

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОРРЕКЦИИ ИРРЕГУЛЯРНОГО ПОСТКЕРАТОПЛАСТИЧЕСКОГО АСТИГМАТИЗМА СКЛЕРАЛЬНЫМИ ЛИНЗАМИ И ИМПЛАНТАЦИЕЙ ИНТРАСТРОМАЛЬНОГО КОЛЬЦА

Синицын М.В.,  
Поздеева Н.А.

Чебоксарский филиал ФГАУ  
«НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза»  
имени академика С.Н. Фёдорова»  
Минздрава России (428028, г. Чебоксары,  
просп. Тракторостроителей, 10, Россия)

Автор, ответственный за переписку:  
Синицын Максим Владимирович,  
e-mail: mntksinicin@mail.ru

### РЕЗЮМЕ

**Введение.** Многие пациенты после сквозной кератопластики (СКП) сталкиваются с индуцированным посткератопластическим астигматизмом, который нередко бывает иррегулярным (ИПА) и вызывает увеличение роговичных аберраций, снижающих остроту и качество зрения.

**Цель исследования.** Провести сравнительный анализ влияния жёстких газопроницаемых склеральных линз (ЖГСЛ) и метода имплантации кольца MyoRing на клинико-функциональные показатели у пациентов с ИПА.

**Материал и методы.** В клиническое исследование вошли 60 пациентов (60 глаз). Возраст пациентов с ИПА составил от 25 до 42 лет. У всех пациентов в анамнезе была выполнена СКП. Все пациенты в зависимости от метода коррекции ИПА были разделены на две группы. В I группу вошли 30 пациентов (30 глаз), которым были подобраны ЖГСЛ. II группу составили 30 пациентов (30 глаз), которым была выполнена имплантация кольца MyoRing в сквозной роговичный трансплантат. Срок наблюдения составил 1 год.

**Результаты.** Через 12 месяцев наблюдения было отмечено большее повышение некорригированной остроты зрения в среднем на 3 строки, корригированной остроты зрения – на 2 строки; большее снижение роговичных аберраций в фото- (среднеквадратичное отклонение волнового фронта (RMS, root mean square) суммарных аберраций (RMS total) на  $0,30 \pm 0,08$  мкм, RMS аберраций высших порядков (RMS HOA, RMS of higher order aberrations) – на  $1,01 \pm 0,24$  мкм) и мезопических условиях (RMS total – на  $0,33 \pm 0,09$  мкм, RMS HOA – на  $0,08 \pm 0,03$  мкм) у пациентов, носящих ЖГСЛ, по сравнению с пациентами после имплантации кольца MyoRing в сквозной роговичный трансплантат.

**Заключение.** У пациентов I группы, носящих ЖГСЛ, было отмечено большее улучшение остроты зрения и снижение роговичных аберраций в фото- и мезопических условиях по сравнению со II группой (после имплантации кольца MyoRing) при сроке наблюдения 12 месяцев.

**Ключевые слова:** иррегулярный посткератопластический астигматизм, кольцо MyoRing, склеральная линза

Статья поступила: 18.12.2022

Статья принята: 13.07.2023

Статья опубликована: 28.09.2023

**Для цитирования:** Синицын М.В., Поздеева Н.А. Сравнительный анализ коррекции иррегулярного посткератопластического астигматизма склеральными линзами и имплантацией интрастромального кольца. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(4): 199-206. doi: 10.29413/ABS.2023-8.4.22

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CORRECTION OF IRREGULAR POSTKERATOPLASTIC ASTIGMATISM WITH SCLERAL LENSES AND INTRASTROMAL RING IMPLANTATION

Sinitsyn M.V.,  
Pozdeyeva N.A.

Cheboksary Branch of the S. Fyodorov  
Eye Microsurgery Federal State Institution  
(Traktorstroiteley ave. 10, Cheboksary  
428028, Russian Federation)

Corresponding author:  
Maxim V. Sinitsyn,  
e-mail: mntksinicin@mail.ru

### ABSTRACT

**Background.** Many patients after penetrating keratoplasty (PK) experience induced postkeratoplastic astigmatism, which is often irregular and causes an increase in corneal aberrations that reduce visual acuity and quality.

**The aim of the study.** To conduct a comparative analysis of the effect of rigid gas permeable scleral lenses and the MyoRing implantation method on clinical and functional parameters in patients with IPA.

**Material and methods.** The clinical study included 60 patients (60 eyes). The age of patients with IPA was from 25 to 42 years. All patients underwent penetrating keratoplasty. All patients were divided into two groups depending on the method for irregular postkeratoplastic astigmatism correction. Group I included 30 patients (30 eyes) who were fitted with rigid gas permeable scleral lenses. Group II consisted of 30 patients (30 eyes) who underwent implantation of the MyoRing into a penetrating corneal graft. The observation period was 1 year.

**Results.** After 12 months of observation, there was a greater increase in uncorrected visual acuity by an average of 3 lines, in corrected visual acuity – by 2 lines; a greater decrease in corneal aberrations in photo- (root mean square (RMS) of total aberrations (RMS total) by  $0.30 \pm 0.08 \mu\text{m}$ , RMS of higher order aberrations (RMS HOA) – by  $1.01 \pm 0.24 \mu\text{m}$ ) and mesopic conditions (RMS total – by  $0.33 \pm 0.09 \mu\text{m}$ , RMS HOA – by  $0.08 \pm 0.03 \mu\text{m}$ ) in patients wearing rigid gas permeable scleral lenses compared with patients after MyoRing implantation into a penetrating corneal graft.

**Conclusion.** Patients of group I, wearing rigid gas permeable scleral lenses, showed a greater improvement in visual acuity and a decrease in corneal aberrations in photo- and mesopic conditions compared to the patients of group II (after MyoRing implantation) at a follow-up period of 12 months.

**Key words:** irregular postkeratoplastic astigmatism, MyoRing, scleral lens

Received: 18.12.2022  
Accepted: 13.07.2023  
Published: 28.09.2023

**For citation:** Sinitsyn M.V., Pozdeyeva N.A. Comparative analysis of the correction of irregular postkeratoplastic astigmatism with scleral lenses and intrastromal ring implantation. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(4): 199-206. doi: 10.29413/ABS.2023-8.4.22

## АКТУАЛЬНОСТЬ

Выполнение сквозной кератопластики (СКП), особенно у пациентов с кератоконусом и пеллюцидной краевой дегенерацией роговицы, приводит к возникновению индуцированного посткератопластического астигматизма (ПА), который нередко бывает иррегулярным [1]. Чем больше степень иррегулярного ПА, тем выше значение роговичных аберраций, особенно высших порядков, снижающих остроту и качество зрения пациентов и в итоге приводящих к их неудовлетворённости функциональным результатом СКП [2]. Таким образом, коррекция ПА и особенно его иррегулярной формы является важной задачей в лечении данной категории пациентов. В настоящее время лидирующие позиции в коррекции иррегулярной формы ПА занимает контактная коррекция жёсткими газопроницаемыми склеральными линзами (ЖГСЛ) [3]. ЖГСЛ сглаживают все неровности роговичного трансплантата за счёт слёзного мениска, расположенного в подлинзовом пространстве, а также одновременно корригируют посткератопластическую аметропию [4]. Однако не все пациенты переносят ЖГСЛ: ограничения в ношении ЖГСЛ возникают при определённых условиях работы (например, высокая температура воздуха на производстве в цехах), в ряде случаев ограничивающим фактором является стоимость данных линз и т. д. Появившийся в последние годы метод имплантации кольца MyoRing в роговичный трансплантат является достаточно перспективным направлением и может быть альтернативным методом коррекции ПА, в том числе его иррегулярной формы, у пациентов при невозможности ношения ЖГСЛ [5]. После имплантации кольца MyoRing в роговичный трансплантат в нем создаётся так называемый условно «дополнительный лимб», расположенный симметрично по отношению к зрительной оси пациента, относительно которого равномерно уплощается роговичный трансплантат и повышается его сферичность и регулярность [6]. В связи с вышесказанным, а также с ограниченной информацией в литературных источниках по результатам имплантации кольца MyoRing в роговичный трансплантат сравнительный анализ влияния ЖГСЛ и метода имплантации кольца MyoRing на клинико-функциональные показатели у пациентов с иррегулярным посткератопластическим астигматизмом является достаточно актуальным.

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Провести сравнительный анализ влияния жёстких газопроницаемых склеральных линз и метода имплантации кольца MyoRing на клинико-функциональные показатели у пациентов с иррегулярным посткератопластическим астигматизмом.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Нами было исследовано 60 пациентов (60 глаз) в возрасте от 25 до 42 лет (средний возраст составил

33 ± 6,1 года). Из них было 37 мужчин и 23 женщины. У всех пациентов в анамнезе 4–10 лет назад была выполнена СКП по поводу кератоконуса IV стадии. Все роговичные трансплантаты были прозрачными. Диаметр роговичного трансплантата составлял у 48 глаз 8,0 мм, у 12 глаз – 8,5 мм. У всех пациентов по данным кератотопографии была отмечена иррегулярная форма ПА. Все пациенты в зависимости от метода коррекции посткератопластической аметропии были разделены на две группы.

В I группу вошли 30 пациентов (30 глаз), которым были подобраны ЖГСЛ OKVision канадской фирмы OKV-RGP Onefit Med. Данный вид ЖГСЛ был изготовлен из материала Contamac Optimum Extra с кислородной проницаемостью в 100 ед. Диаметр ЖГСЛ составлял 15,6 мм, толщина в центре – 0,22 мм. С помощью оптической когерентной томографии (ОКТ) роговицы оценивали центриацию ЖГСЛ, положение её края в разных квадрантах, а также толщину центрального, периферического и лимбального клиренсов.

II группу составили 30 пациентов (30 глаз), которым была выполнена имплантация кольца MyoRing (Dioptrix, Австрия) в сквозной роговичный трансплантат с применением фемтосекундного лазера (ФСЛ) «ФемтоВизум» 1 МГц (Троицк, Россия). Операцию выполняли в два этапа. На I-м этапе формировали интрастромальный карман в пределах роговичного трансплантата диаметром 8,0 мм на глубине 80 % от минимальной толщины роговичного трансплантата с помощью ФСЛ. Длина входного тоннельного разреза составила 1,0 мм, ширина – 4,5 мм. II этапом при помощи специального пинцета имплантировали кольцо MyoRing диаметром 5,0 мм, толщиной 0,5 мм и высотой от 200 до 320 мкм в сформированный интрастромальный карман через входной тоннельный разрез. Подбор параметров цельного кольца рассчитывался, исходя из значения сферического и цилиндрического компонентов рефракции [7]. Центриация кольца проводилась с учётом расположения зрительной оси пациента.

Всем пациентам до установки ЖГСЛ и в период их ношения, а также до и после имплантации кольца MyoRing в роговичный трансплантат было проведено офтальмологическое обследование, в которое входили: авторефрактокератометрия, визометрия, биомикроскопия, компьютерная кератотопография на аппарате TMS-4 (Tomey, Япония), аберрометрия на аппарате Pentacam (Oculus Optikgerate GmbH, Германия), подсчёт плотности эндотелиальных клеток (ПЭК) на аппарате Confoscan-4 (Nidek, Япония), ОКТ роговичного трансплантата на аппарате Casia-2 (Tomey, Япония). Анализ роговичных аберраций в обеих группах проводился в 3,0 мм оптической зоне с целью создания условий, приближенных к фотопическим, без попадания края интрастромального кольца в поле зрения пациента, а также в 6,0 мм зоне – для создания условий, приближенных к мезопическим и попадания края интрастромального кольца в поле зрения пациента. Срок наблюдения составил 1 год.

Все исследования и манипуляции выполнены в соответствии с принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации об этических принципах проведения медицинских исследований с участием человека в качестве субъекта.

Статистическую обработку данных выполняли в программе IBM SPSS Statistics 20 (IBM Corp., США). При проверке нормальности распределений изучаемых параметров использовали критерий Шапиро – Уилка. Статистическую значимость различий изучаемых параметров оценивали по параметрическому t-критерию для зависимых переменных в связи с нормальным распределением значений изучаемых параметров. При сравнении между собой в обеих группах средних значений изучаемых параметров использовался t-критерий для независимых выборок. Среднее значение остроты зрения было пересчитано логарифмически. Значения изучаемых параметров представлены в виде  $M \pm SD$ , где  $M$  – среднее арифметическое,  $SD$  – стандартное отклонение (standard deviation). В обеих группах значения изучаемых параметров до подбора ЖГСЛ и имплантации кольца MyoRing были сопоставимы между собой ( $p > 0,05$ ). При проведении статистического анализа сравнивали изучаемые параметры в обеих группах на следующий день, через 6 и 12 месяцев по сравнению с данными до подбора ЖГСЛ в I группе

и с дооперационными значениями – во II группе наблюдения. Также сравнивали значения изучаемых параметров между группами через 12 месяцев наблюдения в связи со стабилизацией к этому сроку клинико-функциональных показателей во II группе. Различия изучаемых параметров считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

На следующий день после подбора ЖГСЛ все пациенты I группы отмечали значительное повышение остроты зрения. Среднее значение некорректированной остроты зрения (НКОЗ) повысилось в 10,1 раза, скорректированной остроты зрения (КОЗ) – в 4,3 раза (табл. 1).

Сферический компонент рефракции (СКР) снизился на  $6,10 \pm 1,27$  дптр, цилиндрический компонент рефракции (ЦКР) – на  $4,65 \pm 1,32$  дптр. По данным кератотопографии в ЖГСЛ среднее значение кератометрии ( $K_{cp}$ ) снизилось на  $3,6 \pm 1,0$  дптр, индекс регулярности роговичной

**ТАБЛИЦА 1**  
**ДААННЫЕ КЛИНИКО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДО И В РАЗНЫЕ СРОКИ ПОСЛЕ НОШЕНИЯ ЖЁСТКИХ ГАЗОПРОНИЦАЕМЫХ СКЛЕРАЛЬНЫХ ЛИНЗ (I ГРУППА; n = 30) И ИНТРАСТРОМАЛЬНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ КОЛЬЦА MYORING В СКВОЗНОЙ РОГОВИЧНЫЙ ТРАНСПЛАНТАТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФЕМТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРА (II ГРУППА; n = 30), M ± SD**

**TABLE 1**  
**CLINICAL AND FUNCTIONAL PARAMETERS BEFORE AND AT DIFFERENT TERMS AFTER WEARING RIGID GAS PERMEABLE SCLERAL LENSES (GROUP I; n = 30) AND INTRASTROMAL MYORING IMPLANTATION INTO THE PENETRATING CORNEAL GRAFT USING A FEMTOSECOND LASER (GROUP II; n = 30), M ± SD**

Группы	Параметры	До подбора ЖГСЛ (операции)	На следующий день			Через 6 мес.		Через 12 мес.	
		M ± SD	M ± SD	p	M ± SD	p	M ± SD	p	
I группа ЖГСЛ (n = 30)	НКОЗ	0,08 ± 0,05	0,81 ± 0,12	0,0047	0,81 ± 0,12	0,0047	0,81 ± 0,12	0,0047	
	КОЗ	0,19 ± 0,11	0,81 ± 0,14	0,0058	0,81 ± 0,14	0,0058	0,81 ± 0,14	0,0058	
	$K_{cp}$ , дптр	48,7 ± 3,9	42,6 ± 2,9	0,0066	42,6 ± 2,9	0,0066	42,6 ± 2,9	0,0066	
	SRI	1,3 ± 0,3	0,4 ± 0,1	0,0096	0,4 ± 0,1	0,0096	0,4 ± 0,1	0,0096	
	SAI	2,2 ± 0,9	0,5 ± 0,1	0,0083	0,5 ± 0,1	0,0083	0,5 ± 0,1	0,0083	
	СКР, дптр	-6,25 ± 2,35	-0,15 ± 0,08	0,0061	-0,15 ± 0,08	0,0061	-0,15 ± 0,08	0,0061	
	ЦКР, дптр	-5,15 ± 1,54	-0,5 ± 0,22	0,0055	-0,5 ± 0,22	0,0055	-0,5 ± 0,22	0,0055	
	ПЭК, кл./мм <sup>2</sup>	2106 ± 320	2112 ± 325	0,1232	2076 ± 311	0,0156	2047 ± 295	0,0146	
II группа Имплантация кольца MyoRing с применением ФСЛ (n = 30)	НКОЗ	0,09 ± 0,05	0,26 ± 0,04	0,0352	0,44 ± 0,04	0,0152	0,53 ± 0,04	0,0152	
	КОЗ	0,16 ± 0,10	0,48 ± 0,06	0,0362	0,59 ± 0,06	0,0163	0,71 ± 0,07	0,0145	
	$K_{cp}$ , дптр	49,26 ± 4,11	40,96 ± 2,21	0,0169	41,93 ± 3,11	0,0135	42,96 ± 3,44	0,0152	
	SRI	1,49 ± 0,43	1,33 ± 0,28	0,0288	1,29 ± 0,22	0,0233	1,22 ± 0,21	0,0235	
	SAI	2,69 ± 1,10	1,79 ± 0,54	0,0278	1,71 ± 0,51	0,0246	1,62 ± 0,48	0,0226	
	СКР, дптр	-7,05 ± 2,51	1,25 ± 0,45	0,0354	0,28 ± 0,28	0,0216	-0,75 ± 0,35	0,0215	
	ЦКР, дптр	-5,85 ± 1,71	-2,85 ± 1,12	0,0235	-2,36 ± 1,01	0,0274	-1,75 ± 0,85	0,0269	
	ПЭК, кл./мм <sup>2</sup>	2054 ± 231	2050 ± 226	0,3111	2021 ± 215	0,0215	1992 ± 203	0,0269	

**Примечание.**  $K_{cp}$  – среднее значение кератометрии; SRI – индекс регулярности роговичной поверхности (Surface Regularity Index); SAI – индекс асимметрии роговичной поверхности (Surface Asymmetry Index); СКР – сферический компонент рефракции; ЦКР – цилиндрический компонент рефракции

поверхности (SRI, surface regularity index) – на  $0,9 \pm 0,2$ , индекс асимметрии роговичной поверхности (SAI, surface asymmetry index) – на  $1,7 \pm 0,8$ , сферический компонент рефракции – на  $6,10 \pm 2,27$  дптр, цилиндрический компонент рефракции – на  $4,65 \pm 1,32$  дптр. Полученные данные оставались стабильными на протяжении всего периода наблюдения и согласуются с данными литературы [7–9]. Через год ношения ЖГСЛ коэффициент эффективности (Кэф) составил  $4,3 \pm 0,8$ , коэффициент безопасности (Кб) –  $4,3 \pm 0,9$ .

При анализе роговичных aberrаций, измеренных у пациентов на следующий день после подбора в ЖГСЛ на аппарате Pentacam, было отмечено снижение в фотопических условиях (в 3 мм оптической зоне) среднеквадратичного отклонения волнового фронта (RMS, root mean square) суммарных aberrаций (RMS Total) в 3,6 раза, RMS aberrаций высшего порядка (RMS HOA, RMS of higher order aberrations) – в 3,4 раза, RMS сферических aberrаций (RMS SA, RMS of spherical aberrations) – в 2 раза, RMS кома (RMS Coma) – в 2,8 раза, RMS треfoil (RMS Trefoil) – в 4,2 раза по сравнению с данными до подбора ЖГСЛ (табл. 2).

В 6 мм оптической зоне RMS Total уменьшилось в 2,4 раза, RMS HOA – в 2,5 раза, RMS SA – в 1,6 раза, RMS Coma – в 4,3 раза, RMS Trefoil – в 4,3 раза (табл. 3).

Полученные результаты оставались стабильными в течение 12 мес. наблюдения и коррелировали с ли-

тературными данными. В 2019 г. В.И. Тихоновой и соавт. было проведено клиническое исследование изменения роговичных aberrаций после подбора ЖГСЛ на 8 глазах (8 пациентов) после СКП по данным аппарата OPD-Scan II (Nidek, Япония). Авторами было отмечено снижение в ЖГСЛ роговичных aberrаций высших порядков в 3 мм (RMS HOA уменьшилось в 3,8 раза, RMS Trefoil – в 2,7 раза, RMS SA – в 2,9 раза) и 5 мм оптических зонах (RMS HOA снизилось в 3,0 раза, RMS Trefoil – в 3,4 раза, RMS SA – в 3,1 раза) [8]. В 2021 г. А. Penbe и соавт. на фоне ношения ЖГСЛ у 35 пациентов (38 глаз) после СКП отмечали значительное снижение aberrаций высшего порядка, особенно комы, сферических aberrаций, астигматизма, что согласуется с результатами данного исследования [9].

Минимальная толщина роговичного трансплантата (МТПТ) в центре, измеренная при помощи ОКТ Casia-2 до ношения ЖГСЛ составляла в среднем  $532,3 \pm 33,4$  мкм. Через 12 мес. у всех пациентов после очередного 8-часового ношения ЖГСЛ снималась и замерялась МТПТ в центре, которая составила  $543,5 \pm 36,2$  мкм. Таким образом, увеличение МТПТ в центре не превышало 2,1 %, что свидетельствовало об отсутствии клинически значимого отека роговичного трансплантата. По данным литературы, увеличение минимальной толщины роговицы в центре менее 4,0 % после снятия ЖГСЛ, как в данном клиниче-

**ТАБЛИЦА 2**  
**РОГОВИЧНЫЕ АБЕРРАЦИИ В ФОТОПИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ (В 3,0 ММ ОПТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ) ПО ДАННЫМ АППАРАТА ПЕНТАСАМ ДО И В РАЗНЫЕ СРОКИ ПОСЛЕ НОШЕНИЯ ЖЁСТКИХ ГАЗОПРОНИЦАЕМЫХ СКЛЕРАЛЬНЫХ ЛИНЗ (I ГРУППА; n = 30) И ИНТРАСТРОМАЛЬНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ КОЛЬЦА MYORING В СКВОЗНОЙ РОГОВИЧНЫЙ ТРАНСПЛАНТАТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФЕМТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРА (II ГРУППА; n = 30), M ± SD**

**TABLE 2**  
**CORNEAL ABERRATIONS IN PHOTOPIC CONDITIONS (IN 3.0 MM OPTICAL ZONE) ACCORDING TO PENTACAM DATA BEFORE AND AT DIFFERENT TERMS AFTER WEARING RIGID GAS PERMEABLE SCLERAL LENSES (GROUP I; n = 30) AND INTRASTROMAL MYORING IMPLANTATION INTO THE PENETRATING CORNEAL GRAFT USING A FEMTOSECOND LASER (GROUP II; n = 30), M ± SD**

Группы	Вид aberrации, RMS	3,0 мм оптическая зона						
		До подбора ЖГСЛ (операции)	на следующий день		через 6 мес.		через 12 мес.	
		M ± SD	M ± SD	p	M ± SD	p	M ± SD	p
I группа ЖГСЛ (n = 30)	Total, мкм	1,96 ± 0,65	0,55 ± 0,22	0,0053	0,55 ± 0,22	0,0053	0,55 ± 0,22	0,0053
	HOA, мкм	3,11 ± 1,22	0,91 ± 0,32	0,0058	0,91 ± 0,32	0,0058	0,91 ± 0,32	0,0058
	SA, мкм	-0,040 ± 0,030	-0,020 ± 0,005	0,0088	-0,020 ± 0,005	0,0088	-0,020 ± 0,005	0,0088
	Coma, мкм	0,11 ± 0,05	0,04 ± 0,02	0,0189	0,04 ± 0,02	0,0189	0,04 ± 0,02	0,0189
	Trefoil, мкм	0,21 ± 0,13	0,05 ± 0,02	0,0352	0,05 ± 0,02	0,0352	0,05 ± 0,02	0,0352
II группа Имплантация кольца MyoRing с применением ФСЛ (n = 30)	Total, мкм	2,26 ± 0,73	1,42 ± 0,22	0,0123	1,34 ± 0,22	0,0144	1,15 ± 0,22	0,0164
	HOA, мкм	3,17 ± 1,33	2,24 ± 0,29	0,0254	2,11 ± 0,26	0,0246	1,91 ± 0,22	0,0296
	SA, мкм	-0,07 ± 0,05	-0,06 ± 0,03	0,0368	-0,05 ± 0,02	0,0346	-0,04 ± 0,02	0,0396
	Coma, мкм	0,16 ± 0,05	0,12 ± 0,04	0,0189	0,11 ± 0,03	0,0189	0,09 ± 0,03	0,0189
	Trefoil, мкм	0,25 ± 0,12	0,16 ± 0,05	0,0362	0,14 ± 0,05	0,0363	0,12 ± 0,04	0,0396

ТАБЛИЦА 3

РОГОВИЧНЫЕ АБЕРРАЦИИ В МЕЗОПИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ (В 6,0 ММ ОПТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ) ПО ДАННЫМ АППАРАТА РЕНТАСАМ ДО И В РАЗНЫЕ СРОКИ ПОСЛЕ НОШЕНИЯ ЖЁСТКИХ ГАЗОПРОНИЦАЕМЫХ СКЛЕРАЛЬНЫХ ЛИНЗ (I ГРУППА;  $n = 30$ ) И ИНТРАСТРОМАЛЬНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ КОЛЬЦА MYORING В СКВОЗНОЙ РОГОВИЧНЫЙ ТРАНСПЛАНТАТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФЕМТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРА (II ГРУППА;  $n = 30$ ),  $M \pm SD$

TABLE 3

CORNEAL ABERRATIONS IN PHOTOPIC CONDITIONS (IN 6.0 MM OPTICAL ZONE) ACCORDING TO PENTACAM DATA BEFORE AND AT DIFFERENT TERMS AFTER WEARING RIGID GAS PERMEABLE SCLERAL LENSES (GROUP I;  $n = 30$ ) AND INTRASTROMAL MYORING IMPLANTATION INTO THE PENETRATING CORNEAL GRAFT USING A FEMTOSECOND LASER (GROUP II;  $n = 30$ ),  $M \pm SD$

Группы	Вид аберрации, RMS	До подбора ЖГСЛ (операции) $M \pm SD$	3,0 мм оптическая зона						
			на следующий день			через 6 мес.		через 12 мес.	
			$M \pm SD$	$p$	$M \pm SD$	$p$	$M \pm SD$	$p$	
I группа ЖГСЛ ( $n = 30$ )	Total, мкм	3,16 ± 1,23	1,33 ± 0,45	0,0063	1,33 ± 0,45	0,0063	1,33 ± 0,45	0,0063	
	HOA, мкм	4,12 ± 1,31	1,66 ± 0,39	0,0095	1,66 ± 0,39	0,0095	1,66 ± 0,39	0,0095	
	SA, мкм	0,41 ± 0,18	0,25 ± 0,04	0,0046	0,25 ± 0,04	0,0046	0,25 ± 0,04	0,0046	
	Coma, мкм	0,99 ± 0,51	0,23 ± 0,04	0,0236	0,23 ± 0,04	0,0236	0,23 ± 0,04	0,0236	
	Trefoil, мкм	0,95 ± 0,43	0,22 ± 0,03	0,0214	0,22 ± 0,03	0,0214	0,22 ± 0,03	0,0214	
II группа Имплантация кольца MyoRing с применением ФСЛ ( $n = 30$ )	Total, мкм	3,3 ± 1,23	2,03 ± 0,72	0,0163	1,93 ± 0,69	0,0165	1,8 ± 0,65	0,0142	
	HOA, мкм	4,82 ± 1,55	2,83 ± 0,86	0,0136	2,64 ± 0,79	0,0145	2,44 ± 0,62	0,0185	
	SA, мкм	0,33 ± 0,19	0,45 ± 0,21	0,0156	0,49 ± 0,22	0,0167	0,55 ± 0,24	0,0187	
	Coma, мкм	0,94 ± 0,42	0,95 ± 0,44	0,0288	0,99 ± 0,46	0,0294	1,03 ± 0,49	0,0268	
	Trefoil, мкм	0,99 ± 0,44	1,02 ± 0,45	0,0356	1,09 ± 0,48	0,0368	1,13 ± 0,49	0,0389	

ском исследовании, соответствует физиологической норме, так как не превосходит увеличение толщины роговицы при физиологическом отёке после сна [10, 11]. В 2016 г. J. Vincent и соавт. у 15 пациентов (на 15 глазах) после снятия ЖГСЛ было получено увеличение минимальной толщины роговицы в центре, не превышающей 2 % от минимальной толщины роговицы до ношения ЖГСЛ [12].

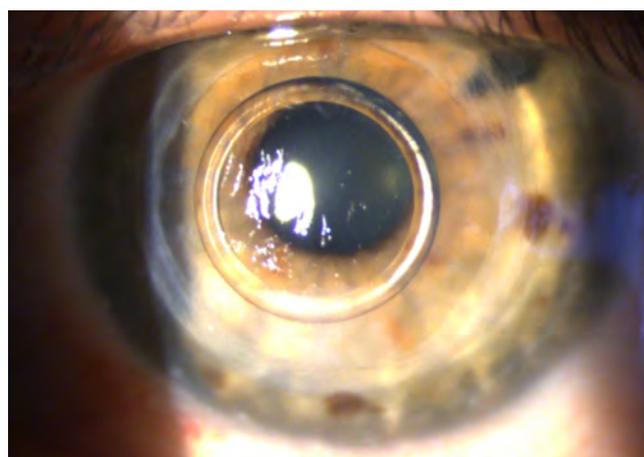
Через 12 месяцев наблюдения, по данным Confoscan-4, было отмечено снижение ПЭК на 2,8 %, что не превышало физиологической потери.

Во II группе после имплантации интрастромального кольца MyoRing в роговичный трансплантат интра- и послеоперационных осложнений ни у одного из пациентов отмечено не было. У всех пациентов при проведении биомикроскопии в 1-й день после операции визуализировали прозрачный сквозной роговичный трансплантат, кольцо MyoRing располагалось центрировано относительно зрительной оси (рис. 1).

В первый день после операции было отмечен высокий рефракционный результат. НКОЗ увеличилась на  $0,17 \pm 0,02$ , КОЗ – на  $0,32 \pm 0,04$ . СКР снизился на  $8,3 \pm 2$  дптр, ЦКР – на  $3,0 \pm 0,5$  дптр. Через 6 мес. после операции НКОЗ увеличилась ещё на  $0,18 \pm 0,04$ , КОЗ – на  $0,11 \pm 0,04$ , СКР повысился на  $0,97 \pm 0,17$  дптр, ЦКР уменьшился ещё на  $0,49 \pm 0,11$  дптр. Через 12 мес. после операции НКОЗ увеличилась ещё на  $0,09 \pm 0,04$ , КОЗ – на  $0,12 \pm 0,05$ , СКР повысился ещё на  $0,47 \pm 0,07$  дптр,

ЦКР – уменьшился ещё на  $0,61 \pm 0,16$  дптр. Через 1 год после операции Кэф составил  $3,3 \pm 0,6$ , Кб –  $4,4 \pm 0,6$ .

При анализе полученных кератотопографических показателей в первый день после операции отмеча-



**РИС. 1.** Биомикроскопия роговичного трансплантата в первый день после имплантации кольца MyoRing с применением фемтосекундного лазера

**FIG. 1.** Biomicroscopy of a corneal graft on the first day after MyoRing implantation using femtosecond laser

лось снижение значений  $K_{ср.}$  на  $8,3 \pm 1,9$  дптр, SRI – на  $0,16 \pm 0,05$ , SAI – на  $0,9 \pm 0,2$ . Через 6 мес. после операции  $K_{ср.}$  увеличился на  $0,97 \pm 0,31$  дптр, SRI уменьшился ещё на  $0,04 \pm 0,02$ , SAI – на  $0,08 \pm 0,03$ . Через 12 мес. после операции  $K_{ср.}$  увеличился ещё на  $1,03 \pm 0,33$  дптр, SRI уменьшился ещё на  $0,07 \pm 0,02$ , SAI – на  $0,09 \pm 0,03$ .

Спустя 12 мес. наблюдения за пациентами в обеих группах была отмечена статистически значимая разница данных НКОЗ, КОЗ, SRI, SAI, ЦКР ( $p < 0,05$ ); разница по  $K_{ср.}$  и СКР отсутствовала ( $p > 0,05$ ). В I группе было большее увеличение НКОЗ в среднем на 3 строки, КОЗ – на 2 строки, снижение SRI в 3,3 раза, SAI – в 1,7 раза, ЦКР – на  $0,55 \pm 0,12$  дптр по сравнению со II группой.

При анализе роговичных аберраций, измеренных у пациентов на следующий день после операции в фотопических условиях, RMS Total снизилось в 1,6 раза, RMS HOA – в 1,4 раза, RMS SA – в 1,2 раза, RMS Coma – в 1,3 раза, RMS Trefoil – в 1,6 раза. Через 6 мес. после операции RMS Total уменьшилось ещё на  $0,08 \pm 0,04$  мкм, RMS HOA – на  $0,13 \pm 0,04$  мкм, RMS SA – на  $0,01 \pm 0,01$  мкм, RMS Coma – на  $0,01 \pm 0,01$  мкм, RMS Trefoil – на  $0,02 \pm 0,01$  мкм. Через 12 мес. после операции RMS Total уменьшилось ещё на  $0,19 \pm 0,04$  мкм, RMS HOA – на  $0,2 \pm 0,04$  мкм, RMS SA – на  $0,01 \pm 0,01$  мкм, RMS Coma – на  $0,02 \pm 0,01$  мкм, RMS Trefoil – на  $0,02 \pm 0,01$  мкм.

Через 12 мес. наблюдения за пациентами в обеих группах была отмечена статистически значимая разница роговичных аберраций в фотопических условиях по данным RMS Total, RMS HOA, RMS Trefoil ( $p < 0,05$ ); разница по RMS SA, RMS Coma отсутствовала ( $p > 0,05$ ). В I группе по сравнению со II группой было отмечено большее снижение RMS Total в среднем на  $0,30 \pm 0,08$  мкм, RMS HOA – на  $1,01 \pm 0,24$  мкм, RMS Trefoil –  $0,03 \pm 0,02$  мкм.

В 6 мм оптической зоне RMS Total уменьшилось на  $1,37 \pm 0,41$  мкм, RMS HOA – на  $2,18 \pm 0,59$  мкм, RMS SA – в 1,6 раза, RMS Coma – в 4,3 раза, RMS Trefoil – в 1,6 раза. Полученные результаты оставались стабильными в течение 12 мес. наблюдения.

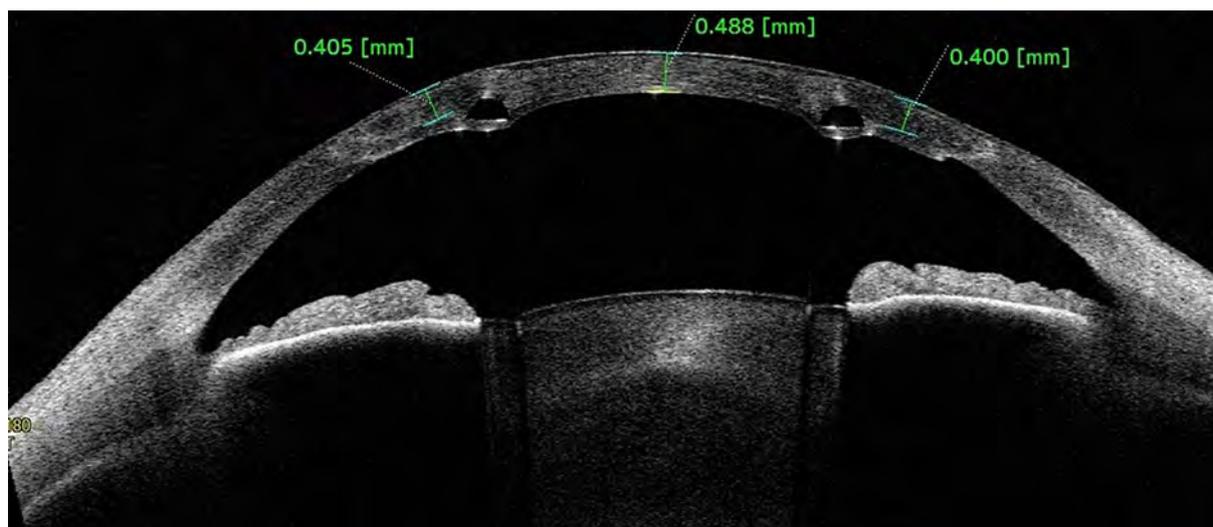
Через 12 мес. исследования в мезопических условиях была выявлена статистически значимая разница всех изучаемых роговичных аберраций в обеих исследуемых группах. В I группе по сравнению со II группой было отмечено большее снижение RMS Total в среднем на  $0,33 \pm 0,09$  мкм, RMS HOA – на  $0,08 \pm 0,03$  мкм, RMS SA – на  $0,39 \pm 0,11$  мкм, RMS Coma – на  $0,27 \pm 0,05$  мкм, RMS Trefoil – на  $0,4 \pm 0,1$  мкм.

Правильное положение кольца MyoRing подтверждалось данными ОКТ роговицы (рис. 2).

На следующий день после операции среднее значение МТРП в центре по данным ОКТ роговицы увеличилась на  $19 \pm 4$  мкм, что связано с отёком роговичного трансплантата из-за промывания интрастромального кармана. МТРП в центре достигла дооперационного значения у пациентов II группы в течение месяца после операции и больше не менялась.

Потеря ПЭК через год после имплантации кольца MyoRing в сквозной роговичный трансплантат с применением ФСЛ составила 3,0 %, что не превышало физиологической потери. Статистически значимой разницы в снижении ПЭК между обеими группами через 12 месяцев наблюдения отмечено не было ( $p > 0,05$ ).

Таким образом, большее повышение остроты зрения (НКОЗ и КОЗ) в ЖГСЛ по сравнению с имплантацией интрастромального кольца MyoRing в роговичный трансплантат подтверждается более выраженным снижением ЦКР, индексов SRI и SAI, суммарных роговичных аберраций и роговичных аберраций высшего порядка.



**РИС. 2.**  
Оптическая когерентная томограмма роговицы после имплантации кольца MyoRing в сквозной роговичный трансплантат с применением фемтосекундного лазера: визуализируется профиль кольца MyoRing, расположенного на глубине 80 % от минимальной толщины сквозного роговичного трансплантата

**FIG. 2.**  
Optical coherence tomography of the corneal graft after MyoRing implantation into the penetrating corneal graft using femtosecond laser: the profile of the MyoRing is visualized being located at a depth of 80 % of the minimum thickness of the penetrating corneal graft

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнительный анализ влияния жёстких газопроницаемых склеральных линз и метода имплантации кольца MyoRing на клинично-функциональные показатели у пациентов с иррегулярным посткератопластическим астигматизмом при сроке наблюдения 12 месяцев показал: большее повышение НКОЗ – в среднем на 3 строки, КОЗ – на 2 строки, большее снижение SRI – в 3,3 раза, SAI – в 1,7 раза, ЦКР – на  $0,55 \pm 0,12$  дптр, роговичных аберраций в фото- (RMS Total – на  $0,30 \pm 0,08$  мкм, RMS НОА – на  $1,01 \pm 0,24$  мкм) и мезопических условиях (RMS Total – на  $0,33 \pm 0,09$  мкм, RMS НОА – на  $0,08 \pm 0,03$  мкм) у пациентов, носящих жёсткие газопроницаемые склеральные линзы по сравнению с пациентами, которым было имплантировано кольцо MyoRing в роговичный трансплантат.

### Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

### Конфликт интересов

Авторы данной статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Сенченко Н.Я., Шантурова М.А., Мищенко О.П., Зайцева К.А. Результаты применения «Материала для восстановления роговицы» при разных видах кератопластики. *Практическая медицина*. 2017; 9(110): 88-91. [Senchenko NYa, Shanturova MA, Mishchenko OP, Zaytseva KA. Results of «Material for cornea restoration» application in various types of keratoplasty. *Practical Medicine*. 2017; 9(110): 88-91. (In Russ.)].
2. Малугин Б.Э., Токмакова А.Н., Каримова А.Н. Отдаленные результаты лазерной коррекции астигматизма после сквозной кератопластики у пациентов с кератоконусом. *Практическая медицина*. 2017; 9: 128-131. [Malyugin BE, Tokmakova AN, Karimova AN. Long-term results of laser correction of astigmatism after penetrating keratoplasty in patients with keratoconus. *Practical Medicine*. 2017; 9: 128-131. (In Russ.)].
3. Luis EB, Etxebarria EJ, Santamaria CA, Feijoo LR. Irregular corneas: Improve visual function with scleral contact lenses. *Eye Contact Lens*. 2018; 44(3): 169-163. doi: 10.1097/0000000000000340
4. Kumar M, Shetty R, Lalgudi VG, Vincent SJ. Scleral lens wear following penetrating keratoplasty: changes in corneal cur-

vature and optics. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2020; 40(4): 502-509. doi: 10.1111/opo.12693

5. Поздеева Н.А., Куликова И.Л., Синицын М.В., Терентьева А.Е. Коррекция индуцированного астигматизма и сопутствующей миопии высокой степени методом имплантации кольца MyoRing с применением фемтосекундного лазера. *Офтальмохирургия*. 2020; 4: 73-76. [Pozdeeva NA, Kulikova IL, Sinicin MV, Terentieva AE. Induced astigmatism and concomitant high myopia correction with femtosecond laser-assisted intrastromal MyoRing implantation. *Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery*. 2020; 4: 73-76. (In Russ.)]. doi: 10.25276/0235-4160-2020-4-73-76

6. Синицын М.В., Поздеева Н.А. Коррекция посткератопластической аметропии у пациентов с катарактой. *Офтальмологические ведомости*. 2022; 15(2): 27-33. [Sinitsyn MV, Pozdeyeva NA. Correction of postkeratoplastic ametropia in patients with cataract. *Ophthalmology Reports*. 2022; 15(2): 27-33. (In Russ.)]. doi: 10.17816/OV109153

7. Паштаев Н.П., Поздеева Н.А., Синицын М.В., Терентьева А.Е. Способ коррекции миопии средней и высокой степени в сочетании с тонкой роговицей: Патент 2715279 Рос. Федерация. № 2019113951; заявл. 08.05.2019; опубл. 26.02.2020. Бюл. № 6. [Pash-taev NP, Pozdeeva NA, Sinitsyn MV, Terentyeva AE. A method for correcting moderate and high myopia in combination with a thin cornea: Patent No. 2715279 of the Russian Federation. 2020; (6). (In Russ.)].

8. Тихонова О.И., Паштаев Н.П., Поздеева Н.А., Мягков А.В., Бодрова С.Г., Ситка М.М., и др. Влияние склеральных линз на функциональные показатели и аберрации у пациентов с иррегулярной роговицей. *The EYE ГЛАЗ*. 2019; 2: 32-39. [Tikhonova OI, Pashtaev NP, Pozdeyeva NA, Myagkov AV, Bodrova SG, Sitka MM, et al. Influence of scleral lenses on visual acuity and aberrations in patients with irregular cornea. *The EYE GLAZ*. 2019; 2: 32-39. (In Russ.)]. doi: 10.33791/2222-4408-2019-2-32-39

9. Penbe A, Kanar HS, Simsek S. Efficiency and safety of scleral lenses in rehabilitation of refractive errors and high order aberrations after penetrating keratoplasty. *Eye Contact Lens*. 2021; 47(5): 301-307. doi: 10.1097/ICL.0000000000000755

10. Barnett M, Lien V, Li JY, Durbin-Johnson B, Mannis MJ. Use of scleral lenses and miniscleral lenses after penetrating keratoplasty. *Eye Contact Lens*. 2016; 42(3): 185-189. doi: 10.1097/ICL.0000000000000163

11. Severinsky B, Fadel D, Davelman J, Moulton E. Effect of scleral lenses on corneal topography in keratoconus: A case series of cross-linked versus non-cross-linked eyes. *Cornea*. 2019; 38(8): 986-991. doi: 10.1097/ICO.0000000000002008

12. Vincent SJ, Alonso-Caneiro D, Collins MJ, Beanland A, Lam L, Lim CC, et al. Hypoxic corneal changes following eight hours of scleral contact lens wear. *Optom Vis Sci*. 2016; 93(3): 293-299. doi: 10.1097/OPX.0000000000000803

### Сведения об авторах

**Синицын Максим Владимирович** – кандидат медицинских наук, заведующий детским отделением, Чебоксарский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Фёдорова» Минздрава России, e-mail: mntksinicin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7285-1782>

**Поздеева Надежда Александровна** – доктор медицинских наук, директор, Чебоксарский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Фёдорова» Минздрава России, e-mail: mntksinicin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3637-3645>

### Information about the authors

**Maxim V. Sinitsyn** – Cand. Sc. (Med), Head of the Pediatric Department, Cheboksary Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, e-mail: mntksinicin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7285-1782>

**Nadezhda A. Pozdeyeva** – Dr. Sc. (Med.), Director, Cheboksary Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, e-mail: mntksinicin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3637-3645>