



<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2025-18-3-30-37>

Модифицированная техника селективной трансплантации стромы

О.Г. Оганесян^{1,2}✉, Д.А. Гусак¹, Э.К. Багаманова¹, С.В. Милаш¹, С.Г. Торопыгин², А.Е. Ансурян¹

¹ ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, ул. Садовая-Черногрозская, д. 14/19, Москва, 105062, Россия

² ФГБОУ ВО «Тверской ГМУ» Минздрава России, ул. Советская, д. 4, Тверь, 170100, Россия

Глубокая передняя послойная кератопластика и сквозная кератопластика (СКП) являются операциями первого выбора при патологических изменениях роговицы, локализующихся в строме либо преимущественно в строме при инкурабельной патологии стромы роговицы. Значимость восстановления прозрачности роговицы и повышения остроты зрения превалирует над хорошо известными недостатками этих методик. В качестве альтернативы при изолированной и преимущественной патологии стромы роговицы нами ранее была предложена новая разновидность закрытой кератопластики — оптическая селективная трансплантация стромы (оСТС). Методика оСТС лишена внутриглазных осложнений, сквозной раны, швов, сохраняет интактными поверхности роговицы, исключает осложнения, связанные с эпителизацией, оптимизирует рациональное использование доступной донорской ткани роговицы. Однако, как показало время, этап резекции стромы при оСТС оказался технически сложным для рутинного и широкого применения. Цель работы — представить модифицированную (упрощенную) хирургическую технику селективной трансплантации стромы (мСТС). Материал и методы. мСТС выполнена у 4 пациентов (средний возраст — 48 ± 10 лет) с решетчатой дистрофией роговицы. Период наблюдения составил $8,0 \pm 1,3$ мес. До операции и в фиксированные сроки после проводились рефрактометрия, визометрия, биомикроскопия, кератоанализирование, оптическая когерентная томография роговицы. Оценивали необходимость использования режущих инструментов и продолжительность этапа экстракции резецированной стромы роговицы реципиента при оСТС и мСТС. Результаты. Средняя продолжительность этапа экстракции при мСТС составила $336,0 \pm 43,7$ с, в то время как при оСТС — $838,0 \pm 233,5$ с. Дополнительно режущий инструмент при мСТС не использовался ни в одном случае против 75 % случаев в исходной оригинальной методике. Заключение. В мСТС продолжительность наиболее сложного этапа, а именно этапа экстракции стромы роговицы реципиента, существенно сокращена, что потенциально делает методику рутинной и более доступной широкому кругу офтальмохирургов.

Ключевые слова: внутрироговичная трансплантация; трансплантация стромы; кератопластика; эндотелиальная кератопластика; дистрофия стромы; селективная кератопластика

Конфликт интересов: отсутствует.

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

Благодарности. Авторы выражают благодарность Ивану Константиновичу Елетину, медицинскому инженеру компании «Фемтомед».

Для цитирования: Оганесян О.Г., Гусак Д.А., Багаманова Э.К., Милаш С.В., Торопыгин С.Г., Ансурян А.Е. Модифицированная техника селективной трансплантации стромы. Российский офтальмологический журнал. 2025; 18 (3):30-7. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2025-18-3-30-37>

A modified technique for selective stromal transplantation

Oganes G. Oganesyan^{1,2}✉, Darya A. Gusak¹, Elza K. Bagamanova¹, Sergey V. Milash¹,
Sergei G. Toropygin², Alen E. Ansuryan¹

¹Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, 14/19, Sadovaya-Chernogryazskaya St., Moscow, 105062, Russia

²Tver State Medical University, 4, Sovetskaya St., Tver, 170100, Russia

oftalmolog@mail.ru

*Deep anterior lamellar keratoplasty and penetrating keratoplasty (PKP) are the operations of first choice for pathological changes of the cornea localized in the stroma or incurable pathology of the corneal stroma. The importance of restoring corneal transparency and increasing visual acuity prevail over the well-known disadvantages of these techniques. In case of isolated corneal stroma pathology we have previously proposed a new type of closed keratoplasty – selective optical transplantation of the stroma (oSTS). The oSTS technique is devoid of intraocular complications, penetrating wound, sutures, keeps corneal surfaces intact, excludes complications related to epithelialization, optimizes rational use of available donor corneal tissue. However, as time has shown, the stromal resection stage in oSTS turned out to be technically complicated for routine and wide application. **Purpose** of the study: to develop a modified (simplified) surgical technique of oSTS. **Material and methods.** Modified STS (mSTS) was performed in 4 patients (age 48 ± 10 years) with lattice corneal dystrophy. The follow-up period amounted to 8.0 ± 1.3 months. Refractometry, visometry, biomicroscopy, keratoanalysis, optical coherence tomography of the cornea were performed before the operation and at fixed periods after it. We evaluated the necessity for the use of cutting instruments and the duration of extraction step of the recipient's resected corneal stroma in both at original oSTS and mSTS. **Results.** The mean duration of the extraction step in mSTS was 336.0 ± 43.7 s, whereas in oSTS it was 838.0 ± 233.5 s. No additional cutting instrument was used in the mSTS, compared to 75 % of patients in the oSTS. **Conclusion.** In mSTS the duration of the most complicated stage, namely, the stage of extraction of the recipient corneal stroma, is significantly reduced, which potentially makes the technique routine and more accessible to a wide range of ophthalmic surgeons.*

Keywords: intra-corneal transplantation; stroma transplantation; keratoplasty; DALK; endothelial keratoplasty; stromal dystrophy; selective keratoplasty

Conflicts of interests: there is no conflict of interests.

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

Acknowledgement. The authors would like to thank Eletin Ivan Konstantinovich, medical engineer “Femtomed”.

For citation: Oganesyan O.G., Gusak D.A., Bagamanova E.K., Milash S.V., Toropygin S.G., Ansuryan A.E. A modified technique for selective stromal transplantation. Russian ophthalmological journal. 2025; 18 (3): 30-7 (In Russ.). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2025-18-3-30-37>

На сегодняшний день роговица является самой частой и успешно трансплантируемой тканью в мире [1]. В последние десятилетия селективный подход в кератопластике считается наиболее правильным, подтверждением чему является стабильное увеличение количества выполняемых ламеллярных методик кератопластики с одновременным снижением доли сквозной кератопластики (СКП) [2]. Концепция селективной кератопластики подразумевает замещение патологически измененных структур (слоев) роговицы и сохранение ее здоровых структур (слоев). СКП по-прежнему остается незаменимой операцией в арсенале офтальмохирурга при патологии всех слоев роговицы, несмотря на ее значимые недостатки.

Тем не менее на практике встречаются клинические ситуации селективного либо преимущественного поражения стромы, когда ни одна из известных методик трансплантации не может быть реализована согласно концепции селективной кератопластики.

Нами ранее была предложена методика селективной трансплантации стромы (СТС), сутью которой является закрытая внутрироговичная субтотальная резекция стромы в оптическом центре, ее экстракция и замещение аналогичной стромальной тканью донора [3, 4]. Вкратце

основные этапы исходной техники оптической СТС (оСТС) следующие. Выполняется суббуоменова фемтодиссекция диаметром 7,0–9,0 мм на глубине 90–120 мкм от передней поверхности роговицы. Далее вертикальная циркулярная фемтодиссекция протяженностью 600–800 мкм (при контроле с помощью оптической когерентной томографии, ОКТ) диаметром на 0,5–1,0 мм меньше суббуоменовой диссекции. Через парацентез передняя камера заполняется воздухом. Формируется склеро-лимбальный туннель, через который вручную, максимально близко к десцеметовой мембране и параллельно ей расслаивается роговица в пределах того же диаметра, что и суббуоменный карман. После достижения мобильности резецированной стромы пинцетом осуществляется ее экстракция из роговицы через склеро-лимбальный туннель. Трансплантат стромы донора формируется из корнеосклерального диска диаметром, равным диаметру вертикальной фемтодиссекции роговицы реципиента. Имплантация трансплантата стромы в роговицу пациента осуществляется через склеро-лимбальный туннель, который герметизируется единичными узловыми швами.

Методикой оСТС в период с 2022 по 2023 г. прооперировано 4 пациента. По мере накопления хирургического опыта СТС в описанной оригинальной технике исполнения

стало очевидным, что точность этапа резекции стромы является залогом последующей полноценной мобильности стромы, важнейшим критерием успешности операции и самым сложным этапом технологии СТС. В 3 случаях оСТС после резекции стромы для достижения полной ее мобильности дополнительно использовались инструменты, в том числе режущие. Анализ архивов видеоизображений и соответствующих им интраоперационных ОКТ-изображений показал, что, несмотря на интраоперационный ОКТ-контроль, достичь максимальной точности в пересечении по всей окружности вертикальной (циркулярной) фемтодиссекции с суббоуменным и предесцементовым карманами невозможно из-за их плохой ОКТ-визуализации. Исходя из этого, мы модифицировали оСТС для достижения максимальной точности и полноценной внутрироговичной резекции стромы, ее полной мобильности без использования режущих инструментов.

ЦЕЛЬЮ работы является представление техники модифицированной СТС (мСТС), анализ продолжительности этапа экстракции стромы и частоты использования на этом этапе операции режущих инструментов в сравнении с оСТС.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Техника мСТС (рис. 1, <https://cloud.mail.ru/stock/oPpymUY9VEiw4MzVb6xzi9d7>). Первым этапом осуществляют разрез конъюнктивы по лимбу и коагуляцию сосудов эписклеры. Через единственный парцентез передняя камера заполняется воздухом. Формируется склеро-лимбальный туннель, и полуострым расщепителем максимально близко и параллельно к десцементовой мембране формируется карман роговицы диаметром 8,0–9,0 мм [5] (рис. 1, А–В). Далее осуществляется доккинг с поверхностью глаза рукоятки фемто-лазерной установки (LDV Z8, Ziemer Ophthalmic System, Швейцария) и последующая суббоуменова фемтодиссекция на глубине 90–120 мкм и диаметром 8,0–9,0 мм. Параметры диссекции определяет медицинский инженер, и чаще всего они были следующими: вакуум — 670 мбар; энергия лазера для суббоуменовой диссекции — 110 %, скорость лазера — 12 мм/с; энергия лазера для вертикальной диссекции — 140 %, скорость — 35 мм/с. Полуострым расщепителем в суббоуменном кармане рассекаются остаточные стромальные мостики. Две контактные линзы (–3,0 дптр, 8,5 мм радиус кривизны; 1-day асфиче Tru Eye, Johnson & Johnson, США) располагают в высекателе Barron (Katena Products Inc., Денвилл, Нью-Джерси) и формируют импланты диаметром на 0,5–1,0 мм меньше запланированной циркулярной диссекции. Далее обе линзы окрашивают 0,06 % трипановым синим (Vision Blue, DORC International, Zuidland, Нидерланды) и каждую разрезают ножницами на две половины (рис. 1, Г). Контактную линзу поочередно по половинкам имплантируют в нижний (предесцементовый) и верхний (суббоуменный) карманы роговицы и «собранный» линзу центрируют (рис. 1, Д–Ж). Верхнюю линзу центрируют согласно ранее проведенной разметке роговицы, а нижнюю линзу располагают точно под верхней. Повторно выполняется доккинг рукоятки фемто-лазерной установки. Интраоперационная ОКТ позволяет четко визуализировать карманы роговицы, благодаря наличию в них контактных линз становится возможным максимально точно запрограммировать и выполнить циркулярную (вертикальную) фемтодиссекцию с пересечением горизонтальных расслоений по всей окружности (рис. 1, З). Параметры диссекции определяет медицинский инженер, и чаще всего они были следующими:

вакуум — 670 мбар; энергия лазера для суббоуменовой диссекции — 110 %, скорость лазера — 12 мм/с; энергия лазера для вертикальной диссекции — 140 %; скорость — 35 мм/с. Затем все половинки контактных линз пинцетом удаляют из карманов роговицы (рис. 1, И). Обратным крючком Синского или шпателем рассекают остаточные мостики до достижения полной мобильности резецированной стромы внутри роговицы (рис. 1, К). Склеро-лимбальный тоннельный разрез расширяют до 4,5–5,0 мм и пинцетом осуществляют экстракцию стромальной ткани из роговицы. Из корнеосклерального диска донора без десцементовой мембраны высекателем Barron (Katena Products Inc., Денвилл, Нью-Джерси) формируют трансплантат стромы диаметром, равным диаметру циркулярной диссекции, и имплантируют микропинцетом в роговицу через склеро-лимбальный туннель (рис. 1, Л). Лимбальный разрез и конъюнктиву герметизируют единичными узловыми швами, а переднюю камеру заполняют воздухом (рис. 1, М). В завершение операции инстиллируют каплю 1,0 % тропикамида (Alcon Eye Care UK Limited) для профилактики зрачкового блока и периокулярно вводят раствор глюкокортикоида и антибиотика.

Обычная послеоперационная терапия состояла из инстилляций 0,1 % дексаметазона и антибиотика 4 раза в день. Последний отменяли через 3 нед. Инстилляций кортикостероида постепенно снижали в течение 6 мес. Заменители слезы (без консервантов) рекомендовали инстиллировать постоянно. Послеоперационная терапия как после оСТС, так и мСТС была идентичной.

Методом мСТС прооперировано 4 пациента (1 мужчина и 3 женщины) в возрасте 48 ± 10 лет с наследственной решетчатой дистрофией роговицы [6]. Для объективного анализа в группу сравнения включены также 4 пациента (3 мужчин и 1 женщина) в возрасте 44 ± 9 лет с аналогичным диагнозом, прооперированные последними в серии оСТС. Демографические и клинические данные всех пациентов представлены в таблице 1.

Все операции выполнены одним хирургом с использованием одного и того же фемто-лазера и при поддержке одного и того же медицинского инженера (Ивана Константиновича Елетина). Все пациенты обследовались до операции, а также через неделю, 1 мес, 3 мес после нее. Обследование включало рефрактометрию, визометрию, биомикроскопию, фоторегистрацию, кератоанализирование, ОКТ роговицы.

Продолжительность этапа экстракции оценивали в секундах с момента удаления последней четверти контактной линзы и до экстракции резецированного диска стромы. Частота использования режущих инструментов рассчитывалась в процентах от числа пациентов, прооперированных техникой оСТС или мСТС. Учитывалось любое использование ножниц для достижения мобильности стромы. В данной работе клинические результаты не были целью анализа и не использовались в качестве критериев эффективности операции.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Клинические результаты, частота и характер осложнений, а также продолжительность этапа экстракции и частота использования режущего инструмента представлены в таблице 2.

После операций острота зрения повысилась у всех пациентов. Интраоперационного перехода на СКП или глубокую переднюю послойную кератопластику (ГППК) ни в одном случае не было. Во всех случаях трансплантат

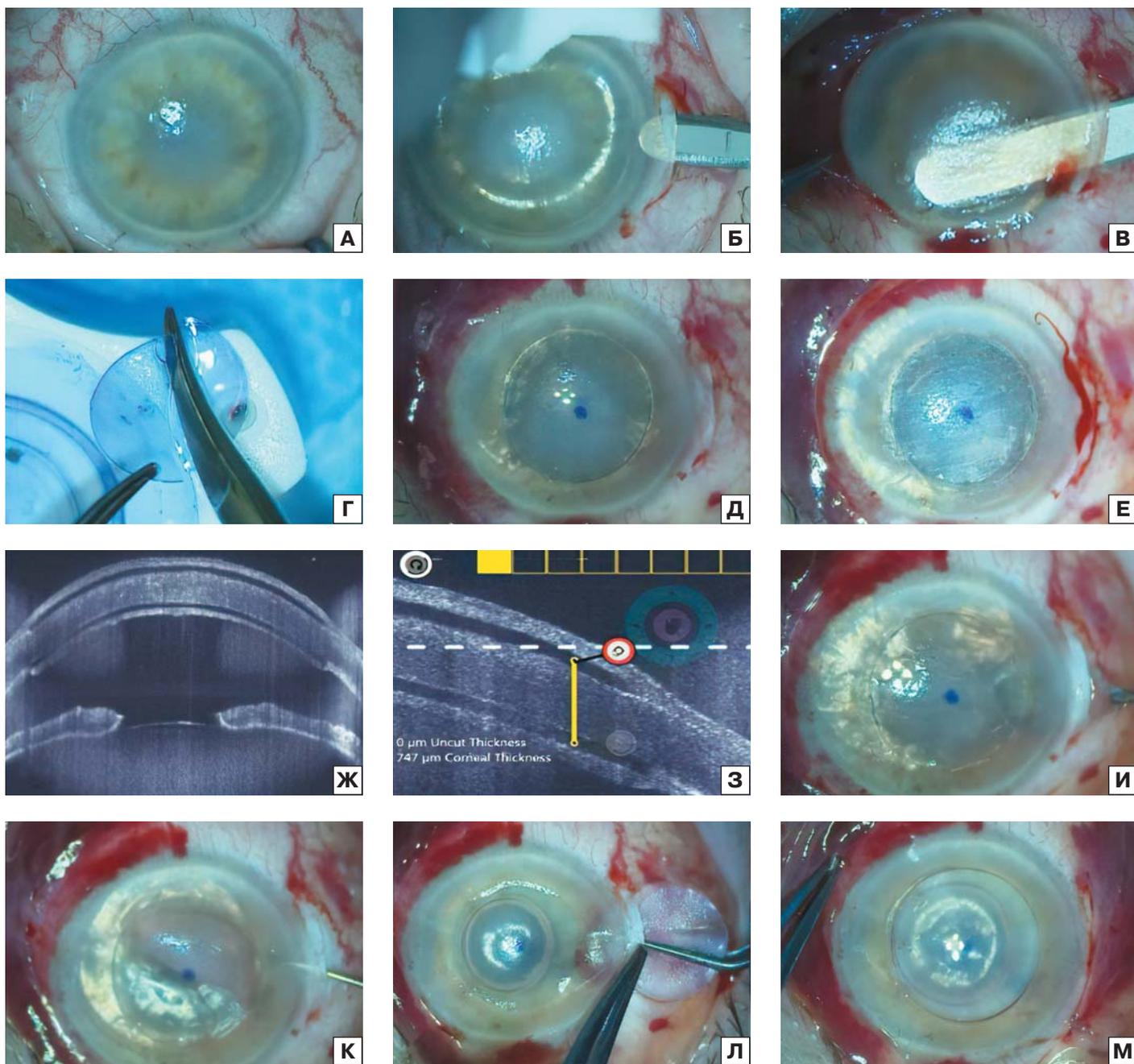


Рис. 1. Интраоперационные изображения основных этапов МСТС и ОКТ. А — роговица пациента перед началом оперативного вмешательства. Б — этап определения глубины мануального расслаивания преддесцеметового кармана. Позади разрез конъюнктивы, гемостаз, парацентез и введение воздуха в переднюю камеру. В — этап мануального расслаивания преддесцеметового кармана. Г — контактные линзы необходимого диаметра разрезаются ножницами пополам. Д — две половины контактной линзы располагаются в преддесцеметовом кармане. Е — две половины мягкой контактной линзы (МКЛ) располагаются в суббоуменном кармане. Ж — ОКТ-изображение роговицы. Благодаря нахождению двух МКЛ внутри роговицы, четко визуализируются суббоуменовый и преддесцеметовый карманы. З — ОКТ-изображение роговицы. Этап программирования траектории циркулярной фемтодиссекции (желтая линия). Благодаря четкой визуализации карманов, она пересекает оба кармана роговицы. И — этап последовательного удаления половинок МКЛ из карманов после завершения циркулярной диссекции позади. К — достижение мобильности резецированной стромы внутри роговицы с последующей ее экстракцией. Л — этап имплантации стромального трансплантата в роговицу через лимбальный тоннельный разрез. М — роговица пациента после завершения операции. Трансплантат внутри роговицы, центрирован. Хирургическая рана герметизирована, в передней камере воздух.

Fig. 1. Intraoperative images of the main stages of modified selective transplantation of the stroma and OCT. А — the patient's cornea before the start of surgical intervention. Б — stage of determining the depth of manual delamination of the pre-descemetometric pocket. Posterior conjunctival incision, hemostasis, paracentesis and air in the anterior chamber. В — stage of manual delamination of the pre-descemetometric pocket. Г — a contact lens (CL) of the required diameter is cut in half with scissors, Д — two halves of the CL are placed in the pre-descemetometric pocket. Е — two halves of the CL are placed in the sub-bowman pocket. Ж — OCT image of the cornea. Due to the location of the two CL inside the cornea, the sub-bowman and pre-descemetometric pockets are clearly visualized. З — OCT image of the cornea. Programming stage of the circular femtodissection trajectory (yellow line). Due to the clear visualization of the pockets, it crosses both corneal pockets. И — the stage of successive removal of the CL halves from the pockets, after completing the circular dissection posteriorly. К — achieving mobility of the resected stroma within the cornea, followed by its extraction. Л — the stage of implantation of the stromal graft into the cornea, through a limbal tunnel incision. М — the patient's cornea after the completion of the operation. The graft inside the cornea, centered. The surgical wound is sealed, with air in the anterior chamber

Таблица 1. Демографические и клинические данные пациентов, прооперированных техникой оСТС и мСТС

Table 1. Demographic and clinical data of patients operated with the original selective transplantation of the stroma (oSTS) and modified selective transplantation of the stroma (mSTS) techniques

Пациент Patient	Операция Surgery	Пол Gender	Возраст, лет Age, yrs	Диагноз Diagnosis	НКОЗ NCVA	МКОЗ BCVA	ЦТР, мкм CCT, μm	Срок после операции, мес Postoperative period, months
1	оСТС oSTS	Ж F	42	Решетчатая дистрофия Lattice dystrophy	0,2	0,4	668	20
2	оСТС oSTS	М M	44	Решетчатая дистрофия Lattice dystrophy	0,15	0,3	662	20
3	оСТС oSTS	М M	63	Гранулярная дистрофия Granular dystrophy	0,15	0,2	612	18
4	оСТС oSTS	М M	30	Решетчатая дистрофия Lattice dystrophy	0,2	0,4	641	12
5	мСТС mSTS	Ж F	42	Решетчатая дистрофия Lattice dystrophy	0,3	0,5	680	11
6	мСТС mSTS	Ж F	56	Решетчатая дистрофия Lattice dystrophy	0,15	0,4	620	8
7	мСТС mSTS	М M	35	Решетчатая дистрофия Lattice dystrophy	0,15	0,3	600	8
8	мСТС mSTS	Ж F	61	Решетчатая дистрофия Lattice dystrophy	0,15	0,4	614	6

Примечание. Здесь и в таблице 2: НКОЗ — некорригированная острота зрения, МКОЗ — максимальная корригированная острота зрения, ЦТР — центральная толщина роговицы.

Note. Here and in the table 2: UCVA — uncorrected visual acuity, BCVA — best corrected visual acuity, CCT — central corneal thickness.

Таблица 2. Клинические показатели, продолжительность экстракции, частота использования режущего инструмента и осложнения после в группах оСТС и мСТС

Table 2. Clinical parameters, duration of extraction, incidence of cutting instrument use and complications after in the original selective transplantation of the stroma (oSTS) and modified selective transplantation of the stroma groups (mSTS)

Пациент Patient	Операция Surgery	НКОЗ NCVA	МКОЗ BCVA	ЦТР, мкм CCT, μm	Этап экстракции, с Extraction time, s	Использование ножниц Scissor use	Осложнения Complications
1	оСТС oSTS	0,2	0,4	668	1080	Да Yes	Нет No
2	оСТС oSTS	0,15	0,3	662	728	Да Yes	Перфорация передней поверхности, наложение одного узлового шва Front perforation, One corneal knot suture
3	оСТС oSTS	0,15	0,2	612	1063	Да Yes	Наложение двух узловых швов на переднюю поверхность роговицы Two corneal knot sutures
4	оСТС oSTS	0,2	0,4	641	481	Нет No	Нет No
5	мСТС mSTS	0,3	0,5	680	312	Нет No	Нет No
6	мСТС mSTS	0,15	0,4	620	303	Нет No	Нет No
7	мСТС mSTS	0,15	0,3	600	424	Нет No	Нет No
8	мСТС mSTS	0,15	0,4	614	307	Нет No	Нет No

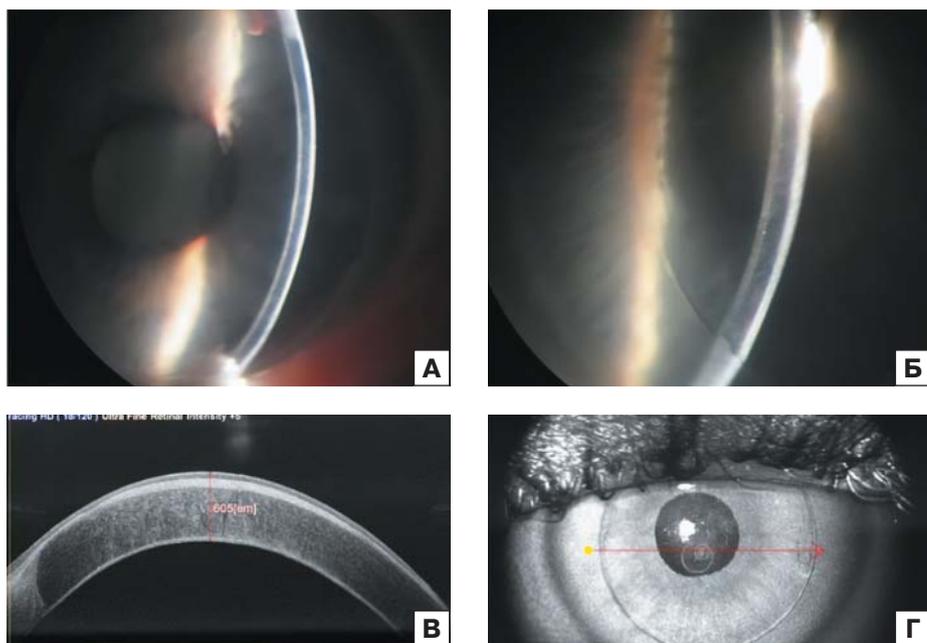


Рис. 2. Биомикроскопические и ОКТ-изображения спустя 6 мес после выполнения мСТС. А, Б — биомикроскопическая картина роговицы при щелевом освещении демонстрирует правильное расположение прозрачного трансплантата внутри роговицы, бесшовные и сферические поверхности роговицы. В, Г — ОКТ- и инфракрасное изображения роговицы подтверждают правильное расположение прозрачного трансплантата внутри роговицы. Вместе с тем видно, что прозрачность передних и задних слоев роговицы уменьшена

Fig. 2. Biomicroscopic and OCT images 6 months after performing modified selective transplantation of the stroma. А, Б — biomicroscopic slit-light corneal image demonstrates correct positioning of the transparent graft inside the cornea, seamless and spherical corneal surfaces. В, Г — OCT and infrared images of the cornea confirm the correct location of the transparent graft inside the cornea. At the same time, it can be seen that the transparency of the anterior and posterior corneal layers is reduced

стромы внутри роговицы имел правильное расположение в течение всего послеоперационного периода (рис. 2). Ятрогенное повреждение передних слоев не оказало влияния на ход операции. Однако, вероятно, в перспективе будет необходима эксимер-лазерная абляция поверхности роговицы. Продолжительность этапа экстракции стромы в ходе оСТС варьировала от 1080 с до 481 с (в среднем $838,0 \pm 233,5$ с). Дополнительное использование микроножниц или роговичных ножниц потребовалось 3 из 4 пациентов (75%). В то же время в ходе мСТС продолжительность этапа экстракции варьировала от 424 с до 303 с (в среднем $336,0 \pm 43,7$ с), дополнительный режущий инструмент не использовался ни в одном из 4 случаев.

ОБСУЖДЕНИЕ

Методика СКП является универсальной технологией, которая может заменять все прочие известные методики трансплантации при incurable патологии роговицы. Однако СКП и большинство методик кератопластики в той или иной степени не соответствуют современным критериям условной «идеальной кератопластики»: селективность, закрытый характер операции, отсутствие швов, сохранность поверхностей, особенно передней, равномерная толщина трансплантата и остаточных слоев реципиента, гладкие поверхности интерфейсов (донор/реципиент), соответствие толщины трансплантата и ложа, отсутствие необходимости в общей анестезии, воспроизводимость. На эффективность и исходы СКП оказывают существенное влияние проблемы с герметизацией раны, эпителизацией поверхности, наличием швов, воспалением переднего сегмента глаза,

с внутриглазным давлением, а также гемморагические осложнения, первичная несостоятельность эндотелия. Неизбежное повреждение нервных волокон и сплетений оказывает влияние на трофику и чувствительность роговицы, на митоз и миграцию эпителиальных клеток и кератоцитов как при СКП, так и ГППК [7]. Для ГППК характерны аналогичные СКП осложнения и недостатки, за исключением внутриглазных.

При селективной патологии эндотелия практически «идеальной» методикой, соответствующей этим критериям, является технология трансплантации десцеметовой мембраны с эндотелием (ДМЕК). При селективной (или преимущественной) патологии стромы роговицы наиболее соответствующей перечисленным критериям методикой, по нашему мнению, может являться внутрироговичная СТС.

Концепцию оптической межслойной кератопластики, к которой можно причислить СТС, впервые предложил польский офтальмолог Т. Krawicz [8] в 1960 г. В 1973 г. методики двухэтапной оптической межслойной трансплантации для лечения поверхностных помутнений роговицы были предложены В.С. Беляевым, Н.В. Душиным и соавт. [9]. Известны также методики рефракционной кератопластики, сопровождающиеся вну-

трироговичной трансплантацией лентикулы [10–16]: стромальная кератофакция [10], LIKE [11], S-LIKE [11–13], FLAKE [14], FIL [15], PEARL [16], SILK [17]. Принципиальные отличия предложенной нами СТС (как в оригинальном, так и модифицированном исполнении) от всех известных методик трансплантации, включая вышеперечисленные, заключаются: 1) в закрытом замещении стромы, 2) в отсутствии повреждения передней поверхности роговицы, 3) в отсутствии швов на передней поверхности. К преимуществам СТС можно отнести сохранение прочной биомеханики роговицы, независимый выбор диаметра трансплантации, отсутствие повреждения суббазального нервного сплетения и, возможно, отсутствие или меньшее повреждение субэпителиального нервного сплетения, незначительный риск развития сухости глаза. Сохранение иннервации роговицы очень важно, поскольку она обеспечивает защитные механизмы, трофические функции и участвует в регуляции секреции и поддержании стабильности слезной пленки. Известно, что повреждение иннервации вызывает рецидивирующие эрозии, нарушение функции эпителиальных клеток, повышение их проницаемости, снижение миграционной способности, количества митозов [18–20].

Технология селективного замещения стромы является разновидностью оптической кератопластики, и ее преимущества для восстановления зрения и улучшения качества жизни пациента, по нашему мнению, перевешивают ее недостатки, среди которых необходимо выделить ограниченные показания к операции, формирование двух внутрироговичных интерфейсов, а также техническая сложность

резекции стромы с достижением ее мобильности (в исходной технике оСТС). Однако, как показало данное исследование, последний недостаток удалось минимизировать в мСТС. По сравнению с оСТС среднее время этапа экстракции сократилось на $502,00 \pm 189,75$ с (42,8%), а частота использования дополнительного режущего инструмента снизилась до нуля. Подобный результат достигается благодаря четкой визуализации границ диссекции и их совмещению. Временная внутрироговичная имплантация контактной линзы расширяет верхний и нижний роговичный карман, позволяя в режиме ОКТ задать необходимые точки пересечения диссекций по всей окружности. Ранее мы применяли контактную линзу в качестве глайда при имплантации десцеметовой мембраны в строму роговицы [21].

Такие характеристики мягкой контактной линзы (МКЛ), как прозрачность, сферичность, эластичность, доступность, цена, возможность окрашивания трипановым синим и моделирования необходимых форм и диаметров, делают ее полезным средством в инновационной хирургии роговицы. Для мСТС нами использовалась линза 1-day asuvue Tru Eye (Johnson & Johnson, США). Выбор производителя был рандомным, однако диоптрийность МКЛ выбиралась исходя из ее толщины. Согласно данным производителя, самая тонкая МКЛ соответствует $-3,0$ дптр [21]. Моделирование МКЛ на $0,5-1,0$ мм меньше, чем диаметр циркулярной фемтодиссекции, обусловлено поглощением МКЛ лазерного излучения, что приводит к неполноценной диссекции ткани стромы [22].

Разделение МКЛ на две половины и имплантация в карманы по частям обоснованы следующим. Во-первых, имплантация МКЛ большого диаметра через малый разрез чревата ее повреждением в момент имплантации. Альтернативная имплантация в сложенном либо свернутом виде может сопровождаться ее повреждением в момент расправления. После этапа диссекции есть высокая вероятность повредить (целостную) линзу при ее эксплантации. Как показали все проведенные операции мСТС, имплантация и эксплантация МКЛ по 1/2 частям действительно оказались простой и безопасной манипуляцией.

Важно отметить, что предлагаемая методика внутрироговичной мСТС сохраняет преимущества оСТС перед ГППК и СКП: отсутствие разрезов и швов на поверхностях роговицы, закрытая техника, скромные требования к донорской ткани, возможность мультитрансплантации, безопасная катарактальная хирургия в перспективе. Вместе с тем в мСТС достигается точная и полноценная фемтодиссекция, сокращается общая продолжительность операции, что в итоге делает операцию технически более простой, а значит, доступной для широкого применения. К недостаткам мСТС по-прежнему можно отнести ограниченные показания, наличие двух внутрироговичных интерфейсов.

Необходимы дальнейшие исследования для уточнения эффективности и оценки биологических, рефракционных и функциональных результатов.

Литература/References

- Gain P, Jullienne R, He Z, et al. Global survey of corneal transplantation and eye banking. *JAMA Ophthalmol*. 2016 Feb; 134 (2): 167–73. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2015.4776

- Thanitcul C, Mathews P, Woretta FA, et al. Surgeon preference for keratoplasty techniques and barriers to performing deep anterior lamellar keratoplasty. *Cornea*. 2021 Nov 1; 40 (11): 1406–12. doi: 10.1097/ICO.0000000000002644
- Оганесян О.Г., Гусак Д.А., Макаров П.В., Ашикова П.М. Внутрироговичная трансплантация стромы. *Вестник офтальмологии*. 2024; 140 (1): 86–92. [Oganesyan O.G., Gusak D.A., Makarov P.V., Ashikova P.M. Intracorneal selective stromal transplantation. *Vestnik Oftal'mologii*. 2024; 140 (1): 86–92 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17116/oftalma202414001186>
- Oganesyan OG, Gusak DA, Makarov PV, Ashikova PM. A new modification of keratoplasty: selective intracorneal stromal transplantation. *Sănătate Publică, Economie și Management în Medicină*. 2022; 1 (92-S): 55–6.
- Melles GR, Eggink FA, Lander F, et al. A surgical technique for posterior lamellar keratoplasty. *Cornea*. 1998 Nov; 17 (6): 618–26. doi: 10.1097/00003226-199811000-00010
- The IC3D Classification of the Corneal Dystrophies. *Cornea*. 2008; 27 (Suppl 2): S1–S42. <https://doi.org/10.1097/ico.0b013e31817780fb>
- Darwish T, Brahma A, Efron N, O'Donnell C. Subbasal nerve regeneration after penetrating keratoplasty. *Cornea*. 2007 Sep; 26 (8): 935–40. doi: 10.1097/ICO.0b013e3180de493f
- Krwawicz T. Intra-corneal lamellar keratoplasty. *Br J Ophthalmol*. 1960 Oct; 44 (10): 629–33. doi: 10.1136/bjo.44.10.629
- Душин Н.В., Беляев В.С., Гончар П.А. и др. Отдаленные результаты хирургической коррекции миопии высокой степени методом туннельной кератопластики. *Вестник офтальмологии*. 2000; 116 (6): 7–9. [Dushin N.V., Belyaev V.S., Gonchar P.A., et al. Remote results of high myopia surgical correction by tunnel keratoplasty. *Vestnik Oftal'mologii*. 2000 Nov–Dec; 116 (6): 7–9 (In Russ.)]. PMID: 11196217.
- Swinger CA, Barraquer JI. Keratophakia and keratomileusis-clinical results. *Ophthalmology*. 1981; 88: 709–15. PMID: 7033859.
- Moshirfar M, Shah TJ, Masud M, et al. A modified small-incision lenticule intrastromal keratoplasty (sLIKE) for the correction of high hyperopia: A description of a new surgical technique and comparison to lenticule intrastromal keratoplasty (LIKE). *Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol*. 2018 Summer; 7 (2): 48–56. PMID: 30250852.
- Moshirfar M, Stoakes IM, Bruce EG, et al. Allogenic lenticular implantation for correction of refractive error and ectasia: Narrative review. *Ophthalmol Ther*. 2023 Oct; 12 (5): 2361–79. doi: 10.1007/s40123-023-00765-2
- Moshirfar M, Shah TJ, Masud M, et al. A modified small-incision lenticule intrastromal keratoplasty (sLIKE) for the correction of high hyperopia: A description of a new surgical technique and comparison to lenticule intrastromal keratoplasty (LIKE). *Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol*. 2018 Summer; 7 (2): 48–56. PMID: 30250852.
- Pradhan KR, Reinstein DZ, Carp GI, et al. Femtosecond laser-assisted keyhole endokeratophakia: correction of hyperopia by implantation of an allogenic lenticule obtained by SMILE from a myopic donor. *J Refract Surg*. 2013; 29 (11): 777–82. <https://doi.org/10.3928/1081597x-20131021-07>
- Ganesh S, Brar S, Rao PA. Cryopreservation of extracted corneal lenticules after small incision lenticule extraction for potential use in human subjects. *Cornea*. 2014; 33: 1355–62. doi: 10.1097/ICO.0000000000000276
- Jacob S, Kumar DA, Agarwal A, et al. Preliminary evidence of successful near vision enhancement with a new technique: PrEsbyopic Allogenic Refractive Lenticule (PEARL) corneal inlay using a SMILE lenticule. *J Refract Surg*. 2017 Apr 1; 33 (4): 224–9. doi: 10.3928/1081597X-20170111-03
- Pradhan KR, Reinstein DZ, Vida RS, et al. Femtosecond laser-assisted small incision sutureless intrastromal lamellar keratoplasty (SILK) for corneal transplantation in keratoconus. *J Refract Surg*. 2019; 35 (10): 663–71. doi: 10.3928/1081597X-20190826-01
- Muller LJ, Marfurt CF, Kruse F, et al. Corneal nerves: structure, contents and function. *Exp Eye Res*. 2003; 76: 521–42. doi: 10.1016/s0014-4835(03)00050-2
- Dartt DA. Dysfunctional neural regulation of lacrimal gland secretion and its role in the pathogenesis of dry eye syndromes. *Ocul Surf*. 2004; 2: 76–91. doi: 10.1016/s1542-0124(12)70146-5
- Darwish T, Brahma A, Efron N, O'Donnell C. Subbasal nerve regeneration after penetrating keratoplasty. *Cornea*. 2007; 26 (8): 935–40. doi: 10.1097/ico.0b013e3180de493f
- Oganesyan O, Getadaryan V, Oganesyan C, van Dijk K, Melles G. Intrastromal descemet membrane transplantation as a potential alternative to Bowman layer inlays in eyes with advanced keratoconus. *Eye Contact Lens*. 2021 Apr 1; 47 (4): 223–5. doi: 10.1097/ICL.0000000000000749
- Lira M, Pereira C, Real Oliveira ME, Castanheira EM. Importance of contact lens power and thickness in oxygen transmissibility. *Cont Lens Anterior Eye*. 2015 Apr; 38 (2): 120–6. doi: 10.1016/j.clae.2014.12.002

Вклад авторов в работу: О.Г. Оганесян, Д.А. Гусак — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, финальная подготовка статьи к публикации; С.В. Милаш, Э.К. Багаманова, А.Е. Ансурян — сбор и обработка данных; С.Г. Торопыгин — финальная подготовка статьи к публикации.

Author's contributions: O.G. Oganessian, D.A. Gusak — concept and design of the study, data collection and processing, final preparation of the article for publication; S.V. Milash, E.K. Bagamanova, A.E. Ansuryan — data collection and processing; S.G. Toropygin — final preparation of the article for publication.

Поступила: 30.05.2024. Переработана: 02.06.2024. Принята к печати: 03.06.2024
Originally received: 30.05.2024. Final revision: 02.06.2024. Accepted: 03.06.2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

¹ ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, ул. Садовая-Черногрозская, д. 14/19, Москва, 105062, Россия

² ФГБОУ ВО «Тверской ГМУ» Минздрава России, ул. Советская, д. 4, Тверь, 170100, Россия

Оганес Георгиевич Оганесян — д-р мед. наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела травматологии и реконструктивной хирургии, профессор кафедры глазных болезней МГМСУ им. А.И. Евдокимова¹, профессор кафедры офтальмологии²

Дарья Александровна Гусак — аспирант отдела травматологии и реконструктивной хирургии¹

Эльза Камилловна Багаманова — аспирант отдела травматологии и реконструктивной хирургии¹

Сергей Викторович Милаш — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргономики¹

Сергей Григорьевич Торопыгин — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой офтальмологии²

Ален Егисевич Ансурян — ординатор¹

Для контактов: Оганес Георгиевич Оганесян,
oftalmolog@mail.ru

¹ Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, 14/19, Sadovaya-Chernogryazskaya St., Moscow, 105062, Russia

² Tver State Medical University, 4, Sovetskaya St., Tver, 170100, Russia

Oganess G. Oganessian — Dr. of Med. Sci., associate professor, leading researcher, department of traumatology and reconstructive surgery, professor, chair of eye diseases, A.I. Evdokimov Moscow State Medical University¹, professor of chair of ophthalmology²

Darya A. Gusak — PhD student, department of traumatology and reconstructive surgery¹

Elza K. Bagamanova — PhD student, department of traumatology and reconstructive surgery¹

Sergey V. Milash — Cand. of Med. Sci., senior researcher, department of refractive pathology, binocular vision and ophthalmoeconomics¹

Sergei G. Toropygin — Dr. of Med. Sci., professor, head of chair of ophthalmology²

Alen E. Ansuryan — resident¹

For contacts: Oganess G. Oganessian,
oftalmolog@mail.ru