

# Отдаленные клинико-функциональные результаты коррекции миопии высокой степени методом интрастромальной имплантации кольца MyoRing с фемтолазерным сопровождением



И.Л. Нуликова



А.Е. Терентьева



М.В. Синицын

Чебоксарский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
пр-т Тракторостроителей, 10, Чебоксары, 428028, Российская Федерация

## РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2023;20(1):105–111

**Цель.** Анализ отдаленных клинико-функциональных результатов коррекции миопии высокой степени у пациентов с тонкой роговицей методом интрастромальной имплантации кольца MyoRing с фемтолазерным сопровождением. **Пациенты и методы.** В исследование включены 22 пациента (22 глаза) со средним возрастом  $30,20 \pm 5,37$  года. До операции среднее значение сферозэквивалента рефракции (СЭ) составило  $-11,52 \pm 1,96$  дптр, цилиндрического компонента (сул) —  $-2,04 \pm 1,64$  дптр, минимальное значение пахиметрии в центре —  $491,6 \pm 20,0$  мкм, корнеальный гистерезис (КГ) —  $8,60 \pm 1,19$  мм рт. ст., средний диаметр зрачка в мезопических условиях —  $5,60 \pm 0,23$  мм. У всех пациентов в анамнезе имелась амблиопия слабой степени. Срок наблюдения 2 года. **Результаты.** Через 2 года после операции некорригированная острота зрения составила  $0,60 \pm 1,22$ , корригированная острота зрения —  $0,70 \pm 0,20$ , СЭ —  $0,61 \pm 1,43$  дптр, цилиндрический компонент —  $-0,13 \pm 0,50$  дптр. Предсказуемость СЭ в пределах  $\pm 0,5$  дптр составила 87 %, в пределах  $\pm 1,0$  дптр — 90 %. Индекс безопасности — 1,16, индекс эффективности — 1,0, КГ —  $9,50 \pm 0,03$  мм рт. ст. Среднее значение пахиметрии в центре после операции статистически значимо не изменилось по сравнению с исходными данными ( $p = 1,00$ ). **Заключение.** Имплантация кольца MyoRing является эффективным и безопасным методом, обеспечивающим, помимо коррекции сферического компонента рефракции, коррекцию астигматизма, усиление биомеханических свойств роговицы и повышение КГ ( $p = 0,01$ ).

**Ключевые слова:** миопия высокой степени, тонкая роговица, кольцо MyoRing, фемтосекундный лазер, корнеальный гистерезис

**Для цитирования:** Нуликова И.Л., Терентьева А.Е., Синицын М.В. Отдаленные клинико-функциональные результаты коррекции миопии высокой степени методом интрастромальной имплантации кольца MyoRing с фемтолазерным сопровождением. *Офтальмология*. 2023;20(1):105–111. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2023-1-105-111>

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

**Конфликт интересов отсутствует**



# Long-Term Clinical and Functional Results of High-Grade Myopia Correction by Intrastromal Implantation of the MyoRing Ring with Femtolaser Support

I.L. Kulikova, A.E. Terent'eva, M.V. Sinitsyn

Cheboksary branch of S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution  
Tractorostroiteley ave., 10, Cheboksary, 428028, Russian Federation

## ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2023;20(1):105–111

**Purpose:** Analysis of remote clinical functional results of high myopia correction in patients with thin cornea by method of intrastromal MyoRing implantation with Femtolaser assistance. **Materials and methods.** 22 eyes of 22 patients were included into investigation, the mean age of patients was  $30.20 \pm 5.37$  (from 24 to 40) years. Mean spherical equivalent (SE) of refraction was  $-11.52 \pm 1.96$  D, cylindrical component of refraction was  $-2.04 \pm 1.64$  D. Minimal pachymetry index in center was  $491.6 \pm 20.0$   $\mu$ m. Corneal hysteresis (CH) was  $8.60 \pm 1.19$  mm Hg. The average pupil diameter in mesopic conditions was  $5.60 \pm 0.23$  mm. All patients had a history of mild amblyopia. Period of control in average 2 years. **Results.** In 2 years after the surgery uncorrected visual acuity was  $0.60 \pm 1.22$ , corrected visual acuity  $0.70 \pm 0.20$ . Mean spherical equivalent (SE) of refraction was  $0.61 \pm 1.43$  D, cylindrical component of refraction was  $-0.13 \pm 0.50$  D. Predictability of SE within  $\pm 0.5$  D was 84 %,  $\pm 1.0$  — 84 %. Index of safety was 1.16, index of efficacy — 1.0. CH was  $9.50 \pm 0.03$  mm Hg. Mean pachymetry at center after the surgery did not change statistically significant in comparison with initial data ( $p = 1.00$ ). **Conclusion.** MyoRing implantation is an effective and safe method, it provides: refraction spherical component correction, astigmatism correction and CH increase ( $p = 0.01$ ).

**Keywords:** high myopia, thin cornea, MyoRing, Femtosecond laser, corneal hysteresis

**For citation:** Kulikova I.L., Terent'eva A.E., Sinitsyn M.V. Long-Term Clinical and Functional Results of High-Grade Myopia Correction by Intrastromal Implantation of the MyoRing Ring with Femtolaser Support. *Ophthalmology in Russia*. 2023;20(1):105–111. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2023-1-105-111>

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

**There is no conflict of interests**

## АКТУАЛЬНОСТЬ

Поиск эффективных методов коррекции миопии высокой степени остается одной из актуальных задач в офтальмологии [1]. Одним из наиболее сложных вариантов в кераторефракционной хирургии является коррекция миопии высокой степени при тонкой роговице. По литературным данным доля лиц с тонкой роговицей в общей совокупности изучаемых пациентов с миопией составляет 34 %, из их числа в 11 % случаев имеется миопия высокой степени до 10,0 дптр [2].

В настоящее время метод интрастромальной имплантации кольца MyoRing рассматривается как альтернативный вариант эксимерлазерной коррекции при миопии высокой степени [3, 4]. В доступной литературе число публикаций на эту тему ограничено. Данный метод позволяет корригировать миопию высокой степени по сферическому компоненту рефракции до  $-20,0$  дптр и цилиндрическому компоненту до  $-4,5$  дптр. Основным преимуществом интрастромальной имплантации кольца MyoRing, по мнению автора методики, является сохранение биомеханических свойств роговицы за счет создания кольцом дополнительного «лимба» в роговице [5, 6]. Данная процедура полностью обратима, и при жалобах на качество зрения возможно удаление кольца. Единственным ограничивающим фактором для применения данной методики является в определенной мере размер зрачка. В мезопических условиях из-за попадания края кольца в оптическую зону возникают аберрации

высшего порядка, ухудшая качество жизни пациентов. В связи с этим необходим тщательный отбор пациентов с учетом клинических и физиологических особенностей глаза [7].

**Цель:** анализ отдаленных клинико-функциональных результатов коррекции миопии высокой степени методом интрастромальной имплантации кольца MyoRing с фемтолазерным сопровождением.

## ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

В клиническое исследование вошли 22 пациента (22 глаза), которым была выполнена имплантация кольца MyoRing. Возраст пациентов составил в среднем  $30,20 \pm 5,37$  (от 24 до 40) года. До операции среднее значение сферического эквивалента (СЭ) составило  $-11,52 \pm 1,96$  дптр, цилиндрического компонента рефракции (сцл) —  $-2,04 \pm 1,64$  дптр. Минимальное значение пахиметрии в центре —  $491,6 \pm 20,0$  мкм. У всех пациентов в анамнезе имелась амблиопия слабой степени. Отбор пациентов для проведения фемтолазерной интрастромальной имплантации кольца MyoRing осуществлялся по следующим критериям: миопия высокой степени, толщина роговицы в центре не менее 450 мкм, отсутствие данных за кератоконус, нормальные показатели корнеального гистерезиса, диаметр зрачка в мезопических условиях не более 6,0 мм. В настоящем исследовании средний диаметр зрачка в мезопических условиях составил  $5,60 \pm 0,23$  мм.

И.Л. Куликова, А.Е. Терентьева, М.В. Синицын

Контактная информация: Терентьева Анна Евгеньевна anyaterentieva@yandex.ru

У всех пациентов, помимо стандартных методов исследования, выполняли aberрометрию (L80 Wave+, Франция), анализ биомеханических свойств роговицы на приборе ORA (Reichert, США), измерение диаметра зрачка в мезопических условиях (L80 Wave+, Франция). Срок наблюдения составил в среднем 2 года.

Операцию проводили под местной капельной анестезией. Этап формирования интрастромального роговичного кармана и входного тоннельного разреза выполняли с использованием фемтосекундного лазера «ФемтоВизум» 1МГц (Троицк, Россия). Диаметр интрастромального кармана составлял 9,0 мм и был сформирован на глубине 80 % от минимальной исходной толщины роговицы, длина входного тоннельного разреза — 1,0 мм, ширина — 5,0 мм. При помощи специального пинцета кольцо имплантировали через входной тоннельный разрез в интрастромальный карман. Запатентованный имплантат MyoRing разработан австрийской фирмой DiopTex и представляет собой полное замкнутое кольцо из полимера на основе полиметилметакрилата. Благодаря своей форме и материалам, из которых изготовлено кольцо, оно сочетает в себе различные свойства: является одновременно жестким, чтобы изменять геометрию роговицы, и в то же время гибким, что позволяет при помощи специального пинцета сжимать кольцо и имплантировать его через относительно малый тоннельный разрез, который впоследствии самогерметизируется и не требует наложения швов. Передняя поверхность имплантата выпуклая, задняя — вогнутая, диаметр варьирует от 5,0 до 8,0 мм с шагом 1,0 мм, высота — от 200 до 400 мкм с шагом 20 мкм, шириной 0,5 мм. В данном исследовании всем пациентам было имплантировано кольцо MyoRing (DiopTex, Австрия) диаметром 5,0 мм, шириной 0,5 мм и высотой от 280 до 320 мкм. Расчет имплантируемого кольца производился по разработанной номограмме, для которой основным исходным параметром служило значение сферэквивалента рефракции (патент RU 2715299, 26.02.20). Центрацию кольца проводили относительно зрительной оси глаза пациента.

Статистическую обработку данных выполняли с использованием компьютерных программ Statistica 10 (StatSoft, США) и Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft, США). Использовали традиционные показатели описательной статистики — число наблюдений ( $n$ ), среднее арифметическое ( $M$ ), стандартное отклонение ( $SD$ ). Достоверность различий оценивали по параметрическому критерию  $t$  для зависимых переменных. Различия изучаемых параметров считали достоверными при  $p < 0,05$ . Согласно общепринятым международным стандартам проводилась оценка

результатов кераторефракционной операции. Индекс эффективности высчитывался по отношению некорригированной остроты зрения (НКОЗ) после операции к корригированной остроте зрения (КОЗ) до операции, индекс безопасности — по отношению КОЗ после операции к КОЗ до операции. Предсказуемость — определение количества случаев, выраженных в %, попавших в целевую рефракцию в пределах  $\pm 0,5$  и  $\pm 1,0$  дптр. Стабильность оперативного результата оценивали путем сравнения рефракционных данных на различных сроках после операции [10].

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Интра- и послеоперационных осложнений не наблюдалось. На следующий день после операции пациенты отмечали субъективное улучшение зрения. Стабилизация

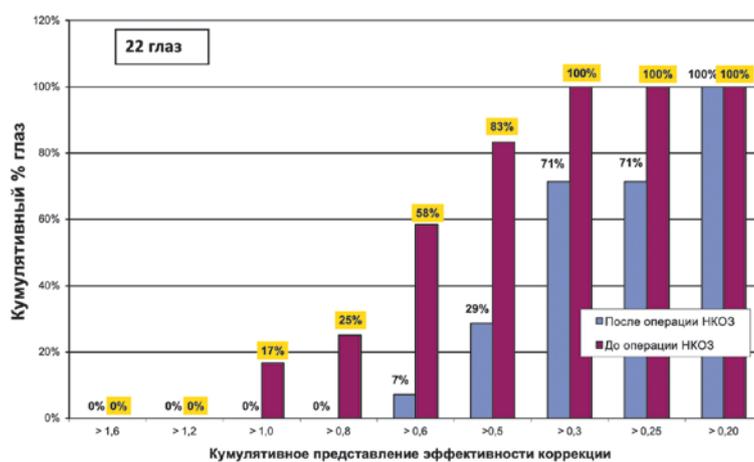


Рис. 1А. Кумулятивное представление эффективности коррекции до и через 2 года после операции

Fig. 1A. Cumulative histogram of uncorrected distance visual acuity before and 2 years after intrastromal implantation of the MyoRing ring with femtolaser support

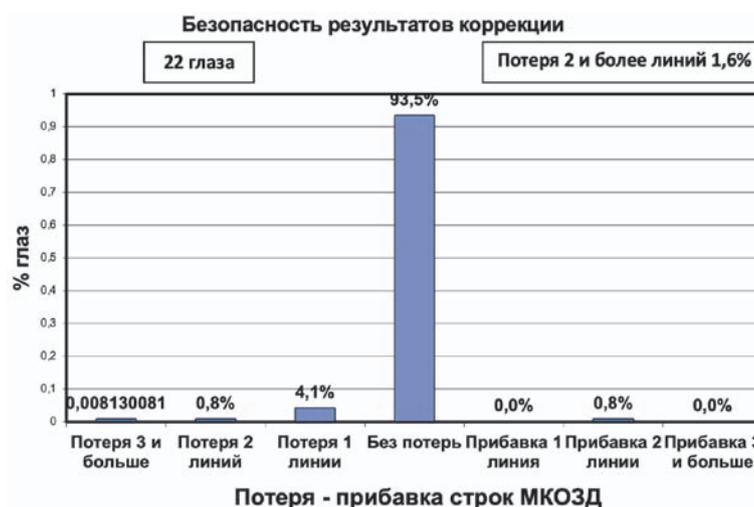


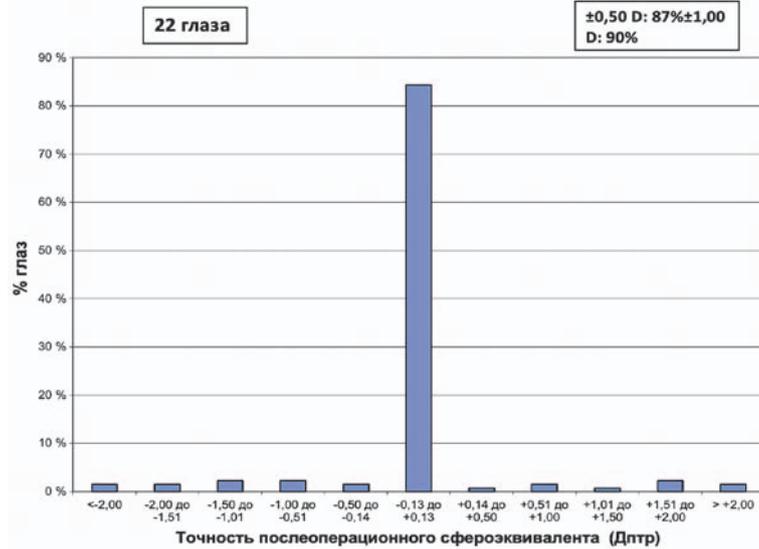
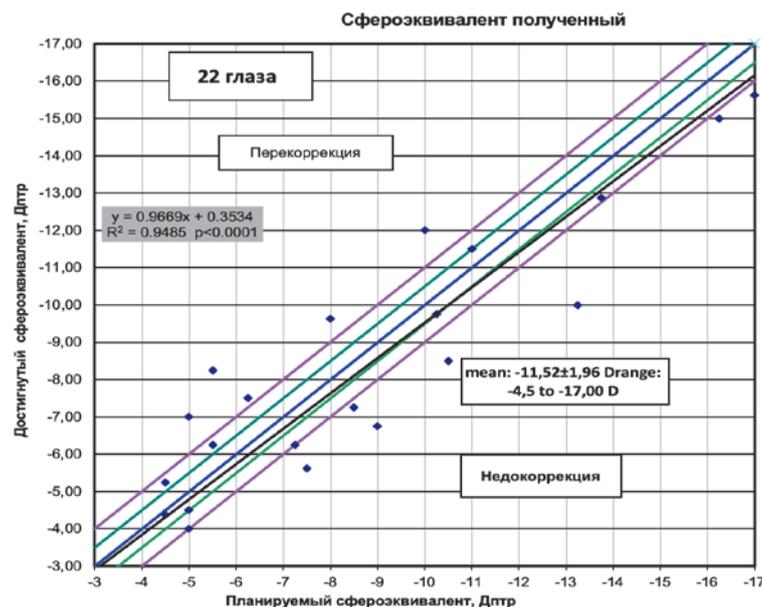
Рис. 1Б. Безопасность результатов коррекции до и через 2 года после операции

Fig. 1B. Changes in lines of corrected distance visual acuity before and 2 years after intrastromal implantation of the MyoRing ring with femtolaser support

**Таблица 1.** Динамика изменений клинично-функциональных данных до и в разные сроки после фемтолазерной интрастромальной имплантации кольца MyoRing ( $M \pm SD$ ,  $n = 22$ )**Table 1.** Dynamics of clinical functional data changes before and at different periods after femtolasers intraströmral MyoRing implantation ( $M \pm SD$ ,  $n = 22$ )

	НКОЗ UCVA	КОЗ BCVA	Sph, дптр D	Сyl, дптр D	Минимальное значение пахиметрии в центре, мкм Minimum value of pachymetry in the center, $\mu\text{m}$
До операции / Before surgery	0,02 $\pm$ 0,01	0,60 $\pm$ 0,11	-10,50 $\pm$ 3,60	-2,04 $\pm$ 1,64	491,60 $\pm$ 20,00
Через 1 год после операции / After 1 year	0,60 $\pm$ 1,5	0,70 $\pm$ 0,23	-0,50 $\pm$ 1,40	-0,64 $\pm$ 0,87	490,50 $\pm$ 17,60
Через 2 года после операции / After 2 years	0,60 $\pm$ 1,22	0,70 $\pm$ 0,20	-0,55 $\pm$ 1,30	-0,13 $\pm$ 0,50	490,50 $\pm$ 17,60
$p^*$	0,00	0,01	0,00	0,03	0,64

Примечание:  $n$  — количество глаз,  $p$  —  $t$ -критерий Стьюдента. \* различие данных через 2 года после операции по отношению к исходным данным.  
Note:  $n$  — number of eyes,  $p$  —  $t$ -Student's criterion (\*difference in data 2 years after surgery in relation to the original data)

**Рис. 1В.** Точность послеоперационного сферозэквивалента до и через 2 года после операции**Fig. 1В.** Refractive astigmatism preoperatively and 2 years after intraströmral implantation of the MyoRing ring with femtolasers support**Рис. 1Г.** Планируемый и достигнутый сферозэквивалент рефракции**Fig. 1Г.** Attempted versus achieved spherical equivalent refraction

остроты зрения, данных рефракции проходила в течение 6–12 месяцев за счет ремоделирования стромы в зоне операции и ее более плотной адгезии через некоторое время после вмешательства в проекции кармана. Данные по исследуемым параметрам представлены в таблице 1.

Через 1 год после операции НКОЗ увеличилась на  $0,58 \pm 1,49$ , КОЗ — на  $0,10 \pm 0,12$ ; СЭ снизился на  $-10,70 \pm 1,43$  дптр, цилиндрический компонент — на  $-1,40 \pm 0,77$  дптр. Ко 2-му году показатели рефракции и зрения оставались неизменными. Индекс безопасности составил  $1,16 \pm 0,23$ , индекс эффективности —  $1,00 \pm 0,15$ . Как следует из рисунка 1 (В, Г), предсказуемость СЭ в пределах  $\pm 0,5$  дптр составила 87 %, в пределах  $\pm 1,0$  дптр — 90 %. Предсказуемость по цилиндрическому компоненту рефракции в пределах  $\pm 0,5$  дптр составила 90 %, в пределах  $\pm 1,0$  дптр 93 % случаев (рис. 1Д). Острота зрения 0,5 и выше имела место в 29 % случаев (рис. 1А). Потеря 1 строчки КОЗ не превысила 4,1 % случаев (2 глаза), потеря 2-х и более строк — 1,6 % случаев (1 глаз) (рис. 1Б). Среднее значение пахиметрии в центре через 2 года осталось неизменным и составило в среднем  $490,5 \pm 17,6$  мкм.

Анализ волнового фронта у пациентов через 1 год после проведенной операции выявил увеличение аберраций высшего порядка (АВП), однако ко 2-му году было отмечено уменьшение АВП и возвращение к исходным данным за исключением ряда показателей: горизонтальный Trefoil был увеличен (Z3/+3) ( $p = 0,02$ ) на  $0,07 \pm 0,01$  мкм, S/Ab (Z4/0) ( $p = 0,03$ ) уменьшилась на  $0,01 \pm 0,04$  мкм и горизонтальная Coma (Z3/+1) ( $p = 0,01$ ) уменьшилась на  $0,03 \pm 0,04$  мкм. В 20 % случаев (4 глаза) имелись проблемы с качеством зрения в условиях пониженной контрастности и жалобы на ореолы в первые месяцы после операции, которые исчезли к 3-му месяцу после операции, что обусловлено нейросенсорной адаптацией.

Результаты по aberрометрии представлены в таблице 2.

При оценке вязко-эластических свойств роговицы выявлено, что корнеальный гистерезис (КГ) увеличился на  $0,83 \pm 1,18$  и составил в среднем  $9,43 \pm 0,01$  мм рт. ст. ( $p = 0,01$ ). Через два года после операции КГ увеличился в среднем еще на  $0,07 \pm 0,02$  и составил  $9,50 \pm 0,03$  мм рт. ст. Усиление биомеханических свойств роговицы после имплантации кольца MyoRing было обусловлено, по нашему мнению, созданием дополнительного каркаса жесткости кольцом.

По данным оптической когерентной томографии визуализировались уплотнения волокон стромы роговицы в проекции расположения кольца (рис. 2).

### ОБСУЖДЕНИЕ

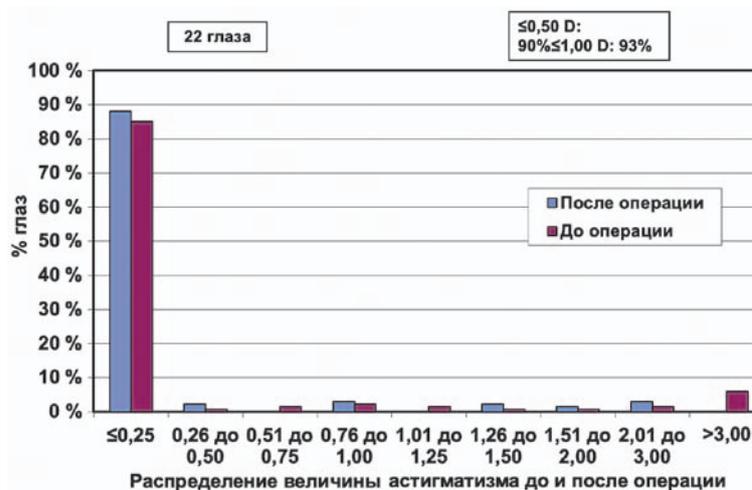
Коррекция миопии высокой степени является одной из самых дискуссионных тем в кераторефракционной хирургии и представляет значительный интерес, так как общепризнанного метода, имеющего минимальное количество недостатков и оптимального для каждого пациента, в настоящее время не существует. Метод интрастромальной имплантации кольца MyoRing продемонстрировал в настоящей работе высокую эффективность в отношении коррекции миопии высокой степени в случаях, когда эксимерлазерная коррекция зрения была неприемлема в связи с ограничением по толщине роговицы и риском развития послеоперационной кератэктазии. Предсказуемость СЭ в пределах  $\pm 0,5$  дптр составила 87 %, в пределах  $\pm 1,0$  дптр — 90 %. Предсказуемость по цилиндрическому компоненту рефракции в пределах  $\pm 0,5$  дптр составила 90 %, в пределах  $\pm 1,0$  дптр — 93 %.

**Таблица 2.** Динамика aberраций высшего порядка до и в разные сроки после фемтолазерной интрастромальной имплантации кольца MyoRing ( $M \pm SD$ ,  $n = 22$ )

**Table 2.** Dynamics of higher order aberrations before and at different periods after femtolasers intraströmally MyoRing implantation ( $M \pm SD$ ,  $n = 22$ )

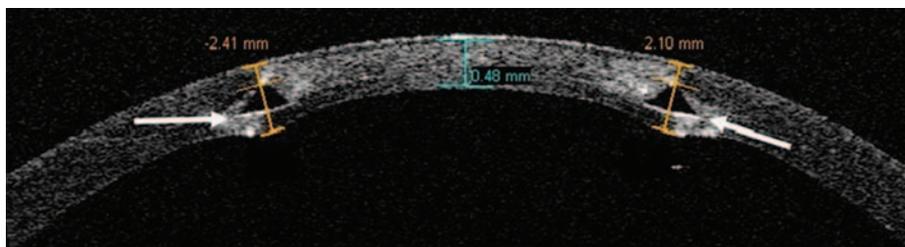
	Z3/-3 Trefoil	Z3/+3 Trefoil	Z3/-1 Coma	Z3/+1 Coma	Z4/0 S/Ab
До операции / Before surgery	$-0,04 \pm 0,03$	$0,00 \pm 0,02$	$0,13 \pm 0,05$	$-0,10 \pm 0,05$	$-0,09 \pm 0,06$
Через 1 год после операции / After 1 year	$-0,14 \pm 0,04$	$-0,04 \pm 0,02$	$0,36 \pm 0,42$	$0,04 \pm 0,38$	$-0,30 \pm 0,35$
Через 2 года / After 2 years	$0,06 \pm 0,07$	$-0,07 \pm 0,01$	$0,1 \pm 0,06$	$0,07 \pm 0,08$	$0,08 \pm 0,10$
$p^*$	1,00	0,02	0,49	0,30	0,03

Примечание:  $p$  —  $t$ -критерий Стьюдента; \* различие данных через 2 года после операции по отношению к исходным данным.  
Note:  $p$  —  $t$ -Student's criterion (\*difference in data 2 years after the operation in relation to the initial data)



**Рис. 1Д.** Распределение величины астигматизма до и через 2 года после операции

**Fig. 1D.** Predictable 2 years after intrastromal implantation of the MyoRing ring with femtolasers support



**Рис. 2.** ОКТ через 2 года после интрастромальной имплантации кольца MyoRing с фемтолазерным сопровождением. Стрелками указаны уплотнения волокон стромы роговицы в проекции расположения кольца

**Fig. 2.** OCT in 2 years after intrastromal MyoRing implantation with femtolasers assistance. Arrows show fiber compaction of corneal stroma in the projection of the location of the ring

Результаты, полученные в настоящем исследовании, сопоставимы с результатами, полученными А. Daxer после интрастромальной имплантации колец MyoRing у пациентов с миопией [7]. По данным автора, после операции сферический эквивалент снизился с  $-10,27$  до  $-0,93$  D, индекс эффективности составил 0,76, индекс безопасности — 1,02.

Современные кераторефракционные операции позволяют получать высокие зрительные результаты. По данным М.В. Eydelman и соавт., удовлетворенность пациентов результатами LASIK (Laser-assisted in situ Keratomileusis) через 7 мес. после операции составила

98,5 %. Данные настоящего исследования незначительно уступают этим результатам и превосходят показатели, полученные в работе Т. Нан и соавт., которые сравнивали предсказуемость коррекции миопии высокой степени методами FS-LASIK (Femtosecond Laser-assisted LASIK) и SMILE (SMall Incision Lenticula Extraction). Пациенты были разделены на две группы: 1 — с высокой близорукостью (до  $-9,0$  дптр), 2 — с чрезвычайно высокой степенью близорукости (более  $-9,0$  дптр). Авторы не обнаружили различий по предсказуемости рефракционного результата после SMILE и FS-LASIK в группе с высокой близорукостью: предсказуемость в пределах  $\pm 0,5$  дптр составила 56 % после SMILE и 58,7 % после FS-LASIK, в пределах  $\pm 1,0$  дптр — 81,3 и 76,1 %, соответственно.

Однако, как известно, операции на роговице имеют ограниченный предел допустимой коррекции, зависящий от исходных параметров роговицы и степени миопии [17]. Кроме того, данный метод коррекции сопряжен с риском развития послеоперационных кератэктазий, что обусловлено увеличением объема удаляемой роговичной ткани и нарушением биомеханических свойств роговицы [18, 19].

Интраокулярные методы коррекции, такие как замена нативного хрусталика и имплантация факичной интраокулярной линзы (ФИОЛ), получили широкое мировое признание. Однако замена прозрачного хрусталика имеет ограничения в применении из-за высокого риска отслойки сетчатки, особенно на глазах с большой осевой длиной ( $>26,0$  мм), а также утраты аккомодации у молодых пациентов [13, 14]. Имплантация ФИОЛ с целью коррекции аметропий высокой степени является хорошей и нередко единственной альтернативой другим методам [15, 16].

По данным D. Yaşa и соавт., оценивающих результаты имплантации заднекамерной ФИОЛ в коррекции миопии высокой степени, предсказуемость СЭ через 12 мес. после операции в пределах  $\pm 0,5$  дптр составила 62 %, в пределах  $\pm 1,0$  дптр — 93 %. Потеря 1 строчки КОЗ встречалась в 2,0 % случаев [20]. Невысокая предсказуемость в пределах  $\pm 0,5$  дптр в сравнительном аспекте с нашими данными, возможно, объясняется недостатками внутриглазных рефракционных операций и показывает преимущество кераторефракционных операций, в том числе в коррекции цилиндрического компонента рефракции.

Одним из важных преимуществ технологии имплантации кольца по сравнению с кераторефракционными операциями является сохранение биомеханических свойств роговицы, так как кольцо, выступая в качестве

дополнительного «лимба», укрепляет каркас роговицы. Почти замкнутый интрастромальный карман с входным в виде тоннельного разреза шириной 4,0 мм является биомеханически нейтральным и не ослабляет структуру роговицы в отличие от технологии LASIK, которая общепризнанно ослабляет биомеханические свойства роговицы [11, 12].

По мнению ряда исследователей, еще одним положительным моментом является возможность повторной центрации кольца в случаях его легкого смещения в сформированном роговичном кармане для получения более высокого рефракционного результата, что совпадает с данными других исследований [8, 9].

Полученные нами данные были стабильными в течение 2-х лет наблюдения. Все пациенты остались довольны результатами операции, и ни в одном случае не понадобилась реоперация по удалению кольца, имеющая место по данным других авторов [3], что обусловлено тщательным обследованием и отбором пациентов на операцию, включающим измерение размера зрачка в мезопических условиях для минимизации индуцированных АВП, непосредственно влияющих на качество полученных зрительных функций.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Через 2 года после имплантации кольца MyoRing для коррекции миопии высокой степени были получены следующие результаты:

1. Сферический компонент рефракции в среднем снизился на  $-10,0 \pm 2,3$  дптр, цилиндрический на  $-1,91 \pm 1,14$  дптр. Предсказуемость СЭ в пределах  $\pm 0,5$  дптр составила 87 %, в пределах  $\pm 1,0$  — 90 % случаев, по цилиндрическому компоненту рефракции — 90 и 93 % случаев соответственно.

2. Индекс безопасности составил 1,16, индекс эффективности — 1,0. Потеря 1 строчки КОЗ имела место в 4,1%, потеря 2-х и более строк — в 1,6 % случаев.

3. Горизонтальный Trefoil (Z3/+3) увеличился на  $0,07 \pm 0,01$  мкм ( $p = 0,02$ ).

4. Биомеханические свойства роговицы повысились за счет создания дополнительного каркаса кольцом и увеличения КГ на  $0,70 \pm 1,18$  мм рт. ст. ( $p = 0,01$ ).

## УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Терентьева А.Е. — концепция и дизайн исследования, написание статьи, получение данных, интерпретация результатов;  
Синицын М.В. — концепция и дизайн исследования, написание статьи, получение данных, интерпретация результатов;  
Куликова И.Л. — научное консультирование, редактирование статьи, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Moussa S., Dietrich M., Lenzhofer M., Ruckhofer J., Reitsameret H.A. Femtosecond laser in refractive corneal surgery. *J Photochem Photobiol Sci.* 2019;18(7):1669–1674. DOI: 10.1039/c9pp00039a
- Шишкин С.А., Дутчин И.В., Сорокин Е.Л. Исследование частоты встречаемости тонкой роговицы среди пациентов с различной степенью миопии. *Современные технологии в офтальмологии.* 2018;2:70–71. [Shishkin S.A., Dutchin I.V., Sorokin E.L. A study of the thin cornea incidence among patients with varying degrees of myopia. *Modern technologies in ophthalmology = Sovremennye tekhnologii v oftal'mologii.* 2018;2:70–71 (In Russ.).]
- Daxer A. Corneal intrastromal 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
- Rattan S.A. Continuous intracorneal ring implantation for treatment of myopic astigmatism. *Int Med Case Rep J.* 2018;11:217–220. DOI: 10.2147/IMCRJ.S173167
- Паштаев Н.П., Поздеева Н.А., Синицын М.В., Шленская О.В. Коррекция миопии высокой степени в сочетании с тонкой роговицей методом фемтолазерной интрастромальной имплантации кольца MyoRing. *Катарактальная и рефракционная хирургия.* 2013;13(4):25–28. [Pashtayev N.P., Pozdeeva N.A.,

- Sinitsyn M.V., Shlenskaya O.V. Correction of high myopia in combination with a thin cornea using femtolasers intrastromal implantation of the MyoRing ring. Cataract and refractive surgery = *Katarakta'naya i refraktsionnaya khirurgiya*. 2013;13(4):25–28 (In Russ.).
6. Alió J.L., Pínero 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
  7. Daxer A. MyoRing treatment of myopia. *J Optom*. 2016;10(3):194–198. DOI: 10.1016/j.optom.2016.06.003
  8. Studený P., Křížová D., Straňák Z., Kuchynka P. Clinical Results after Continuous Corneal ring (MyoRing) Implantation in Keratoconus Patients. *Cesk. Slov. Oftalmol*. 2015;71(1):87–90.
  9. Khorrami-Nejad M., Aghili O., Hashemian H., Aghazadeh-Amiri M., Karimi F. Changes in Corneal Asphericity after MyoRing Implantation in Moderate and Severe Keratoconus. *J Ophthalmic Vis Res*. 2019 Oct 24;14(4):428–435. DOI: 10.18502/jovr.v14i4.5443.
  10. Reinstein D.Z., Waring G.O. Graphic reporting of outcomes of refractive surgery. *J Refract Surg*. 2009;25(11):975–978. DOI: 10.3928/1081597X-20091016-01
  11. Reinstein D.Z., Archer T.J., Randleman J.B. Mathematical model to compare the relative tensile strength of the cornea after PRK, LASIK and small incision lenticule extraction. *J Refract Surg*. 2013;29(7):454–460. DOI: 10.3928/1081597X-20130617-03
  12. Daxer A. Biomechanics of the cornea. *Int J Kerat Ectatic Cor Dis*. 2014;3(2):57–62. DOI: 10.5005/jp-journals-10025-1080
  13. Guell J.L., Rodriguez-Arenas A.F., Gris O., Malecaze F., Velasco F. Phacoemulsification of crystalline lens and implantation of intraocular lens for the correction of moderate and high myopia: 4 years follow-up. *J Cataract Refract Surg*. 2003;29(1):34–38. DOI: 10.1016/s0886-3350(02)01944-2
  14. Fernandez-Vega L., Alfonso J.E., Villacamp T. Clear lens extraction for the correction of high myopia. *Ophthalmology*. 2003;110(12):2349–2354. DOI: 10.1016/S0161-6420(03)00794-2
  15. Kohner T., Knorz M.C., Cochener B., Gerl R.H., Arné J.L., Colin J., Alió J.L., Bellucci R., Marinho A. AcrySof phakic angle-supported intraocular lens for the correction of moderate-to-high myopia: one-year results of a multicenter European study. *Ophthalmology*. 2009;116(7):1314–1321. DOI: 10.1016/j.ophtha.2009.01.041
  16. Toso A., Morselli S. Visual and aberrometric outcomes in eyes with an angle-supported phakic intraocular lens. *J Cataract Refract Surg*. 2012;38(9):1590–1594. DOI: 10.1016/j.jcrs.2012.04.038
  17. Barsam A., Allan B.D. Excimer laser refractive surgery versus phakic intraocular lenses for the correction of moderate to high myopia. *Cochrane Database Syst Rev*. 2010;12(5):CD007679. DOI: 10.1002/14651858.CD007679.pub2
  18. Alió J.L., Soria F., Abbouda A., Peña-García P. Laser in situ keratomileusis for –6.00 to –18.00 diopters of myopia and up to –5.00 diopters of astigmatism: 15-year follow-up. *J Cataract Refract Surg*. 2015;41(1):33–40. DOI: 10.1016/j.jcrs.2014.08.029
  19. Pallikaris I.G., Kymionis G.D., Astyrakakis N.I. Corneal ectasia induced by laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*. 2001;27(11):1796–1802. DOI: 10.1016/s0886-3350(01)01090-2
  20. Dilek Y., Ufuk Ü., Alper A., Yusuf Y., Burçin Kepez Y. Early Results with a New Posterior Chamber Phakic Intraocular Lens in Patients with High Myopia. *J Ophthalmology*. 2018;1329874. DOI: 10.1155/2018/1329874

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Чебоксарский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации Куликова Ирина Леонидовна  
доктор медицинских наук, профессор, зам. директора по лечебной работе  
пр-т Тракторостроителей, 10, Чебоксары, 428028, Российская Федерация  
<https://orcid.org/0000-0001-5320-8524>

Чебоксарский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации Терентьева Анна Евгеньевна  
врач-офтальмолог  
пр-т Тракторостроителей, 10, Чебоксары, 428028, Российская Федерация  
<https://orcid.org/0000-0002-7719-8778>

Чебоксарский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации Синицын Максим Владимирович  
кандидат медицинских наук, врач-офтальмолог, заведующий детским отделением  
пр-т Тракторостроителей, 10, Чебоксары, 428028, Российская Федерация  
<https://orcid.org/0000-0002-7285-1782>

## ABOUT THE AUTHORS

Cheboksary branch of S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution Kulikova Irina L.  
MD, professor, deputy director for clinical work  
Tractorostroiteley ave., 10, Cheboksary, 428028, Russian Federation  
<https://orcid.org/0000-0001-5320-8524>

Cheboksary branch of S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution Terent'eva Anna E.  
ophthalmologist  
Tractorostroiteley ave., 10, Cheboksary, 428028, Russian Federation  
<https://orcid.org/0000-0002-7719-8778>

Cheboksary branch of S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution Sinitsyn Maksim V.  
PhD, ophthalmologist, head of the Children's department  
Tractorostroiteley ave., 10, Cheboksary, 428028, Russian Federation  
<https://orcid.org/0000-0002-7285-1782>