

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2023-16-3-69-74>



Трансплантация боуменоваго слоя при биомеханической нестабильности роговицы в поздние сроки после радиальной кератотомии

О.Г. Оганесян^{1, 2}, П.М. Ашикова¹ ✉, А.В. Иванова¹, К.Б. Летникова¹, К.О. Оганесян³, П.В. Макаров¹

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

² ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, ул. Делегатская, д. 20, стр. 1, Москва, 127473, Россия

³ Карлов университет, ОвочныТрг, д. 5, Прага 1, 11636, Чехия

В основе поздних осложнений радиальной кератотомии (РК), как правило, лежит изменение биомеханических свойств роговицы. **Цель работы** — изучение стабилизирующего эффекта трансплантации боуменоваго слоя (БС) в отдаленные сроки после РК. **Материал и методы.** В рамках ограниченного проспективного моноцентрового пилотного исследования было прооперировано 2 пациента (2 глаза) мужского пола в возрасте 60 и 55 лет. Давность выполнения радиальных насечек составила 34 и 38 лет. Показанием к операции явились прогрессирующая биомеханическая нестабильность роговицы и функциональные рефракционно-визуальные флюктуации. В течение 12 мес после операции оценивались осложнения, корригируемая острота зрения, кератометрические показатели, биомикроскопическая прозрачность роговицы, удовлетворенность пациента. **Результаты.** В период наблюдения осложнений не отмечено, роговица и трансплантат сохранили прозрачность. Средняя толщина трансплантата БС составила $20,0 \pm 2,1$ мкм. Средняя корригируемая контактными линзами острота зрения увеличилась с $0,4 \pm 0,3$ до $0,65 \pm 0,1$, средний показатель кератометрического астигматизма изменился с $1,9 \pm 1,6$ до $3,0$ дптр, данные показатели сохранялись в 6, 9 и 12 мес, что свидетельствует о достижении биомеханической стабильности роговицы, отсутствии рефракционно-визуальных флюктуаций. **Заключение.** При поздних осложнениях РК трансплантация БС позволяет частично восстановить нормальную анатомию передней поверхности роговицы и обеспечивает ее биомеханическую стабильность в 12-месячный период наблюдения. Для максимально объективных выводов необходимо увеличить число клинических случаев и сроки наблюдения.

Ключевые слова: трансплантация боуменоваго слоя; эксимерлазерная абляция; послойная кератопластика; радиальная кератотомия; кератэктазия

Конфликт интересов: отсутствует.

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

Для цитирования: Оганесян О.Г., Ашикова П.М., Иванова А.В., Летникова К.Б., Оганесян К.О., Макаров П.В. Трансплантация боуменоваго слоя при биомеханической нестабильности роговицы в поздние сроки после радиальной кератотомии. Российский офтальмологический журнал. 2023; 16(3): 69–74. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2023-16-3-69-74>

Transplantation of the Bowman's layer in cases of biomechanical instability of the cornea after radial keratotomy

Oganes G. Oganesyan^{1, 2}, Patimat M. Ashikova¹ ✉, Anastasia V. Ivanova¹, Ksenia B. Letnikova¹, Carolina O. Oganesyan³, Pavel V. Makarov¹

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

² Evdokimov Moscow State Medical Stomatological University of Medicine and Dentistry, 20/1, Delegatskaya St., Moscow, 127473, Russia

³ The Charles University, 5, Ovocný Trh, Prague 1, 11636, Czech Republic
patiyagj@mail.ru

*Late complications of radial keratotomy (RK), are as a rule caused by a change in the biomechanical properties of the cornea. **Purpose:** to study the long-term stabilizing effect of the Bowman's layer (BL) transplantation after RK. **Material and methods.** In a limited, prospective, monocentric pilot study we operated 2 male patients (2 eyes) aged 60 and 55. The radial incisions had been performed 34 and 38 years ago. The indications for surgery were progressive biomechanical instability of the cornea and functional refractive visual fluctuations. Within 12 months after the operation, complications, corrected visual acuity, keratometric parameters, biomicroscopic transparency of the cornea, and patient satisfaction were assessed. **Results.** No complications were noted during the follow-up period, the cornea and graft retained transparency. The average thickness of the BS graft was $20.0 \pm 2.1 \mu\text{m}$. The average visual acuity corrected by contact lenses increased from 0.4 ± 0.3 to 0.65 ± 0.1 , the average indicator of keratometric astigmatism changed from 1.9 ± 1.6 to 3.0 D , these indicators remained after 6, 9 and 12 months, which indicates that biomechanical stability of the cornea was achieved and that the refractive-visual fluctuations are absent. **Conclusion.** In late term RK complications, BS transplantation partially restores the normal anatomy of the anterior surface of the cornea and ensures its biomechanical stability during a 12-month follow-up period. For the conclusions to be maximally objective, more clinical cases should be studied within a longer observation period.*

Keywords: Bowman's layer transplantation; corneal transplantation, excimer laser ablation; lamellar keratoplasty; radial keratotomy; keratectasia

Conflict of interests: there is no conflict of interest.

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

For citation: Oganesyan O.G., Ashikova P.M., Ivanova A.V., Letnikova K.B., Oganesyan C.O., Makarov P.V. Transplantation of the Bowman's layer in cases of biomechanical instability of the cornea after radial keratotomy. Russian ophthalmological journal. 2023; 16(3): 69–74. (In Russ.). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2023-16-3-69-74>

Радиальная кератотомия (РК) была основным методом хирургической коррекции близорукости в 1970–1980 гг. Впервые надрезы роговицы для коррекции аметропий выполнил Н. Schiøtz в 1885 г. [1]. В 1898 г. L. Lans разработал технику радиальной и тангенциальной кератотомии [2]. Т. Sato и соавт. предложили кератотомию со стороны эндотелия [3], однако в отдаленные сроки почти у 70 % пациентов развилась буллезная кератопатия, и от методики отказались [4, 5]. Спустя годы интерес к кератотомии возобновился благодаря работам советских офтальмологов: Н.П. Пурескина, Э.С. Богуславской, В.С. Беляева, Маунг Кио Тина, М.М. Краснова, Н.М. Сергиенко, С.Э. Аветисова и многих других, однако РК ассоциируется с именем С.Н. Федорова [6]. К 2000 г., за два предшествующих десятилетия, в СССР было выполнено свыше 600 тыс., а в мире свыше 5 млн РК.

Ввиду нестабильности отдаленных рефракционных результатов, ограниченной предсказуемости, серьезных послеоперационных осложнений и развития альтернативных лазерных методик выполнение РК было прекращено, несмотря на ее эффективность во многих случаях. В настоящее время лечение таких отдаленных осложнений РК, как гиперметропический сдвиг, суточные колебания остроты зрения,

рефракции и топографических индексов, индуцированный астигматизм и эктазия, остается актуальной проблемой [4, 7].

В основе большинства перечисленных поздних осложнений РК лежит изменение биомеханических свойств роговицы, в том числе по причине повреждения передней пограничной мембраны. Принимая во внимание тот факт, что боуеновский слой (БС) обеспечивает форму и сферичность роговицы [8], следует ожидать, что трансплантация БС в той или иной степени должна повлиять на нормализацию состояния и биомеханическую стабилизацию роговицы путем межтканевого взаимодействия [9].

ЦЕЛЬЮ нашего пилотного исследования явилось изучение стабилизирующего эффекта трансплантации БС в отдаленные сроки после радиальной кератотомии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследование вошли 2 пациента мужского пола в возрасте 60 и 55 лет (средний возраст $57,5 \pm 3,5$ года). Давность выполнения радиальных насечек составила 34 и 38 (в среднем $36,0 \pm 2,8$) лет.

В таблице представлены демографические данные, показатели корригируемой остроты зрения жесткими скле-

Таблица. Демографические данные, до- и послеоперационные показатели корригируемой остроты зрения, кератометрического астигматизма, параметры трансплантата и лазерной абляции
Table. Demographic data, pre- and post-operative parameters of corrected visual acuity, keratometric astigmatism, graft and laser ablation parameters

Пациент Patient			Корригируемая контактными лин- зами острота зрения Visual acuity in contact lenses		Кератометрический астигматизм, дптр Keratometric astigmatism, D		Толщина трансплан- тата боуме- нового слоя, мкм Bowman's layer graft thickness, μm	Диаметр транспланта- та боуе- нового слоя, мм Bowman's layer graft diameter, mm	Диаметр абляции ткани реци- пиента, мм Ablation diameter of recipient tissue, mm	Глубина абляции ткани реципиента, мкм Depth of ablation of the recipient tissue, μm
№	пол gender	возраст, лет age, yrs	до before	12 мес 12 months	до before	12 мес 12 months	12 мес 12 months	1 сут 1 day	1 сут 1 day	1 сут 1 day
1	М	60	0,15	0,7	0,7	3	22	0,9	9,3	20
2	М	55	0,6	0,6	3,0	3	19	0,9	9,3	30
М ± SD		57,5 ± 3,5	0,4 ± 0,3	0,65 ± 0,1	1,9 ± 1,6	3,0 ± 0	20,5 ± 2,1	9,0 ± 0	9,3 ± 0	25 ± 7

ральными контактными линзами (Okvision, Onefit MED), кератометрического астигматизма до и через 12 мес после операции, а также параметры трансплантата и глубины лазерной абляции.

Оба пациента были пресбиопического возраста, предъявляли жалобы на нестабильное зрение в течение суток, постепенное ухудшение зрения за последние годы, как вдаль, так и вблизи, быструю зрительную утомляемость.

Для подтверждения флюктуаций и биомеханической нестабильности роговицы пациенты обследовались до операции ежемесячно в течение 6 мес. После операции обследования выполнялись через 1, 3, 6, 9 и 12 мес. Всем пациентам проводилась рефрактометрия, визометрия в мезопических условиях без коррекции, биомикроскопия и фоторегистрация, кератоанализирование (Galilei G6, Ziemer Ophthalmic Systems AG, Швейцария). При каждом осмотре проводилась биомикроскопия. Оптическая когерентная томография роговицы (Spectralis TM SD-OCT, Heidelberg, Германия) выполнялась перед операцией, а также через 1 и 12 мес после операции. Визометрия в оптимально подобранной жесткой склеральной контактной линзе проводилась перед операцией и через 6 мес после операции. Окончательный подбор линзы осуществляли через 12 мес после операции.

Обследования и хирургические вмешательства были проведены с информированного согласия пациентов и при одобрении локального этического комитета ФГБУ «НМИЦ ГБ им. Гельмгольца» МЗ РФ (№ 24/5 от 24.08.2019). Пациенты понимали, что операция выполняется для биомеханической и кераторефракционной стабилизации роговицы, и соглашались на коррекцию зрения контактными линзами в перспективе.

Техника операции. Операции выполнены под местной анестезией, одним хирургом. Первым этапом, накануне операции, осуществлялось выкраивание и подготовка трансплантата БС (рис. 1).

Корнеосклеральный диск без десцеметовой мембраны и эпителия фиксировали в искусственной передней камере (Katena, США) и плоским микрохирургическим пинцетом отслаивали БС от подлежащей стромы по ранее описанной нами методике [10].

Сформированный трансплантат окрашивали 0,06 % трипановым синим (Vision Blue, DORC International, Zuidland, Нидерланды) после чего с целью удаления остаточной стромы и достижения гладкой стромальной поверхности трансплантата проводилась эксимер-лазерная абляция (Nidek, Япония) толщиной 20 мкм. До момента хирургического вмешательства трансплантат хранили в консерванте (среда Борзенка — Мороз).

После инстилляционной анестезии поверхности глаза роговица пациента полностью деэпителизировалась офтальмологическим скребком. Из всех насечек на всем их протяжении также механически удалялся эпителий (рис. 2, А, Б).

После инстилляции флюоресцеина осматривали роговицу и насечки в синем свете операционного микроскопа для дополнительного контроля деэпителизации. Роговицу промывали раствором BSS, после чего выполняли эксимер-ла-



Рис. 1. Трансплантаты боуменового слоя после эксимер-лазерной абляции стромальной поверхности. Окрашено 0,06 % трипановым синим
Fig. 1. Bowman's layer grafts after excimer laser ablation of the stromal surface. Grafts stained with 0.06 % trypan blue

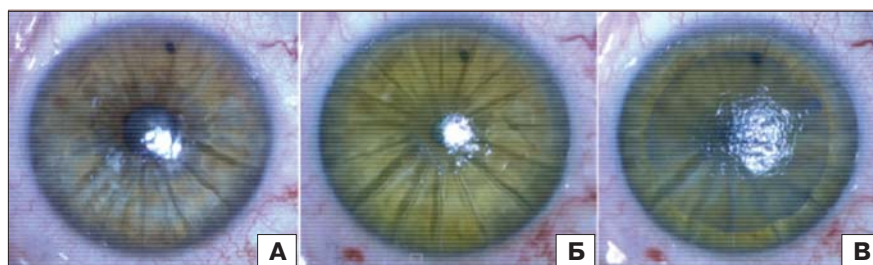


Рис. 2. Интраоперационные изображения (пациент № 1). А — роговица с кератотомическими насечками. Б — поверхность роговицы и насечки полностью деэпителизированы; роговица окрашена флюоресцеином и промыта солевым раствором, В — трансплантат боуменового слоя расположен на роговице пациента
Fig. 2. Intraoperative images. А — cornea (patient #1) with radial incisions. Б — surface and incisions completely removed epithelial cells; cornea stained with fluorescein and rinsed with BSS. В — Bowman's graft on lay the patient's cornea

зерную абляцию ее поверхности. Диаметр и глубина абляции представлены в таблице. На строму роговицы инстиллировали 1–2 капли раствора 0,02 % митомицина-С. Время экспозиции составляло 40 с, после чего роговицу промывали физиологическим раствором. Трансплантат БС нужного диаметра моделировали высекателем роговицы (Katena Products Inc, Denville, NJ, США) и стромальной стороной укладывали в зону абляции на поверхность роговицы с кератотомиями (рис. 2, В). Поверх «надевали» мягкую контактную бандажную линзу и завершали операцию субтеноновой инъекцией глюкокортикостероида и антибиотика. Послеоперационное лечение включало четырехкратную инстилляцию дексаметазона 0,1 % по убывающей схеме в течение 3 мес и трехкратную инстилляцию 0,5 % моксифлоксацина гидрохлорида в течение первых 3 нед. Слезозаменители без консервантов рекомендовали для постоянного применения.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В качестве критериев эффективности в период наблюдения оценивались осложнения, корригируемая в контактной линзе острота зрения, кератометрические показатели, биомикроскопическая прозрачность роговицы, удовлетворенность пациента.

Интраоперационных и ранних послеоперационных осложнений, включая смещение трансплантата, не отмечено. В обоих случаях через 7 дней трансплантат БС был полностью эпителизирован (подтверждалось флуоресцеиновой пробой), что позволяло снимать контактную линзу в указанные сроки. Средняя толщина трансплантата БС через 12 мес после операции составила $20,0 \pm 2,1$ мкм. Роговица и трансплантат сохраняли прозрачность в течение всего периода наблюдения (рис. 3, А, Б).

Клинических данных за вращение эпителия в представленные сроки наблюдения не выявлено (рис. 4, А, Б).

Через 12 мес после операции средняя корригируемая жесткими склеральными линзами острота зрения равнялась $0,65 \pm 0,1$, средний показатель кератометрического астигматизма — 3,0. Перечисленные показатели оставались стабильными при обследовании в 6, 9 и 12 мес. Субъективно пациенты подтверждали отсутствие рефракционно-визуальных флюктуаций и были удовлетворены полученными результатами. Послеоперационные показатели представлены в таблице.

ОБСУЖДЕНИЕ

В пилотном клиническом исследовании мы представляем среднесрочные результаты трансплантации БС

у 2 пациентов при биомеханической нестабильности и рефракционно-визуальной флюктуации в отдаленные сроки после РК. В настоящее время нет консенсуса о тактике лечения отдаленных рефракционных осложнений РК (гиперметропический сдвиг, суточные колебания зрения, эктазия).

Гиперметропический сдвиг — это непрерывное смещение рефракции в сторону гиперметропии из-за возрастных изменений, воздействия внутриглазного давления на роговицу, чрезмерного количества надрезов и избыточной их глубины, микроперфорации, большой протяженности кератотомических надрезов с пересечением лимба и прочее [8, 11]. Среди причин возникновения иррегулярности поверхности роговицы ведущим является неравномерное рубцевание радиальных разрезов, что приводит к нарушению биомеханических свойств, индуцированному астигматизму [12]. Эктазия роговицы, включая эктазии с разрывом десцеметовой мембраны, является известным поздним осложнением РК, впервые описанным К. Wellish и соавт. [13] в 1994 г., а потом и многими другими авторами [14–16]. Предполагаемыми причинами эктазий являются макро- и микроперфорации, различия диаметров роговицы в главных меридианах, неравномерное распределение напряжений в роговице, разница в тоне горизонтальных и вертикальных экстраокулярных мышц [17]. Биомеханическая нестабильность роговицы в итоге обуславливает функциональную рефракционную нестабильность и колебания остроты зрения в течение суток, с которыми сталкиваются до 60 % пациентов [4, 18]. Изменения оптической силы роговицы в течение дня могут достигать 3 дптр [18] вследствие механического давления век на роговицу, отека стромы, воздействия внутриглазного давления на ослабленную роговицу [7, 8].

На сегодняшний день подходы к лечению отдаленных осложнений после кератотомий включают кросслинкинг [19] и трансплантацию роговицы [16, 20]. Однако методика кросслинкинга, широко применяемая в лечении первичного кератоконуса, мало изучена при кератотомических насечках. Есть данные, согласно которым кросслинкинг не только не останавливает прогресс эктазии роговицы с насечками, но, напротив, ускоряет и усугубляет биомеханическую нестабильность [21]. В любом случае показатели толщины и кривизны роговицы, которые являются основными критериями показаний или противопоказаний для выполнения кросслинкинга при первичном кератоконусе, должны быть не только учтены для роговиц после кератотомий, но, возможно, и пересмотрены с учетом эпителиальных пробков в насечках [22].

Основным недостатком трансплантации роговицы при кератотомиях является необходимость сквозной либо глубокой послойной трансплантации роговицы большого

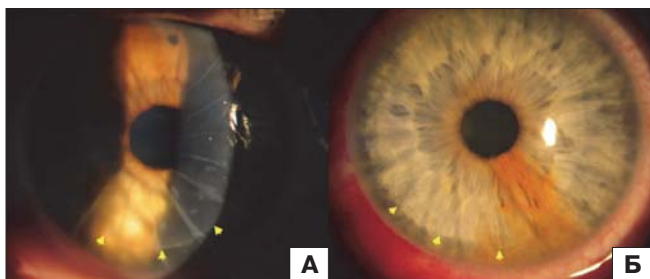


Рис. 3. Биомикроскопическая картина переднего отрезка глаза пациента № 1 (А) и пациента № 2 (Б) спустя 12 мес после трансплантации БС. Желтыми стрелками указана визуализация границ трансплантата

Fig. 3. Slit lamp images of the anterior segment of the eye patient № 1 (А) and patient № 2 (Б). 12 months after Bowman's layer onlay. Yellow arrows indicate the borders of the graft



Рис. 4. Оптическая когерентная томография роговицы до (А) и спустя 12 мес после трансплантации БС на глазу пациента № 1 с радиальной кератотомией (Б)

Fig. 4. Optical coherence tomography before (А) and 12 months after BL onlay (Б) in a patient № 1 with radial keratotomy

диаметра вследствие того, что кератотомические разрезы доходят до периферии. Сообщают, что во многих случаях после кератопластики эктазия роговицы прогрессирует [23]. По данным литературы, через 20 лет после кератопластики приблизительно в 10 % случаев наблюдается рецидив эктазии [23]. Кроме того, для сквозной и глубокой послойной кератопластики при кератотомических насечках характерно множество проблем и осложнений, встречающихся при любой другой патологии роговицы. Среди них васкуляризация и инфекционные осложнения, осложнения, связанные со швами, помутнение роговицы, слабость посткератопластического рубца, реакция отторжения, астигматизм высокой степени осложняет течение посткератопластического периода почти у 38 % пациентов [24, 25]. В современной офтальмологии не существует методики лечения эктазий на фоне насечек, обеспечивающей остановку прогрессирования и максимальную остроту зрения без коррекции. Это связано с тем, что кросслинкинг и пересадка роговицы не способны обеспечить сферичность роговицы и требуют коррекции остаточного астигматизма. Исследования показывают, что после РК почти 58 % пациентов нуждаются в какой-либо коррекции через 10 лет после операции [26]. Учитывая такие показатели, а также возможности современной контактной коррекции, их использование при стабильных биомеханических свойствах роговицы представляются разумным компромиссом для пациентов с отдаленными рефракционными осложнениями РК [27].

Ранее мы и другие авторы описывали интрастромальную трансплантацию передней и задней пограничной мембраны для достижения биомеханической стабильности роговицы [9–10, 28]. Однако размещение трансплантата в карман роговицы с кератотомиями невозможно. К тому же его размещение в естественном анатомическом положении не противоречит здравому смыслу, и такая методика делает операцию технически простой и менее инвазивной. В литературе есть только одно сообщение о случае трансплантации БС после радиальных кератотомий [29]. Однако наша техника отличается дезэпителизацией насечек для исключения суббоуеновой пролиферации эпителия и проведением абляции для достижения лучшей адгезии трансплантата.

Причина раскрытия насечек и их дезэпителизация обусловлена следующим. Исследования образцов роговиц с насечками выявили в местах повреждения БС формирование эпителиальной пробки, размер которой напрямую зависит от степени дефекта БС, а не от сроков давности кератотомии. Рубцовая ткань характеризуется слабовыраженным клеточно-волоконистым матриксом и отсутствием протеогликанов, что непосредственно влияет на прочностные свойства рубца после кератотомии. Вне зависимости от сроков «заживления» насечек происходит как незавершенный процесс рубцевания, так как минимальная интраоперационная травматизация роговицы вызывает ингибицию кератобластической активности [22].

Эксимерный лазер удаляет поврежденную переднюю пограничную мембрану, при этом не вызывая термического повреждения близлежащих тканей. Лазерная абляция стромальной поверхности роговицы реципиента и трансплантата БС обеспечивает прозрачность роговицы и интерфейса, а патологического заживления раневой поверхности по причине патологического эпителиально-стромального взаимодействия происходить не должно благодаря присутствию полноценного БС. Абляция избыточной подлежащей стромальной ткани в трансплантате минимизирует вероятность отторжения. Фиксация трансплантата без использования швов и клея способствует быстрой эпителизации, умень-

шению воспалительного ответа и неоваскуляризации, что позволяет сократить период ранней реабилитации и нетрудоспособности до недели.

Мы считаем, что трансплантация БС при кератотомиях обоснована с точки зрения морфологии и физиологии роговицы, патогенеза биомеханической нестабильности и рефракционной-визуальной флуктуации. Трансплантация БС позволяет частично восстановить нормальную анатомию и морфологию передней поверхности роговицы. Это относительно легкая и малоинвазивная методика, а риск отторжения минимален. В случае неудовлетворительного результата может быть выполнен другой альтернативный метод лечения. Техника трансплантации БС не увеличивает потребность в донорской ткани, так как трансплантат формируется из остаточных корнеосклеральных дисков без десцеметовой мембраны с эндотелием. Наше пилотное исследование в имеющиеся сроки наблюдения свидетельствует о возможности предлагаемой техники трансплантации и ее эффективности для достижения биомеханической стабильности роговицы в среднесрочном периоде наблюдения. Для максимально обоснованных выводов необходимо увеличить число клинических случаев и сроки наблюдения.

Litmerapypa/References

- Schiötz H. Ein Fall von hochgradigem Hornhautastigmatismus nach Staarextraction. Besserung auf operativem Wege. *Arch Augenheilkunde*. 1885; 15: 178–81.
- Lans L. Experimentelle Untersuchungen der Entstehung von Astigmatismus durch nichtperforierende Corneawunden. *Albrecht von Graefes Arch Ophthalmol*. 1898; 45: 117–52.
- Sato T, Akiyama K, Shibata H. A new surgical approach to myopia. *Am J Ophthalmol*. 1953; 36 (61): 823–9. doi: 10.1016/0002-9394(53)90183-4
- Kemp J, Martinez C, Klyce S, et al. Diurnal fluctuations in corneal topography 10 years after radial keratotomy in the Prospective Evaluation of Radial Keratotomy Study. *J Cataract Refract Surgery*. 1999; 25 (7): 904–10. doi: 10.1016/s0886-3350(99)00090-5
- Beatty R, Smith R. 30-year follow-up of posterior radial keratotomy. *Am J Ophthalmol*. 1987; 103 (3Pt 1): 330–1.
- Федоров С.Н., Дурнев В.В. Применение метода передней дозированной кератотомии с целью хирургической коррекции миопии. *Актуальные вопросы современной офтальмологии*. 1977; 47–8. [Fyodorov S.N., Durnev V.V. Application of the anterior keratotomy dosed with a view to surgical correction of myopia. *Aktualnye voprosy sovremennoi oftalmologii*. 1967; 47–8 (In Russ.)].
- Waring G, Lynn M, Strahlman E, et al. Stability of refraction during four years after radial keratotomy in the prospective evaluation of radial keratotomy study. *Am J Ophthalmol*. 1991; 111(2): 133–44. doi: 10.1016/s0002-9394(14)72250-0
- Syakakis E, Carley F, Irion L, Denton J, Hillarby M. An in-depth analysis of histopathological characteristics found in keratoconus. *Pathology*. 2012; 44 (3): 234–9. doi: 10.1097/PAT.0b013e3283511b42
- van Dijk K, Parker J, Baydoun L, et al. Bowman layer transplantation: 5-year results. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2018; 256 (6): 1151–8. doi: 10.1007/s00417-018-3927-7
- Оганесян О.Г., Гетадарян В.Р., Макаров П.В., Грдиканян А.А. Трансплантация Боуенового слоя при прогрессирующем кератоконусе. *Российский офтальмологический журнал*. 2019; 12 (4): 43–50. [Oganesyan O.G., Getadaryan V.R., Makarov P.V., Grdikanyan A.A. Bowman layer transplantation in eyes with progressive advanced keratoconus. *Russian ophthalmological journal*. 2019; 12 (4): 43–50 (In Russ.)]. doi: 10.21516/2072-0076-2019-12-4-43-50
- Аветисов С.Э., Антонов А.А., Вострухин С.В. Механизм прогрессирующей гиперметропии после радиальной кератотомии. *Поле зрения*. 2014; 21 (1): 40–1. [Avetisov S.E., Antonov A.A., Vostruhin S.V. Mechanism of progressive hyperopia after radial keratotomy. *Pole zreniya*. 2014; 21 (1): 40–1 (In Russ.)].
- Балашевич Л.И., Никулин М.С., Нгакуту М.С. Отдаленные результаты передней радиальной кератотомии. *Офтальмохирургия*. 2005; 4: 9–12. [Balashevich L.I., Nikulin M.C., Ngakuty M.S. Long-term results of anterior radial keratotomy. *Ophthalmohirurgiya*. 2005; 4: 9–12 (In Russ.)].
- Wellish K, Glasgow B, Beltran F, Maloney R. Corneal ectasia as a complication of repeated keratotomy surgery. *J Refract Corneal Surg*. 1994; 10 (3): 360–4. PMID: 7522094
- Sharma N, Sachdev R, Jindal A, Titiyal J. Acute hydrops in keratectasia after radial keratotomy. *Eye Contact Lens*. 2010; 36 (3): 185–7. doi: 10.1097/ICL.0b013e3181da23ba

15. Shaikh S, Shaikh N, Manche E. Iatrogenic keratoconus as a complication of radial keratotomy. *J Cataract Refract Surg.* 2002; 28 (3): 553–5. doi: 10.1016/s0886-3350(01)00999-3
16. Kubaloglu A, Koytak A, Sogutlu E, Kurnaz E, Ozerturk Y. Penetrating keratoplasty in keratoconic eyes with prior radial keratotomy. *Eur J Ophthalmology.* 2010; 20 (1): 35–40.
17. Mimura T, Fujimura S, Yamagami S, et al. Severe hyperopic shift and irregular astigmatism after radial keratotomy. *Eye Contact Lens.* 2009; 35 (6): 345–7. doi: 10.1097/ICL.0b013e3181bece3d
18. McDonnell P, Nizam A, Lynn M, Waring G. Morning-to-evening change in refraction, corneal curvature, and visual acuity 11 years after radial keratotomy in the prospective evaluation of radial keratotomy study. The PERK Study Group. *Ophthalmology.* 1996; 103 (2): 233–9. doi: 10.1016/s0161-6420(96)30711-2
19. Elbaz U, Yeung S, Ziai S, et al. Collagen crosslinking after radial keratotomy. *Cornea.* 2014; 33 (2): 131–6. doi: 10.1097/ICO.000000000000044
20. Chamberlain W, Cabezas M. Femtosecond-assisted deep anterior lamellar keratoplasty using big-bubble technique in a cornea with 16 radial keratotomy incisions. *Cornea.* 2011; 30 (2): 233–6. doi: 10.1097/ICO.0b013e3181e16db0
21. Cubuk M, Bilgihan K. Performing corneal collagen crosslinking after radial keratotomy in a patient with keratoconus: case report. *Beyoglu Eye Journal.* 2019; 4 (3): 206–9. doi: 10.14744/bej.2019.79653
22. Хорошилова-Маслова И.П., Андреева Л.Д., Илатовская Л.В., Кузнецова И.А. Клинико-гистопатологическое исследование энуклеированных глаз с контузионными разрывами после радиальной кератотомии. *Вестник офтальмологии.* 1998; 4: 3–8. [Khoroshilova-Maslova I.P., Andreeva L.D., Ilatovskaya L.V., Kyznecova I.A. Clinical and histopathological examination of enucleated eyes with contusion ruptures after radial keratotomy. *Vestnik oftal'mologii.* 1998; 4: 3–8 (In Russ.)].
23. Patel S, Malta J, Baniatt M, et al. Recurrent ectasia in corneal grafts and outcomes of repeat keratoplasty for keratoconus. *Br J Ophthalmology.* 2009; 93 (2): 191–7. doi: 10.1136/bjo.2008.142117
24. Maeno A, Naor J, Lee H, Hunter W, Rootman D. Three decades of corneal transplantation: indications and patient characteristics. *Cornea.* 2000; 19 (1): 7–11. doi: 10.1097/00003226-200001000-00002
25. Noble B, Agrawal A, Collins C, et al. Deep Anterior Lamellar Keratoplasty (DALK): visual outcome and complications for a heterogeneous group of corneal pathologies. *Cornea.* 2007; 26 (1): 59–64. doi: 10.1097/01.ico.0000240080.99832.f3
26. Waring G, Lynn M, McDonnell P. Results of the prospective evaluation of radial keratotomy (PERK) study 10 years after surgery. *Arch Ophthalmol.* 1994; 112 (10): 1298–308. doi: 10.1001/archophth.1994.01090220048022
27. Nguyen M, Thakrar V, Chan C. EyePrintPRO therapeutic scleral contact lens: indications and outcomes. *Can J Ophthalmology.* 2018; 53 (1): 66–70. doi: 10.1016/j.jcjo.2017.07.026
28. Oganessian O, Getadaryan V, Oganessian 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; 47 (4): 223–5. doi: 10.1097/ICL.0000000000000749
29. Parker Jack S, Dockery PW, Parker John S, et al. Bowman layer onlay graft for reducing fluctuation in visual acuity after previous radial keratotomy. *Cornea.* 2020; 39 (10): 1303–6. doi: 10.1097/ICO.00000000000002346

Вклад авторов в работу: О.Г. Оганесян — концепция и дизайн исследования, сбор и анализ данных, написание и редактирование статьи; П.В. Макаров — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных; П.М. Ашикова, К.О. Оганесян — сбор и обработка данных, написание и редактирование статьи; А.В. Иванова, К.Б. Летникова — сбор и обработка данных.

Author's contribution: O.G. Oganessian — concept and design of the study, data collection and analysis, writing and editing of the article; P.V. Makarov — concept and design of the study, data collection and processing; P.M. Ashikova, K.O. Oganessian — data collection and processing, writing and editing of the article; A.V. Ivanova, K.B. Letnikova — data collection and processing.

Поступила: 12.07.2022. Переработана: 15.07.2022. Принята к печати: 16.07.2022
Originally received: 12.07.2022. Final revision: 15.07.2022. Accepted: 16.07.2022

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 «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, ул. Десятская, д. 20, стр. 1, Москва, 127473, Россия

Оганес Георгиевич Оганесян — д-р мед. наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела травматологии и реконструктивной хирургии¹, профессор кафедры глазных болезней²

Патимат Магомедрасуловна Ашикова — врач-аспирант отдела травматологии и реконструктивной хирургии¹

Анастасия Владимировна Иванова — канд. мед. наук, врач-офтальмолог, отдел патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргоники¹

Ксения Борисовна Летникова — канд. мед. наук, научный сотрудник отдела патологии сетчатки и зрительного нерва¹

Павел Васильевич Макаров — д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник отдела травматологии и реконструктивной хирургии¹

Карлов университет, Овоцны Трг, д. 5, Прага 1, 11636, Чехия

Каролина Оганесовна Оганесян — студент

Для контактов: Патимат Магомедрасуловна Ашикова, patiyagi@mail.ru

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

² Evdokimov Moscow State Medical Stomatological University of Medicine and Dentistry, 20/1, Delegatskaya St., Moscow, 127473, Russia

Oganes G. Oganessian — Dr. of Med. Sci., assistant professor, leading researcher, department of eye traumatology and reconstructive surgery¹, professor of chair of eye diseases²

Patimat M. Ashikova — PhD student, department of eye traumatology and reconstructive surgery¹

Anastasia V. Ivanova — Cand. of Med. Sci., ophthalmologist, department of refractive pathology, binocular vision and ophthalmoeconomics¹

Ksenia B. Letnikova — Cand. of Med. Sci., researcher, department of retinal and optic nerve pathology¹

Pavel V. Makarov — Dr. of Med. Sci., leading researcher, department of eye traumatology and reconstructive surgery¹

The Charles University, 5, Ovocná Trh, Prague 1, 11636, Czech Republic

Carolina O. Oganessian — student

For contacts: Patimat M. Ashikova, patiyagi@mail.ru