрывного ранения

Fig. 1. Patients with corneal vascular leucoma after keratoplasty: а — vascular leucoma after penetrating keratoplasty due to chemical burn caused by sulphuric acid; б — vascular leucoma after penetrating keratoplasty due to steam burn; в — vascular leucoma after penetrating keratoplasty with simultaneous autograft transplantation due to alkali burn; г — vascular leucoma after multiple keratoplasties with fibrovascular pannus due to mine blast injury

Техника операции заключалась в следующем.

Первым этапом производили разрез роговицы, соответствующий параметрам выбранной модели кератопротеза. Под контролем иОКТ выполняли механическое расслаивание сосудистого бельма с постепенным формированием ИСК; для лучшей визуализации в расслоенный участок бельма вводили когезивный вискоэластик, в результате этого на иОКТ визуализировался профиль расслаиваемого ИСК, что обеспечивало более четкие, топографически ориентированные хирургические манипуляции, позволяющие осуществить формирование ИСК на оптимальной глубине, соответствующей 2/3 толщины роговицы. Далее проводили имплантацию опорной части кератопротеза в сформированный ИСК (рис. 2–5) [8].

Следует отметить, что в двух случаях ввиду истонченного сосудистого бельма до момента формирования ИСК была выполнена подготовка конъюнктивальных сводов и укрепление сосудистого бельма после имплантации опорной пластины кератопротеза из-за высоких рисков протрузии опорной пластины кератопротеза.

У пациентов 2-й группы (рис. 6–8) первый этап кератопротезирования проводился с формированием

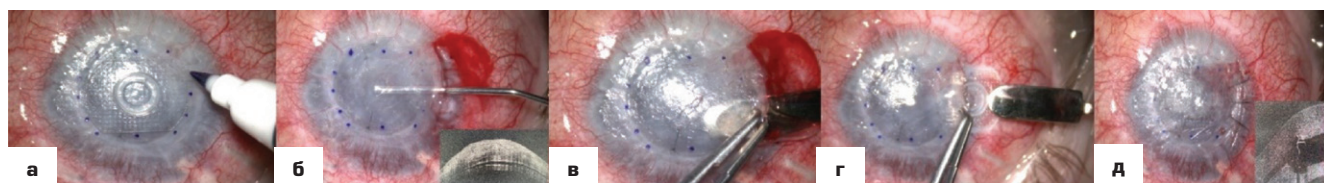


Рис. 2. Этап мануальной имплантации опорной пластины кератопротеза: а — разметка зоны ИСК; б — введение вискоэластика в ИСК с визуализацией на ОКТ; в — расслаивание бельма; г — имплантация опорной пластины; д — наложение швов

Fig. 2. Manual implantation of keratoprosthesis intralamellar plate: a — marking intrastromal pocket area; б — viscoelastic injection into intrastromal pocket under OCT control; в — leucoma dissection; г — intralamellar plate implantation; д — suturing

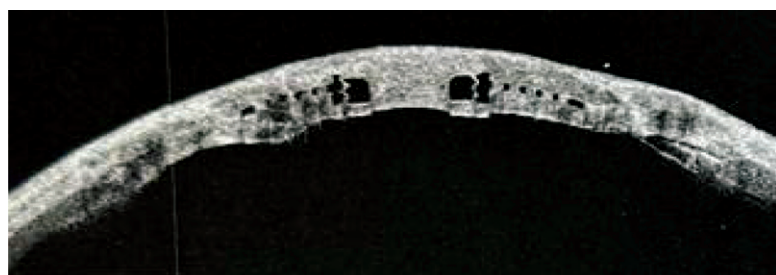


Рис. 3. ОКТ после 1-го этапа кератопротезирования, проведенного мануальным способом на сроке наблюдения 3 месяца

Fig. 3. AS-OCT after the first stage of keratoprosthesis implantation performed manually, 3-months follow-up period

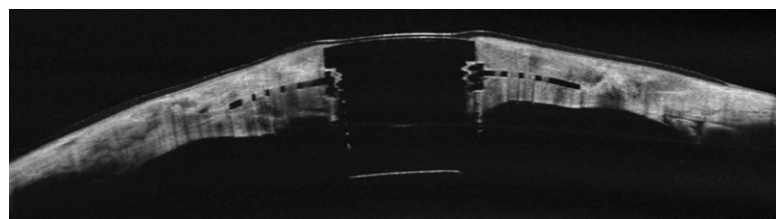


Рис. 4. ОКТ переднего отрезка после 2-го этапа кератопротезирования у пациента 1-й группы

Fig. 4. AS-OCT after the second stage of keratoprosthesis implantation in patient of the first group

интрастромального кармана при помощи фемтосекундного лазера Femto LDV Z8 (Ziemer, Швейцария). С помощью системы интраоперационной ОКТ зону будущего интрастромального кармана располагали на глубине 2/3 толщины роговицы и проводили фемтодиссекцию роговицы с формированием ИСК, соответствующего размерам имплантируемой опорной пластины кератопротеза. Далее в сформированный карман при помощи микрохирургического пинцета имплантировали опорную пластину кератопротеза [7].

При наличии фиброваскулярного паннуса перед этапом формирования ИСК проводили иссечение паннуса. Следует отметить, что укрепление сосудистого бельма аутоотканями перед проведением первого этапа кератопротезирования являлось противопоказанием для использования фемтосекундного сопровождения ввиду полной непрозрачности оптических сред.

3-ю группу составили 8 пациентов (8 глаз), у которых методом хирургического лечения была сквозная ре-кератопластика (рис. 9). Техника операции была стандартной и заключалась в выкраивании диска донорской роговицы диаметром 8–8,5 мм и фиксации его к роговице реципиента при помощи узловых швов.

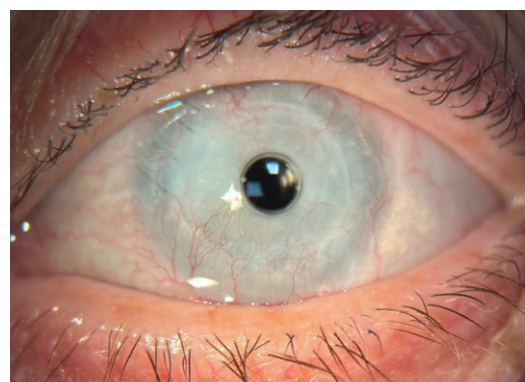


Рис. 5. Состояние после кератопротезирования с кератопротезом «Репер НН» у пациента, перенесшего в анамнезе химический ожог щелочью, сквозную кератопластину и имплантацию клапана Ахмеда

Fig. 5. Eye condition after keratoprosthesis implantation in patient after penetrating keratoplasty due to alkali burn and Ahmed valve implantation

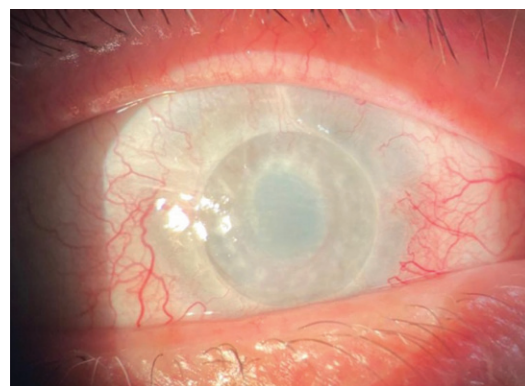


Рис. 6. Сосудистое бельмо роговицы, сформированное в результате неоднократной кератопластики по поводу травмы глаза

Fig. 6. Corneal vascular leucoma after multiple keratoplasties due to ocular trauma

При проведении хирургического вмешательства наблюдались следующие осложнения: интраоперационные — обильное кровотечение, неравномерное расслаивание интрастромального кармана, перфорация сосудистого бельма под интрастромальным карманом с признаками фильтрации

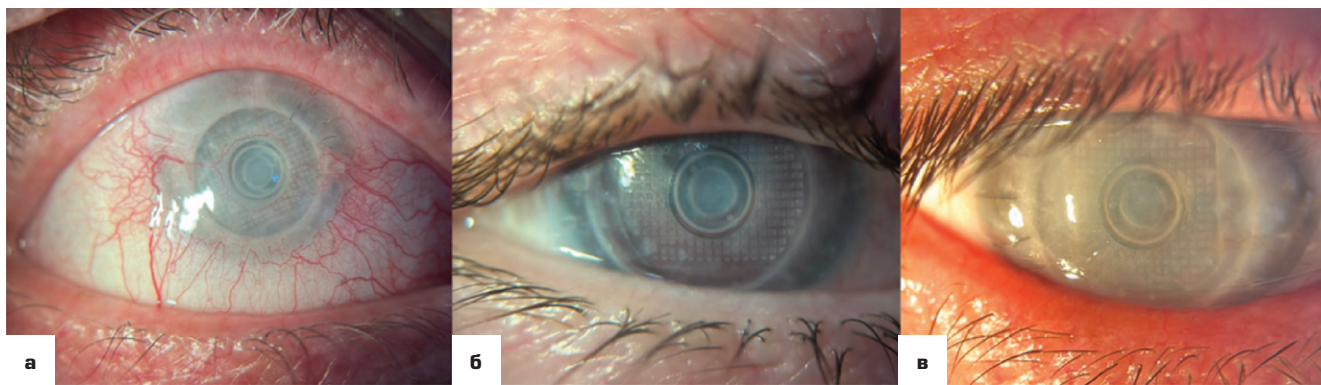


Рис. 7. Серия снимков пациентов после первого этапа кератопротезирования с использованием фемтолазера: а — пациент с терминальным дистрофическим бельмом, сформированным после неоднократной кератопластики по поводу травмы глаза; б — пациент с декомпенсацией роговичного трансплантата после сквозной кератопластики с проведенной одномоментной экстракцией катаракты и имплантацией иридохрусталиковой диафрагмы; в — пациент с сосудистым бельмом, сформированным после химического ожога, имеющий в анамнезе сквозную и послойную кератопластику

Fig. 7. Patients after the first stage of keratoprosthesis implantation: a — patient with corneal vascular leukoma after multiple keratoplasties due to ocular trauma; б — patient with graft failure after penetrating keratoplasty with simultaneous cataract extraction and lens-iris diaphragm implantation performed due to congenital corneal dystrophy, cataract and aniridia; в — patient with corneal vascular leukoma caused by chemical burn after penetrating and lamellar keratoplasty

влаги передней камеры; ранние послеоперационные — поверхностная эрозия роговицы, гипотония; поздние послеоперационные — повышение ВГД, протрузия опорной пластины кератопротеза, воспалительная реакция, помутнение трансплантата (табл. 4).

Между тремя исследуемыми группами не выявлено статистически значимых различий по количеству интра- и послеоперационных осложнений ($p < 0,05$). Однако в группе с мануальным формированием кармана для кератопротеза и группе со сквозной кератопластикой было клинически значимо больше интраоперационных осложнений (46,7 и 50,0 % соответственно), чем в группе с фемтолазерным формированием кармана для кератопротеза (0,0%). Кроме того, отмечено клинически значимое различие по количеству послеоперационных осложнений: в группе «Кератопротезирование с фемтосопровождением» — 30,0 %, в группе «Кератопротезирование мануально» — 46,7 % и в группе «СКП» — 62,5 %.

Вместе с тем стоит отметить, что в группе с мануальной техникой протрузия кератопротеза встречалась в 33,3 % случаев, а в группе с фемтолазерным формированием ИСК данное осложнение отмечено не было. Частота и характер осложнений в исследуемых группах представлены в таблице 4.

По данным МКОЗ, до и после лечения между исследуемыми группами статистически значимое различие отсутствовало ($p > 0,05$) (табл. 5). При сравнении данных толщины бельма над и под опорной пластиной у пациентов 1-й и 2-й групп (рис. 10–12) после первого и второго этапа кератопротезирования статистических значимых различий между группами не выявлено ($p > 0,05$).

По данным ВГД до и после лечения статистически значимых различий между тремя группами не выявлено ($p > 0,05$, точный критерий Фишера) (табл. 6).

Таким образом, при анализе были получены сравнимые функциональные результаты в исследуемых группах. Тем не менее в группе с использованием фемтолазерной техники формирования ИСК наблюдалось статистически значимо меньшее количество интраоперационных осложнений по сравнению с мануальным методом ($p < 0,05$).

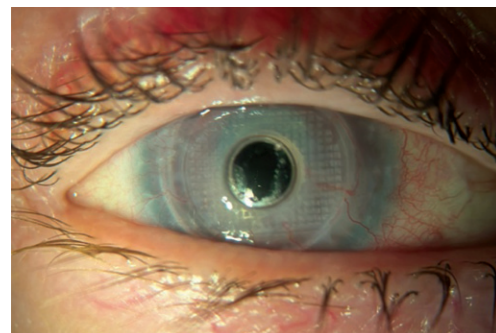


Рис. 8. Состояние после 2-го этапа кератопротезирования у пациента 2-й группы

Fig. 8. Eye condition after the second stage of keratoprosthesis implantation in patient of the 2nd group

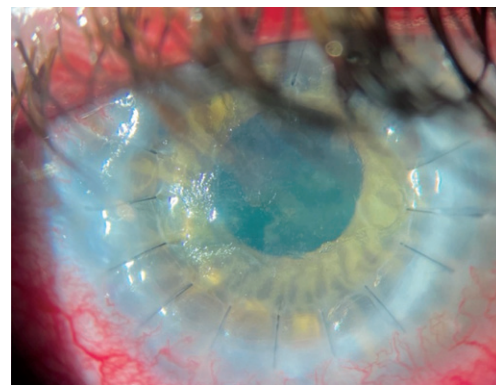


Рис. 9. Состояние после ре-СКП у пациента с травматической аниридией и афакией с иридохрусталиковой диафрагмой, 2-е сутки после ре-СКП

Fig. 9. Eye condition after rekeratoplasty in patient with traumatic aniridia, aphakia and lens-iris diaphragm, 2 days after rekeratoplasty

Таблица 4. Частота и характер интра- и послеоперационных осложнений, $n = 33$

Table 4. Frequency and character of intraoperative and postoperative complications, $n = 33$

Показатель Parameter	Значение Value	Кератопротезирование мануально Keratoprosthesis implantation using manual technique		Кератопротезирование с фемтосопровождением Keratoprosthesis implantation using femtosecond laser		Сквозная кератопластика Penetrating keratoplasty		p-value*
		абс. abs.	%	абс. abs.	%	абс. abs.	%	
Осложнения интраоперационно Intraoperative complications	Без осложнений No complications	8	53,3	10	100,0	4	50,0	$p_{\text{мануально-фемто}} = 0,061$ $p_{\text{мануально-фемтоsecond}} = 0,061$ $p_{\text{мануально-СКП}} = 1,000$ $p_{\text{мануально-РКР}} = 1,000$ $p_{\text{СКП-фемто}} = 0,069$ $p_{\text{РКР-фемтоsecond}} = 0,069$
	Неравномерная глубина залегания кармана Uneven intrastromal pocket depth	6	40,0	0	0,0	0	0,0	
	Перфорация Perforation	1	6,7	0	0,0	0	0,0	
	Кровотечение Hemorrhage	0	0,0	0	0,0	4	50,0	
Осложнения после операции Postoperative complications	Без осложнений No complication	8	53,3	7	70,0	3	37,5	$p_{\text{мануально-фемто}} = 1,000$ $p_{\text{мануально-фемтоsecond}} = 1,000$ $p_{\text{мануально-СКП}} = 1,000$ $p_{\text{мануально-РКР}} = 1,000$ $p_{\text{СКП-фемто}} = 1,000$ $p_{\text{РКР-фемтоsecond}} = 1,000$
	Протрузия Protrusion	5	33,4	0	0,0	0	0,0	
	Повышение ВГД IOP elevation	2	13,3	2	20,0	0	0,0	
	Эрозия роговицы Corneal erosion	0	0,0	1	10,0	0	0,0	
	Помутнение трансплантата Graft failure	0	0,0	0	0,0	4	50,0	
	Воспалительная реакция Inflammation	0	0,0	0	0,0	1	12,5	

Примечание: * сравнение общего количества осложнений (точный критерий Фишера с поправкой Бонферрони).
Note: * comparison of the total number of complications (Fisher's exact test with Bonferroni correction).

Таблица 5. Клинико-функциональные результаты у пациентов в исследуемых группах

Table 5. Patients' clinical and functional results

Срок наблюдения Follow-up period	Мануальная техника Manual technique	Фемтолазер Femtosecond laser	СКП РКР	p-value*
До Before	0,001 (0,001; 0,001) Min-Max: 0,001–0,001	0,001 (0,001; 0,001) Min-Max: 0,001–0,001	0,001 (0,001; 0,001) Min-Max: 0,001–0,001	$p_{\text{мануально-фемто}} = 1,000$ $p_{\text{мануально-фемтоsecond}} = 1,000$ $p_{\text{мануально-СКП}} = 1,000$ $p_{\text{мануально-РКР}} = 1,000$ $p_{\text{СКП-фемто}} = 1,000$ $p_{\text{РКР-фемтоsecond}} = 1,000$
После After	0,001 (0,001; 0,001) Min-Max: 0,001–0,001	0,001 (0,001; 0,001) Min-Max: 0,001–0,001	0,001 (0,001; 0,013) Min-Max: 0,001–0,300	$p_{\text{мануально-фемто}} = 1,000$ $p_{\text{мануально-фемтоsecond}} = 1,000$ $p_{\text{мануально-СКП}} = 0,055$ $p_{\text{мануально-РКР}} = 0,055$ $p_{\text{СКП-фемто}} = 0,089$ $p_{\text{РКР-фемтоsecond}} = 0,089$

Примечание: * критерий Данна с поправкой Бонферрони.
Note: * Dunn's criterion with Bonferroni correction.

Таблица 6. Динамика ВГД до и после лечения в исследуемых группах

Table 6. IOP changes before and after the surgery

Показатель Parameter	Значение Value	Мануальная техника Manual technique		Фемтолазер Femtosecond laser		СКП РКР		p-value*
		абс. abs.	%	абс. abs.	%	абс. abs.	%	
ВГД до IOP before	Нормальное Normal	15	100,0	10	100,0	8	100,0	1,000
	Повышенное Increased	0	0,0	0	0,0	0	0,0	
ВГД после IOP after	Нормальное Normal	15	100,0	10	100,0	6	75,0	0,053
	Повышенное Increased	0	0,0	0	0,0	2	25,0	

Примечание: * точный критерий Фишера.
Note: * Fisher's exact test.

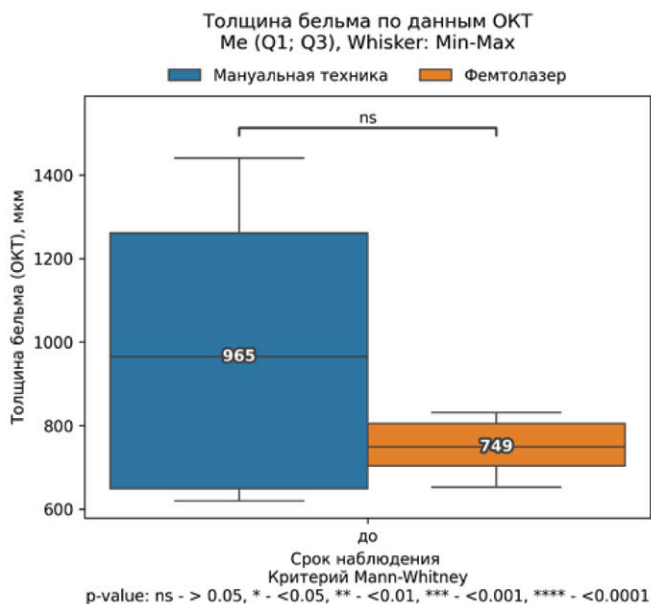


Рис. 10. Толщина бельма до лечения по данным ОКТ у пациентов 1-й и 2-й групп

Fig. 10. Corneal leucoma thickness before surgery according to AS-OCT data in patients of the 1st and 2nd groups

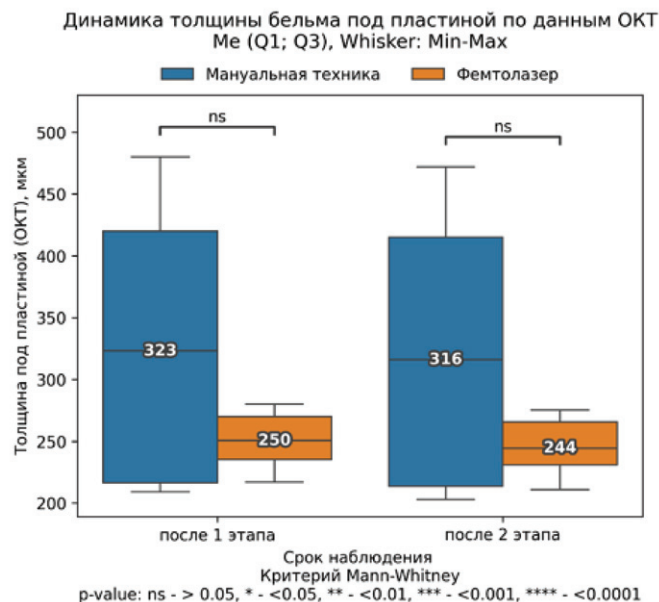


Рис. 12. Динамика толщины бельма под опорной пластиной у пациентов 1-й и 2-й групп по данным ОКТ

Fig. 12. Changes in corneal leucoma thickness under the keratoprosthesis intralamellar plate according to AS-OCT data in patients of the 1st and 2nd groups

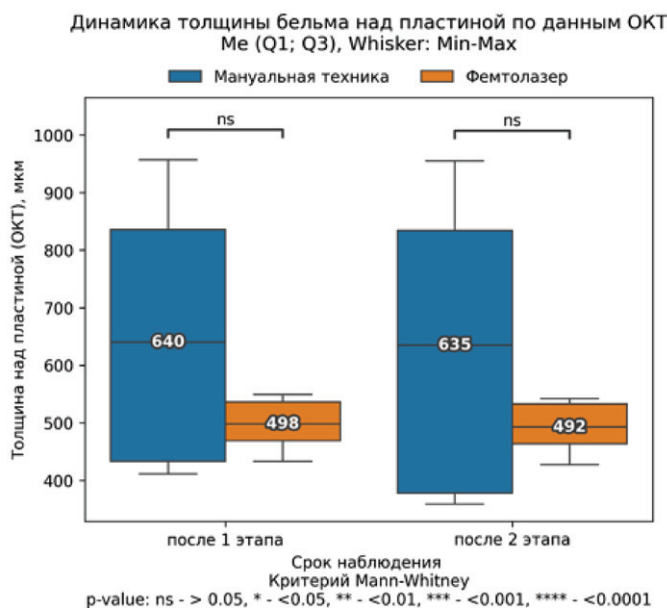


Рис. 11. Динамика толщины бельма над опорной пластиной по данным ОКТ у пациентов 1-й и 2-й групп

Fig. 11. Changes in corneal leucoma thickness above the keratoprosthesis intralamellar plate according to AS-OCT data in patients of the 1st and 2nd groups

Пациентам 1-й и 2-й групп в срок 6–12 месяцев был выполнен второй этап кератопротезирования по стандартной методике, в процессе которого был вкручен оптический цилиндр, после этого было отмечено улучшение зрительных функций. Толщина роговицы в исследуемых группах оставалась стабильной на всех сроках наблюдения.

ОБСУЖДЕНИЕ

Восстановление зрительных функций в случаях неэффективной сквозной кератопластики является одной из наиболее важных проблем в современной офтальмологии. По данным различных авторов, частота развития помутнения роговичного трансплантата колеблется от 2,3 до 65 % [9].

В некоторых ситуациях, таких как лечение пациентов с послеожоговыми помутнениями роговицы, терминальными дистрофическими и посттравматическими бельмами, а также при наличии определенных врожденных аномалий роговицы с ее васкуляризацией, сквозная кератопластика зачастую оказывается неэффективной [10].

Декомпенсация трансплантата происходит из-за синдрома лимбальной недостаточности, выраженных рубцово-спаечных процессов, активной неоваскуляризации, хронического увеита, стойкого повышения внутриглазного давления и др. [11].

На сегодняшний день среди специалистов нет единого мнения, какая тактика считается наиболее подходящей для хирургического лечения пациентов с сосудистым бельмом.

Одним из вариантов выбора является проведение сквозной кератопластики, однако следует учитывать высокий риск декомпенсации трансплантата после каждой последующей пересадки, в особенности у пациентов с ожоговой этиологией сосудистого бельма.

Исходя из литературных данных, с каждой повторной кератопластикой вероятность прозрачного приживления трансплантата снижается на 30 % [12]. Альтернативным

и эффективным методом хирургического лечения данной категории пациентов, позволяющим добиться хороших функциональных результатов в послеоперационном периоде, является кератопротезирование [13, 14].

Классическое кератопротезирование проводится в два этапа и имеет определенные особенности. Первый этап заключается в имплантации опорной пластины кератопротеза, при этом выбор объема хирургического вмешательства зависит от толщины и равномерности бельма. При толщине роговицы менее 600 мкм проводится пересадка роговично-протезного комплекса, представляющего опорную пластину, имплантированную в донорскую роговицу [15, 16]. В случае если минимальная толщина бельма составляет более 600 мкм, опорную пластину имплантируют в интрастромальный карман на глубину 2/3 толщины роговицы. Второй этап кератопротезирования проводится не менее чем через 6 месяцев после имплантации опорной пластины при отсутствии осложнений в послеоперационном периоде и включает вкручивание оптического цилиндра, тем самым обеспечивая восстановление предметного зрения [17–20].

До недавнего времени первый этап кератопротезирования проводился исключительно мануальным способом, зачастую без достаточного визуального контроля, что сопровождалось значительными рисками интра- и послеоперационных осложнений. Появление в арсенале хирургов современного и высокотехнологичного оборудования, систем визуализации, таких как интраоперационная ОКТ и фемтосекундный лазер, вывело кератопротезирование на качественно новый уровень.

На сегодняшний день описаны методики имплантации опорной пластины кератопротеза в интрастромальный карман, формируемый с помощью фемтосекундного лазера или методом мануального расслаивания бельма под интраоперационным контролем оптической когерентной томографии (ОКТ) [7, 8].

Тем не менее требуется тщательная предоперационная диагностика и оценка всех клиничко-функциональных данных пациентов для выбора техники и получения оптимальных данных. Как показали результаты настоящего исследования, формирование интрастромального кармана с использованием фемтосекундного лазера является более прогнозируемым и безопасным методом. Однако данная методика имеет ряд ограничений и требует относительной прозрачности оптических сред с возможностью визуализации структур передней камеры.

В случаях тотального помутнения трансплантата, его обильной васкуляризации и неравномерной толщины, а также наличия в анамнезе оптико-реконструктивных вмешательств (укрепление бельма) эффективным способом является выполнение первого этапа кератопротезирования с формированием интрастромального кармана методом мануального расслаивания под интраоперационным контролем ОКТ.

Для оптимальной визуализации в процессе формирования ИСК данным методом авторами настоящей статьи была разработана оригинальная техника с применением вискоэластика при расслаивании бельма, что обеспечило более четкие, топографически ориентированные хирургические манипуляции, позволяющие осуществить формирование ИСК на оптимальной глубине.

В данном исследовании были получены сравнимые клиничко-функциональные результаты в исследуемых группах, что свидетельствует об эффективности применения данных методик.

Таким образом, выработанная тактика хирургического лечения пациентов с сосудистым бельмом позволяет определить индивидуальный подход к каждому конкретному случаю и уменьшить риски возможных осложнений. Тем не менее необходима дальнейшая разработка и усовершенствование методов зрительной реабилитации данной категории пациентов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При отсутствии прозрачного приживления донорского трансплантата после кератопластики, его стойкого помутнения и васкуляризации эффективным методом восстановления зрительных функций является кератопротезирование. При этом возможно проведение первого этапа кератопротезирования как мануальным методом, так и с использованием фемтосекундного лазера. Тем не менее требуется тщательная предоперационная диагностика и оценка всех клиничко-функциональных данных пациентов для выбора техники с получением оптимальных результатов. Формирование интрастромального кармана с использованием фемтосекундного лазера является более безопасным и точным методом, однако требует относительной прозрачности оптических сред с возможностью визуализации структур передней камеры. В случаях тотального помутнения и обильной васкуляризации роговичного трансплантата выкраивание ИСК с помощью фемтосекундного лазера малоэффективно, поэтому целесообразно применение мануальной техники формирования интрастромального кармана под интраоперационным контролем ОКТ.

Вариантом выбора хирургического лечения у пациентов с сосудистым бельмом является сквозная кератопластика, однако следует учитывать высокий риск декомпенсации трансплантата после каждой последующей пересадки, в особенности у пациентов с ожоговой этиологией сосудистого бельма.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Головин А.В. — существенный вклад в концепцию и дизайн работы; сбор, анализ и обработка материала; написание текста; редактирование; окончательное утверждение версии, подлежащей публикации;
Трошина А.А. — существенный вклад в концепцию и дизайн работы; сбор, анализ и обработка материала; статистическая обработка данных; написание текста; редактирование;
Манцова В.Р. — существенный вклад в концепцию и дизайн работы; сбор, анализ и обработка материала; написание текста; редактирование;
Прошко А.В. — сбор, анализ и обработка материала; написание текста;
Кечин Е.В. — статистическая обработка данных; окончательное утверждение версии, подлежащей публикации.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Nonpassopon M, Niparugs M, Cortina MS. Boston Type 1 Keratoprosthesis: Updated Perspectives. Clin Ophthalmol. 2020 Apr 29;14:1189–1200. doi: 10.2147/OPTH.S219270.
- Othman IS, Gharieb HM, Ibrahim HMG. Eight-years Egyptian experience of Boston type I keratoprosthesis following failed penetrating keratoplasty or ocular surface disease. Saudi J Ophthalmol. 2022 Jul 11;36(1):102–106. doi: 10.4103/sjopt.sjopt_36_20.
- Hager JL, Phillips DL, Goins KM, Kitzmann AS, Greiner MA, Cohen AW, Welder JD, Wagoner MD. Boston type 1 keratoprosthesis for failed keratoplasty. Int Ophthalmol. 2016 Feb;36(1):73–78. doi: 10.1007/s10792-015-0078-2.
- El-Khoury J, Khair D, Daoud R, Thompson P, Racine L, Harissi-Dagher M. Boston type I keratoprosthesis versus penetrating keratoplasty following a single failed corneal graft. Eye (Lond). 2023 Feb;37(3):486–491. doi: 10.1038/s41433-022-01969-9.
- Ahmad S, Mathews PM, Lindsley K, Alkharashi M, Hwang FS, Ng SM, Aldave AJ, Akpek EK. Boston Type 1 Keratoprosthesis versus Repeat Donor Keratoplasty for Corneal Graft Failure: A Systematic Review and Meta-analysis. Ophthalmology. 2016 Jan;123(1):165–177. doi: 10.1016/j.optha.2015.09.028.
- Малюгин БЭ, Ковшун ЕВ, Головин АВ, Энкина АВ. Способ формирования интрастромального кармана для имплантации кератопротеза с использованием фемтосекундного лазера. Патент RU 2644850, 14.02.2018. Malyugin BE, Kovshun EV, Golovin AV, Enkina AV. Method for forming intrastromal pocket for keratoprosthesis implantation using femtosecond laser. Patent RU 2644850, 14.02.2018 (In Russ.).
- Головин АВ, Нефедова ОН, Мюллер Ф. Способ формирования интрастромального кармана для имплантации кератопротеза с использованием фемтосекундного лазера при первом этапе кератопротезирования. Патент RU 2834829, 14.02.2025. Golovin AV, Nefedova ON, Mueller F. Method for forming an intrastromal pocket for keratoprosthesis implantation using a femtosecond laser at the first stage of keratoprosthesis. Patent RU 2834829, 14.02.2025 (In Russ.).
- Головин АВ, Шолохова ВР, Трошина АА. Способ формирования интрастромального кармана для имплантации кератопротеза с использованием оптической когерентной томографии переднего отрезка глаза и вискоэластика. Патент RU 2805159, 17.10.2023.
- Golovin AV, Sholokhova VR, Troshina AA. Method for forming intrastromal pocket for implantation of keratoprosthesis using optical coherence tomography of anterior segment of eye and viscoelastic. Patent RU 2805159, 17.10.2023 (In Russ.).
- Liu C, Okera S, Tandon R, Herold J, Hull C, Thorp S. Visual rehabilitation in end-stage inflammatory ocular surface disease with the osteo-odonto-keratoprosthesis: results from the UK. Br J Ophthalmol. 2008 Sep;92(9):1211–1217. doi: 10.1136/bjo.2007.130567.
- Dohlman CH, Harissi-Dagher M, Khan BE, Sippel KC, Aquavella JV, Graney JM. Introduction to the use of the Boston keratoprosthesis. Expert Review of Ophthalmology. 2006;1:41–48.
- Gomaa A, Comyn O, Liu C. Keratoprotheses in clinical practice - a review. Clin Exp Ophthalmol. 2010 Mar;38(2):211–224. doi: 10.1111/j.1442-9071.2010.02231.x.
- Huang Y, Yu J, Liu L, Du G, Song J, Guo H. Moscow eye microsurgery complex in Russia keratoprosthesis in Beijing. Ophthalmology. 2011 Jan;118(1):41–46. doi: 10.1016/j.optha.2010.05.019.
- Федоров СН, Мороз ЗИ, Ковшун ЕВ. Новый способ кератопротезирования истонченных сосудистых бельем. Офтальмохирургия. 1995;2:50–53. Fedorov SN, Moroz ZI, Kovshun EV. A new method of keratoprosthesis for thinned vascular lesions. Ophthalmosurgery. 1995;2:50–53 (In Russ.).
- Федоров СН, Мороз ЗИ, Зуев ВК. Кератопротезирование. М.: Медицина; 1982:144. Fedorov SN, Moroz ZI, Zuev VK. Keratoprosthetics. Moscow: Medicine; 1982:44 (In Russ.).
- Cardona H. Keratoprosthesis; acrylic optical cylinder with supporting intralaminar plate. Am J Ophthalmol. 1962 Aug;54:284–294.
- Cardona H. Plastic keratoprotheses: a description of the plastic material and comparative histologic study of recipient corneas. Am J Ophthalmol. 1964 Aug;58:247–52.
- Chew HF, Ayres BD, Hammersmith KM, Rapuano CJ, Laibson PR, Myers JS, Jin YP, Cohen EJ. Boston keratoprosthesis outcomes and complications. Cornea. 2009 Oct;28(9):989–996. doi: 10.1097/ICO.0b013e3181a186dc.
- Choyce DP. Keratoprosthesis. Am J Ophthalmol 1980;89:152–153.
- Day R. Artificial corneal implants. Trans Am Ophthalmol Soc. 1957–1958;55: 455–475.
- Hille K. Keratoprosthesis: clinical aspects. Ophthalmology 2002;99:523–531.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Головин Андрей Владимирович
кандидат медицинских наук, заведующий операционным блоком

Трошина Анна Алексеевна
кандидат медицинских наук, научный сотрудник отдела хирургии хрусталика и интраокулярной коррекции

Манцова Валерия Романовна
аспирант, врач-офтальмолог

Прошко Александра Вячеславовна
клинический ординатор

Кечин Евгений Владимирович
кандидат медицинских наук, научный сотрудник организационно-методического отдела

ABOUT THE AUTHORS

Golovin Andrey V.
PhD, head of the Surgery Unit

Troshina Anna A.
PhD, research fellow of Lens Surgery and Intraocular Correction Department

Mantsova Valeria R.
ophthalmologist, postgraduate

Proshko Alexandra V.
clinical resident

Kechin Evgeny V.
PhD, research fellow of the Organizational and methodological department