



МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАДАВЕРНЫХ ДОНОРСКИХ РОГОВИЦ ДЛЯ КЕРАТОПЛАСТИКИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

© *Е.А. Будникова, С.В. Труфанов, В.Н. Розина, Г.А. Осипян, Т.С. Митичкина, М.А. Макарова*

ФГБНУ «НИИ глазных болезней», Москва

Для цитирования: Будникова Е.А., Труфанов С.В., Розина В.Н., и др. Методы оценки кадаверных донорских роговиц для кератопластики (обзор литературы) // Офтальмологические ведомости. – 2018. – Т. 11. – № 4. – С. 67–73. doi: 10.17816/OV11467-73

Поступила: 28.09.2018

Одобрена: 07.12.2018

Принята: 18.12.2018

✧ В настоящее время значительная часть пациентов с патологией роговой оболочки глаза нуждается в кератопластике, в связи с чем потребность в постоянном запасе донорских роговиц достаточно высока. В данной статье описаны методы анализа кадаверного донорского роговичного материала в той последовательности, которая необходима для качественной его оценки перед оперативным вмешательством или выбором оптимального вида консервации в условиях глазного банка. Известно, что основную роль в сохранении прозрачности трансплантируемого роговичного лоскута после выполнения сквозной или эндотелиальной кератопластики играют клетки эндотелия и их жизнеспособность. Именно для этих видов кератопластики необходимо наиболее высокое качество донорского материала с сохранением большого количества жизнеспособных эндотелиальных клеток. Роговичные лоскуты с худшим качеством эндотелиального слоя могут быть успешно использованы для различных видов передних послойных и межслойных кератопластик. Следовательно, адекватная оценка донорского роговичного материала перед операцией позволяет снизить риск послеоперационных осложнений, связанных с несостоятельностью эндотелиального слоя роговицы, и увеличить срок жизнеспособности трансплантата у оперированных пациентов. Кроме того, большое значение имеет выбор оптимального вида консервации, чтобы сохранить роговичный материал биологически полноценным продолжительное время, для различных видов трансплантаций.

✧ **Ключевые слова:** сквозная кератопластика; эндотелиальная кератопластика; донорский материал; эндотелиальные клетки; жизнеспособность клеток.

METHODS OF CADAVER DONOR CORNEA EVALUATION FOR KERATOPLASTY (LITERATURE REVIEW)

© *E.A. Budnikova, S.V. Trufanov, V.N. Rozinova, G.A. Osipyana, T.S. Mitichkina, M.A. Makarova*

Federal State Scientific Institution Research Institute of Eye Diseases, Moscow, Russia

For citation: Budnikova EA, Trufanov SV, Rozinova VN, et al. Methods of cadaver donor cornea evaluation for keratoplasty (literature review). *Ophthalmology Journal*. 2018;11(4):67-73. doi: 10.17816/OV11467-73

Received: 28.09.2018

Revised: 07.12.2018

Accepted: 18.12.2018

✧ At present time, a large amount of patients with corneal diseases require keratoplasty, therefore there is a quite high demand of constant donor cornea stock. In present article, methods of cadaver donor corneal material analysis are described in a sequence that is necessary for its qualitative assessment before surgery or for the choice of the optimal method of preservation in the Eye Bank conditions. It is known that corneal endothelial cells and their viability play a main role in the maintenance of transparency of transplanted corneal flap after penetrating keratoplasty or endothelial keratoplasty. It is for these types of keratoplasty that

the highest quality of donor material with preservation of a large number of viable corneal endothelial cells is needed. Corneal flaps with poorer quality of corneal endothelial layer could be successfully used for different types of anterior lamellar keratoplasty and interlamellar keratoplasty. Therefore the adequate evaluation of donor corneal material before surgery allows reducing the risk of postoperative complications associated with failure of the corneal endothelial layer, and increasing graft survival in patients after surgery. In addition, the choice of the optimal type of preservation is of great relevance for maintaining the corneal material as viable in the long run for various types of transplantations.

✧ **Keywords:** penetrating keratoplasty; endothelial keratoplasty; the donor material; cornea endothelium cells; cell viability.

По данным ВОЗ, заболевания роговицы, служащие причиной слепоты и слабовидения, занимают четвёртое место после катаракты, глаукомы и возрастной макулярной дегенерации [1]. Ежегодно во всём мире выполняют более 200 тысяч кератопластик [2], поэтому потребность в качественном донорском материале и его постоянном запасе высока. Получение пригодного для кератопластики кадаверного донорского материала представляет собой одну из наиболее актуальных проблем в современной трансплантологии роговой оболочки глаза [3–7].

В зависимости от слоёв роговицы, которые подлежат замене либо на уровне которых проводится вмешательство, выделяют несколько видов кератопластики: сквозную (СКП) — полнослойная замена роговицы реципиента донорским материалом; переднюю послойную (ПКП) — замена передних слоёв роговицы вплоть до десцеметовой мембраны; эндотелиальную (ЭКП) — включает замену задних слоёв роговицы трансплантатом толщиной от 20 до 250 мкм; межслойную (МКП), или интерламеллярную, — имплантация донорской ткани различной толщины и формы в строму роговицы реципиента.

Самым популярным видом радикальной хирургии роговицы до сих пор остаётся СКП. Также в последнее время широкое распространение получила ЭКП при буллёзной кератопатии [8]. Именно для этих видов кератопластики необходимо наиболее высокое качество донорского материала с сохранением большого количества жизнеспособных эндотелиальных клеток.

Необходимо отметить, что сохранность эпителия донорской роговицы не является существенным критерием успешного проведения кератопластики, так как через несколько дней после операции он полностью замещается эпителием реципиента. В то же время, учитывая высокую антигенность эпителия, считается, что он должен быть удалён перед кератопластикой или консервацией [9, 10]. В строме, так называемой коллагеновой «матри-

це», которая после трансплантации заселяется собственными клетками реципиента, должны отсутствовать помутнения, неровности передней поверхности, признаки лизиса. Основным критерием жизнеспособности донорского материала роговицы для СКП и ЭКП служит состояние эндотелиального слоя, а именно качество и количество эндотелиальных клеток (плотность эндотелиальных клеток — ПЭК) [11, 12], обеспечивающих нормальную гидратацию и прозрачность трансплантата за счёт насосной и барьерной функций [13–15].

В настоящее время существует множество методов оценки роговичного донорского материала, которые подразделяют на лабораторные (инвазивные), или вспомогательные, и клинические (неинвазивные), или основные. После применения инвазивных методов донорская роговица становится непригодной для клинических целей, поэтому они предназначены для проведения научных исследований. К данным методам относят: лабораторно-морфологические (гистологические, гистохимические, электронно-микроскопические) и лабораторно-функциональные (культуральные, радиоавтографические, биофизические, биохимические). При использовании клинических методов сохраняется структурно-функциональная целостность донорской роговицы и существует возможность оценки её жизнеспособности и трансплантабельности перед консервацией и кератопластикой. Среди последних выделяют клинко-морфологические (биомикроскопический, зеркально-микроскопический, морфометрический) и клинко-функциональные (витального окрашивания и биофизические) методы [3].

Энуклеацию глазных яблок при аутопсии донора с одновременным отбором кадаверной венозной крови производят сотрудники танатологического отделения совместно с сотрудниками глазного банка. Донорский материал в отделение банка роговиц передают в сроки не позднее 24 часов с момента констатации смерти.

Этапы оценки роговичного донорского материала следующие:

- 1) серологическое исследование кадаверной венозной крови на наличие вирусных инфекций;
- 2) морфологическая оценка донорской роговицы в составе цельного глазного яблока с целью выявления биомикроскопических дефектов;
- 3) оценка качества и плотности эндотелиальных клеток (ЭК) нативной роговицы с помощью зеркальной и конфокальной микроскопии или методом витального окрашивания, а консервированной — с помощью специального прибора — кератоанализатора;
- 4) физиологическая оценка энергетически значимого критерия жизнеспособности кадаверной роговичной ткани с помощью адреналиновой пробы.

Ниже представлен развёрнутый алгоритм оценки донорских роговиц.

Исследование образцов кадаверной венозной крови на инфицированность ВИЧ, гепатитами В и С, сифилисом

В клинической лаборатории офтальмологического медицинского учреждения с помощью иммуноферментного анализа (ИФА) и полимеразной цепной реакции (ПЦР) производят серологическую диагностику крови на вирусные инфекции, такие как ВИЧ, гепатиты В и С, RW. Кроме этого, к числу противопоказаний для использования донорских роговиц в трансплантационных целях относятся (принято Европейской конференцией по банкам роговиц, Leiden, 1990): активный вирусный энцефалит; болезнь Крейтцфельдта – Якоба; бешенство; онкологические заболевания; подострый склерозирующий панэнцефалит; врождённая краснуха; синдром Рейе; септицемия; лейкемия; генерализованная лимфома; желтуха неясного генеза [16]. Данные о перечисленных патологиях предоставляют сотрудники судебно-медицинских моргов, в которых осуществляется забор донорского материала.

Пожилой возраст не является противопоказанием к донорству, но тем не менее оптимальной верхней границей нормы следует считать 65 лет. Главным критерием отбора при этом служит качество и количество ЭК. В то же время кадаверные роговицы от более пожилых доноров с высоким количеством ЭК лучше всего подходят для трансплантации десцеметовой мембраны, поскольку она с возрастом становится толще и менее эластичной, а значит, её будет легче расправить в передней камере, что в свою очередь

приведёт к уменьшению повреждения эндотелиального слоя [17].

Неинфицированные кадаверные глаза переводят на следующий этап для дальнейшего исследования на жизнеспособность и трансплантабельность [18].

Биомикроскопическую оценку, или морфологический скрининг, кадаверной роговицы производят в составе цельного глазного яблока с помощью щелевой лампы. Это первый обязательный метод отбора донорских роговиц для консервации и трансплантации. Данный метод применяют на основании морфологических показателей по шкале биомикроскопических признаков трупных донорских роговиц [3]:

3 балла — строма полностью прозрачна, не утолщена. Могут быть единичные складки десцеметовой мембраны. Эндотелий абсолютно прозрачен и интактен на всей площади его поверхности;

2 балла — строма с начальными признаками отёка в глубоких слоях, практически не утолщена, прозрачна. Десцеметова мембрана с единичными радиально направленными от центра складками. Эндотелий практически интактен, допустимо наличие на единичных участках вдоль складок десцеметовой мембраны едва заметного набухания в виде матовой опалесценции;

1 балл — строма полностью отёчна, матового цвета. Десцеметова мембрана с выраженными разнонаправленными складками. Эндотелий матовый, прерывающийся по контурам складок, которые кажутся прозрачными.

Кроме того, к биомикроскопическим признакам плохого качества роговичного материала относят (принято Европейской конференцией по банкам роговиц, Leiden, 1990): злокачественные опухоли переднего отрезка глаза; ретинобластому; воспалительный процесс (склериты, кератиты, увеиты), дистрофические и рубцовые изменения роговицы, перенесённые кераторефракционные и внутриглазные хирургические вмешательства. При выявлении данных признаков донорство роговицы должно быть исключено [16].

Анализируя данные вышеприведённой шкалы биомикроскопических признаков, можно констатировать следующее.

- Роговицы первой группы (3 балла) могут успешно использоваться для всех видов кератопластик, особенно подразумевающих замену эндотелиального слоя, то есть для СКП и ЭКП; материал данной группы может быть подвержен консервации, наиболее оптимальными методами которой являются гипотерми-

ческий (консервация в питательной среде сроком до 4 суток для СКП и ЭКП и до 7 суток для ПКП и МКП) [19–22] и нормотермический (консервация в органной культуре при температуре +34 °С до 35 дней для СКП и ЭКП) [23, 24].

- Роговицы второй группы (2 балла) целесообразно использовать при ПКП и МКП, при этом не имеет значения полноценность эндотелиального слоя донорского материала, и в urgentных случаях для СКП; оптимальными видами консервации для материала этой группы будут являться гипотермический и нормотермический для СКП, ПКП и МКП, а также практически бессрочный криотермический метод (консервация при отрицательной температуре) для ПКП и МКП [25–29].
- Роговицы третьей группы (1 балл) считаются нетрансплантабельными; данный материал может быть сохранён фактически бессрочным методом консервации, а именно силикоде-сикацией (высушивание на силикагеле) [29] в целях дальнейшего его использования для эпикератопластик («безотходная технология» глазных банков).

Для представления полной картины состояния кадаверной донорской роговицы необходимо проведение следующих исследований.

Оценку качества и плотности ЭК нативной донорской роговицы осуществляют с помощью зеркальной [31] и конфокальной микроскопии [32] или методом витального окрашивания [31, 33], а консервированной донорской роговицы — с помощью кератоанализатора [3].

Высокая ПЭК с наличием однородных гексагональных клеток и низкий коэффициент вариации, который обусловлен отсутствием плеоморфизма (изменения формы ЭК) и полимегатизма (изменения размера ЭК) — нормальное состояние эндотелиального слоя роговицы [34, 35]. По современным требованиям, согласно рекомендациям Европейской и Американской ассоциаций глазных банков, ПЭК должна составлять не менее 2200 на 1 мм² [36, 37].

Зеркальная (эндотелиальная) микроскопия представляет собой бесконтактный метод и осуществляется с помощью зеркального микроскопа (например, Eye Bank Kerato Analyzer ЕКА-98, Konan Medical Inc.). Прибор позволяет автоматически или полуавтоматически воспроизводить изображение эндотелиального слоя после ручной установки донорской роговицы и выполнять её пахиметрию и морфометрический анализ ЭК.

Недостаток данного метода заключается в том, что оцениваемая область эндотелия ограничивается одной зоной, как правило, центром роговицы, что обусловлено устройством прибора [31]. При этом главным критерием для оценки пригодности донорской роговицы для кератопластики или консервации служит ПЭК не менее 2500 на 1 мм², а для СКП после консервации — не менее 2000 неизменённых клеток на 1 мм² (уже по данным кератоанализатора) [11].

Конфокальная (трансфокальная) микроскопия — это неинвазивный высокоинформативный метод, позволяющий исследовать морфологические особенности всех слоёв роговицы, в том числе и ЭК. Вместе с тем нормальная морфологическая картина эндотелиального слоя представлена гексагональными клетками, соединёнными друг с другом плотными межклеточными контактами, со светлой равномерной поверхностью и с чёткими тёмными межклеточными границами, ядра клеток при этом не визуализируются. С помощью прибора можно вручную или автоматически рассчитать ПЭК, площадь ЭК и коэффициент вариации [32]. Для отбора кадаверного роговичного материала широкого применения конфокальная микроскопия не нашла ввиду высокой стоимости самого прибора.

Автоматизированный компьютерный кератоанализатор даёт возможность применить морфометрический метод. Благодаря данному методу удаётся неинвазивно (не извлекая роговицы из флакона с консервирующей средой) выполнить пахиметрию донорской роговицы и оценить плотность, площадь и форму ЭК без применения красителей, что исключает возможность инфекционной контаминации донорского материала в момент проведения анализа. Наиболее распространённым кератоанализатором для глазных банков является Konan 98 (Япония) [3].

Необходимо отметить, что для достоверной оценки качества кадаверной донорской роговицы рекомендуется использовать усреднённое значение не менее чем трёхкратного измерения ПЭК с помощью любого из вышеперечисленных методов оценки ПЭК. Данные методы сопоставимы и равноценны [38].

Метод витального окрашивания эндотелия (например, 0,25 % раствором трипанового синего) не вызывает структурных повреждений ЭК в нетоксичной концентрации красителя. По данным Европейской ассоциации глазных банков, для исключения токсичности концентрация трипанового синего должна находиться в пределах 0,2–0,5 %,

а время воздействия не должно превышать 30–90 с (European Eye Bank Association Directory). О жизнеспособности донорских роговиц судят по количеству окрашенных и неокрашенных клеток. Жизнеспособные клетки с неповрежденной клеточной мембраной остаются неокрашенными. Напротив, прокрашивание ЭК в полном объеме свидетельствует о повреждении последних. Однако по причине высокого риска контаминации донорских роговиц в условиях световой микроскопии [31] метод витального окрашивания в деятельности глазного банка практически не используется для клинических целей.

Физиологический скрининг определения в кадаверной роговичной ткани энергетически значимого критерия жизнеспособности

Определение энергетически значимого критерия жизнеспособности кадаверных роговиц с помощью неинвазивной адреналиновой пробы было предложено МНТК микрохирургии глаза им. Фёдорова и в настоящее время применяется лишь в некоторых глазных банках.

Суть метода заключается в орошении донорских глаз 0,1 % раствором адреналина гидрохлорида. Заключение производят по появлению первых признаков вытяжения зрачка в одном из меридианов радужки (феномен «кошачьего глаза»).

Зрачок осматривают с помощью биомикроскопии. При появлении данного феномена через 5 минут от момента закапывания (степень А) проба считается резко положительной (посмертная потеря АТФ в ЭК согласно ^{31}P -ЯМР-спектрометрии составляет 0–55 % от исходного значения), через 10 минут (степень В) — положительной (посмертная потеря АТФ в ЭК согласно ^{31}P -ЯМР-спектрометрии составляет 56–69 % от исходного значения), а через 15 минут (степень С) — сомнительной (посмертная потеря АТФ в ЭК согласно ^{31}P -ЯМР-спектрометрии составляет 70–100 % от исходного значения). При отсутствии реакции зрачка спустя 15 минут (степень 0) проба считается отрицательной (остаточная доля АТФ в ЭК практически равна 0 %).

Для СКП и ЭКП берут донорский материал, соответствующий степеням А и В, для ПКП и МКП — степеням А, В, С и 0 [3, 18].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учитывая дефицит качественного донорского материала для кератопластик, целесообразно рациональное использование кадаверной роговичной ткани, включая полноценную оценку её

состояния перед оперативным вмешательством и выбор оптимального вида консервации в условиях глазного банка. Адекватная оценка донорского роговичного материала перед операцией позволяет снизить риск послеоперационных осложнений, связанных с недостаточностью ЭК роговицы, а следовательно, увеличить срок жизнеспособности трансплантата у оперированных пациентов. Чтобы сохранять роговичный материал биологически полноценным продолжительное время для трансплантации, большое значение имеет выбор оптимального вида консервации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. who.int [Internet]. Blindness and vision impairment prevention [cited 2018 Dec 11]. Available from: <http://www.who.int/blindness/causes/priority/en/index9.html>.
2. Dolman K.H. Искусственная роговица // Новое в офтальмологии. — 2011. — № 1. — С. 53–55. [Dolman KH. Iskusstvennaya rogovitsa. *Novoe v oftal'mologii*. 2011;(1):53-55. (In Russ.)]
3. Борзенко С.А. Медико-технологические и методологические основы эффективной деятельности глазных тканевых банков России в обеспечении операций по сквозной трансплантации роговицы: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. — М., 2008. [Borzenok SA. Mediko-tehnologicheskie i metodologicheskie osnovy effektivnoy deyatel'nosti Glaznykh tkaneykh bankov Rossii v obespechenii operatsiy po skvoznoy transplantatsii rogovitsy. [dissertation] Moscow; 2008. (In Russ.)]
4. Каспаров А.А., Ермаков Н.В., Раппопорт Ю.М. Эндотелий трансплантата донора после сквозной кератопластики // Вестник офтальмологии. — 1990. — Т. 106. — № 5. — С. 12–16. [Kasparov AA, Ermakov NV, Rappoport YM. Endoteliiy transplantata donora posle skvoznoy keratoplastiki. *Annals of ophthalmology*. 1990;106(5):12-17. (In Russ.)]
5. Мороз З.И., Тахчиди Х.П., Калинин Ю.Ю., и др. Современные аспекты кератопластики // Всероссийская научно-практическая конференция «Новые технологии в лечении заболеваний роговицы»; Июнь 25–26, 2004; Москва. — М., 2004. [Moroz ZI, Takhchidi KhP, Kalinnikov YY, et al. Sovremennyye aspekty keratoplastiki. In: Proceedings of the All-Russian Scientific-Practical Conference "Novyye tekhnologii v lechenii zabolevaniy rogovitsy"; 2004 Jun 25-26; Moscow. (In Russ.)]
6. Krachmer JH, Mannis MJ, Holland EJ. Cornea. Fundamentals, Diagnosis and Management. 2nd ed. Maryland Heights: Elsevier-Mosby; 2005.
7. Melles GR, Eggink FA, Lander F, et al. A surgical technique for posterior lamellar keratoplasty. *Cornea*. 1998;17(6):618-626. doi: 10.1097/00003226-199811000-00010.
8. Jalbert I, Stapleton F, Papas E, et al. *In vivo* confocal microscopy of the human cornea. *Br J Ophthalmol*. 2003;87(2):225-236. doi: 10.1136/bjo.87.2.225.
9. Leign AG. Corneal transplantation. Oxford: Blackwell; 1966.

10. Stock EL, Aronson SB. Corneal immune globulin distribution. *Arch Ophthalmol.* 1970;84(3):355-359. doi: 10.1001/archophth.1970.00990040357016.
11. Патент РФ на изобретение № 2138163/27.09.1999. Бюл. № 27. Каспаров А.А., Розина В.Н., Ямскова В.П., и др. Среда для консервации роговицы донора. [Patent RUS No. 2138163/27.09.1999. Вул. No. 27. Kasparov AA, Rozinova VN, Yamskova VP, et al. Sreda dlya konservatsii rogovitsy donora. (In Russ.)]
12. Каспаров А.А., Розина В.Н., Юсеф Н. Применение консервированного донорского материала в urgentной кератопластике при гнойных поражениях роговицы в области послеоперационных швов // Российский медицинский журнал. – 2001. – № 5. – С. 15–20. [Kasparov AA, Rozinova VN, Yusef N. Primenenie konservirovannogo donorskogo materiala v urgentnoy keratoplastike pri gnoynykh porazheniyakh rogovitsy v oblasti posleoperatsionnykh shvov. *Ross Med Zh.* 2001;(5):15-20. (In Russ.)]
13. Abramo F, Bohnke M, Draeger J. Morphology of the corneal endothelium following preservation in dextran or chondroitin sulfate containing culture media. *Fortschr Ophthalmol.* 1990;87(3):234-236.
14. Hsu JK, Cavanagh HD, Jester JV, et al. Changes in corneal endothelial apical junctional protein organization after corneal cold storage. *Cornea.* 1999;18(6):712-720. doi: 10.1097/00003226-199911000-00015.
15. Hwang DG. Proliferative capacity of the corneal endothelium. In: Proceedings of the 5th World Cornea Congress. 2005; Washington, D.C.; 2005.
16. Дронов М.М. Руководство по кератопластике. – СПб.: Влзипресс, 1997. [Dronov MM. Rukovodstvo po keratoplastike. Saint Petersburg: Vlazipress; 1997. (In Russ.)]
17. Heinzlmann S, Huther S, Bohringer D, et al. Influence of donor characteristics on descemet membrane endothelial keratoplasty. *Cornea.* 2014;33(6):644-648. doi: 10.1097/ICO.000000000000106.
18. Борзенко С.А., Малюгин Б.Э., Гаврилова Н.А., и др. Алгоритм заготовки трупных роговиц человека для трансплантации: Методические рекомендации. – М.: Офтальмология, 2016. [Borzenok SA, Malyugin BE, Gavrilova NA, et al. Algoritm zagotovki trupnykh rogovits cheloveka dlya transplantatsii: Metodicheskie rekomendatsii. Moscow: Oftalmologiya; 2016. (In Russ.)]
19. Lindstrom RL. Advances in corneal preservation. *Trans Amer Ophthalmol Soc.* 1990;(88):555-648.
20. Kaufman HE, Beuerman RW, Steinemann TL, et al. Optisol corneal storage medium. *Arch Ophthalmol.* 1991;109(6):864-868. doi: 10.1001/archophth.1991.01080060128040.
21. Williams KA, Coster DJ. Clinical and experimental aspects of corneal transplantation. *Trans Rev.* 1993;7(1):44-64. doi: 10.1016/S0955-470X(05)80010-2.
22. Sato EH. Current Status of Corneal Storage. In: Proceedings of the 5th World Cornea Congress. 2005; Washington, D.C.
23. Crewe JM, Armitage WJ. Integrity of epithelium and endothelium in organ-cultured human corneas. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2001;42(8):1757-1761.
24. Devasahayam R, Georges P, Hodge C, et al. Implementation of Organ Culture storage of donor corneas: a 3 year study of its impact on the corneal transplant wait list at the Lions New South Wales Eye Bank. *Cell Tissue Bank.* 2016;17(3):377-385. doi: 10.1007/s10561-016-9557-6.
25. Javadi MA, Feizi S, Javadi F, et al. Deep anterior lamellar keratoplasty using fresh versus cryopreserved corneas. *Ophthalmology.* 2014;121(2):610-611. doi: 10.1016/j.ophtha.2013.10.007.
26. Huang D, Qiu WY, Zhang B, et al. Peripheral deep anterior lamellar keratoplasty using a cryopreserved donor cornea for Terrien's marginal degeneration. *J Zhejiang Univ Sci B.* 2014;15(12):1055-1063. doi: 10.1631/jzus.B1400083.
27. Jang JH, Chang SD. Tectonic deep anterior lamellar keratoplasty in impending corneal perforation using cryopreserved cornea. *Korean J Ophthalmol.* 2011;25(2):132-135. doi: 10.3341/kjo.2011.25.2.132.
28. Kim KY, Jung JW, Kim EK, et al. Tectonic Lamellar Keratoplasty Using Cryopreserved Cornea in a Large Descemetocoele. *Yonsei Med J.* 2016;57(1):269-271. doi: 10.3349/ymj.2016.57.1.269.
29. Okada A, Sano I, Ikeda Y, et al. Patch Grafting Using a Cryopreserved Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty Flap for Treating Corneal Perforation. *Case Rep Ophthalmol.* 2016;7(1):202-207. doi: 10.1159/000445796.
30. Дронов М.М. О роговичных трансплантатах // Офтальмохирургия и терапия. – 2002. – Т. 2. – № 1. – С. 2–4. [Dronov MM. About corneal transplants. *Oftalmokhirurgiya i terapiya.* 2002;2(1):2-4. (In Russ.)]
31. Schroeter J, Rieck P. Endothelial evaluation in the cornea bank. *Dev Ophthalmol.* 2009;43:47-62. doi: 10.1159/000223838.
32. Аветисов С.Э., Егорова Г.Б., Фёдоров А.А., Бобровских Н.В. Конфокальная микроскопия роговицы. Сообщение 1. Особенности нормальной морфологической картины // Вестник офтальмологии. – 2008. – Т. 124. – № 3. – С. 3–5. [Avetisov SE, Egorova GB, Fedorov AA, Bobrovskikh NV. Confocal microscopy of the cornea. Communication 1. The normal morphological pattern. *Vestn Oftalmol.* 2008;124(3):3-5. (In Russ.)]
33. Errani P, Remiddi G, Fontana L. Validazione dell'efficacia e durata di refrigerazione di un sistema di trasporto per le cornee. Proceedings of the 5th National Congress S.I.T.R.A.C.; 2001 Feb 16-17; Ravenna, Italy.
34. Труфанов С.В. Селективная кератопластика в лечении буллезной кератопатии: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – М., 2015. [Trufanov SV. Selektivnaya keratoplastika v lechenii bulleznoy keratopatii. [dissertation] Moscow; 2015. (In Russ.)]
35. Труфанов С.В., Саловарова Е.П., Маложен С.А., и др. Эндотелиальная дистрофия роговицы Фукса // Вестник офтальмологии. – 2017. – Т. 133. – № 6. – С. 106–112. [Trufanov SV, Salovarova EP, Malozhen SA, et al. Fuchs endothelial cor-

- neal dystrophy. *Annals of ophthalmology*. 2017;133(6):106-112. (In Russ.]. doi: 10.17116/oftalma20171336106-112.
36. Directive 2004/23/EC of the European Parliament and of the Council of 31 March 2004 on setting standards of quality and safety for the donation, procurement, testing, processing, preservation, storage and distribution of human tissues and cells. 2014.
37. Eye Bank Assotiation of America (EBAА). Medical Standard. Washington, D.C.; 2002.
38. Мамиконян В.Р., Осипян Г.А., Догузов В.А., и др. Объективизация оценки донорского материала для сквозной пересадки роговицы // Вестник офтальмологии. – 2017. – Т. 133. – № 6. – С. 76–82. [Mamikonyan VR, Osipyan GA, Doguzov VA, et al. Objective assessment of donor material for penetrating corneal transplantation. *Annals of ophthalmology*. 2017;133(6):76-82. (In Russ.]. doi: 10.17116/oftalma2017133676-82.

Сведения об авторах

Екатерина Андреевна Будникова — аспирант, лаборант-исследователь отдела реконструктивной хирургии переднего отрезка глаза. ФГБНУ «НИИ глазных болезней», Москва. E-mail: dr_cathrine@icloud.com.

Сергей Владимирович Труфанов — д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник, и.о. заведующего отделом реконструктивной хирургии переднего отрезка глаза. ФГБНУ «НИИ глазных болезней», Москва. E-mail: trufanov05@mail.ru.

Вера Николаевна Розина — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отдела реконструктивной хирургии переднего отрезка глаза. ФГБНУ «НИИ глазных болезней», Москва. E-mail: vera.roziniva@mail.ru.

Григорий Альбертович Осипян — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отдела реконструктивной хирургии переднего отрезка глаза. ФГБНУ «НИИ глазных болезней», Москва. E-mail: gregor79@yandex.ru.

Татьяна Сергеевна Митичкина — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отдела рефракционных нарушений. ФГБНУ «НИИ глазных болезней», Москва. E-mail: t.mitichkina@mail.ru.

Марина Александровна Макарова — младший научный сотрудник, отдел реконструктивной хирургии переднего отрезка глаза. ФГБНУ «НИИ глазных болезней», Москва. E-mail: mshut@mail.ru.

Information about the authors

Ekaterina A. Budnikova — Postgraduate Student, Laboratory Researcher, Department of Reconstructive Surgery of the Anterior Segment of the Eye. Federal State Scientific Institution Research Institute of Eye Diseases, Moscow, Russia. E-mail: dr_cathrine@icloud.com.

Sergey V. Trufanov — MD, Acting Head. Department of Reconstructive Surgery of the Anterior Segment of the Eye. Federal State Scientific Institution Research Institute of Eye Diseases, Moscow, Russia. E-mail: trufanov05@mail.ru.

Vera N. Rozinova — PhD, Senior Researcher, Department of Reconstructive Surgery of the Anterior Segment of the Eye. Federal State Scientific Institution Research Institute of Eye Diseases, Moscow, Russia. E-mail: vera.roziniva@mail.ru.

Grigoriy A. Osipyan — PhD, Senior Researcher, Department of Reconstructive Surgery of the Anterior Segment of the Eye. Federal State Scientific Institution Research Institute of Eye Diseases, Moscow, Russia. E-mail: gregor79@yandex.ru.

Tatyana S. Mitichkina — PhD, Senior Researcher, Department of Refractive Changes. Federal State Scientific Institution Research Institute of Eye Diseases, Moscow, Russia. E-mail: t.mitichkina@mail.ru.

Marina A. Makarova — Junior Researcher, Department of Reconstructive Surgery of the Anterior Segment of the Eye. Federal State Scientific Institution Research Institute of Eye Diseases, Moscow, Russia. E-mail: mshut@mail.ru.