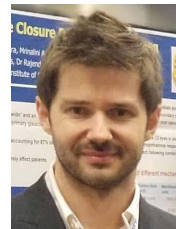


## Потеря эндотелиальных клеток роговицы при хирургическом лечении глаукомы. Обзор

И.В. Шапошникова<sup>1</sup>И.Р. Газизова<sup>2</sup>А.В. Куроедов<sup>3,4</sup>А.В. Селезнев<sup>5</sup>Д.Н. Ловпаче<sup>6</sup>

<sup>1</sup> ООО «Офтальмологический центр "Хорошее зрение"»  
ул. Рукавишникова, 20, Кемерово, 650000, Российская Федерация

<sup>2</sup> ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины»  
ул. Академика Павлова, 12, Санкт-Петербург, 197376, Российская Федерация

<sup>3</sup> ФКУ «Центральный военный клинический госпиталь им. П.В. Мандрыка» Министерства обороны Российской Федерации  
ул. Б. Оленья, 8а, Москва, 107014, Российская Федерация

<sup>4</sup> ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
ул. Островитянова, 1, Москва, 117997, Российская Федерация

<sup>5</sup> ФГБОУ ВО «Ивановская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации  
Шереметевский проспект, 8, Иваново, 153012, Российская Федерация

<sup>6</sup> ООО «Три-З — МСК»  
ул. Бориса Галушкина, 3, Москва, 129301, Российская Федерация

### РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2020;17(4):692–698

Как известно, при глаукоме происходят изменения биомеханических свойств фиброзной капсулы глаза, что обусловлено нарушением баланса между образованием и потерей коллагеновых волокон. Однако патологические процессы происходят и в эндотелиальных клетках роговицы, которые являются мишенью в формировании изменений при первичной открытоугольной глаукоме, а эндотелиальная дисфункция, по мнению многих авторов, играет важную роль в ее патогенезе. При этом значимое влияние на состояние эндотелиальных клеток роговицы будут оказывать все методы лечения, применяемые при глаукоме: медикаментозная терапия, лазерные методики и различные виды антиглаукомных операций, включая комбинированные вмешательства. К непреднамеренным последствиям хирургических методов относят прогрессирующую потерю эндотелиальных клеток роговицы, которая может привести к ее дистрофическим изменениям. В предлагаемом обзоре литературы проанализированы результаты клинических исследований относительно влияния различных антиглаукомных операций (как фистулизирующего типа, так и современных микроинвазивных методик) на эндотелий роговицы у пациентов с разными видами некомпенсированной глаукомы. Так, наименьшее снижение плотности эндотелиальных клеток отмечают при проведении глубокой склерэктомии и трабекулэктомии. Использование митомицина С во время операции, значимо улучшающее прогноз и длительность послеоперационного эффекта, увеличивает потерю эндотелиальных клеток как при высоких, так и при низких концентрациях препарата. Наиболее высокие показатели потери эндотелиальных клеток роговицы отмечают при использовании клапанов и шунтов. Так, имплантация Ex-PRESS шунта связана со значительным снижением плотности эндотелиальных клеток роговицы в ближайшей зоне к трубчатке дренажа, и, следовательно, имплантация шунта не должна рассматриваться как вариант выбора для глаз с имеющимися нарушениями функций роговицы. Кроме того, наблюдения авторов доказывают, что дренажное устройство может менять свое положение в передней камере, особенно при выполнении массажа и самомассажа фильтрационной подушки, что приводит к еще большей потере плотности эндотелиальных клеток роговицы.

**Ключевые слова:** первичная открытоугольная глаукома, трабекулэктомия, микроинвазивная хирургия глаукомы, дренажи, плотность эндотелиальных клеток роговицы, потеря эндотелиальных клеток роговицы

**Для цитирования:** Шапошникова И.В., Газизова И.Р., Куроедов А.В., Селезнев А.В., Ловпаче Д.Н. Потеря эндотелиальных клеток роговицы при хирургии глаукомы. *Офтальмология*. 2020;17(4):692–698. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2020-4-692-698>

**Прозрачность финансовой деятельности:** Никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах

**Конфликт интересов отсутствует**



# Loss of Corneal Endothelial Cells during Glaucoma Surgery

I.V. Shaposhnikova<sup>1</sup>, I.R. Gazizova<sup>2</sup>, A.V. Kuroyedov<sup>3,4</sup>, A.V. Seleznev<sup>5</sup>, D.N. Lovpache<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Ophthalmology Center "Good Vision"

Rukavishnikova str., 20, Kemeroovo, 650000, Russian Federation

<sup>2</sup> Institute of Experimental Medicine

Akademika Pavlova str., 12, Saint-Petersburg, 197376, Russian Federation

<sup>3</sup> Mandryka Military Clinical Hospital

B. Olen'ya str., 8A, Moscow, 107014, Russian Federation

<sup>4</sup> Pirogov State National Medical University

Ostrovityanova str., 1, Moscow, 117997, Russian Federation

<sup>5</sup> Ivanovo State Medical Academy

Sheremetevskiy ave., 8, Ivanovo, 153012, Russian Federation

<sup>6</sup> LLC "Tri-Z — MSH"

Borisa Galushkina str., 3, Moscow, 129301, Russian Federation

## ABSTRACT

**Ophthalmology in Russia. 2020;17(4):692–698**

As known, there are changes in the biomechanical properties of the fibrous tunic in glaucoma. This is also due to the imbalance between the formation and loss of collagen fibers. The cornea is a highly sensitive tunic of the eyeball, endothelium is one of the target organs in the formation of pathological changes in primary open-angle glaucoma, and endothelial dysfunction, according to many authors, plays a significant role in its pathogenesis. The unintended consequences of glaucoma surgery lead to a progressive loss of corneal endothelial cells, which can lead to corneal decompensation. In the proposed literature review, we analyzed more than 30 publications by authors representing the results of multicenter studies of the pathological effects of antiglaucoma operations on the corneal endothelium in patients with various types of uncompensated glaucoma. The analysis of both classic fistulizing type operations and modern, so-called micro-invasive techniques (MIGS), including the use of various drains and devices, is presented. Thus, the smallest decrease in the density of endothelial cells was noted during deep sclerectomy and trabeculectomy. The use of mitomycin C in glaucoma surgery significantly improving the prognosis, but increases the loss of endothelial cells in both high and low concentrations. The highest rates of loss of corneal endothelial cells are noted during using valves and shunts. Ex-PRESS shunt implantation is associated with a significant loss of corneal endothelial cell density in the immediate area to the drainage tube, and therefore, shunt implantation should not be considered as an option for eyes with corneal dysfunction. In addition, the authors prove that the drainage device changes its position in the anterior chamber, especially when performing massage and self-massage of filtration bleb, which leads to a greater loss of density of corneal endothelial cells.

**Keywords:** primary open angle glaucoma, trabeculectomy, microinvasive glaucoma surgery, drainage, density of corneal endothelial cells, loss of corneal endothelial cells

**For citation:** Shaposhnikova I.V., Gazizova I.R., Kuroyedov A.V., Seleznev A.V., Lovpache D.N. Loss of Corneal Endothelial Cells during Glaucoma Surgery. *Ophthalmology in Russia*. 2020;17(4):692–698. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2020-4-692-698>

**Financial Disclosure:** No author has a financial or property interest in any material or method mentioned

**There is no conflict of interests**

## АКТУАЛЬНОСТЬ

У большинства пациентов с глаукомой проводят хирургическое лечение. Непреднамеренные последствия операции обуславливают прогрессирующую потерю эндотелиальных клеток роговицы, что может привести к ее выраженным дистрофическим изменениям. Понимание влияния глаукомного процесса на эндотелиальные клетки (ЭК) роговицы, а также выбранный врачом метод лечения заболевания являются важным для сохранения остроты зрения у всех пациентов с глаукомой, включая тех, кто перенес различные виды ангиолакомных операций (АГО) и других оперативных вмешательств [1].

При глаукоме биомеханические свойства фиброзной оболочки изменяются, нарушения соединительной ткани накапливаются постепенно и связаны с изменением баланса между образованием и потерей коллагеновых волокон. Роговица является высокочувствительной оболочкой глазного яблока, эндотелий — одна из основных мишеней в формировании первичной открытоугольной

глаукомы (ПОУГ), а эндотелиальная дисфункция играет значимую роль в ее патогенезе [2].

С появлением современных технологий, позволяющих проводить прижизненное исследование отдельных структур глаза (конфокальная микроскопия, оптическая когерентная томография (ОКТ) переднего отрезка глаза), были найдены значительные изменения в ЭК роговицы у больных с ПОУГ [3]. Изменения эндотелия выражались в виде полимегацитоза, плеоморфизма эндотелиоцитов, а на поздних стадиях — появлением гигантских клеток с увеличенными ядрами, нередко в состоянии фрагментации, наличием апоптоза, прогрессирующим снижением плотности эндотелиоцитов [4]. Более того, выраженность микроизменений роговичной ткани у этой категории пациентов напрямую коррелирует с уровнем внутриглазного давления (ВГД) и стадией глаукомного процесса [5]. При подсчете ЭК роговицы было отмечено, что их плотность в группе здоровых была выше, чем у пациентов с начальной стадией ПОУГ. У пациентов

I.V. Shaposhnikova, I.R. Gazizova, A.V. Kuroyedov, A.V. Seleznev, D.N. Lovpache

Contact information: Gazizova Ilmira R. [ilmiraufa88@gmail.com](mailto:ilmiraufa88@gmail.com)

Loss of Corneal Endothelial Cells during Glaucoma Surgery

с последующими стадиями глаукомного процесса количество ЭК роговицы прогрессивно снижалось, а статистически значимые различия возникают уже при развитой стадии глаукомы [4]. По мнению G.S. Ang и соавт., при глаукоме существует несколько механизмов снижения плотности ЭК роговицы: гибель клеток вследствие колебания ВГД, усиление процессов апоптоза с исключением механизмов поддержания жизнедеятельности клетки, «изнашивание» ЭК, связанное со снижением их способности к поддержанию структурной целостности [6]. B.J. Janson и соавт. приводят ряд выявленных факторов, которые могут оказывать воздействие на физиологические функции ЭК роговицы при глаукоме, включая уровень ВГД, а также элементы медикаментозного и хирургического лечения заболевания [1]. Однако как только плотность ЭК падает ниже критического уровня или находится в условиях физиологического стресса, функционального резерва роговицы может быть недостаточно для поддержания соответствующего состояния гидратации роговицы и ее прозрачности. При этом современных базовых представлений о механизмах изменений ЭК роговицы, которые происходят при глаукоме, все еще недостаточно.

Хирургические вмешательства при глаукоме широко распространены, в первую очередь это трабекулэктомия (ТЭ), а также операции с имплантацией клапанов (Ahmed, Molteno) и шунтов (Baerveldt, Ex-PRESS). Ряд операций при глаукоме, особенно выполнение на продвинутых стадиях заболевания, может негативно влиять на роговицу [7]. В частности, B.J. Janson и соавт. опубликовали обзор, в котором представлен сравнительный анализ потери ЭК после различных антиглаукомных операций, документированных авторами многоцентровых

исследований, проведенных в период с 1998 по 2017 г. (табл.) [1].

M.S. Kim и соавт. провели 12-месячное исследование, касающееся снижения плотности ЭК после трабекулэктомии (ТЭ) и имплантации клапана Ахмеда, и получили меньшее снижение плотности ЭК роговицы при ТЭ по сравнению с результатами оперативного лечения с использованием клапана Ахмеда — 3,2 и 12,3 % соответственно [8]. Во время ТЭ клетки эндотелия роговицы более защищены, чем при операции с имплантацией дренажей. Однократная глубокая склерэктомия (ГСЭ) показала еще более низкие уровни потери ЭК по сравнению с ТЭ: потеря плотности ЭК в течение 1 года наблюдения составила 2,6 % [9]. Одним из осложняющих факторов хирургического лечения глаукомы является использование митомицина С (ММС), оказывающего цитотоксическое действие на ЭК, причем повреждение эндотелия роговицы усиливается с увеличением концентрации ММС. Такие результаты получили D.B. Sihota и соавт., наблюдавшие пациентов в течение 3-х месяцев после проведения ТЭ без ММС, после ТЭ с низкой концентрацией ММС (0,2 mg/mL) и высокой концентрацией ММС (0,4 mg/mL). Среднее снижение плотности ЭК составило 3,73, 13,90 и 14,52 % соответственно [10].

T. Storr-Paulsen и соавт. проанализировали изменения плотности ЭК после ТЭ с ММС (0,2 mg/mL) у группы пациентов в течение года: снижение плотности ЭК через 3 месяца составило 9,5 %, но незначительно увеличилось (до 10 %) через 12 месяцев [11]. Shin и соавт. провели 3-месячное исследование для определения влияния вискоэластиков на ЭК роговицы во время операции ТЭ с ММС (0,2 mg/mL): снижение плотности ЭК через 3 месяца с применением гиалуроната натрия

**Таблица.** Сравнение исследований, в которых сообщается о хирургическом лечении глаукомы и потере плотности эндотелиальных клеток роговицы

**Table.** Comparison of studies reporting on surgically treated glaucoma and corneal endothelial cell density (ECD) loss

Исследование / Study	Тип операции / Type of procedure or implant	Продолжительность наблюдения (месяцев) / Length of follow-up (month)	Потеря ЭК роговицы, % / Endothelial cell density loss, %
Lee E.K. et al., 2009 [16]	Ahmed	24	18,6
Nassiri N. et al., 2011 [19]	Molteno	24	12,37
Nassiri N. et al., 2011 [19]	Ahmed	24	11,52
Kim M.S. et al., 2016 [8]	Trabeculectomy	24	3,2
Kim M.S. et al., 2016 [8]	Ahmed	12	12,3
Arnavielle S. et al., 2007 [9]	Deep sclerectomy	12	2,6
Sihota R. et al., 1998 [10]	Trabeculectomy без MMC	3	3,73
Sihota R. et al., 1998 [10]	Trabeculectomy с [0,2 mg/mL] MMC	3	13,90
Sihota R. et al., 1998 [10]	Trabeculectomy с [0,4 mg/mL] MMC	3	14,52
Shin D.B. et al., 2003 [12]	Trabeculectomy с [0,2 mg/mL] MMC с sodium hyaluronate	3	2,5
Shin D.B. et al., 2003 [12]	Trabeculectomy с [0,2 mg/mL] MMC без sodium hyaluronate	3	7,7
Storr-Paulsen T. et al., 2008 [11]	Trabeculectomy с [0,2 mg/mL] MMC	3	9,5
Storr-Paulsen T. et al., 2008 [11]	Trabeculectomy с [0,2 mg/mL] MMC	12	10,0
Tan A.N. et al., 2017 [17]	Baerveldt	36	13,6
Mendrinis E. et al., 2009 [29]	Ahmed	6	6,9

(Healon, ABBOTT) во время операции составило 2,5 % против 7,7 % без применения гиалуроната натрия [12].

М. Shaheer и соавт. провели рандомизированное контролируемое исследование у пациентов, которым была выполнена ТЭ с использованием ММС и без него [13]. Время контроля составило 12 месяцев, а основным критерием включения пациентов в группу стала медикаментозно некомпенсированная ПОУГ. Из исследования были исключены пациенты со вторичной глаукомой и другими хроническими заболеваниями глаз. С помощью зеркального микроскопа регистрировали количество ЭК до и после ТЭ. У пациентов, прооперированных с использованием ММС, средние потери ( $Me [Q_{25}; Q_{75}]$ ) ЭК составили 283 (66,50) клетки. У пациентов 2-й группы, прооперированных без ММС, средняя потеря ЭК составила 72,5 (19,25) клетки. Был сделан вывод, что использование ММС при выполнении ТЭ вызывает большую потерю ЭК по сравнению с операцией без применения антиметаболита [13].

Т. Higashide и соавт. ретроспективно изучали факторы, влияющие на снижение плотности ЭК после ТЭ с ММС у пациентов с разными формами глаукомы [14]. В исследование были включены пациенты с ПОУГ, в том числе с псевдоэкзофалиативной формой (ПЭГ), неоваскулярной глаукомой (НГ) и увеальной глаукомой (УГ). Дооперационная плотность ЭК и послеоперационное снижение плотности ЭК роговицы сопоставляли с факторами риска и проанализировали для каждой формы заболевания. В исследование были включены 136 пациентов (162 глаза). Послеоперационные измерения проводили  $3,7 \pm 1,8$  раза в течение 34 месяцев наблюдения. Среднее снижение плотности ЭК за 24 месяца составило 9,3 % во всех случаях. При этом максимальное среднее снижение плотности ЭК в течение 24 месяцев составило 18,2 и 20,6 % в глазах с ПЭГ и УГ соответственно, что было значительно больше, чем 4,8 % в глазах с ПОУГ ( $p < 0,001$ ). Разносторонний анализ данных исследования показал, что форма глаукомы (ПЭГ и УГ) и пожилой возраст являлись факторами риска более значительного снижения плотности ЭК после ТЭ с ММС [14]. Кроме того, предоперационные факторы риска (пероральный прием ингибиторов карбоангидразы, витрэктомия) и послеоперационная отслойка хориоидеи существенно влияют на снижение плотности ЭК с течением времени.

Н. Okumura и соавт. провели исследование относительно влияния контакта фильтрационной подушки (ФП) с роговицей после ТЭ на динамику снижения плотности ЭК [15]. В исследовании приняли участие 37 пациентов (51 глаз) с ПОУГ, которым была выполнена ТЭ. Плотность ЭК роговицы определяли с помощью зеркальной микроскопии в трех областях: ближайшая зона к ФП в области ТЭ, центр роговицы и периферическая зона на противоположной стороне от ФП. Пациенты были сгруппированы по годам послеоперационного наблюдения: 0–1 (1-я группа), 1–2 (2-я группа), 2–3 (3-я группа), 3–4 (4-я группа) и >4 лет (5-я группа). Средняя

плотность ЭК на противоположной стороне от ФП, в центре роговицы и вблизи ФП во всех глазах составляла  $2210 \pm 487$ ,  $1930 \pm 528$  и  $1519 \pm 507$  клеток/мм<sup>2</sup> соответственно. Плотность ЭК была значительно ниже вблизи ФП в сравнении с двумя другими участками. Коэффициент вариации ЭК был значительно выше вблизи ФП, чем на двух других участках. При изучении плотности ЭК в центре роговицы и на противоположной стороне от ФП существенных различий выявлено не было. Вместе с тем показатели плотности ЭК вблизи ФП показали зависящее от времени снижение до 1790, 1601, 1407, 1339 и 1224 клеток/мм<sup>2</sup> для групп 1, 2, 3, 4 и 5 соответственно. Был сделан вывод, что плотность ЭК после ТЭ уменьшается вблизи ФП, но не изменяется в центре роговицы, что указывает на вовлечение ФП в прогрессирующее снижение плотности ЭК с течением времени [15].

Более значительные показатели потерь ЭК роговицы были зарегистрированы при хирургическом лечении глаукомы с использованием шунтов [7–9, 16, 17, 19, 20, 23, 27–35]. В 2-летнем исследовании Е.К. Lee и соавт. сообщалось о постепенном снижении плотности ЭК после имплантации клапана Ахмеда со средней потерей ЭК 18,6 %. Потеря ЭК в центре роговицы составила через 24 месяца 15,4 %, наибольшая потеря ЭК (22,6 %) была установлена в верхнетемпоральном квадранте, т.е. в месте расположения трубки клапана [16]. Это снижение плотности ЭК является клинически важным как наиболее частое осложнение операции с применением клапана Ахмеда. Декомпенсация роговицы в виде стойкого отека произошла в 27 % наблюдений [16]. А.Н. Тап и соавт. изучали эндотелий роговицы у пациентов, которым проведена операция с шунтом Baerveldt [17]. Средняя потеря плотности ЭК через 36 месяцев составляла 13,6 %, при этом потеря плотности ЭК в центре составила 4,54 % в год. Поздним послеоперационным осложнением данных операций также является стойкий отек роговицы, наблюдаемый в 16 % случаев, по сравнению с пациентами после ТЭ [17, 18].

Сравнительный анализ потери плотности ЭК при имплантации клапана Ахмеда и клапана Molteno показал аналогичные результаты через 24 месяца после операции. Потеря плотности ЭК для дренажа Molteno составила 12,4 и для клапана Ахмеда 11,52 % [19]. G. Casini и соавт. при изучении результатов операции с имплантацией Ex-PRESS шунта через 3 месяца не нашли изменений плотности ЭК [20]. Авторы этого исследования предполагают, что Ex-PRESS шунт имеет преимущество за счет малой инвазивности, связанной с малым размером шунта, короткой концевой трубкой и непродолжительным временем операции [20]. Однако длительность операции является незначительным фактором. Нужны более долгосрочные последующие исследования.

Многие авторы изучали проблему близости интракамеральной части шунта к роговице. В исследование Тап и соавт. было включено 70 глаз с шунтом Baerveldt



[21]. Пациенты были разделены на 2 группы: со свободно размещенной частью трубки дренажа в передней камере и с трансиридиальным расположением интракамеральной части шунта, то есть проведенной через базальное иридэктомическое отверстие. На сканограммах ОКТ расстояние «трубка-роговица» уменьшилось в течение 24 месяцев в глазах со свободно размещенными трубками в передней камере, но не изменилось у лиц с трансиридиальным положением шунта [21].

S.K. Law и соавт. проводили еще одно исследование относительно положения трубки глаукомного клапана Ахмеда в передней камере в течение 12 месяцев [22]. Анализ результатов исследования показывает, что положение трубки в передней камере (расстояния «трубка-роговица», «трубка-радужка» и угол «трубка-роговица») изменяется со временем, но в некоторых случаях движение трубки может быть более динамичным. Зарегистрированы случаи движения трубки Ахмеда на 3–4 мм внутри глаза во время движения глазных яблок и мигания, хотя о повреждениях роговицы в этих случаях не сообщалось [22].

Первоначальными гипотезами, предложенными для объяснения эндотелиальной потери после операций с шунтами, являются: струйное обтекание концевых труб, воспаление, прерывистое касание трубкой шунта роговицы при движениях глазного яблока, при моргании и реакция глаза на имплант как на инородное тело [23]. Имплантация трубчатого шунта в переднюю камеру приводит к потере ЭК непосредственно через контакт или косвенно через турбулентность потока.

A.N. Tan и соавт. провели проспективное 3-летнее исследование относительно плотности ЭК центральной и периферической зоны роговицы у пациентов, которым имплантировали глаукомный дренаж Baerveldt, и обнаружили, что снижение плотности ЭК зависит от расстояния между роговицей и трубкой дренажа (ТС). Выявлено, что среднее расстояние ТС, при котором происходят минимальные потери плотности ЭК, составляет 1,69 мм [17]. Наибольшая потеря ЭК была установлена при уменьшении расстояния «трубка-роговица» (ТС) и в квадранте, содержащем трубку. Снижение плотности ЭК произошло с годовой скоростью в среднем на 4,54 % в центре роговицы и на 6,57 % в периферическом квадранте. Ежегодное снижение плотности ЭК при максимально близком расположении к дренажу составило 1,57 % (при трансиридиальном положении трубки стента в передней камере), а при свободном положении трубки дренажа в передней камере — 7,43 % ( $p = 0,006$ ). По данным ОКТ в случаях с более коротким расстоянием между трубкой и роговицей наблюдаемая потеря плотности ЭК составила 6,20 % в центральной зоне и 7,25 % в периферических квадрантах. При расстоянии ТС больше среднего центральные потери плотности ЭК составили 4,11 % в год, а периферические — 5,77 % в год ( $p < 0,001$ ). Отличия в потере ЭК при разных формах глаукомы не были выявлены. Расстояние ТС оказывает

значительное влияние на снижение плотности ЭК, особенно в периферическом квадранте роговицы около дренажа: трансиридиальное положение дренажа Baerveldt оказалось более безопасным, чем свободное положение трубки в передней камере, но контакт трубки с хрусталиком способствует развитию катаракты. Поэтому трансиридиальное размещение дренажа Baerveldt предпочтительнее для артефактных глаз [17].

S. Arimura и соавт. провели двухлетнее рандомизированное клиническое исследование послеоперационных осложнений после ТЭ и имплантации шунта Ex-PRESS [24]. В исследование были включены 64 пациента с ПОУГ: с ТЭ ( $n = 32$ ) или с имплантацией шунта Ex-PRESS ( $n = 32$ ). В итоге сделаны выводы: имплантация Ex-PRESS шунта связана со значительно большей потерей плотности ЭК роговицы, особенно в ближайшей зоне к трубке шунта, но меньше способствует прогрессированию катаракты в сравнении с ТЭ. Следовательно, имплантация Ex-PRESS не должна рассматриваться для глаз с нарушенной функцией роговицы [24].

В литературе описано несколько примеров дислокации мини-шунтов, движение стента XEN gel практически не документировано, а влияние их смещений на эндотелий роговицы остается неизвестным [25]. K. Gillmann и соавт. представили случай смещения стента XEN gel в переднюю камеру с локализованным повреждением роговицы у 64-летней пациентки с глаукомой нормального давления, которой провели двустороннюю имплантацию [25]. После операции на правом глазу уровень ВГД был компенсирован, а на парном — повысился. В передней камере был определен 3-миллиметровый сегмент стента XEN gel на расстоянии 0,4 мм от роговицы, который контактировал с роговицей во время движения глаза и мигания. Плотность ЭК измеряли дважды с интервалом в 1 месяц: до и после имплантации стента XEN gel. Случайный контакт трубки стента с роговицей через 1 месяц после операции привел к уменьшению ЦТР на 2 мкм и к снижению средней плотности ЭК на 2,1 %, что составляет 46,2 % от ежегодной эндотелиальной потери, отмеченной A.N. Tan у пациентов с дренажом Baerveldt [17]. Наблюдения авторов подтверждают, что стент XEN gel может смещаться, а положение дренажного устройства в передней камере значительно зависит от движений глаз и мигания [25].

M. Kasahara и соавт. провели ретроспективное обсервационное исследование пациентов с микроинвазивной операцией с помощью аппарата trabectome [26]. В исследование были включены 132 взрослых пациента (159 глаз) из Японии, авторы проводили контроль плотности ЭК роговицы, рассчитывали коэффициент вариабельности ЭК и процент шестиугольных клеток эндотелия в центре и во всех секторах роговицы за 1 месяц до операции и на 3, 6, 12, 24 и 36-м месяце после операции. Во всех секторах до и после операции не было выявлено изменений плотности ЭК. Показатели коэффициента вариабельности и количества клеток не изменялись

на всех участках роговицы до и после операции в течение 12 месяцев, но эндотелиальные потери наблюдались при сочетании АГО с операцией по поводу катаракты. Следует вывод, что трабекулэктомия оказывает минимальное воздействие на эндотелиальные клетки роговицы, но необходимы долгосрочные проспективные исследования с большим объемом выборки [26].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Глаукома и ее лечение могут оказывать негативное воздействие на эндотелий роговицы. Понимание влияния глаукомного процесса на состояние ЭК роговицы, а также выбранный врачом метод лечения заболевания являются важными критериями для сохранения остроты зрения у всех пациентов с глаукомой, включая пациентов, перенесших различные виды АГО и другие комбинированные оперативные вмешательства [1]. Наименьшее снижение плотности ЭК наблюдается при проведении ГСЭ и ТЭ: 2,6 и 3,2 % соответственно [15, 16]. Использование ММС во время хирургии глаукомы увеличивает потерю ЭК до 13,9 % с низкой концентрацией и до 14,53 % с высокой концентрацией препарата

[10]. Применение вискоэластиков во время операции может уменьшить потерю эндотелиальных клеток с 7,7 до 2,5 % [12]. Более высокие показатели потерь ЭК роговицы были зарегистрированы при хирургическом лечении глаукомы с клапанами и шунтами: 12–18 % [7–9, 16, 17, 19, 20, 23, 27–35]. Имплантация Ex-PRESS шунта связана со значительной потерей плотности ЭК роговицы в ближайшей зоне к трубке дренажа, но меньше способствует прогрессированию катаракты, чем классическая ТЭ, следовательно, имплантация шунта не должна рассматриваться как вариант выбора для глаз с нарушенной функцией роговицы. Наблюдения авторов доказывают, что дренажное устройство меняет свое положение в передней камере и потеря плотности ЭК зависит от состояния ТС. Трабекулэктомия оказывает минимальное воздействие на эндотелиальные клетки роговицы [26].

## УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Шапошникова И.В. — написание текста;  
Газизова И.Р. — написание текста, научное редактирование;  
Куроедов А.В. — научное редактирование;  
Селезнев А.В. — написание текста, оформление библиографии;  
Ловпаче Д.Н. — научное редактирование.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Janson B.J., Alward W.L., Kwon Y.H., Bettis D.I., Fingert J.H., Provencher L.M., Goins K.M., Wagoner M.D., Greiner M.A. Glaucoma-associated corneal endothelial cell damage: A review. *Surv Ophthalmol.* 2018;63(4):500–506. DOI: 10.1016/j.survophthal.2017.11.002
- Пасечникова Н.В., Михайцева И.Н., Ельский В.Н. Вопросы регуляции эндотелия в патогенезе первичной глаукомы. *Национальный журнал глаукома.* 2014;13(4):5–12. [Pasechnikova N.V., Mikhaytseva I.N., Elskiy V.N. Endothelium regulation problems in pathogenesis of primary glaucoma. *National Journal glaucoma = Nacional'nyy Zhurnal Glaukoma.* 2014;13(4):5–12 (In Russ.).]
- Cho S.W., Kim J.M., Choi C.Y., Park K.H. Changes in corneal endothelial cell density in patients with normal-tension glaucoma. *Jpn J Ophthalmol.* 2009;53(6):569–573. DOI: 10.1007/s10384-009-0740-1
- Малахова А.И., Деев Л.А., Молчанов В.В. Изменения роговицы у больных с первичной открытоугольной глаукомой. *Национальный журнал глаукома.* 2015;14(1):84–93. [Malakhova A.I., Deev L.A., Molchanov V.V. Cornea changes at patients with primary open-angle glaucoma. *National Journal glaucoma = Nacional'nyy zhurnal glaukoma.* 2015;14(1):84–93 (In Russ.).]
- Алексеев И.Б., Страхов В.В., Мельникова Н.В., Попова А.А. Изменения фиброзной оболочки глаза у пациентов с впервые выявленной первичной открытоугольной глаукомой. *Национальный журнал глаукома.* 2016;15(1):13–24. [Alekseev I.B., Strakhov V.V., Melnikova N.V., Popova A.A.: Changes in the fibrous tunic of the eye in patients with newly diagnosed primary open-angle glaucoma. *National Journal glaucoma = Nacional'nyy Zhurnal Glaukoma.* 2016;15(1):13–24 (In Russ.).]
- Ang G.S., Bochmann F., Townend J., Azuara-Blanco A. Corneal biomechanical properties in primary open-angle glaucoma and normal tension glaucoma. *J Glaucoma.* 2008;17(4):259–262. DOI: 10.1097/ijg.0b013e31815c3a93
- Hau S., Barton K. Corneal complications of glaucoma surgery. *Curr Opin Ophthalmol.* 2009; 20: 131–136. DOI: 10.1097/icu.0b013e3181659e56
- Kim M.S., Kim K.N., Kim C.S. Changes in Corneal Endothelial Cell after Ahmed Glaucoma Valve Implantation and Trabeculectomy: 1-Year Follow-up. *Korean J Ophthalmol.* 2016;30:416–425. DOI: 10.3341/kjo.2016.30.6.416
- Arnavielle S., Lafontaine P.O., Bidot S., Creuzot-Garcher C., D'Athis P., Bron A.M. Corneal endothelial cell changes after trabeculectomy and deep sclerectomy. *J Glaucoma.* 2007;16(3):324–328. DOI: 10.1097/IJG.0b013e3180391a04
- Sihota R., Sharma T., Agarwal H.C. Intraoperative mitomycin C and the corneal endothelium. *Acta P Ophthalmol Scand.* 1998;76(1):80–82. DOI: 10.1034/j.1600-0420.1998.760115.x
- Storr-Paulsen T., Norregaard J.C., Ahmed S., Storr-Paulsen A. Corneal endothelial cell loss after mitomycin C-augmented trabeculectomy. *J Glaucoma.* 2008;17(8):654–657. DOI: 10.1097/IJG.0b013e3181659e56
- Shin D.B., Lee S.B., Kim C.S. Effects of viscoelastic material on the corneal endothelial cells in trabeculectomy with adjunctive mitomycin-C. *Kor J Ophthalmol.* 2003;17:83–90. DOI: 10.3341/kjo.2003.17.2.83
- Shaheer M., Amjad A., Ahmed N. Comparison of Mean Corneal Endothelial Cell Loss after Trabeculectomy with and without Mitomycin C. *Coll Physicians Surg Pak.* 2018;28(4):301–303. DOI: 10.29271/jcpsp.2018.04.301
- Higashide T., Nishino T., Sakaguchi K., Yamada Y., Sugiyama K. Determinants of Corneal Endothelial Cell Loss After Trabeculectomy With Mitomycin. *J Glaucoma.* 2019;28(1):61–67. DOI: 10.1097/IJG.0000000000001108
- Okumura N., Matsumoto D., Okazaki Y., Koizumi N., Sotozono C., Kinoshita S., Mori K. Wide-field contact specular microscopy analysis of corneal endothelium post trabeculectomy. *Clin Exp Ophthalmol.* 2018;256(4):751–757. DOI: 10.1007/s00417-017-3889-1
- Lee E.K., Yun Y.J., Lee J.E., Yim J.H., Kim C.S. Changes in corneal endothelial cells after Ahmed glaucoma valve implantation: 2-year follow-up. *Am J Ophthalmol.* 2009;148:361–367. DOI: 10.1016/j.ajo.2009.04.016
- Tan A.N., Webers C.A., Berendschot T.T., de Brabander J., de Witte P.M., Nuijts R.M., Schouten J.S., Beckers H.J. Corneal endothelial cell loss after Baerveldt glaucoma drainage device implantation in the anterior chamber. *Acta Ophthalmol.* 2017;95:91–96. DOI: 10.1111/aos.13161
- Gedde S.J., Herndon L.W., Brandt J.D., Budenz D.L., Feuer W.J., Schiffman J.C. Tube Versus Trabeculectomy Study Group. Postoperative complications in the Tube Versus Trabeculectomy (TVT) study during five years of follow-up. *Am J Ophthalmol.* 2012;153(5):804–814. DOI: 10.1016/j.ajo.2011.10.024
- Nassiri N., Nassiri N., Majidi N.M., Salehi M., Panahi N., Djalilian A.R., Peyman G.A. Corneal endothelial cell changes after Ahmed valve and Molteno glaucoma implants. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging.* 2011;42:394–399. DOI: 10.3928/15428877-20110812-04
- Casini G., Loidice P., Pellegrini M., Sframeli A.T., Martinelli P., Passani A., Nardi M. Trabeculectomy Versus EX-PRESS Shunt Versus Ahmed Valve Implant: Short-term Effects on Corneal Endothelial Cells. *Am. J. Ophthalmol.* 2015;160(6):1185–1190. DOI: 10.1016/j.ajo.2015.08.022
- Tan A.N., de Witte P.M., Webers C.A., Berendschot T.T., De Brabander J., Schouten J.S., Beckers H.J. Baerveldt drainage tube motility in the anterior chamber. *Eur J Ophthalmol.* 2014;24:364–370. DOI: 10.5301/ejo.5000379
- Law S.K., Coleman A.L., Caprioli J. Dynamic tube movement of Ahmed glaucoma valve. *J Glaucoma.* 2009;18(8):628–631. DOI: 10.1097/IJG.0b013e3181996f33
- Dermott M.L., Swendris R.P., Shin D.H., Juzych M.S., Cowden J.W. Corneal endothelial cell counts after Molteno implantation. *Am J Ophthalmol.* 1993;115:93–96. DOI: 10.1016/s0002-9394(14)73530-5
- Arimura S., Miyake S., Iwasaki K., Gozawa M., Matsumura T., Takamura Y., Inatani M. Randomised Clinical Trial for Postoperative Complications after Ex-PRESS Implantation versus Trabeculectomy with 2-Year Follow-Up. *Sci Rep.* 2018;8:161–68. DOI: 10.1038/s41598-018-34627-w
- Gillmann K., Bravetti G., Mermoud A., Mansouri K. Anterior Chamber XEN Gel Stent Movements: The Impact on Corneal Endothelial Cell Density. *J Glaucoma.* 2019;28(6):e93–e95. DOI: 10.1097/IJG.0000000000001200
- Kasahara M., Shoji N., Matsumura K. The Influence of Trabeculectomy Surgery on Corneal Endothelial Cells. *J Glaucoma.* 2019;28(2):150–153. DOI: 10.1097/IJG.0000000000001128
- Hau S., Scott A., Bunce C., Barton K. Corneal endothelial morphology in eyes implanted with anterior chamber aqueous shunts. *Cornea.* 2011;30:50–55. DOI: 10.1097/ICO.0b013e3181e16d7d

28. Koo E.B., Hou J., Han Y. Effect of glaucoma tube shunt parameters on corneal endothelial cells in patients with Ahmed valve implants. *Cornea*. 2015;34(1):37–41. DOI: 10.1097/ICO.0000000000000301
29. Mendrinos E., Dosso A., Sommerhalder J., Shaarawy T. Coupling of HRT II and AS-OCT to evaluate corneal endothelial cell loss and in vivo visualization of the Ahmed glaucoma valve implant. *Eye (Lond)*. 2009;23(9):1836–1844. DOI: 10.1038/eye.2008.321
30. Netland P.A., Sarkisian S.R., Moster M.R., Ahmed I.I., Condon G., Salim S., Sherwood M.B., Siegfried C.J. Randomized, prospective, comparative trial of EX-PRESS glaucoma filtration device versus trabeculectomy (XVT study). *Am. J. Ophthalmol.* 2014;157:433–440. DOI: 10.1016/j.ajo.2013.09.014
31. Tojo N., Hayashi A., Miyakoshi A. Corneal decompensation following filtering surgery with the Ex-PRESS (\*) mini glaucoma shunt device. *Clin. Ophthalmol.* 2015;17:499–502. DOI: 10.2147/OPHTH.S81050
32. Wang W., Zhang X. Meta-analysis of randomized controlled trials comparing EX-PRESS implantation with trabeculectomy for open-angle glaucoma. *PLoS One*. 2014 Jun 27;9(6):e100578. DOI: 10.1371/journal.pone.0100578
33. Konopińska J., Deniziak N., Saeed E., Bartczak A., Zalewska R., Mariak Z., Rękas M. Prospective randomized study comparing combined phaco-ExPRESS and Phacotrabeculectomy in open angle glaucoma treatment: 12 month follow-up. *J Ophthalmol.* 2015;2015:720109. DOI: 10.1155/2015/720109
34. Gonzalez-Rodriguez J.M., Trope G.E., Drori-Wagschal L., Jinapriya D., Buys Y.M. Comparison of trabeculectomy versus Ex-PRESS: 3-year follow-up. *Br J Ophthalmol.* 2016;100(9):1269–1273. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2015-307161
35. Omatsu S., Hirooka K., Nitta E., Ukegawa K. Changes in corneal endothelial cells after trabeculectomy and EXPRESS shunt: 2-year follow-up. *BMC Ophthalmology*. 2018;18(1):243. DOI: 10.1186/s12886-018-0913-0

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ООО «ОЦ «Хорошее зрение»

Шапошникова Ирина Вячеславовна

врач-офтальмолог

ул. Рукавишниковая, 20, Кемерово, 650000, Российская Федерация

<https://orcid.org/0000-0003-0927-6591>

ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины»

Газизова Ильмира Рифовна

доктор медицинских наук, заведующая отделением

ул. Академика Павлова, 12, Санкт-Петербург, 197376, Российская Федерация

<https://orcid.org/0000-0003-4611-9931>

ФКУ «Центральный военный клинический госпиталь им. П.В. Мандрыка» Министерства обороны Российской Федерации

ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Куроедов Александр Владимирович

доктор медицинских наук, начальник отделения, профессор кафедры

ул. Б. Оленья, 8а, Москва, 107014, Российская Федерация

ул. Островитянова, 1, Москва, 117997, Российская Федерация

<https://orcid.org/0000-0001-9606-0566>

ФГБОУ ВО «Ивановская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Селезнев Алексей Владимирович

кандидат медицинских наук, доцент кафедры оториноларингологии и офтальмологии, доцент

Шереметевский проспект, 8, Иваново, 153012, Российская Федерация

<https://orcid.org/0000-0002-4583-6050>

ООО «Три-З — МСК»

Ловпаче Джамиля Нуриидиновна

кандидат медицинских наук, доцент, врач-эксперт

ул. Бориса Галушкина, 3, Москва, 129301, Российская Федерация

<https://orcid.org/0000-0002-4287-4502>

## ABOUT THE AUTHORS

Ophthalmology Center “Good Vision”

Shaposhnikova Irina V.

ophthalmologist

Rukavishnikova str., 20, Kemerovo, 650000, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0003-0927-6591>

Institute of Experimental Medicine

Gazizova Ilmira R.

MD, chief of department

Akademika Pavlova str., 12, Saint-Petersburg, 197376, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0003-4611-9931>

Mandryka Military Clinical Hospital

Pirogov National Medical University

Kuroyedov Alexandr V.

MD, head of ophthalmological department

chair of ophthalmology, Professor

B. Olen'ya str., 8A, Moscow, 107014, Russian Federation

Ostrovityanova str., 1, Moscow, 117997, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0001-9606-0566>

Ivanovo State Medical Academy

Seleznev Alexei V.

PhD, Associate Professor of ENT and ophthalmology department

Sheremetevskii ave., 8, Ivanovo, 153012, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0002-4583-6050>

Tri-Z — MSK

Lovpache Dzhamilya N.

PhD, medical expert

Borisa Galushkina str., 3, Moscow, 129301, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0002-4287-4502>