

Сравнительные результаты имплантации роговичного кольца MyoRing и сочетанного применения имплантации MyoRing с кросслинкингом роговицы у пациентов с кератоконусом



Г.М. Казакбаева

ГБУ «Уфимский научно-исследовательский институт глазных болезней Академии наук Республики Башкортостан»
ул. Пушкина, 90, Уфа 450008, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2019;16(1S):85–90

Цель: провести сравнительную оценку эффективности лечения кератоконуса путем имплантации роговичного кольца MyoRing и сочетания имплантации кольца с кросслинкингом роговицы в отдаленные сроки. **Пациенты и методы.** В исследование вошел 101 пациент (124 глаза) с прогрессирующим кератоконусом в возрасте от 18 до 59 лет. Всем пациентам были имплантированы интрароговичные кольца (ИРК). Пациенты были разделены на 2 группы: контрольную составили 59 пациентов (76 глаз), которым имплантировали ИРК, основную — 42 пациента (48 глаз), у которых имплантация MyoRing сочеталась с кросслинкингом роговицы (CXL). **Результаты.** Через 36 месяцев после проведенного лечения в обеих группах наблюдалось снижение средних значений преломляющей силы роговицы: в контрольной — на 8,45 D и в основной — на 7,44 D, роговичный астигматизм снизился на 3,33 и на 3,11 D, сферический эквивалент — на 7,72 и 6,29 D соответственно. Наименьшая толщина роговицы в период наблюдения оставалась стабильной. В обеих группах отмечено улучшение некорригированной и корригированной остроты зрения, а разницу в КОЗ в сроки до 12 месяцев после операции можно объяснить образованием псевдошейза в группе с комбинированной процедурой. **Вывод.** Имплантация ИРК MyoRing и сочетание MyoRing с CXL показали эффективность и безопасность в отношении стабилизации прогрессирующего кератоконуса, а также коррекции сопутствующих аметропий через 3 года после операции. Существенной разницы при проведении имплантации MyoRing и в сочетании с кросслинкингом роговицы в визуальных и рефракционных результатах не наблюдалось, за исключением показателя преломляющей силы роговицы. Необходимы более длительные последующие и рандомизированные проспективные исследования с большим числом пациентов.

Ключевые слова: кератоконус, интрастромальные роговичные кольца, MyoRing, кросслиндинг роговицы

Для цитирования: Казакбаева Г.М. Сравнительные результаты имплантации роговичного кольца MyoRing и сочетанного применения имплантации MyoRing с кросслинкингом роговицы у пациентов с кератоконусом. *Офтальмология*. 2019;16(1S):85–90. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2019-1S-85-90>

Прозрачность финансовой деятельности: Автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов отсутствует



MyoRing Implantation in Comparison with MyoRing Implantation Combined with Corneal Collagen Crosslinking for Keratoconus

G.M. Kazakbaeva

Ufa Eye Research Institute
Pushkin str., 90, Ufa, 450008, Russia

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2019;16(1S):85–90

Purpose: to estimate the effectiveness of complete corneal ring (MyoRing) implantation compared with MyoRing implantation combined with corneal collagen crosslinking (CXL) for keratoconus treatment for 36 months follow-up. **Patients and Methods.** There were 101 patients (124 eyes) with progressing keratoconus aged 18–59 years in the study. Intracorneal rings were implanted in all patients. The patients were divided into 2 groups. MyoRing implantation was performed in a series of 59 patients (76 eyes) with keratoconus II–III Amsler classification, 42 patients (48 eyes) had MyoRing implantation combined with CXL. Implantation of a MyoRing in the corneal pocket was performed using a PocketMaker microkeratome and corneal intrastromal implantation system. **Results.** Keratometry was reduced in both groups; after MyoRing implantation for 8,45 D and MyoRing combined with CXL for 7,44 D, the spherical equivalent decreased for 7,72 and 6,29 D respectively, after 36 months. The cylinder decreased to 3,33 D with MyoRing alone and to 3,11 D with MyoRing combined with CXL. The smallest corneal thickness remained stable during 36 months after the procedure. There was an improvement in uncorrected and corrected visual acuity, and the difference in the CRF within the period of up to 12 months after the operation. It can be explained by the pseudochase formation in the group with a combined procedure. **Conclusion.** The implantation of the MyoRing IRC and the combination of MyoRing with CXL showed efficacy and safety in stabilizing keratoconus stabilization, as well as correction of comorbid ametropia 3 years after surgery. Both MyoRing implantation and MyoRing combined with CXL were effective in the stabilization of progressive keratoconus, as well as the correction of ametropia 3 years after surgery. There was no significant difference in MyoRing implantation and its combination with corneal crosslinking in visual and refractive results. The refractive power of the cornea was only one exception. Long follow-up and randomized prospective studies with a large number of patients are needed.

Keywords: keratoconus, intrastromal corneal rings, MyoRing, corneal crosslinking

For citation: Kazakbaeva G.M. MyoRing Implantation in Comparison with MyoRing Implantation Combined with Corneal Collagen Crosslinking for Keratoconus. *Ophthalmology in Russia*. 2019;16(1S):85–90. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2019-1S-85-90>

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

There is no conflict of interests

ВВЕДЕНИЕ

При кератоконусе роговица приобретает конусообразную форму, что способствует появлению неправильного астигматизма, увеличению аберраций высшего порядка и впоследствии оказывает неблагоприятное влияние на качество зрения пациента. Исследования, проведенные ранее, показали, что уменьшение крутизны роговицы и улучшение ее оптических свойств возможно за счет изменения объема периферической роговицы с помощью имплантации кольцевого сегмента [1]. Ремоделирование роговицы механическим и биохимическим методом направлено на коррекцию роговичного астигматизма, а также на стабилизацию прогрессирования заболевания за счет улучшения биомеханических свойств роговицы.

Для лечения кератоконуса используются различные типы сегментов роговицы, такие как Intacs (Addition Technology, Inc.), кольцо Феррара (фирма Ferrara Ophthalmics) и Keraring (Mediphacos Ltd.). Полное интрастромальное кольцо (ИРК) MyoRing (Dioptex, GmbH, Linz, Austria) было предложено Альбертом Даксером в 2007 г. для коррекции рефракционных нарушений. В 2010 г. метод был впервые применен для лечения кератоконуса в Уфимском НИИ глазных болезней, при

этом была продемонстрирована его безопасность и эффективность [2–5]. С помощью хирургической системы, известной как система интрастромальной имплантации роговицы (CISIS), MyoRing (гибкий имплантат с полным кольцом) вставляют в роговичный карман с использованием высокоточного микрокератома (microkeratom PocketMaker) [3–5]. В основе механизма действия ИРК лежит изменение топографии передней поверхности роговицы, что, в свою очередь, повышает ее оптические свойства. Технология PocketMaker позволяет проводить формирование кармана параллельно коллагеновым фибриллам, сохраняя биомеханические свойства роговицы.

Кросслинкинг роговицы (CXL), предложенный G. Wollensak и соавт. в 2003 г., стал стандартом в лечении прогрессирующего кератоконуса [6], способствуя замедлению и приостановке прогрессирования заболевания [7–9].

В настоящее время обе методики часто применяются в сочетании, что повышает эффект лечения кератоконуса и приводит к более высоким функциональным результатам.

Результаты комбинации CXL с имплантацией MyoRing были доложены Studeny и соавт. со сроком наблюдения 12 месяцев [8]. Nobari и соавт. представили сравнительное исследование результатов имплантации

Г.М. Казакбаева

MyoRing в качестве монолечения и в сочетании с CXL, проведенным за 12 месяцев до имплантации ИРК [9].

В офтальмологической литературе есть сообщения, что использование кольцевых сегментов приводит к потере остроты зрения в долгосрочной перспективе [10, 11]. В то же время другие авторы считают, что имплантация MyoRing может остановить прогрессирование заболевания благодаря непрерывному дизайну формы кольца и его способности усиливать биомеханические свойства роговицы и стабилизировать ее толщину [2, 12]. Так, А. Даксер установил, что для кольцевых сегментов и неполных колец коэффициент укрепления составляет 1,0, а для интрастромального непрерывного цельного кольца MyoRing — 3,2, которое функционирует как искусственный лимб и обеспечивает биомеханическую поддержку роговицы [13, 14]. Автор указал, что после имплантации MyoRing значительного прогрессирования кератоконуса не наблюдалось в течение 5 лет [14].

Цель данного исследования заключалась в сравнительной оценке результатов имплантации роговичного кольца MyoRing и имплантации MyoRing с кросслинkinгом роговицы для лечения кератоконуса.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Ретроспективное когортное исследование проводилось в Уфимском НИИ глазных болезней с января 2010 по март 2015 года. Перед операцией каждый пациент был информирован о рисках и преимуществах хирургической методики. Исследование было одобрено комитетом по этике Уфимского НИИ глазных болезней (номер ссылки 462.29.9369) в соответствии с принципами Хельсинкской декларации и местными законами, касающимися исследований с участием людей. Все пациенты представили письменное согласие.

Критерии включения: возраст старше 18 лет, диагноз — кератоконус II–III степени по классификации Амслера (без стромального рубцевания), непереносимость контактных линз или очков и документированное прогрессирование заболевания в течение 1 года с увеличением преломляющей силы роговицы на 1,0 диоптрию (D) и более. Критерии исключения: значение толщины роговицы менее 380 мкм, глазная патология в анамнезе, офтальмохирургические вмешательства, беременность или грудное вскармливание, а также рубцевание роговицы.

Были проанализированы результаты лечения 101 пациента (124 глаза), среди них 68 мужчин (68 %) и 33 женщины (33 %), возраст от 18 до 59 лет. В таблице 1 приведены дооперационные данные пациентов.

Контрольную группу составили 59 пациентов (76 глаз), которым была проведена только имплантация MyoRing. Основная группа включала 42 пациента (48 глаз), которым было проведено комбинированное лечение: имплантация MyoRing в сочетании с CXL в различных комбинациях: одновременно — 15 пациентов (16 глаз), а также последовательно через 6 месяцев после проведения CXL — 27 пациентов (32 глаза). В сочетан-

ной группе время имплантации MyoRing определялось случайной выборкой, при этом срок 6 месяцев определялся сроком завершения апоптоза и восстановления оптических свойств роговицы.

Пациентам было проведено стандартное обследование: оценка некорригированной остроты зрения (НКОЗ), корригированной остроты зрения (КОЗ), рефрактометрия, кератометрия, топография роговицы (ODP-scan ARK-1000, Nidek, Япония) и пахиметрия (Visante OCT, Carl Zeiss, Германия) перед операцией, через 12, 24 и 36 месяцев после имплантации MyoRing или после комбинированного лечения. Для создания стромального кармана при имплантации MyoRing использовали микрократ PocketMaker (Dioptex GmbH, Австрия).

Для проведения CXL использовали аппарат «УФалинк» (Россия) с облучающей мощностью 3 мВт/см² на расстоянии 5 см от поверхности глаза. Перед каждой процедурой проводили калибровку уровня ультрафиолетового излучения. Во время проведения CXL выполняли контрольные измерения толщины роговицы с помощью портативного ультразвукового пахиметра (SP-3000, Tomey, Japan).

Для контроля безопасности процедуры у всех пациентов подсчитывали плотность эндотелиальных клеток. Изображения эндотелия роговицы были получены с помощью конфокального лазерного офтальмоскопа (Heidelberg Retina Tomograph III / Rostock Corneal Module, Heidelberg Engineering GmbH, Германия). Плотность эндотелиальных клеток оценивали с использованием программного обеспечения, предоставляемого системой.

Хирургическая техника

Имплантацию MyoRing в карман роговицы проводили с помощью микрократа PocketMaker, формировали

Таблица 1. Имплантация MyoRing и имплантации MyoRing в сочетании с кросслинkinгом коллагена роговицы для лечения кератоконуса, дооперационные данные

Table 1. MyoRing implantation for keratoconus and MyoRing implantation combined with corneal collagen crosslinking baseline characteristics

| Параметр/Parameter | MyoRing (n = 76) | MyoRing & CXL (n = 40) |
|---|------------------|------------------------|
| НКОЗ/UDVA | 0,11 ± 0,07 | 0,11 ± 0,06 |
| КОЗ/CDVA | 0,36 ± 0,22 | 0,41 ± 0,22 |
| Сферический эквивалент / SE, D | -9,03 ± 4,07 | -7,79 ± 3,59 |
| Толщина роговицы в самой тонкой точке / CTT, μm | 433,69 ± 38,76 | 430,04 ± 36,62 |
| Роговичный астигматизм / Cylinder, D | -4,87 ± 3,13 | -4,73 ± 2,45 |
| K1 (D) | 48,67 ± 3,44 | 47,48 ± 3,44 |
| K2 (D) | 54,21 ± 6,27 | 51,21 ± 4,65 |
| K av (D) | 51,56 ± 5,42 | 50,56 ± 3,81 |

Примечание: K1 — преломляющая сила роговицы в плоском меридиане; K2 — преломляющая сила роговицы в крутом меридиане; K av — средняя преломляющая сила роговицы; *p < 0,05.

K1 — corneal dioptric power in the flattest meridian; K2 — corneal dioptric power in the steepest meridian; K av — mean corneal power.

стромальный карман диаметром 9 мм на глубине 300 мкм через тоннель роговицы шириной от 4 до 5 мм [3–5].

Диаметр колец составлял 5 мм, толщина — 240, 280 или 320 мкм в соответствии с номограммой, рекомендованной производителем.

В основной группе 32 пациентам первым этапом проводили CXL роговицы, а через 6 месяцев — имплантацию ИРК [3–5]. 16 пациентам этой группы CXL с имплантацией MyoRing выполняли одновременно. При проведении CXL после механической дезэпителизации роговицы диаметром 7 мм и инстилляцией 0,1 % раствора рибофлавина с 20 % раствором декстрана в течение 15 минут осуществляли стандартное UVA облучение поверхности (370 нм, 3 мВт/см², «УФалинк», Российская Федерация) на расстоянии 5 см в течение 30 минут. Во время процедуры инстилляцию раствора рибофлавина проводили каждые 5 минут.

При одномоментном проведении ИРК с CXL 0,1 % раствор стерильного рибофлавина непрерывно вводили в роговичный карман при помощи стандартной 0,3 мм канюли.

Эффективность проникновения рибофлавина в строму роговицы оценивали в синем свете целевой лампы (с кобальтовым фильтром). Интенсивное желтое свечение в передней камере свидетельствовало о распределении рибофлавина по всей роговице.

В послеоперационном периоде после каждого вмешательства пациентам проводили инстилляцию растворов антибиотиков, нестероидных и стероидных противовоспалительных препаратов, а также кератопротекторов.

Таблица 2. Послеоперационные данные через 36 месяцев после имплантации роговичного кольца MyoRing и имплантации MyoRing в сочетании с кросслинкингом роговицы

Table 2. Postoperative data, 36 months after MyoRing implantation for keratoconus and MyoRing implantation combined with corneal collagen crosslinking

| Параметр/Parameter | MyoRing (n — 76) | | | MyoRing и CXL (n — 40) | | |
|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | 12 m | 24 m | 36 m | 12 m | 24 m | 36 m |
| НКОЗ/UDVA | 0,51 ± 0,23 P = 0,0000 | 0,52 ± 0,26 P = 0,0000 | 0,35 ± 0,18 P < 0,0051 | 0,46 ± 0,28 P = 0,0000 | 0,50 ± 0,28 P = 0,0000 | 0,48 ± 0,30 P < 0,0006 |
| КОЗ/CDVA | 0,61 ± 0,24 P = 0,0000 | 0,66 ± 0,19 P = 0,0000 | 0,52 ± 0,26 P = 0,0446 | 0,59 ± 0,25 P = 0,00045 | 0,63 ± 0,27 P = 0,0009 | 0,65 ± 0,29 P < 0,0027 |
| Сферический эквивалент / SE, D | -1,50 ± 2,84 P < 0,0001 | -1,63 ± 2,63 P < 0,0001 | -1,31 ± 3,15 P < 0,0001 | -1,12 ± 3,06 P = 0,0000 | -1,80 ± 2,98 P = 0,00000 | -1,50 ± 3,14 P = 0,0008 |
| Толщина роговицы в самой тонкой точке / СТТ, μm | 425,74 ± 42,41 P = 0,3790 | 430,89 ± 40,71 P = 0,4456 | 434,21 ± 34,98 P = 0,0931 | 428,19 ± 52,92 P = 0,1005 | 425,00 ± 39,16 P = 0,7583 | 429,87 ± 34,54 P = 0,3465 |
| Роговичный астигматизм/ Cylinder, D | -1,53 ± 1,71 P < 0,0001 | -1,73 ± 1,34 P < 0,0001 | -1,54 ± 2,25 P = 0,0414 | -1,74 ± 2,45 P = 0,0013 | -1,38 ± 1,29 P = 0,0010 | -1,62 ± 1,46 P = 0,1856 |
| K1 (D) | 41,19 ± 3,34 P < 0,000001 | 41,65 ± 3,61 P = 0,00004 | 41,82 ± 2,73 P < 0,000001 | 41,36 ± 3,80 P = 0,0000 | 42,06 ± 3,51 P = 0,0000 | 41,67 ± 4,22 P = 0,0008 |
| K2 (D) | 44,65 ± 3,83 P < 0,000001 | 44,99 ± 3,42 P < 0,000001 | 45,01 ± 2,65 P = 0,00506 | 43,97 ± 3,80 P = 0,0000 | 44,69 ± 3,28, P = 0,0000 | 44,67 ± 3,85 P = 0,00178 |
| K av (D) | 42,91 ± 3,41 P < 0,000001 | 43,22 ± 3,45 P < 0,000001 | 43,11 ± 2,68 P < 0,000001 | 42,60 ± 3,75 P = 0,0000 | 43,32 ± 3,35 P = 0,0000 | 43,12 ± 3,97 P = 0,0012 |

Примечание: K1 — преломляющая сила роговицы в плоском меридиане; K2 — преломляющая сила роговицы в крутом меридиане; K av — средняя преломляющая сила роговицы; *p < 0,05.

K1 — corneal dioptric power in the flattest meridian; K2 — corneal dioptric power in the steepest meridian; K av — mean corneal power

Статистический анализ

Полученные результаты были обработаны на персональном компьютере методами математической статистики с помощью программ Excel и Statistica 6.1. Нормальность распределения признаков определялась по критерию Колмогорова — Смирнова. В связи с тем что часть выборок не подчинялась закону нормального распределения, уровень статистической значимости различий количественных показателей оценивался непараметрическими методами: между группами по критериям Манна — Уитни и Краскела — Уоллиса. Статистическая значимость различий была определена как p < 0,05 для всех случаев.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В раннем послеоперационном периоде после имплантации MyoRing у ряда пациентов (4 %) наблюдалась перикорнеальная инъекция конъюнктивы и незначительная гипосфагма, которая разрешилась в течение нескольких суток после проведенного лечения. В контрольной группе пять пациентов (12,1 %) сообщили о проблемах с наличием бликов и ночным зрением после операции, которые были устранены при применении 1 % глазных капель пилокарпина в течение 1 месяца после операции. Трем пациентам из-за недостаточного улучшения рефракции через 2 дня после операции была проведена коррекция размещения MyoRing в пределах 0,5 мм, что позволило дополнительно уменьшить показатель преломляющей силы роговицы до 4 D. В таблице 2 приведены визуальные и рефракционные результаты в динамике наблюдения.

В обеих группах наблюдалось улучшение изучаемых параметров, через 36 месяцев было достигнуто центральное уплощение роговицы, преломляющая сила роговицы уменьшилась в среднем на 8,45 D после имплантации MyoRing и на 7,44 D после сочетания использования MyoRing и CXL. Выявлено статистически значимое уменьшение сферического эквивалента (SE) на 7,72 D в контрольной группе по сравнению с основной, в которой уменьшение составило 6,29 D, а роговичный астигматизм (CA) снизился на 3,33 D в контрольной и на 3,11 D — в основной группе, однако различие было статистически незначимым.

В нашем исследовании через 36 месяцев после вмешательства между группами существенных различий не было найдено. Наименьшая толщина роговицы оставалась стабильной в обеих группах. Значительное улучшение НКОЗ и КОЗ наблюдалось в контрольной и основной группе, а разница, касающаяся КОЗ в сроки до 12 месяцев после операции, может быть объяснена образованием псевдохейза в группе с комбинированной процедурой [15–17].

Исследование с помощью конфокальной микроскопии показало, что строма приобретала характерный вид «сот», что свидетельствовало об апоптозе кератоцитов. Максимальная глубина проникновения света от поверхности эпителия составляла 237–302 мкм. К 6-му месяцу после процедуры имплантации ИРК строма роговицы восстановила нормальную конфигурацию [18–20].

Отмечалась гиперрефлексивность эпителия в основной группе и незначительная гиперрефлексивность эпителиальных клеток в контрольной группе. Через 3 месяца после операции в обеих группах наблюдали нерегулярность субэпителиальных нервов, восстановление которых завершалось в течение 6–12 месяцев наблюдения. В контрольной группе гиперрефлексивные кератоциты в передней и средней строме были отмечены через 3 месяца после операции. К 6 месяцам строма восстановила нормальную конфигурацию. Отражающие аморфные образования на внутренних и внешних краях колец наблюдались у некоторых пациентов в обеих группах через 36 месяцев после операции. Псевдохейз в основной группе при сочетании MyoRing и CXL имел место в виде уплотнений внеклеточных структур и разрешался в течение 6–12 месяцев. Плотность эндотелиальных клеток практически не изменилась в обеих группах и составила 2846 ± 67 и 2910 ± 69 клеток/мм² соответственно.

ОБСУЖДЕНИЕ

Имплантация MyoRing — это индивидуализированный подход в лечении кератоконуса посредством контроля положения кольца, а также его диаметра и толщины. Основным преимуществом имплантации интрастромальных роговичных колец является повышение НКОЗ непосредственно после операции и сохранение ее стабильности в течение следующих 24 месяцев [13]. В сроки от 6 месяцев до 1 года у ряда пациентов острота зрения

может варьировать, что может быть связано как с прогрессированием основного заболевания, так и с аккомодационной нагрузкой при гиперкоррекции. Процесс формирования кармана посредством уплощения роговицы аппланатором позволяет проводить разрез точно на заданной глубине, обеспечивая тем самым безопасность и эффективность методики. Обратимость процедуры в случае возникновения осложнений позволяет удалить MyoRing с сохранением дооперационных офтальмометрических характеристик.

Специфическая форма колец позволяет им сжиматься, что дает возможность имплантировать MyoRing в стромальный карман через разрез 5 или 6 мм и в последующем регулировать ИРК для достижения его оптимального расположения [3]. В отличие от имплантации сегментов, которые представляют собой полукольца, вращающиеся в круговых туннелях, регулировка колец в пределах 0,5 мм позволяет значительно улучшить результат оперативного вмешательства [19].

В отличие от номограмм интрароговичных сегментов, номограмма MyoRing проста и не требует учета местоположения и типа конуса. Наше исследование показало, что имплантация MyoRing позволяет улучшить как НКОЗ, так и КОЗ и снизить значения преломляющей силы роговицы и сферического эквивалента рефракции.

Возможность регулировки положения, толщины и диаметра кольца и обратимость операции дает хирургу преимущества в достижении оптимальных результатов для пациента.

В литературе имеются сообщения о недостатках имплантации длинных кольцевых сегментов [9, 10]. Alio и соавт. показали, что статистически значимая регрессия до 3,36 D при кератометрических показаниях наблюдалась в сроки 6 месяцев до 5 лет в случаях прогрессирующего течения заболевания [9].

А. Даксер, вычислив коэффициент усиления для характеристики различных кольцевых имплантатов роговицы, пришел к выводу, что небольшой пластинчатый разрез во время создания кармана не влияет на биомеханическую устойчивость ткани роговицы. Кроме того, геометрия полного кольца по всей окружности обеспечивает биомеханическую стабилизацию роговицы, в отличие от кольцевых сегментов с неполной кольцевой геометрией [12].

Наше исследование показало стабилизацию функциональных результатов в группе имплантации MyoRing в течение 36 месяцев.

В литературе описаны результаты, подтверждающие эффективность CXL для остановки прогрессирования кератоконуса в сроки до 10 лет; тем не менее такие пациенты нуждаются в проведении дополнительной коррекции остроты зрения, включающей использование контактных линз, роговичных кольцевых сегментов или интраокулярных линз [21]. Дахер и соавт. описали применение комбинированного метода имплантации MyoRing с одномоментным проведением CXL и введением

рибофлавина в стромальный карман [5]. Опубликованные результаты подтвердили, что после имплантации MyoRing параметры роговицы оставались стабильными в течение 12 месяцев [14, 22]. Studeny и соавт. использовали комбинацию MyoRing с CXL в группе пациентов (22 глаза) с кератоконусом [8] и отметили улучшение результатов в течение 1 года после операции аналогично нашему исследованию. Nobari и соавт. сравнили результаты имплантации MyoRing, в том числе и при ее сочетании с CXL, за 12 месяцев до имплантации ИРК [9] и не выявили существенных различий между группами, кроме КОЗ. При этом у пациентов в группе, в которой была проведена только имплантация MyoRing, получены относительно лучшие результаты.

В нашем исследовании при проведении CXL-процедуры в двух разных комбинациях с имплантацией MyoRing через 36 месяцев после вмешательства между

группами существенных различий не было выявлено, кроме значений преломляющей силы роговицы ($p = 0,0068$).

ВЫВОДЫ

Проведенное исследование позволяет утверждать, что имплантация MyoRing, а также сочетание ее с кросслинkinгом роговицы являются эффективными и безопасными методами в стабилизации прогрессирующего кератоконуса и коррекции сопутствующих аметропий. Существенной разницы при проведении имплантации MyoRing и в сочетании с одномоментным или последовательным кросслинkinгом роговицы в визуальных и рефракционных результатах не наблюдалось, за исключением показателя преломляющей силы роговицы. Необходимы более длительные последующие и рандомизированные проспективные исследования с большим числом пациентов.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Alio J.L., Pinero D.P., Daxer A. Clinical outcomes after complete ring implantation in corneal ectasia using the femtosecond technology: a pilot study. *Ophthalmology*. 2011;118(7):1282–1290. DOI: 10.1016/j.ophtha.2010.12.012
2. Бикбов М.М., Бикбова Г.М. *Эктазия роговицы*. М.: Офтальмология; 2011. [Bikbov M.M., Bikbova G.M. Corneal ectasia. Moscow: Ophthalmology; 2011 (In Russ.).]
3. Daxer A. Adjustable intracorneal ring in a lamellar pocket for keratoconus. *J Refract Surg*. 26(3):217–221. DOI: 10.3928/1081597X-20100224-08
4. Daxer A. Cornealintrastromal implantation surgery for the treatment of moderate and high myopia. *J Cataract Refract Surg*. 2008;34(2):194–198. DOI: 10.1016/j.jcrs.2007.10.011
5. Daxer A., Mahmoud H., Venkateswaran R.S. Intracorneal continuous ring implantation for keratoconus: oneyear follow-up. *J Cataract Refract Surg*. 2010;36(8):1296–1302. DOI: 10.1016/j.jcrs.2010.03.039
6. Wollensak G., Spoerl E., Seiler T. Riboflavin/ultraviolet-a-induced collagen cross-linking for the treatment of keratoconus. *Am. J. Ophthalmol*. 2003;135(5):620–627. DOI: 10.1016/S0002-9394(02)02220-1
7. Bikbov M., Bikbova G., Kazakbaeva G., Usubov E. Complete corneal ring (MyoRing) implantation combined with corneal collagen crosslinking in keratoconus treatment. *Acta Ophthalmologica*. 2017;95:S259.
8. Studeny P., Krizova D., Stranak Z. Clinical outcomes after complete intracorneal ring implantation and corneal collagen cross-linking in an intrastromal pocket in one session for keratoconus. *J Ophthalmol*. 2014;2014:568128. DOI: 10.1155/2014/568128
9. Nobari S., Villena C., Jadidi K. Myring implantation alone versus corneal collagen crosslinking following Myoring implantation for management of keratoconus: 1 year follow-up. *Acta Med Mediterr*. 2016;32:1077.
10. Alio J.L., Vega-Estrada A., Esperanza S., Barraquer R.I., Teus M.A., Murta J. Intrastromal corneal ring segments: how successful is the surgical treatment of keratoconus. *Middle East Afr J Ophthalmol*. 2014;21(1):3–9. DOI: 10.4103/0974-9233.124076
11. Chhadva P., Yesilirmak N., Cabot F., Yoo S.H. Intrastromal corneal ring segment explanation in patients with keratoconus: causes, technique, and outcome. *J Refract Surg*. 2015;31(6):392–397. DOI: 10.3928/1081597X-20150521-05
12. Jabbarvand M., Salamatrada A., Hashemian H., Mazloumi M., Khodaparast M., Aldave A. Continuous intracorneal ring implantation for keratoconus using a femtosecond laser. *J Cataract Refract Surg*. 2013;39(7):1081–1087. DOI: 10.1016/j.jcrs.2013.02.054
13. Daxer A. Biomechanics of corneal ring implants. *Cornea*. 2015;34(11):1493–1498. DOI: 10.1097/ICO.0000000000000591
14. Daxer A., Ettl A., Horantner R. Long-term results of MyoRing treatment of keratoconus. *J Optom*. 2017;10(2):123–129. DOI: 10.1016/j.optom.2016.01.002
15. Wollensak G. Crosslinking treatment of progressive keratoconus: new hope. *Curr Opin Ophthalmol*. 2006;17(4):356–360.
16. Bikbova G., Bikbov M. Standard corneal collagen crosslinking versus transepithelial iontophoresis-assisted corneal crosslinking, 24 months follow-up: randomized control trial. *Acta Ophthalmol*. 2016;94(7):e600–e606. DOI: 10.1111/aos
17. Bikbova G., Khalimov A., Kazakbaeva G., Bikbov M. Molecular mechanisms of corneal collagen crosslinking. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2018; 59(9):522.
18. Mazzotta C., Traversi C., Baiocchi S., Caporossi O., Bovone C., Sparano M.C., Balestrazzi A., Caporossi A. Corneal healing after riboflavin ultraviolet-A collagen cross-linking determined by confocal laser scanning microscopy in vivo: early and late modifications. *Am J Ophthalmol*. 2008;146(4):527–533. DOI: 10.1016/j.ajo.2008.05.042
19. Seiler T., Hafezi F. Corneal cross-linking-induced stromal demarcation line. *Cornea*. 2006;25(9):1057–1059.
20. Mencucci R., Marini M., Paladini I., Sarchielli E., Sgambati E., Menchini U., Vannelli G.B. Effects of riboflavin/UVA corneal cross-linking on keratocytes and collagen fibres in human cornea. *Clin Exp Ophthalmol*. 2010;38(1):49–56. DOI: 10.1111/j.1442-9071.2010.02207
21. Doors M., Tahzib N.G., Eggink F.A., Berendschot T.T., Webers C.A., Nuijts R.M. Use of anterior segment optical coherence tomography to study corneal changes after collagen cross-linking. *Am J Ophthalmol*. 2009;148(6):844–851.e2. DOI: 10.1016/j.ajo.2009.06.031
22. Daxer A. MyoRing for central and noncentral keratoconus. *Int J Keratoconus Ectatic Corneal Dis*. 2012;1:117–119.
23. Hafezi F., Kanellopoulos J., Wiltfang R., Seiler T. Corneal collagen crosslinking with riboflavin and ultraviolet A to treat induced keratectasia after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*. 2007;33(12):2035–2040.
24. El-Reggal T.M., Abdel Fattah A.A. Sequential Intacs and Verisysephakic intraocular lens for refractive improvement in keratoconic eyes. *J Cataract Refract Surg*. 2007;33(6):966–970.
25. Bikbov M., Jonas J.B., Kazakbaeva G. Central corneal thickness in Russia. The Ufa Eye and Medical Study. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2017;58(8):4813–4813.
26. Бикбов М.М., Бикбова Г.М., Хабибуллин А.Ф. «Кросслинkinг» роговичного коллагена в лечении кератоконуса. *Вестник офтальмологии*. 2011;127:5:21–25. [Bikbov M.M., Bikbova G.M., Habiboullin A.F. Corneal collagen cross-linking in keratoconus management. *Annals of Ophthalmology = Vestnik oftal'mologii*. 2011;127:5:21–25 (In Russ.).]
27. Leccisotti A., Islam T. Transepithelial corneal collagen cross-linking in keratoconus. *J Refract Surg*. 2010;26:942–948.
28. Kanellopoulos A. Collagen cross-linking in early keratoconus with riboflavin in a femtosecond laser-created pocket: initial clinical results. *J Refract Surg*. 2009;25:1034–1073.
29. Bikbova G., Bikbov M. Transepithelial corneal collagen cross-linking by iontophoresis of riboflavin. *Acta Ophthalmol*. 2014;92(1):e30–34. DOI: 10.1111/aos.12235
30. Krachmer J.H., Feder R.S., Belin M.W. Keratoconus and related noninflammatory corneal disorders. *Surv Ophthalmol*. 1984;28(4):293–322.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

ГБУ «Уфимский научно-исследовательский институт глазных болезней Академии наук Республики Башкортостан»
Казакбаева Гюлли Мухаррамовна
младший научный сотрудник
ул. Пушкина, 90, Уфа 450008, Российская Федерация

ABOUT THE AUTHOR

Ufa Eye Research Institute
Kazakbaeva Gyullu M.
Research Assistant
Pushkin str., 90, Ufa 450008, Russia
<https://orcid.org/0000-0002-0569-1264>

Г.М. Казакбаева