

# Повторный акселерированный локальный кросслинкинг роговичного коллагена в лечении прогрессирующего кератоконуса



Х. Храйстин      Г.А. Осипян  
Е.В. Рубайко, М.А. Макарова

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней имени М.М. Краснова»  
ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация

## РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(2):281–286

**Цель** исследования: проанализировать клинико-функциональную эффективность и безопасность применения ускоренного локального кросслинкинга роговичного коллагена (УЛ-КРК) у пациентов с прогрессирующим кератоконусом, перенесших ранее процедуру кросслинкинга. **Пациенты и методы.** Проведен ретроспективный анализ результатов лечения 11 пациентов (12 глаз) с прогрессирующим кератоконусом I–III стадий (возраст  $27 \pm 6$  лет). Исходная максимально скорректированная острота зрения составляла  $0,65 \pm 0,11$ , средняя преломляющая сила роговицы —  $53,1 \pm 2,42$  дптр, минимальная толщина стромы —  $459 \pm 19,6$  мкм. Хирургическое лечение заключалось в проведении персонализированного кросслинкинга: после локальной дезэпителизации вершины конуса и фотосенсибилизации 0,1 % раствором рибофлавина с последующим УФ-облучением ( $6 \text{ мВт/см}^2$ ) в течение 15 минут. Послеоперационное ведение включало стандартную антибактериальную, противовоспалительную и длительную кератопротекторную терапию. **Результаты.** Данная когорта пациентов полностью удовлетворяла требованиям для проведения повторного кросслинкинга по протоколу УЛ-КРК, оценка состояния роговицы осуществлялась через 6, 12, 18 и 36 месяцев после выполнения процедуры акселерированного локального кросслинкинга. НКОЗ повысилась с  $0,32 \pm 0,19$  до  $0,55 \pm 0,15$  уже к 6 месяцу наблюдения и оставалась стабильной на протяжении всего исследования, МКОЗ значительно не менялась ( $0,66 \pm 0,16$ ). По данным прибора Pentacam HR (Oculus, Германия) Kmax снизился с  $53,1 \pm 2,42$  до  $51,9 \pm 1,09$  дптр, а цилиндрический компонент (Cyl) уменьшился с  $-2,89 \pm 1,02$  до  $-1,95 \pm 0,77$  дптр. Формирование демаркационной линии визуализировалось на глубине 270–330 мкм в первые 3 месяца по данным оптической когерентной томографии роговицы (оптический когерентный томограф — Solix (Optovue Inc., США)). Показатели плотности эндотелиальных клеток (ПЭК) оставались стабильными на протяжении всего срока наблюдения ( $2327 \pm 121 \text{ кл/мм}^2$ ) (эндотелиальный микроскоп «Торсон SP-1P»). **Заключение.** Повторный кросслинкинг является эффективным и безопасным методом стабилизации прогрессирующего кератоконуса, обеспечивающим долгосрочный рефракционный эффект и сохранение морфофункциональных параметров роговицы.

**Ключевые слова:** кератоконус, повторный кросслинкинг роговичного коллагена, рибофлавин, демаркационная линия, кератэктазия, УФ-облучение, фотосенсибилизация

**Для цитирования:** Храйстин Х., Осипян Г.А., Рубайко Е.В., Макарова М.А. Повторный акселерированный локальный кросслинкинг роговичного коллагена в лечении прогрессирующего кератоконуса. *Офтальмология*. 2026;23(2):281–286. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-2-281-286>

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

**Конфликт интересов отсутствует.**



# Repeated Accelerated Local Corneal Collagen Crosslinking in the Treatment of Progressive Keratoconus

H. Khraistin, G.A. Osipyay, E.V. Rubayko, M.A. Makarova

M.M. Hrasnov Research Institute of Eye Diseases  
Rossolimo str., 11a, b, Moscow, 119021, Russian Federation

## ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(2):281–286

**Study objective:** To analyze the clinical, functional, and safety efficacy of accelerated local corneal collagen crosslinking (ALCCL) in patients with progressive keratoconus who had previously undergone crosslinking. **Patients and methods.** A retrospective analysis of treatment outcomes was performed in 11 patients (12 eyes) with progressive keratoconus stages I–III (age  $27 \pm 6$  years). The initial best-corrected visual acuity was  $0.65 \pm 0.11$ , the mean corneal refractive power was  $53.1 \pm 2.42$  D, and the minimum stromal thickness was  $459 \pm 19.6$   $\mu\text{m}$ . Surgical treatment consisted of personalized crosslinking: local de-epithelialization of the cone apex and photosensitization with a 0.1% riboflavin solution, followed by UV irradiation ( $6 \text{ mW}/\text{cm}^2$ ) for 15 minutes. Postoperative care included standard antibacterial, anti-inflammatory, and long-term keratoprotective therapy. **Results.** This cohort of patients fully met the requirements for repeat crosslinking according to the UL-HRK protocol. Corneal condition was assessed at 6, 12, 18, and 36 months after the accelerated local crosslinking procedure. The uncorrected visual acuity (UCVA) increased from  $0.32 \pm 0.19$  to  $0.55 \pm 0.15$  by the 6-month follow-up and remained stable throughout the study. The BCVA did not change significantly ( $0.66 \pm 0.16$ ). According to the Pentacam HR device (Oculus, Germany),  $K_{\text{max}}$  decreased from  $53.1 \pm 2.42$  to  $51.9 \pm 1.09$  D, and the cylindrical component (Cyl) decreased from  $-2.89 \pm 1.02$  to  $-1.95 \pm 0.77$  D. The formation of the demarcation line was visualized at a depth of 270–330  $\mu\text{m}$  in the first 3 months according to corneal optical coherence tomography (optical coherence tomograph — Solix (Optovue Inc., USA)). Endothelial cell density (ECD) remained stable throughout the entire observation period ( $2327 \pm 121$  cells /  $\text{mm}^2$ ) (endothelial microscope Topcon SP-1P). **Conclusion.** Repeated crosslinking is an effective and safe method for stabilizing progressive keratoconus, providing a long-term refractive effect and preserving the morphofunctional parameters of the cornea.

**Keywords:** keratoconus, repeated corneal collagen crosslinking, riboflavin, demarcation line, keratectasia, UV irradiation, photosensitivity

**For citation:** Khraistin H., Osipyay G.A., Rubayko E.V., Makarova M.A. Repeated Accelerated Local Corneal Collagen Crosslinking in the Treatment of Progressive Keratoconus. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(2):281–286. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-2-281-286>

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

**There is no conflict of interests.**

В последние годы отмечается увеличение распространенности заболеваний роговицы, сопровождающихся нарушением структуры и деструкцией коллагенового матрикса. Развитие данных патологических состояний имеет многофакторный характер и может быть обусловлено неблагоприятными экологическими факторами, ростом объема офтальмологических рефракционных вмешательств, а также результатом совершенствования современных методов диагностики, включая кератотопографию, пахиметрию и оптическую когерентную томографию, способствующих более раннему выявлению патологических изменений роговицы и увеличению регистрируемой заболеваемости [1].

В основе развития кератоконий, в частности кератоконуса (КК), лежит прогрессирующая структурная дезорганизация коллагенового матрикса роговицы невоспалительного генеза, приводящая к снижению ее биомеханической прочности.

В результате прогрессирующей деформации происходит постепенное истончение роговицы, преимущественно в ее центральных или парацентральных отделах. По мере прогрессирования заболевания происходят дальнейшие морфологические и функциональные нарушения, включая развитие стромальных помутнений,

формирование рубцовых изменений и значительное снижение остроты зрения [2].

Эти изменения возникают вследствие нарушения каркасной функции роговицы за счет снижения ее биомеханических свойств. Преимущественно в центральной зоне роговицы происходит нарушение регулярности расположения волокон, что обусловлено анатомической особенностью — в этой зоне поперечные связи между коллагеновыми волокнами выражены слабее и подвержены деструкции в большей степени. При лечении начальных стадий КК общепризнанным «золотым стандартом» является процедура кросслинkingа роговичного коллагена (КРК). Данная методика была впервые разработана и внедрена профессором Тео Зайлером.

Классический протокол проведения кросслинkingа предполагает использование фотосенсибилизирующего вещества — раствора рибофлавина (витамин В<sub>2</sub>) в сочетании с ультрафиолетовым излучением с длиной волны 370 нм и плотностью мощности  $3 \text{ мВт}/\text{см}^2$ , что соответствует суммарной плотности энергии  $5,4 \text{ Дж}/\text{см}^2$ .

Воздействие данной комбинации индуцирует фотохимическую реакцию, приводящую к фотополимеризации коллагеновых волокон стромы роговицы, в результате

усиливаются поперечные межмолекулярные связи между коллагеновыми фибриллами, что сопровождается образованием димеров из двух  $\alpha$ -цепей без разрушения коллагеновых белков. Это приводит к повышению биомеханической прочности и стабилизации структуры роговицы [3].

Ряд клинических исследований демонстрируют, что кросслинкинг роговичного коллагена замедляет или тормозит прогрессирование кератоконуса в большинстве случаев. Однако среди многочисленных исследований эффективности кросслинкинга в литературе встречаются упоминания о случаях прогрессирования кератоконуса в течение 6–10 лет после проведенного лечения, что может быть ассоциировано с возможной регенерацией коллагеновых волокон, при этом роговица становится менее «жесткой» и более уязвимой к возможным изменениям [3].

Прогрессирование кератоконуса после ранее проведенного КРК обусловило необходимость оценки эффективности и безопасности повторного вмешательства, однако вследствие ряда ограничений этот метод остается на стадии изучения и требует большего числа исследований.

На базе ФГБНУ «НИИ глазных болезней имени М.М. Краснова» более 6 лет успешно применяют запатентованную методику ускоренного локального кросслинкинга (УЛ-КРК) [7]. Анализ отдаленных результатов показал высокую стабилизирующую эффективность метода, прогрессирование кератоконуса в различные сроки наблюдения было зафиксировано лишь в 2,8 % случаев [3].

В настоящей работе представлен статистический анализ результатов повторных процедур ускоренного локального кросслинкинга роговичного коллагена со сроком наблюдения до трех лет.

**Цель исследования:** проанализировать эффективность и безопасность проведения повторного кросслинкинга роговичного коллагена методом УЛ-КРК у пациентов с прогрессирующим кератоконусом после выполненного ранее кросслинкинга.

## ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Исследование основано на ретроспективном анализе результатов лечения 11 пациентов: 6 мужчин (54,5 %) и 5 женщин (45,5 %) (12 глаз). Возраст пациентов составил  $27 \pm 6$  лет.

Все пациенты были информированы о наличии рисков хирургического вмешательства, а также об особенностях хода операции и дали добровольное письменное согласие на диагностическое и медицинское вмешательство, а также обработку персональных данных.

Всем пациентам с прогрессирующим кератоконусом I–III степеней (по классификации Amsler-Krumeich) проводили оценку эффективности первичного лечения на основании проведения стандартного офтальмологического обследования и ряда специфических методов исследования (ОКТ роговицы с функцией пахиметрии, кератометрия и топография роговицы (Pentacam AXL (Oculus, Германия)).

**Таблица 1.** Предоперационные данные ( $n = 12$  глаз),  $M \pm \sigma$

**Table 1.** Preoperative data ( $n = 12$  eyes),  $M \pm \sigma$

Показатель / Parameter	
НКОЗ / UCVA	$0,32 \pm 0,19$
МКОЗ / MCVA	$0,65 \pm 0,11$
Сул	$-2,89 \pm 1,02$
Ктах, дптр / D	$53,1 \pm 2,42$
МТР, мкм / MCT microns	$459 \pm 19,6$
ПЭК, кл/мм <sup>2</sup> / ECD cells/mm <sup>2</sup>	$2455 \pm 132$

Исходные функциональные и морфофункциональные показатели пациентов ( $M \pm \sigma$ ) до проведения повторного кросслинкинга представлены в таблице 1.

Средняя некорригированная острота зрения составила  $0,32 \pm 0,19$ , максимально корригированная —  $0,65 \pm 0,11$ . Исходный цилиндрический компонент был равен  $-2,89 \pm 1,02$ , максимальная преломляющая сила роговицы —  $53,1 \pm 2,42$  дптр при минимальной толщине  $459 \pm 19,6$  мкм, плотность эндотелиальных клеток —  $2455 \pm 132$  кл/мм<sup>2</sup>.

Критериями включения в исследование служили: документированное прогрессирование кератоконуса после ранее выполненного кросслинкинга роговичного коллагена (рост показателей кератометрии, снижение МТР и ухудшение визометрических данных в динамике), отсутствие выраженного стромального помутнения (хейза) после первичного вмешательства, а также высокие функциональные показатели при использовании очковой или контактной коррекции, приверженность пациентов к ношению склеральных линз.

Критериями невключения являлись: низкая острота зрения, наличие системных заболеваний, способных негативно влиять на процессы реэпителизации, период беременности и лактации, воспалительные заболевания роговицы и глазной поверхности, глаукома, проникающие ранения глазного яблока в анамнезе.

Всем пациентам проведена операция кросслинкинга по модификации УЛ-КРК. В основе метода лежит возможность локального воздействия на роговицу, что позволяет создавать в ней зоны увеличенной ригидности по индивидуальному паттерну.

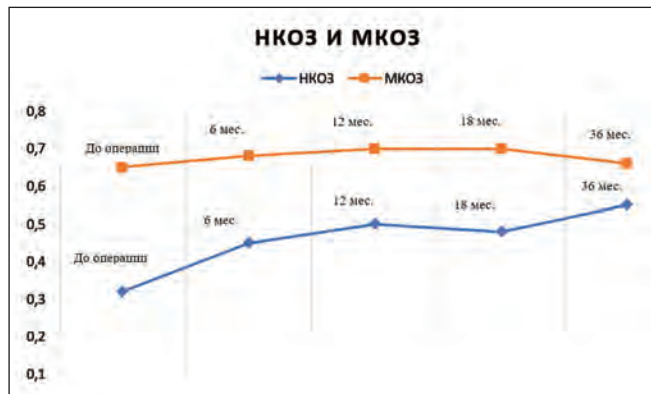
## ХИРУРГИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

Предоперационная подготовка включала стандартную обработку и премедикацию с последующей разметкой зоны эктазии.

На первом этапе выполняли механическую деэпителизацию вершины кератоконуса, не затрагивая центральную оптическую зону. Далее проводили фотосенсибилизацию 0,1 % раствором рибофлавина (на BSS) путем инстилляций каждые 2 минуты в течение 25–30 минут до полного насыщения стромы.

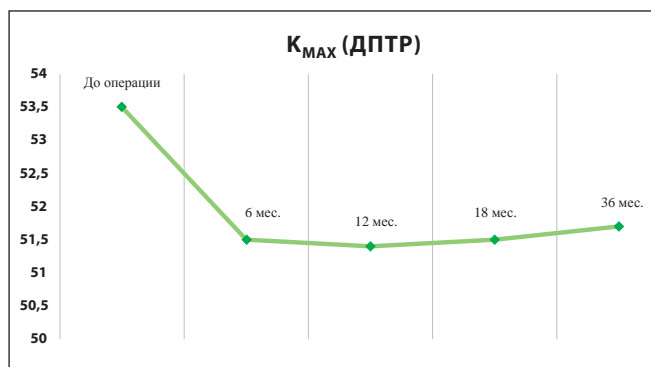
УФ-облучение (375–376 нм) осуществляли при плотности мощности  $6 \text{ мВт/см}^2$  с экспозицией 15 минут. Процедуру завершали инстилляцией антибиотика и наложением защитной контактной линзы на 2–3 дня. Послеоперационное

ведение включало применение антибактериальных препаратов (4 раза в день в течение 7 суток) и глюкокортикостероидов по убывающей схеме (3 раза в день в течение 7 дней с полной отменой через 10 дней). С целью пролонгированной регенерации назначали кератопротекторы на срок до 2 месяцев.



**Рис. 1.** Динамика НКОЗ и МКОЗ до операции и в течение всего периода наблюдения

**Fig. 1.** Dynamics of UCVA and BCVA before surgery and during the entire observation period



**Рис. 2.** Динамика KMAX до операции и в течение всего периода наблюдения

**Fig. 2.** Dynamics of KMAX before surgery and during the entire observation period

**Таблица 2.** Данные после повторного УЛ-КРК ( $M \pm \sigma$ )

**Table 2.** Data after repeated UL-KRK ( $M \pm \sigma$ )

	До операции / Before surgery	После операции / After surgery/			
		6 мес. / 6 month (n = 11)	12 мес. / 12 month (n = 11)	18 мес. / 18 month (n = 11)	36 мес. / 36 month (n = 9)
НКОЗ / UCVA	0,32 ± 0,19	0,45 ± 0,08	0,50 ± 0,12	0,48 ± 0,09	0,55 ± 0,15
МКОЗ / MCVA	0,65 ± 0,11	0,68 ± 0,11	0,70 ± 0,16	0,70 ± 0,11	0,66 ± 0,16
Cyl	-2,89 ± 1,02	-2,34 ± 0,95	-1,87 ± 1,15	-1,90 ± 0,88	-1,95 ± 0,77
Kmax, дптр / D	53,10 ± 2,42	51,30 ± 3,09	51,10 ± 2,78	51,50 ± 2,98	51,90 ± 1,09
МТР, мкм / МСТ microns	459,0 ± 19,6	448,0 ± 12,1	450,0 ± 16,7	455,0 ± 13,9	453,8 ± 14,2
ПЭК, кл/мм <sup>2</sup> / ECD cells/mm <sup>2</sup>	2455 ± 132	2357 ± 115	2391 ± 102	2371 ± 144	2327 ± 121

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Ранний послеоперационный период в первые часы сопровождался корнеальным синдромом, который полностью был купирован через 4–6 часов. Помимо этого, наблюдались снижение остроты зрения и жалобы на ощущение «тумана» из-за отека роговицы, однако через 1,5 месяца зафиксирована стабилизация показателей до предоперационных. Анализ результатов обследования выявил положительную динамику показателей некорригированной остроты зрения и цилиндрического компонента в течение всего периода наблюдения. НКОЗ продемонстрировала постепенный рост с последующей стабилизацией, через 6 месяцев этот показатель составил  $0,45 \pm 0,08$ , максимальное значение было получено к 36 месяцу наблюдения и составило  $0,55 \pm 0,15$  (рис. 1). Цилиндрический компонент через 6 месяцев после вмешательства снизился до  $-2,34 \pm 0,95$  дптр, достигнув минимума к 12 месяцу наблюдения:  $1,87 \pm 1,15$  дптр. В отдаленном послеоперационном периоде (18 и 36 месяцев) достигнутый результат демонстрировал стабильность:  $1,90 \pm 0,88$  и  $-1,95 \pm 0,77$  дптр соответственно. МКОЗ значимо не изменялась в течение всего периода наблюдения — перед операцией ее значение было равно  $0,65 \pm 0,11$ , а к 36 месяцу составила  $0,66 \pm 0,16$ .

Средний показатель кератометрии ( $K_{max}$ ) у пациентов снизился с  $53,1 \pm 2,42$  до  $51,9 \pm 1,09$  через 36 месяцев после вмешательства (рис. 2). В среднем уменьшение  $K_{max}$  произошло на  $1,20 \pm 1,33$ , что отражает стабилизацию роговицы и является благоприятным прогностическим признаком, указывающим на положительную динамику и снижение риска прогрессирования кератоконуса.

Плотность эндотелиальных клеток (ПЭК) снизилась с  $2455 \pm 132$  до  $2357 \pm 115$  кл/мм<sup>2</sup> к 6 месяцу наблюдения и до  $2327 \pm 121$  кл/мм<sup>2</sup> через 36 месяцев после проведенного вмешательства, таким образом, снижение составило  $128$  кл/мм<sup>2</sup> (~5,2 %), что соответствует описанным в литературе показателям и не превышает безопасного порога, касающегося функциональной стабильности эндотелия.

Минимальная толщина роговицы составила  $459,0 \pm 19,6$  мкм до УЛ-КРК, снизилась до  $448,0 \pm 12,1$  мкм через 6 месяцев и восстановилась до  $453,8 \pm 14,2$  мкм к 36 месяцу наблюдения. Результаты не выходят за пределы критических изменений в послеоперационном периоде, это может быть связано с минимальными отеко-воспалительными реакциями, которые впоследствии нейтрализуются, динамика демонстрирует долгосрочную стабилизацию.

Динамика функциональных и морфометрических показателей после повторного кроссликинга роговичного коллагена в течение всего периода наблюдения представлена в таблице 2.

С использованием оптической когерентной томографии переднего сегмента дополнительно осуществлялась

оценка глубины формирования демаркационной линии, показатели которой варьировали в пределах 270–330 мкм. Мониторинг данного показателя осуществляли через 1 и 3 месяца после вмешательства. К 6 месяцу наблюдения визуализация линии была затруднена в связи с завершением процессов ремоделирования стромы.

Специфических осложнений, не встречаемых после проведения классического протокола кросслинкинга, за весь период наблюдения нами обнаружено не было. Однако у части пациентов отмечено более выраженное течение стандартных послеоперационных проявлений. Так, у одного пациента отек роговицы сохранялся 1,5 месяца, что превышает среднестатистическое значение. Помимо этого, у двух пациентов был зафиксирован выраженный хейз, который регрессировал после проведения медикаментозной терапии с помощью дексаметазона (0,1 %) и физиотерапевтического лечения, заключающегося в проведении низкочастотной магнитотерапии на аппарате «Полус-2М», частота в среднем составляла от 17 до 50 Гц, 2-й уровень интенсивности, длительность 10–15 минут, с добавлением лидазы 1280(МЕ):2, курс 2 недели. Важно отметить, что, несмотря на значимость проявления указанных осложнений, на остроту зрения это не влияло, поскольку зона облучения располагалась вне оптической области роговицы.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на то что повторный кросслиндинг роговичного коллагена при прогрессировании кератоконуса после первичного вмешательства на данный момент не является широко распространенной практикой, наши данные свидетельствуют о его высокой клинической эффективности и безопасности. Ограниченное применение данной методики в мировой практике обусловлено прежде всего дефицитом рандомизированных исследований и малой репрезентативностью соответствующей когорты пациентов.

Полученные нами результаты демонстрируют, что повторный УФ-кросслиндинг роговичного коллагена обеспечивает стойкую стабилизацию эктатического процесса и минимальные послеоперационные риски. Данный факт подтверждает обоснованность повторной процедуры у пациентов с верифицированным прогрессированием заболевания, что коррелирует с результатами немногочисленных зарубежных и отечественных клинических наблюдений

Согласно данным Э.Л. Усубова и соавт., установлено, что после трансэпителиального кросслинкинга в течение 24 месяцев в 12 глазах (44 %) отмечалось прогрессирование заболевания, проводился повторный кросслиндинг по стандартному «Дрезденскому протоколу» с высокой эффективностью в виде положительной динамики в 10 случаях (83,3 %), что выразилось в снижении среднего показателя кератометрии в среднем на  $1,10 \pm 1,25$  дптр, роговичного астигма-

тизма — на  $1,20 \pm 0,31$  дптр, толщины роговицы — до  $427,0 \pm 38,7$  мкм, стабилизация процесса имела место в 12 случаях [4]. Клинически значимым изменением в первые 3 месяца наблюдения стало снижение НКОЗ и МКОЗ до  $0,15 \pm 0,06$  и  $0,45 \pm 0,58$  соответственно. Это снижение в первую очередь обусловлено вовлечением оптической зоны в поле облучения, что существенно влияет на остроту зрения. При тех же сроках наблюдения наши результаты показали повышение НКОЗ и МКОЗ до  $0,45 \pm 0,08$  и  $0,68 \pm 0,11$  соответственно. Хотя улучшение НКОЗ не являлось первоочередной задачей нашего исследования, данные свидетельствуют о получении статистически значимого положительного результата, наиболее вероятно, благодаря разработанной нами и использованной методике УЛ-КРК.

При анализе послеоперационных результатов исследования не было выявлено осложнений, отличных от тех, которые могут быть ассоциированы с первичной процедурой кросслинкинга роговичного коллагена. Эти данные полностью коррелируют с выводами, полученными Joelle Antoun и соавт. в ретроспективном анализе, в котором из общего числа обследованных семь глаз (3,17 %) соответствовали критериям прогрессирования заболевания, при этом была убедительно продемонстрирована не только высокая эффективность, но и безопасность повторного кросслинкинга у пациентов с прогрессирующим кератоконусом, что подтверждено на каждом этапе наблюдения посредством топографического исследования [5]

В ходе нашего исследования, как и у других авторов, не было зафиксировано ни одного случая клинически значимого уменьшения плотности эндотелиальных клеток с развитием вторичной дистрофии роговицы.

Несмотря на эффективность повторного кросслинкинга роговицы в стабилизации прогрессирующего кератоконуса, клиническая практика выявляет ряд ограничений, влияющих на подбор пациентов и протокол процедуры. Эти факторы определяют применимость метода и требуют тщательного отбора случаев для минимизации рисков [8–15].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходя из предоставленных нами данных на период наблюдений в течение 3 лет после повторно проведенного кросслинкинга роговичного коллагена была отмечена стабилизация процесса, несмотря на прогрессирование в дооперационном периоде. Помимо этого, повторный УЛ-КРК показал высокую безопасность метода и его эффективность, в соответствии с этим такая методика может быть рекомендована пациентам с аналогичными исходными данными при условии, что центральная зона остается интактной, а конфигурация роговицы сохраняется стабильной, оставляя возможность контактной коррекции с целью достижения

высокой остроты зрения. Однако несмотря на высокую эффективность и безопасность повторного УЛ-КРК, необходимо большее количество исследований с длительным периодом наблюдения с целью популяризации методики.

## УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Храйстин Х. — разработка и дизайн исследования, получение и анализ данных, написание текста;  
Рубайко Е.В. — получение и анализ данных, написание текста;  
Макарова М.А. — написание текста;  
Осипян Г.А. — редактирование текста.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Слонимский А.Ю. Тактика ведения больных при остром кератоконусе. РМЖ. Клиническая офтальмология. 2004;5(2):75–77. Slonimskiy AYU. Tactic of conducting patients with acute keratoconus. Russian Medical Journal. Clinical Ophthalmology. 2004;5(2):75–77 (In Russ.).
- Бикбов ММ, Халимов АР, Усубов ЭЛ. Ультрафиолетовый кросслинкинг роговицы. Вестник РАМН. 2016;71(3):224–232. Bikbov MM, Khalimov AR, Usubov EL. Ultraviolet crosslinking of the cornea. Annals of the Russian Academy of medical sciences. 2016;71(3):224–232 (In Russ.). doi: 10.15690/vramn562.
- Храйстин Х, Осипян ГА, Анисимов СИ, Дзамихова АК, Журиев М. Результаты ускоренного локального кроссликинга при кератоконусе. Офтальмология. 2023;20(3):437–443. Khraistin H, Osipyanyan GA, Anisimov SI, Dzamikhova AK, Jouriev M. Results of Accelerated Local Cross-Linking in Keratoconus. Ophthalmology in Russia. 2023;20(3):437–443 (In Russ.). doi: 10.18908/1816-5095-2023-3-437-443.
- Усубов ЭЛ. Повторный кросслинкинг роговицы при прогрессирующем кератоконусе. Офтальмология. 2019;16(1S):56–60. Usubov EL. Repeated corneal crosslinking in progressive keratoconus. Ophthalmology. 2019;16(1S):56–60 (In Russ.). doi: 10.18908/1816-5095-2019-1S-56-60.
- Antoun J, Slim E, El Hachem R, Chelala E, Jabbour E, Cherfan G, Jarade EF. Rate of corneal collagen crosslinking redo in private practice: risk factors and safety. J Ophthalmol. 2015;2015:690961. doi: 10.1155/2015/690961.
- Akkaya Turhan S, Aydın FO, Tokar E. Clinical Results of Repeated Corneal Collagen Cross-linking in Progressive Keratoconus. Cornea. 2020 Jan;39(1):84–87. doi: 10.1097/ICO.0000000000002128.
- Храйстин Х, Осипян ГА, Юсеф Ю, Анисимов СИ, Алхарки Л, Фисенко НВ, Дзамихова АК. Патент на изобретение RU 2804716 C1, 04.10.2023. Khraistin H, Osipyanyan GA, Yusef Yu, Anisimov SI, Alharki L, Fisenko NV, Dzamikhova AK. Patent for invention RU 2804716 C1, 04.10.2023 (In Russ.).
- Tzamalīs A, Diapas A, Vinciguerra R, Ziakas N, Kymionis G. Repeated Corneal Cross-linking (CXL) in Keratoconus Progression After Primary Treatment: Updated Perspectives. Semin Ophthalmol. 2021;36(7):523–530. doi: 10.1080/08820538.2021.1893762.
- Vinciguerra R, Pagano L, Borgia A, Montericchio A, Legrottaglie EF, Piscopo R, Rosetta P, Vinciguerra P. Corneal Cross-linking for Progressive Keratoconus: Up to 13 Years of Follow-up. Journal of Refractive Surgery. 2020;36(12):838–843. doi: 10.3928/1081597X-20201021-01.
- Бикбов ММ, Бикбова ГМ, Хабибуллин АФ. «Кросслинкинг» роговичного коллагена в лечении кератоконуса. Вестник офтальмологии. 2011;127(5):21–25. Bikbov MM, Bikbova GM, Khabibullin AF. Corneal collagen cross-linking in keratoconus management. Annals of Ophthalmology. 2011;127(5):21–25 (In Russ.).
- Kuechler SJ, Tappeiner C, Epstein D, Frueh BE. Keratoconus progression after corneal cross-linking in eye with preoperative maximum keratometry values of 58 diopters and steeper. Cornea. 2018;37(11):1444–1448. doi: 10.1097/ICO.0000000000001736.
- Wittig-Silva C, Chan E, Islam FM, Wu T, Whiting M, Snibson GR. A randomized, controlled trial of corneal collagen cross-linking in progressive keratoconus: three-year results. Ophthalmology. 2014;121(4):812–821. doi: 10.1016/j.ophtha.2013.10.028.
- Wu H, Li L, Luo S. Safety and efficacy of repeated crosslinking assisted by transepithelial double-cycle iontophoresis in keratoconus progression after primary corneal crosslinking. Eye. 2021;35(11):3020. doi: 10.1038/S41433-020-01365-1.
- Бикбов ММ, Суркова ВК, Бикбова ГМ, Зайнуллина НБ. Клинические результаты лечения кератоконуса методом трансэпителиального кроссликинга роговичного коллагена. Офтальмология. 2016;13(1):4–9. Bikbov MM, Surkova VM, Surkova VK, Zainullina NB. Clinical results of transepithelial corneal collagen crosslinking in patients with keratoconus. Ophthalmology in Russia. 2016;13(1):4–9 (In Russ.).
- Tabibian D, Kling S, Hammer A, Richoz O, Hafezi F. Repeated Cross-linking After a Short Time Does Not Provide Any Additional Biomechanical Stiffness in the Mouse Cornea In Vivo. J Refract Surg. 2017;33(1):56–60. doi: 10.3928/1081597X-20161006-02.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Храйстин Хусам  
кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела патологии оптических сред глаза, офтальмохирург  
<https://orcid.org/0000-0001-6837-8008>

Осипян Григорий Альбертович  
доктор медицинских наук, заведующий отделом патологии оптических сред глаза, офтальмохирург  
<https://orcid.org/0000-0002-1056-4331>

Рубайко Екатерина Валерьевна  
ординатор  
<https://orcid.org/0009-0009-3069-0077>

Макарова Марина Александровна  
младший научный сотрудник отдела офтальмореабилитации  
<https://orcid.org/0000-0002-3238-2336>

## ABOUT THE AUTHORS

Khraistin K.  
PhD, senior researcher, Department of Optical Media Pathology, ophthalmicsurgeon  
<https://orcid.org/0000-0001-6837-8008>

Osipyanyan Grigory A.  
MD, head of the Department of Optical Media Pathology, ophthalmic surgeon  
<https://orcid.org/0000-0002-1056-4331>

Rubayko Ekaterina V.  
resident  
<https://orcid.org/0009-0009-3069-0077>

Makarova Marina A.  
junior researcher, Department of Ophthalmic Rehabilitation  
<https://orcid.org/0000-0002-3238-2336>