

# Изменение рефракции передней и задней поверхностей роговицы в раннем послеоперационном периоде после синустрабекулектomie

В.В. Аверич, А.В. Волжанин, Г.Б. Егорова

ФГБНУ «НИИГБ им. М.М. Краснова», Москва, Россия

## РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** оценить кератотопографические показатели передней и задней поверхностей роговицы в краткосрочном послеоперационном периоде после синустрабекулектomie (СТЭ).

**Материал и методы:** обследовано 45 больных (45 глаз) с первичной открытоугольной глаукомой II–III стадий, которым вследствие декомпенсации внутриглазного давления на медикаментозной терапии была выполнена СТЭ. С помощью Шаймпфлюг-камеры до операции, спустя 1 нед. и 1 мес. были оценены кератотопографические параметры передней и задней поверхностей роговицы.

**Результаты исследования:** через 1 нед. отмечено увеличение показателей общего и роговичного астигматизма (0,32 и 1,0 дптр соответственно). Кривизна передней поверхности роговицы усиливается в основном за счет вертикального меридиана, кривизна задней поверхности — за счет горизонтального меридиана. Топографически происходило асимметричное «укручение» отдельных сегментов роговицы, которые нельзя было как-либо классифицировать. Через 1 мес. наблюдалась тенденция к уплощению передней поверхности роговицы и увеличению астигматизма задней поверхности на 0,5 дптр. Согласно данным авторефкератометрии общий астигматизм снизился на 0,69 дптр, но роговичный астигматизм увеличился в среднем в 1,5 раза по сравнению с исходным состоянием. Сферический компонент спустя 1 нед. увеличился на 0,36 дптр, спустя 1 мес. — на 0,62 дптр. Толщина роговицы не изменилась за весь период наблюдения. Кератометрические показатели передней и задней поверхностей роговицы сильно коррелировали друг с другом на всех сроках наблюдения. Данные Шаймпфлюг-камеры коррелировали с данными авторефкератометрии. Роговичный астигматизм в различные сроки коррелировал со средней кривизной либо сильным меридианом передней и задней поверхностей роговицы.

**Заключение:** СТЭ вызывает индуцированный астигматизм за счет комплексного влияния как на переднюю, так и на заднюю кривизну роговицы. Ввиду неоднородного влияния на роговицу индуцированный астигматизм не удается классифицировать и, как правило, не получается скорректировать методами оптической коррекции.

**Ключевые слова:** глаукома, трабекулектomie, роговица, рефракция, задняя кривизна роговицы.

**Для цитирования:** Аверич В.В., Волжанин А.В., Егорова Г.Б. Изменение рефракции передней и задней поверхностей роговицы в раннем послеоперационном периоде после синустрабекулектomie. Клиническая офтальмология. 2023;23(1):27–32. DOI: 10.32364/2311-7729-2023-23-1-27-32.

## Refraction changes in the anterior and posterior corneal surfaces during the early postoperative period following sinus trabeculectomy

V.V. Averich, A.V. Volzhanin, G.B. Egorova

Krasnov Research Institute of Eye Diseases, Moscow, Russian Federation

## ABSTRACT

**Aim:** to evaluate keratotopography of the anterior and posterior corneal surfaces in the early postoperative period following sinus trabeculectomy (STE).

**Patients and Methods:** the study included 45 patients (45 eyes) with primary open angle glaucoma, stages II–III, who underwent trabeculectomy, as it was impossible to reduce intraocular pressure (IOP) by the prescribed medications. Corneal topographic parameters of the anterior and posterior corneal surfaces were evaluated with Scheimpflug camera before surgery, 1 week and 1 month after STE.

**Results:** one week after surgery, general and corneal astigmatism increased (0.32 and 1.0 diopters, respectively). An increase in the anterior corneal curvature was usually associated with the vertical meridian and in the posterior corneal curvature — with the horizontal meridian. Topographically, there was an asymmetric steeping of individual corneal segments that cannot be explicitly classified. One month after the operation there was a trend to flattening of the anterior corneal surface and to increasing of the posterior curvature astigmatism by 0.5 diopters. Measurements taken with auto kerato-refractometer demonstrated that general astigmatism reduced by 0.69 diopters. However, the measurements revealed a 1.5-fold increase in mean corneal astigmatism compared to baseline. One week after surgery, the spherical component increased by 0.36 diopters, and following one month — by 0.62 diopters. The corneal thickness did not change during the entire follow-up period. Keratometric measurements of the anterior and posterior corneal surfaces strongly correlated at all follow-up evaluation points. There was a correlation between Scheimpflug imaging and measurements taken with auto kerato-refractometer. At different time points, a relationship was found between the corneal astigmatism and the mean curvature or the steep meridian of the anterior and posterior corneal surfaces.

**Conclusion:** STE causes an induced astigmatism as it affects both the anterior and posterior corneal curvatures. Since the effect of induced astigmatism on the cornea is varying, it is not possible to find appropriate classification for such cases, and, as a rule, the astigmatism cannot be controlled with optical correction methods.

**Keywords:** glaucoma, trabeculectomy, cornea, refraction, posterior corneal curvature.

**For citation:** Averich V.V., Volzhanin A.V., Egorova G.B. Refraction changes in the anterior and posterior corneal surfaces during the early postoperative period following sinus trabeculectomy. *Russian Journal of Clinical Ophthalmology*. 2023;23(1):27–32 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2023-23-1-27-32.

## ВВЕДЕНИЕ

Топографические системы проекционного типа на основе принципа Шаймпфлюга (Pentacam, Galilei, Sirius) на сегодняшний день являются «золотым стандартом» диагностики анатомо-оптических изменений роговицы [1, 2]. Выстраивая трехмерную модель переднего отрезка глаза на основе оптических срезов во всех меридианах, прибор позволяет оценить топографию передней и задней поверхностей роговицы, исследовать биометрию структур передней камеры, выполнить пахиметрию в любой точке, а также получить полную характеристику роговицы для расчета интраокулярной линзы (ИОЛ).

Изменения кератометрических параметров роговицы и индуцированный астигматизм после антиглаукомной хирургии, в частности после «золотого стандарта» фистулизирующих вмешательств — синустрабекулэктомии (СТЭ), довольно хорошо изучены [3–7]. На основе данных кератотопографии была предпринята попытка описания и классификации послеоперационной кератотопографической картины роговицы [6]. Выдвинут ряд теорий о доминирующем факторе развития роговичного астигматизма: тракционное воздействие швов конъюнктивы и склерального лоскута [3, 4], углубление роговичного края фистулы [5], влияние каутеризации и рубцевания [6, 7]. Однако вышеперечисленные исследования основаны исключительно на рефракционных данных передней поверхности роговицы. В настоящее время вопрос об оценке влияния особенностей кривизны задней поверхности роговицы на показатели общего астигматизма до сих пор остается открытым [8]. Доказана необходимость оценки кривизны задней поверхности с целью избегания рефракционных ошибок при расчете параметров ИОЛ [9, 10]. Детальная оценка индуцированного роговичного астигматизма после хирургии глаукомы может позволить в будущем как модифицировать технику операций, так и предсказывать с высокой точностью изменение рефракции, что может быть особенно важно для подбора ИОЛ у таких пациентов. Таким образом, актуальным является более детальное изучение влияния хирургии глаукомы на кератотопографическую картину не только передней, но и задней поверхности роговицы.

**Цель исследования:** оценка кератотопографических показателей передней и задней поверхностей роговицы в краткосрочном послеоперационном периоде после СТЭ.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследование было включено 45 больных (45 глаз), из них 25 мужчин, с первичной открытоугольной глаукомой II–III стадий, которым вследствие декомпенсации внутриглазного давления (ВГД) на медикаментозной терапии была показана СТЭ. У всех больных было взято информированное согласие об обезличенном использовании их персональных медицинских данных в научном

исследовании, исследование было одобрено локальным этическим комитетом.

Средний возраст обследованных составил  $67,4 \pm 8,3$  года. В исследование не включали пациентов с предшествующей офтальмохирургией в анамнезе, наличием воспалительных заболеваний глаза, вторичной глаукомой, аметропией свыше  $\pm 3$  дптр, а также пациентов, имеющих сопутствующие соматические заболевания в фазе обострения.

Синустрабекулэктомию выполняли по стандартной методике с доступом через лимбальный разрез конъюнктивы. После щадящей коагуляции выкраивали склеральный лоскут размером  $5 \times 5$  мм и глубиной приблизительно на половину склеры. После снижения ВГД в передней камере путем парацентеза с помощью панча Келли создавали фистулу размером  $1,5 \times 1,5$  мм, затем выполняли базальную иридэктомию. При необходимости для предотвращения развития гипотонии в переднюю камеру вводили вискоэластик (гидроксипропилметилцеллюлоза 2%). Склеральный лоскут фиксировали двумя швами (полипропилен 8/0), конъюнктиву также ушивали двумя швами (полипропилен 8/0).

У всех пациентов, включенных в исследование, операция прошла успешно, без осложнений в послеоперационном периоде и с достижением целевого ВГД без необходимости возобновлять медикаментозную терапию. По результатам предыдущих опубликованных исследований по данной тематике нами не было выявлено значимых взаимосвязей между биометрическими и кератометрическими показателями, поэтому данные биометрии в настоящем исследовании будут опущены [9–11].

Всем пациентам проводили стандартное офтальмологическое обследование: авторефрактометрию, визометрию, биомикроскопию. Помимо авторефрактометрии основные кератометрические показатели роговицы исследовали методом сканирующей кератотопографии с помощью Шаймпфлюг-камеры Pentacam (Oculus Inc., США; бессрочный регистрационный номер ФСЗ 2008/00005 от 28.01.2008). Для анализа использовали кератометрические показатели кривизны передней и задней поверхностей роговицы, рассчитанные автоматически в ходе обработки полученных оптических срезов переднего отрезка глаза: оптическую силу крутого меридиана ( $K_2$ ) и плоского меридиана ( $K_1$ ), а также среднюю величину по меридианам ( $K_m$ ), астигматизм и ось астигматизма. Помимо этого, учитывали средние значения пахиметрии роговицы в оптической зоне. Пациентов обследовали до и спустя 1 нед. и 1 мес. после операции.

Статистическая обработка проведена в программе IBM SPSS Statistics 23. Проверка нормальности распределения была выполнена с помощью критерия Шапиро — Уилка и оценки асимметрии и эксцесса. В зависимости от типа распределения данные представлены соответственно в виде среднего и стандартного отклонения ( $M \pm SD$ ) либо медианы и квартилей ( $Me [Q_1; Q_3]$ ). Параметрические параметры

сравнивали с помощью t-критерия Стьюдента, непараметрические — с помощью критерия ранговых знаков Вилкоксона. Корреляции показателей рассчитывали с помощью коэффициента Спирмана.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Максимальная корригированная острота зрения (МКОЗ) в течение всего периода наблюдения составляла в среднем  $0,65 \pm 0,18$ . Некорригированная острота зрения (НКОЗ) через 1 нед. снизилась в среднем с  $0,63 \pm 0,12$  до  $0,35 \pm 0,17$ . Далее наблюдался тренд к восстановлению НКОЗ: острота зрения составляла  $0,57 \pm 0,12$ , но не достигала дооперационных значений.

У всех обследованных пациентов до операции, как по данным авторефкератометрии, так и по данным Шаймпфлюг-камеры Pentacam, регистрировали преобладание слабовыраженного роговичного астигматизма прямого типа (табл. 1).

Через 1 нед. после операции по данным авторефкератометрии отмечали статистически значимое усиление общего и роговичного астигматизма относительно исходных значений: на 0,32 и 1,0 дптр соответственно (см. табл. 1).

По данным сканирующей кератотопографии были выявлены следующие изменения передней поверхности роговицы: статистически значимое увеличение средних кератометрических показателей оптической силы роговицы (Km) за счет усиления K2. Помимо этого, регистрировали усиление роговичного астигматизма, однако эти изменения были статистически незначимы. Средние значения роговичного астигматизма через 1 нед. увеличились почти в 2 раза в сравнении с дооперационными данными и составили 1,18 дптр. Ось астигматизма не претерпела значимых изменений (см. табл. 1). Топографическая картина характеризовалась «укручением» роговичного астигматизма с явлениями выраженной асимметрии, не поддаю-

щимися какой-либо систематизации по его типу, что косвенно может подтверждать индуцированную природу астигматизма.

Схожие изменения кератометрических параметров наблюдали и со стороны задней поверхности роговицы: отмечался значимый тренд в усилении средних кератометрических показателей оптической силы (Km) с преобладанием рефракции K1 и статистически значимым усилением астигматизма на 0,2 дптр и изменением его оси.

Через 1 мес. после СТЭ отмечалась достоверная тенденция к уплощению топографического профиля передней поверхности роговицы с уменьшением оптической силы в K2. Однако средние значения оптической силы имели значимый тренд к дальнейшему увеличению рефракции, вероятно, за счет рефракционного сдвига K1. Роговичный астигматизм статистически незначимо уменьшился на 0,38 дптр в сравнении с показателями через 1 нед. после операции.

Отмечено возвращение к исходным значениям оптической силы задней поверхности роговицы, как ее средних значений, так и рефракции в двух главных меридианах, однако эти изменения были недостоверны. Ось астигматизма и толщина роговицы не претерпели значимых изменений за весь период наблюдения.

Данные общего и роговичного астигматизма согласно авторефкератометрии также отображали уменьшение разницы преломляющей способности роговицы в двух главных меридианах. Роговичный астигматизм снизился на 0,69 дптр, в то время как значение общего астигматизма уменьшилось в 1,5 раза по сравнению с дооперационными значениями. В дополнение к этому на протяжении всего периода наблюдения происходил постепенный сдвиг сферического компонента в сторону усиления миопической рефракции относительно исходных значений — на 0,36 дптр через 1 нед. и на 0,62 дптр через 1 мес. соответственно. Таким образом, рефракционный сдвиг после

**Таблица 1.** Показатели авторефкератометрии и кератотопографии

**Table 1.** Autokeratometry and keratotopography data

Кератометрический показатель Keratometric measurement	До операции Preop	Через 1 нед. 1 week postop	Через 1 мес. 1 month postop
<b>Авторефкератометрия: / Autorefkeratometry:</b>			
sph, дптр / sph, D	-0,72±3,26	-1,08±3,5	-1,34±3,28 (p=0,02)
cyl, дптр / cyl, D	-0,82±1,04	-1,14±0,72 (p=0,017)	-0,76±1,44
ось астигматизма / axis	83,86 [28,1; 141,3]	73,71 [18,8; 129,5]	75,62 [16,2; 132]
оптическая сила K2, дптр / optical power K2, D	45,61±1,75	45,61±1,9	45,27±1,9
оптическая сила K1, дптр / optical power K1, D	44,9±2,23	44,23±2,4	44,91±2,5
роговичный астигматизм, дптр / corneal astigmatism, D	-0,69±0,4	-1,69±2,2 (p=0,011)	-1,0±0,8
<b>Передняя поверхность роговицы: / Anterior surface of the cornea:</b>			
оптическая сила K2, дптр / optical power K2, D	44,9 [43,8; 46,4]	45,2 [44,4; 46,1] (p=0,009)	45,0 [43,8; 46,4] (p=0,048)
оптическая сила K1, дптр / optical power K1, D	43,9 [43,2; 45,3]	44,0 [43,5; 44,9]	44,5 [43,13; 45,25]
средняя оптическая сила Km, дптр / mean optical power Km, D	44,1 [43,2; 45,3]	44,4 [43,6; 45,5] (p=0,006)	44,56 [43,5; 45,6] (p=0,017)
ось астигматизма / axis	67,1 [19,0; 150,0]	73,5 [25,1; 158,8]	73,96 [14,83; 164,8]
астигматизм, дптр / astigmatism, D	0,6 [0,4; 1,2]	1,18 [0,6; 1,7]	0,8 [0,48; 1,6]
<b>Задняя поверхность роговицы / Posterior surface of the cornea</b>			
оптическая сила K2, дптр / optical power K2, D	-6,4 [-6,6; -6,11]	-6,5 [-6,7; -6,2]	-6,4 [-6,6; -6,27]
оптическая сила K1, дптр / optical power K1, D	-6,1 [-6,3; -6,0]	-6,2 [-6,3; -6,0] (p<0,001)	-6,1 [-6,4; -5,95]
средняя оптическая сила Km, дптр / mean optical power Km, D	-6,3 [-6,5; -6,1]	-6,26 [-6,4; -6,1] (p<0,001)	-6,3 [-6,5; -6,1]
ось астигматизма / axis	76,0 [19,3; 160,8]	87,0 [17,2; 166,2] (p=0,014)	52,85 [19,2; 161,85]
астигматизм, дптр / astigmatism, D	0,3 [0,1; 0,4]	0,32 [0,2; 0,6] (p=0,004)	0,33 [0,18; 0,5]
<b>Пачиметрия, мкм (оптическая зона) / Pachymetry, μm (optical zone)</b>			
	539,0±45,38	534±50,59	539,5±44,74

**Примечание.** Статистическая значимость различий по сравнению с исходными показателями.

**Note.** Statistical significance of differences compared to baseline.

СТЭ можно условно разделить на превалирующий в сферическом компоненте и в цилиндрическом.

Сагитальные карты передней и задней поверхностей роговицы (см. рисунок) демонстрируют динамику их изменений в краткосрочном периоде наблюдений: до операции прослеживался топографический паттерн «песочных часов» передней кривизны роговицы, характерный для роговичного астигматизма прямого типа, через 1 нед. после СТЭ отмечалось выраженное «укручение» переднего и заднего профиля роговицы с увеличением ее оптической силы. Через 1 мес. в парацентральной зоне передней поверхности роговицы регистрировали перераспределение оптической силы — усиление рефракции в верхнем сегменте и ослабление в нижнем (указано стрелками), в то время как центральная рефракция оставалась неизменной. Параметры задней кривизны роговицы возвращались к дооперационным значениям.

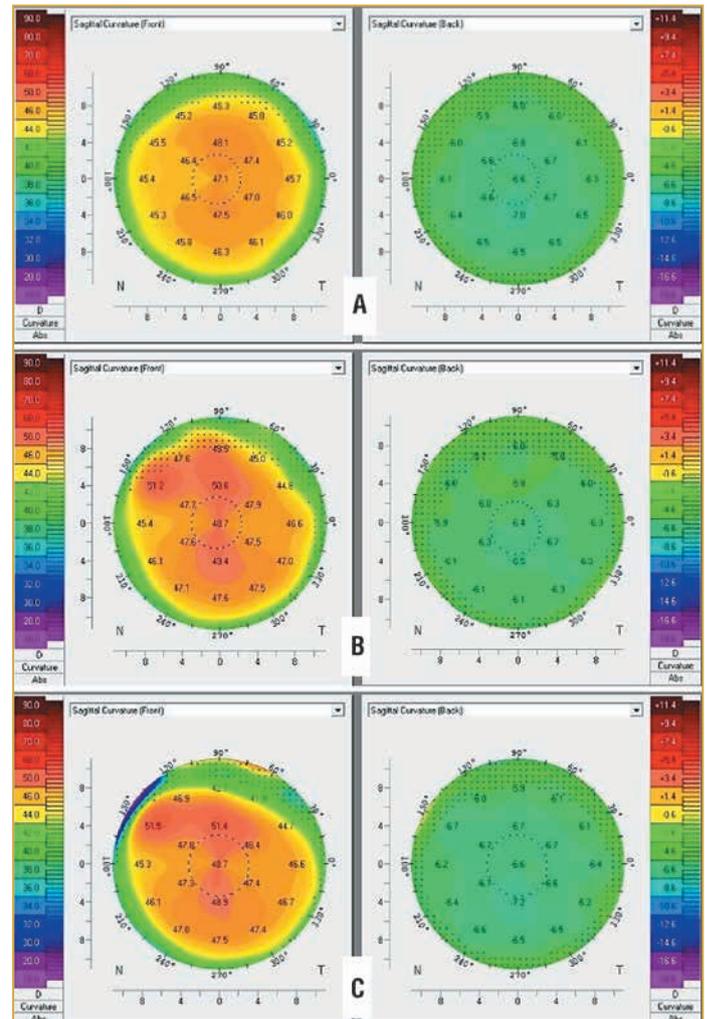
Корреляционный анализ выявил сильную взаимосвязь между всеми кератометрическими показателями передней и задней поверхностей роговицы до операции: K1  $r=-0,842$  ( $p<0,0001$ ); K2  $r=-0,862$  ( $p<0,0001$ ); Km  $r=-0,719$  ( $p<0,001$ ); астигматизм  $r=0,613$  ( $p<0,002$ ). Эта зависимость прослеживалась через 1 нед. и 1 мес. после проведения СТЭ. Помимо этого, показатели оптической силы K1 и K2, полученные при авторефкератометрии, коррелировали с меридианами передней и задней поверхностей роговицы по результатам кератотопографии (табл. 2). Роговичный астигматизм демонстрировал корреляционную связь с данными рефракции в среднем по двум меридианам (Km) передней и задней поверхностей роговицы, а также с K2 задней поверхности и астигматизмом передней кривизны роговицы.

Через 1 нед. после операции корреляционная взаимосвязь между показателями главных меридианов по данным авторефкератометрии и кератотопографии усиливалась. Так, увеличилась зависимость между цилиндрическим компонентом авторефкератометрии (су1, роговичный астигматизм) и астигматизмом передней кривизны роговицы. Вдобавок к этому, спустя 1 нед. после СТЭ прослеживалась обратная корреляционная связь между оптической силой K2 передней поверхности роговицы и сферическим компонентом по авторефкератометрии. Кривизна задней поверхности, в свою очередь, коррелировала с силой цилиндрического компонента (см. табл. 2).

Через 1 мес. появлялась тенденция к ослабеванию корреляционной взаимосвязи между показателями круглого, плоского меридианов по данным авторефкератометрии и кератотопографии передней и задней поверхностей. Однако обратная зависимость между крутым меридианом передней поверхности и сферическим компонентом авторефкератометрии продолжала усиливаться. Та же тенденция прослеживалась с астигматизмом передней поверхности роговицы и его осью по отношению к цилиндрическому компоненту.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Параметры астигматизма и общая оптическая мощность роговицы обуславливаются кривизной не только передней, но и задней поверхности. Ранее данный факт не учитывался в силу сложности точного измерения кривизны задней поверхности роговицы на кератотопографах отражающего типа. Появление на мировом рынке сканиру-



**Рисунок.** Топографическая картина сагиттальных карт передней и задней поверхностей роговицы до СТЭ (А), через 1 нед. (В) и через 1 мес. (С) после операции

**Fig.** Topographic sagittal maps of the anterior and posterior corneal surfaces. A, B, C — preop, 1 week and 1 month postop

ющих кератотопографов, работающих на основе принципа Шаймпфлюга, позволило получать объективные данные с задней поверхности роговицы. Помимо этого, современные сканирующие кератотопографы учитывают разницу между показателями преломления между средами «воздух — передняя поверхность роговицы» и «задняя поверхность роговицы — водянистая влага передней камеры», что дает возможность точнее оценивать состояние роговицы, в том числе до и после хирургических вмешательств.

На сегодняшний день опубликовано множество исследований, описывающих кераторефракционные и биометрические изменения после СТЭ [12–14], однако, несмотря на применение Шаймпфлюг-камер, в них не оцениваются передняя и задняя поверхности роговицы. Изученные в настоящей работе индуцированные кератотопографические изменения передней кривизны роговицы и данные рефракции по авторефкератометрии в обобщенном виде согласуются с нашими предыдущими работами по данной теме [11, 15, 16]. Наши результаты на протяжении всего срока наблюдения демонстрируют сильную корреляционную зависимость параметров передней и задней поверхностей роговицы друг от друга, что подтверждает теорию

**Таблица 2.** Корреляции показателей авторефрактометрии и кератометрических параметров роговицы на разных сроках наблюдения (коэффициент Спирмена)**Table 2.** Correlation between autokeratorefraction and keratometry measurements at different time points of the observation period (Spearman coefficient)

Показатель Indicator	Срок наблюдения Observation period	sph	cyl	Оптическая сила плоского меридиана K1 Optical power of flat meridian K1	Оптическая сила крутого меридиана K2 Optical power of steep meridian K2	Роговичный астигматизм Corneal astigmatism
<b>Передняя поверхность роговицы: / Anterior surface of the cornea:</b>						
Оптическая сила плоского меридиана K1 Optical power of flat meridian K	До СТЭ / Preop	( $\rho=0,5$ )	( $\rho=0,9$ )	0,630 ( $\rho=0,007$ )	0,645 ( $\rho=0,005$ )	( $\rho=0,4$ )
	Через 1 нед. / 1 week after	( $\rho=0,3$ )	( $\rho=0,5$ )	0,925 ( $\rho<0,001$ )	0,713 ( $\rho=0,001$ )	( $\rho=0,5$ )
	Через 1 мес. / 1 month after	( $\rho=0,4$ )	( $\rho=0,6$ )	( $\rho=0,17$ )	0,608 ( $\rho=0,021$ )	( $\rho=0,1$ )
Оптическая сила крутого меридиана K2 Optical power of steep meridian K2	До СТЭ / Preop	( $\rho=0,2$ )	( $\rho=0,2$ )	0,945 ( $\rho<0,001$ )	0,966 ( $\rho<0,001$ )	( $\rho=0,12$ )
	Через 1 нед. / 1 week after	-0,528 ( $\rho=0,03$ )	( $\rho=0,12$ )	0,759 ( $\rho<0,001$ )	0,806 ( $\rho<0,001$ )	( $\rho=0,16$ )
	Через 1 мес. / 1 month after	-0,618 ( $\rho=0,003$ )	( $\rho=0,5$ )	0,762 ( $\rho=0,002$ )	0,877 ( $\rho<0,001$ )	-0,479 ( $\rho=0,033$ )
Средняя кривизна (Km) Mean curvature (Km)	До СТЭ / Preop	( $\rho=0,7$ )	( $\rho=0,3$ )	0,537 ( $\rho=0,026$ )	0,583 ( $\rho=0,014$ )	-0,499 ( $\rho=0,025$ )
	Через 1 нед. / 1 week after	( $\rho=0,3$ )	( $\rho=0,3$ )	0,966 ( $\rho<0,001$ )	0,802 ( $\rho<0,001$ )	( $\rho=0,2$ )
	Через 1 мес. / 1 month after	( $\rho=0,1$ )	( $\rho=0,5$ )	( $\rho=0,08$ )	0,693 ( $\rho=0,006$ )	( $\rho=0,04$ )
Астигматизм Astigmatism	До СТЭ / Preop	( $\rho=0,8$ )	( $\rho=0,3$ )	( $\rho=0,3$ )	( $\rho=0,14$ )	-0,573 ( $\rho=0,008$ )
	Через 1 нед. / 1 week after	( $\rho=0,6$ )	-0,540 ( $\rho=0,01$ )	( $\rho=0,8$ )	( $\rho=0,08$ )	-0,638 ( $\rho=0,002$ )
	Через 1 мес. / 1 month after	( $\rho=0,2$ )	0,747 ( $\rho<0,001$ )	0,802 ( $\rho<0,001$ )	( $\rho=0,2$ )	( $\rho=0,4$ )
Ось астигматизма Axis	До СТЭ / Preop	( $\rho=0,8$ )	0,136 ( $\rho=0,5$ )	( $\rho=0,8$ )	( $\rho=0,9$ )	( $\rho=0,5$ )
	Через 1 нед. / 1 week after	( $\rho=0,9$ )	( $\rho=0,7$ )	( $\rho=0,5$ )	( $\rho=0,7$ )	( $\rho=0,7$ )
	Через 1 мес. / 1 month after	( $\rho=0,2$ )	-0,445 ( $\rho=0,04$ )	( $\rho=0,9$ )	( $\rho=0,3$ )	( $\rho=0,7$ )
<b>Задняя поверхность роговицы: / Posterior surface of the cornea:</b>						
Оптическая сила плоского меридиана K1 Optical power of flat meridian K1	До СТЭ / Preop	( $\rho=0,7$ )	( $\rho=0,5$ )	-0,583 ( $\rho=0,014$ )	-0,622 ( $\rho=0,008$ )	( $\rho=0,091$ )
	Через 1 нед. / 1 week after	( $\rho=0,5$ )	0,435 ( $\rho=0,04$ )	-0,774 ( $\rho=0,001$ )	-0,545 ( $\rho=0,024$ )	( $\rho=0,1$ )
	Через 1 мес. / 1 month after	( $\rho=0,2$ )	( $\rho=0,2$ )	-0,639 ( $\rho=0,014$ )	-0,739 ( $\rho=0,001$ )	( $\rho=0,1$ )
Оптическая сила крутого меридиана K2 Optical power of steep meridian K2	До СТЭ / Preop	( $\rho=0,4$ )	( $\rho=0,3$ )	-0,828 ( $\rho=0,001$ )	-0,847 ( $\rho<0,001$ )	0,472 ( $\rho=0,036$ )
	Через 1 нед. / 1 week after	( $\rho=0,4$ )	( $\rho=0,2$ )	-0,603 ( $\rho=0,01$ )	-0,694 ( $\rho=0,002$ )	( $\rho=0,2$ )
	Через 1 мес. / 1 month after	( $\rho=0,3$ )	( $\rho=0,8$ )	-0,707 ( $\rho=0,05$ )	-0,802 ( $\rho=0,001$ )	( $\rho=0,3$ )
Средняя кривизна Km Mean curvature Km	До СТЭ / Preop	( $\rho=0,5$ )	( $\rho=0,5$ )	-0,639 ( $\rho=0,006$ )	-0,679 ( $\rho=0,003$ )	0,444 ( $\rho=0,05$ )
	Через 1 нед. / 1 week after	( $\rho=0,9$ )	( $\rho=0,09$ )	-0,804 ( $\rho<0,001$ )	-0,678 ( $\rho=0,003$ )	( $\rho=0,2$ )
	Через 1 мес. / 1 month after	( $\rho=0,3$ )	( $\rho=0,4$ )	-0,666 ( $\rho<0,009$ )	-0,814 ( $\rho<0,001$ )	( $\rho=0,2$ )

о влиянии задней кривизны роговицы на общие кератометрические показатели [17]. Более того, выявленная зависимость рефракционных параметров главных меридианов передней поверхности и их средних значений с меридианами задней поверхности роговицы по данным Шаймпфлюг-камеры говорит о том, что задняя кривизна роговицы влияет на показатели авторефрактометрии не меньше, чем передняя. Как показали результаты проведенного нами исследования, как до, так и после СТЭ происходит взаимное увеличение оптической силы передней и задней поверхностей роговицы, достигающей своего максимума через 1 нед. после операции и постепенно возвращающейся к своим исходным значениям через 1 мес. Регистрируемый остаточный астигматизм, увеличение сферического компонента и преходящее ухудшение НКОЗ спустя 1 мес. после СТЭ связаны с большей преломляющей силой K2 и сред-

них значений меридианов передней поверхности роговицы по сравнению с дооперационными показателями. Таким образом, СТЭ оказывает равнозначное воздействие на всю роговицу, но с несколько большим перевесом по отношению к ее передней поверхности. В свою очередь, данный индуцированный рефракционный сдвиг имеет комплексный патогенез и может быть связан как с манипуляциями, которым подвергается глаз во время вмешательства, так и с послеоперационными факторами: тракционным воздействием швов и образованием фиброзной ткани в зонах воздействия. В клинической практике это может означать необходимость динамического наблюдения для подбора оптимальной коррекции аметропий и расчета ИОЛ. Точные сроки такого наблюдения остаются актуальным вопросом. Так, в большинстве упомянутых ранее работ срок наблюдения не превышал 1 год. Имеющиеся же данные

о влиянии рефракционного сдвига после СТЭ на возможную ошибку при подборе ИОЛ на сегодняшний день скудны и противоречивы [18, 19].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проникающая хирургия глаукомы сопровождается изменением рефракции, которое может иметь различную степень выраженности и проявляться в виде преимущественного увеличения кератометрических параметров передней и задней поверхностей роговицы с усилением астигматизма, вызванным в большей степени изменениями передней поверхности роговицы. Сопутствующее изменение НК03 зачастую сопровождается невозможностью или недостаточностью использования ранее применяемых пациентом методов оптической коррекции. В отдаленном периоде, как правило, наблюдается восстановление зрительных функций, однако в большинстве случаев восстановление прежней рефракции после СТЭ может быть растянуто во времени и требовать более 1 мес.

## Литература / References

- Ghemame M., Charpentier P., Mouriaux F. Corneal topography in clinical practice. *J Fr Ophthalmol.* 2019;42(10):e439–e451. DOI: 10.1016/j.jfo.2019.09.001.
- Anayol M.A., Güler E., Yağci R. et al. Comparison of central corneal thickness, thinnest corneal thickness, anterior chamber depth, and simulated keratometry using galilei, Pentacam, and Sirius devices. *Cornea.* 2014;33(6):582–586. DOI: 10.1097/ICO.0000000000000119.
- Hugkulstone C.E. Changes in keratometry following trabeculectomy. *Br J Ophthalmol.* 1991;75(4):217–218. DOI: 10.1136/bjo.75.4.217.
- Van Rij G., Waring G.O. 3rd. Changes in corneal curvature induced by sutures and incisions. *Am J Ophthalmol.* 1984;98(6):773–783. DOI: 10.1016/0002-9394(84)90697-4.
- Cunliffe I.A., Dapling R.B., West J., Longstaff S. A prospective study examining the changes in factors that affect visual acuity following trabeculectomy. *Eye (Lond).* 1992;6(Pt 6):618–622. DOI: 1038/eye.1992.133.
- Claridge K.G., Galbraith J.K., Karmel V., Bates A.K. The effect of trabeculectomy on refraction, keratometry and corneal topography. *Eye (Lond).* 1995;9(Pt 3):292–298. DOI: 10.1038/eye.1995.57.
- Sakamoto M., Matsumoto Y., Mori S. et al. Excessive scleral shrinkage, rather than choroidal thickening, is a major contributor to the development of hypotony maculopathy after trabeculectomy. *PLoS One.* 2018;13(1):e0191862. DOI: 10.1371/journal.pone.0191862.
- Skrzypecki J., Sanghvi Patel M., Suh L.H. Performance of the Barrett Toric Calculator with and without measurements of posterior corneal curvature. *Eye (Lond).* 2019;33(11):1762–1767. DOI: 10.1038/s41433-019-0489-9.
- Zhang B., Ma J.X., Lu D.Y. et al. Effects of posterior corneal astigmatism on the accuracy of AcrySof toric intraocular lens astigmatism correction. *Int J Ophthalmol.* 2016;9(9):1276–1282. DOI: 10.18240/ijo.2016.09.07.
- Eom Y., Rhim J.W., Kang S.Y. et al. Toric Intraocular Lens Calculations Using Ratio of Anterior to Posterior Corneal Cylinder Power. *Am J Ophthalmol.* 2015;160(4):717–724.e2. DOI: 10.1016/j.ajo.2015.07.011.
- Петров С.Ю., Волжанин А.В., Аверич В.В. и др. Рефракционный сдвиг в ранний послеоперационный период после трабекулектоми: предварительные результаты. Современные технологии в офтальмологии. 2020;4(35):143–144. DOI: 10.25276/2312-4911-2020-4-143-144. [Petrov S.Yu., Volzhanin A.V., Averich V.V. et al. Refraction shift in the short postoperative period after trabeculectomy: preliminary report. *Modern technologies in ophthalmology.* 2020;4(35):143–144 (in Russ.). DOI: 10.25276/2312-4911-2020-4-143-144.
- Delbeke H., Stalmans I., Vandewalle E., Zeyen T. The Effect of Trabeculectomy on Astigmatism. *J Glaucoma.* 2016;25(4):e308–e312. DOI: 10.1097/IJG.0000000000000236.
- Bormann C., Busch C., Rehak M. et al. Refractive Changes after Glaucoma Surgery—A Comparison between Trabeculectomy and XEN Microstent Implantation. *Life (Basel).* 2022;12(11):1889. DOI: 10.3390/life12111889.
- Iwasaki K., Takamura Y., Arimura S. et al. Prospective Cohort Study on Refractive Changes after Trabeculectomy. *J Ophthalmol.* 2019;2019:4731653. DOI: 10.1155/2019/4731653.
- Волжанин А.В., Петров С.Ю., Рыжкова Е.Г. и др. Морфологические основы изменения рефракции после антиглаукомных операций фистулизирующего типа. Национальный журнал глаукома. 2020;19(2):3–10. DOI: 10.25700/NJG.2020.02.01. [Volzhanin A.V., Petrov S.Yu., Ryzhkova E.G. et al. Morphologic basis of the refraction shift after penetrating glaucoma surgery. *National Journal glaucoma.* 2020;19(2):3–10 (in Russ.). DOI: 10.25700/NJG.2020.02.01.

- Петров С.Ю., Волжанин А.В., Рыжкова Е.Г. и др. Сравнительный анализ анатомо-топографических и рефракционных изменений после операций фильтрующего и фистулизирующего типов. Национальный журнал глаукома. 2020;19(2):23–29. DOI: 10.25700/NJG.2020.02.03. [Petrov S.Yu., Volzhanin A.V., Ryzhkova E.G. et al. Comparison of the anatomical, topographic and refractive shift in the eyes after the penetrating and non-penetrating glaucoma surgery. *National Journal glaucoma.* 2020;19(2):23–29 (in Russ.). DOI: 10.25700/NJG.2020.02.03.
- Næser K., Savini G., Bregnhøj J.F. Corneal powers measured with a rotating Scheimpflug camera. *Br J Ophthalmol.* 2016;100(9):1196–1200. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2015-307474.
- Yeh O.L., Bojkian K.D., Slabaugh M.A., Chen P.P. Refractive Outcome of Cataract Surgery in Eyes With Prior Trabeculectomy: Risk Factors for Postoperative Myopia. *J Glaucoma.* 2017;26(1):65–70. DOI: 10.1097/IJG.0000000000000560.
- Zhang N., Tsai P.L., Catoira-Boyle Y.P. et al. The effect of prior trabeculectomy on refractive outcomes of cataract surgery. *Am J Ophthalmol.* 2013;155(5):858–863. DOI: 10.1016/j.ajo.2012.11.023.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

**Аверич Вероника Валерьевна** — к.м.н., младший научный сотрудник отдела рефракционных нарушений ФГБНУ «НИИГБ им. М.М. Краснова»; 119021, Россия, г. Москва, ул. Россоломо, д. 11, корп. А; ORCID iD 0000-0001-5778-4123.

**Волжанин Андрей Вячеславович** — к.м.н., младший научный сотрудник отдела глаукомы ФГБНУ «НИИГБ им. М.М. Краснова»; 119021, Россия, г. Москва, ул. Россоломо, д. 11, корп. А; ORCID iD 0000-0002-1421-8882.

**Егорова Галина Борисовна** — д.м.н., главный научный сотрудник отдела рефракционных нарушений ФГБНУ «НИИГБ им. М.М. Краснова»; 119021, Россия, г. Москва, ул. Россоломо, д. 11, корп. А; ORCID iD 0000-0001-8557-0288.

**Контактная информация:** Аверич Вероника Валерьевна, e-mail: veronikky@mail.ru.

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

**Конфликт интересов отсутствует.**

**Статья поступила 11.02.2022.**

**Поступила после рецензирования 11.03.2022.**

**Принята в печать 05.04.2022.**

## ABOUT THE AUTHORS:

**Veronika V. Averich** — C. Sc. (Med.), junior researcher of the Division of Refractive Disorders, Krasnov Research Institute of Eye Diseases; 11A, Rossolimo str., Moscow, 119021, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-5778-4123.

**Andrey V. Volzhanin** — C. Sc. (Med.), junior researcher of the Division of Glaucoma, Krasnov Research Institute of Eye Diseases; 11A, Rossolimo str., Moscow, 119021, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-1421-8882.

**Galina B. Egorova** — Dr. Sc. (Med.), Chief Researcher of the Department of Refraction Disorders, Krasnov Research Institute of Eye Diseases; 11A, Rossolimo str., Moscow, 119021, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-8557-0288.

**Contact information:** Veronika V. Averich, e-mail: veronikky@mail.ru.

**Financial Disclosure:** no authors have a financial or property interest in any material or method mentioned.

**There is no conflict of interests.**

**Received 11.02.2022.**

**Revised 11.03.2022.**

**Accepted 05.04.2022.**