

## КОРРЕКЦИЯ ПОСТКЕРАТОПЛАСТИЧЕСКОГО АСТИГМАТИЗМА МЕТОДОМ ИМПЛАНТАЦИИ ИНТРАСТРОМАЛЬНЫХ РОГОВИЧНЫХ СЕГМЕНТОВ С ФЕМТОСОПРОВОЖДЕНИЕМ

Поздеева Н.А.,  
Синицын М.В.,  
Терентьева А.Е.,  
Шленская О.В.

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

Автор, ответственный за переписку:  
Терентьева Анна Евгеньевна,  
e-mail: anyaterentieva@yandex.ru

### РЕЗЮМЕ

**Обоснование.** После сквозной кератопластики (СКП) в каждом случае отмечен индуцированный роговичный астигматизм от лёгкой до высокой степени. Существующий выбор коррекции посткератопластического астигматизма направлен на поиск индивидуального подхода для того, чтобы компенсировать его и не ослабить при этом биомеханические свойства роговичного трансплантата.

**Цель исследования:** анализ клинико-функциональных и морфологических результатов коррекции посткератопластического астигматизма методом имплантации интрастромальных роговичных сегментов (ИРС) с фемтосопровождением.

**Методы.** Обследованы 22 пациента до и через 1 год после операции. Операция проводилась под местной анестезией в два этапа: I этап – формировали интрастромальный туннель с использованием фемтосекундного лазера «Фемто Визум» 1 МГц («Оптосистемы», Россия); II этап – имплантировали ИРС. Оценка результатов проводилась стандартными и специальными методами исследования с помощью оптической когерентной томографии Visante OCT (Zeiss, Германия), кератотопографии (Томеу-5, Япония), оптического анализатора роговицы ORA (Reichert, США), лазерной тундалеметрии FC-2000 (Kowa, Япония) и конфокального микроскопа Confoscan-4 (Nidek, Япония).

**Результаты.** До операции некорригированная острота зрения в среднем составила  $0,09 \pm 0,05$ , через 1 год –  $0,50 \pm 0,16$ ; корригированная острота зрения –  $0,30 \pm 0,12$  и  $0,60 \pm 0,05$  соответственно; величина цилиндрического компонента рефракции –  $-10,29 \pm 3,12$  и  $-2,20 \pm 0,64$  дптр соответственно; среднее значение кератометрии –  $43,59 \pm 2,14$  и  $38,56 \pm 1,75$  дптр соответственно; корнеальный гистерезис –  $7,92 \pm 1,22$  и  $8,95 \pm 1,05$  мм рт. ст. соответственно; фактор резистентности роговицы –  $7,01 \pm 1,81$  и  $8,44 \pm 1,44$  мм рт. ст. соответственно; поток белка во влаге передней камеры –  $2,97 \pm 0,28$  и  $3,04 \pm 0,24$  ф/мс соответственно; плотность эндотелиальных клеток –  $1521 \pm 327$  и  $1475 \pm 419$  кл./мм<sup>2</sup> соответственно.

**Заключение.** Имплантация интрастромальных роговичных сегментов в роговичный трансплантат с применением фемтосекундного лазера является эффективным и безопасным методом при коррекции посткератопластического астигматизма.

**Ключевые слова:** индуцированный астигматизм, интрароговичные сегменты, фемтосекундный лазер, кератопластика

Статья поступила: 14.07.2021  
Статья принята: 27.10.2021  
Статья опубликована: 28.12.2021

**Для цитирования:** Поздеева Н.А., Синицын М.В., Терентьева А.Е., Шленская О.В. Коррекция посткератопластического астигматизма методом имплантации интрастромальных роговичных сегментов с фемтосопровождением. *Acta biomedica scientifica*. 2021; 6(6-1): 48-55. doi: 10.29413/ABS.2021-6.6-1.6

## CORRECTION OF POSTKERATOPLASTIC ASTIGMATISM BY INTRASTROMAL CORNEAL SEGMENTS IMPLANTATION USING A FEMTOSECOND LASER

Pozdeyeva N.A.,  
Sinitsyn M.V.,  
Terentieva A.E.,  
Shlenskaya O.V.

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

Corresponding author:  
Anna E. Terentieva,  
e-mail: anyaterentieva@yandex.ru

### ABSTRACT

**Background.** After penetrating keratoplasty, mild to high induced corneal astigmatism was observed in each case. The existing choice of correction of postkeratoplastic astigmatism is aimed at finding an individual approach in order to compensate for it and not weaken the biomechanical properties of the corneal graft.

**The aim:** to analyze the clinical, functional, and morphological results of postkeratoplastic astigmatism correction by implantation of intrastromal corneal segments using a femtosecond laser.

**Methods.** 22 patients were examined before and 1 year after surgery. The operation was performed under local anesthesia: stage I – an intrastromal tunnel was formed using a femtosecond laser “Femto Visum” 1 MHz (Optosystems, Russia); stage II – the intrastromal corneal segments were implanted. The results were assessed using standard and special research methods using optical coherence tomography Visante OCT (Zeiss, Germany), keratotopography (Tomey-5, Japan), optical corneal analyzer ORA (Reichert, USA), laser tinalometry FC-2000 (Kowa, Japan) and confocal microscope Confoscan-4 (Nidek, Japan).

**Results.** Before the operation, uncorrected visual acuity averaged  $0.09 \pm 0.05$ , after a year –  $0.50 \pm 0.16$ ; best corrected visual acuity –  $0.30 \pm 0.12$  and  $0.60 \pm 0.05$  respectively; cylindrical component of refraction –  $-10.29 \pm 3.12$  and  $-2.20 \pm 0.64$  D respectively; mean keratometry value –  $43.59 \pm 2.14$  and  $38.56 \pm 1.75$  D respectively; corneal hysteresis –  $7.92 \pm 1.22$  and  $8.95 \pm 1.05$  mm Hg respectively; corneal resistance factor –  $7.01 \pm 1.81$  and  $8.44 \pm 1.44$  mm Hg respectively; protein flux in the moisture of the anterior chamber –  $2.97 \pm 0.28$  and  $3.04 \pm 0.24$  f/ms respectively; endothelial cell density –  $1521 \pm 327$  and  $1475 \pm 419$  cells/mm<sup>2</sup> respectively.

**Conclusion.** Intrastromal corneal segments implantation into a corneal graft using a femtosecond laser has efficiency and safety method in correcting postkeratoplastic astigmatism.

**Key words:** induced astigmatism, intracorneal segments, femtosecond laser, keratoplasty

Received: 14.07.2021  
Accepted: 27.10.2021  
Published: 28.12.2021

**For citation:** Pozdeyeva N.A., Sinitsyn M.V., Terentieva A.E., Shlenskaya O.V. Correction of postkeratoplastic astigmatism by intrastromal corneal segments implantation using a femtosecond laser. *Acta biomedica scientifica*. 2021; 6(6-1): 48-55. doi: 10.29413/ABS.2021-6.6-1.6

## ВВЕДЕНИЕ

По данным литературы, после сквозной кератопластики (СКП) в каждом случае отмечен индуцированный роговичный астигматизм от лёгкой до высокой степени [1]. При индуцированном роговичном астигматизме высокой степени зрение пациента значительно снижается, что в итоге приводит к неудовлетворённости послеоперационным результатом [2].

На сегодняшний день имеется большой выбор как хирургических, так и хирургических методов коррекции астигматизма после СКП [3]. Каждый метод имеет свои положительные и отрицательные стороны. Посткератопластический астигматизм слабой и средней степени поддаётся коррекции очками и контактными линзами [4]. Однако очки не позволяют скорректировать посткератопластический астигматизм высокой степени. Даже посткератопластический астигматизм средней степени, скомпенсированный при помощи очков, является в ряде случаев непереносимым для пациентов. Применение контактной коррекции помогает решить многие вопросы очковой коррекции. Однако контактная коррекция также не лишена недостатков, таких как сложность подбора контактных линз, непереносимость контактной коррекции, а также риск возникновения неоваскуляризации роговицы [5].

Кроме очковой и контактной коррекции, имеется большой выбор различных методов хирургической коррекции посткератопластического астигматизма: клиновидная резекция; различные варианты кератотомии; имплантация торических интраокулярных линз, факичных торических линз; рефракционные операции – фторорефракционная кератэктомия, лазерный *in situ* кератомилез и операция ReLEx SMILE [6]. Эти методы имеют свои плюсы и минусы. В качестве основного плюса можно назвать коррекцию высокой степени посткератопластического астигматизма до 10 дптр [7]. Среди основных минусов при клиновидной резекции и кератотомии – риск перфораций, невысокая предсказуемость, регресс функционального результата; при рефракционных лазерных операциях – регресс достигнутого рефракционного результата в течение 1–2 лет после операции; при имплантации торических интраокулярных и факичных торических линз – необходимость регулярного астигматизма после СКП [8–10].

В последние годы для коррекции посткератопластического астигматизма широкое распространение получила операция интрастромальной кератопластики с имплантацией интрастромальных роговичных сегментов (ИРС). Имплантация ИРС позволяет получить высокий послеоперационный результат коррекции посткератопластического астигматизма только при симметричном типе кератотопограммы [11]. Данная операция является безопасной и обратимой. При формировании интрастромального тоннеля для имплантации ИРС срез не затрагивает центральную оптическую зону пациента и позволяет в течение 6 месяцев после операции достичь высоких клинико-функциональных результатов за счёт равномерного растяжения роговицы между имплантируемыми ИРС, приводящего к повышению сферичности и регулярности роговичного трансплантата [12]. Метод импланта-

ции ИРС повышает биомеханические свойства роговичного трансплантата за счёт формирования «ребра жёсткости» в нём [13]. Поиск индивидуального подхода к коррекции индуцированного астигматизма у пациентов после СКП является достаточно актуальным, так как важно не только скомпенсировать его, но и не ослабить при этом биомеханические свойства роговичного трансплантата.

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ клинико-функциональных и морфологических результатов коррекции посткератопластического астигматизма методом имплантации интрастромальных роговичных сегментов с фемтосопровождением.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Нами было обследовано 22 пациента (22 глаза) – 10 женщин и 12 мужчин – до и через 1 год после выполнения имплантации ИРС с применением фемтосекундного лазера (ФСЛ) для коррекции посткератопластического астигматизма. У всех пациентов в анамнезе СКП с применением ФСЛ была проведена по поводу помутнения роговицы. В среднем после СКП прошло  $3,7 \pm 2,2$  года (от 2,9 до 6,4 года). Возраст пациентов составил в среднем  $34,6 \pm 4,5$  года (от 25 до 40 лет).

По данным биомикроскопического исследования, у всех пациентов роговичный трансплантат был прозрачен. Диаметр роговичного трансплантата составил 8,0 мм.

Имплантация ИРС с применением ФСЛ проводилась под местной анестезией в два этапа. I этапом в пределах роговичного трансплантата формировали интрастромальный тоннель с внутренним диаметром резекции 5,0 мм и наружным диаметром от 6,0 до 6,2 мм в зависимости от высоты имплантируемого ИРС с целью профилактики его миграции в послеоперационном периоде. Интрастромальный тоннель формировали с использованием ФСЛ «Фемто Визум» 1 МГц («Оптосистемы», Россия) на глубине 80 % от толщины роговичного трансплантата в проекции формирования тоннеля. II этапом в сформированный интрастромальный тоннель с помощью пинцета имплантировали по два ИРС одинаковой высоты и с одинаковой длиной дуги. Параметры ИРС рассчитывались по разрабатываемой нами номограмме в зависимости от величины сферозэквивалента рефракции и данных кератотопограммы, учитывая огромный опыт проведения имплантаций ИРС при кератэктазиях роговицы [13].

До и после операции всем пациентам, кроме стандартных, были выполнены специальные методы исследования переднего отрезка глаза: оптическая когерентная томография роговичного трансплантата с помощью томографа Visante OCT (Zeiss, Германия) для определения пахиметрических данных роговичного трансплантата; кератотопография роговичного трансплантата (Tomey-5, Япония) для определения формы кривизны роговичного трансплантата, кератотопографических индексов, среднего значения кератометрии, величина-

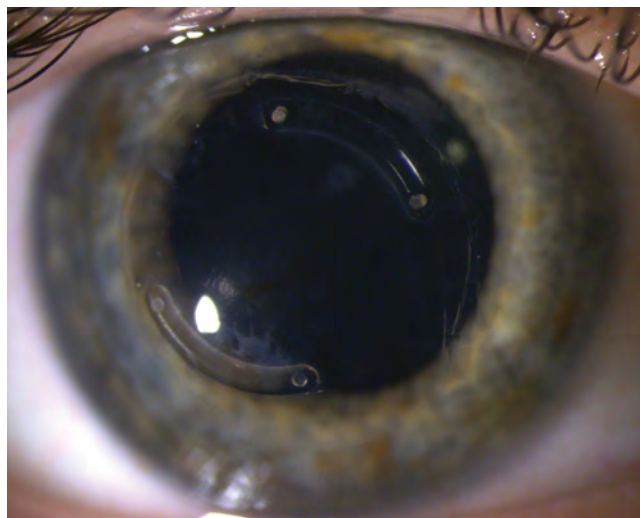
ны роговичного астигматизма; анализ вязкоэластических свойств роговичного трансплантата (фактора резистентности роговицы и корнеального гистерезиса) с помощью аппарата ORA (Reichert, США); конфокальная микроскопия с подсчётом эндотелиальных клеток на аппарате Confoscan-4 (Nidek, Япония), количественный подсчёт клеток и потока белка во влаге передней камеры при помощи лазерной тиндалеметрии на аппарате FC-2000 (Kowa, Япония). Срок наблюдения составил 12 месяцев.

Статистический анализ был выполнен на ноутбуке с установленным на нём программным обеспечением по статистической обработке данных Statistica 7.1 (StatSoft Inc., США). Статистическая обработка вариационных рядов включала описательный анализ числовых характеристик: число глаз ( $n$ ), среднее арифметическое ( $M$ ), стандартное отклонение ( $SD$ ). Статистическая значимость различий вариационных рядов, связанных попарно, в выборках оценивали с помощью параметрического  $t$ -критерия Стьюдента. Статистическая значимость различий изучаемых параметров на 1-й день и через 6 и 12 мес. после операции оценивалась по сравнению с дооперационными значениями. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

Индекс эффективности высчитывался по отношению некорректированной остроты зрения (НКОЗ) после операции к корректированной остроте зрения (КОЗ) до операции, индекс безопасности – по отношению КОЗ после операции к КОЗ до операции [9].

Осложнений не наблюдалось.

При биомикроскопии ИРС были в правильном положении, располагались симметрично в роговичном трансплантате (рис. 1).



**РИС. 1.**  
Глаз на следующий день после имплантации интрароговичных сегментов в роговичный трансплантат с применением фемтосекундного лазера

**FIG. 1.**  
The eye of a patient on the next day after implantation of intra-corneal segments into a corneal graft using a femtosecond laser

**ТАБЛИЦА 1**  
**ДИНАМИКА КЛИНИКО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДО И ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ ( $n = 22$ ),  $M \pm SD$**

**TABLE 1**  
**DYNAMICS OF CLINICAL AND FUNCTIONAL INDICATORS BEFORE AND AFTER THE SURGERY ( $n = 22$ ),  $M \pm SD$**

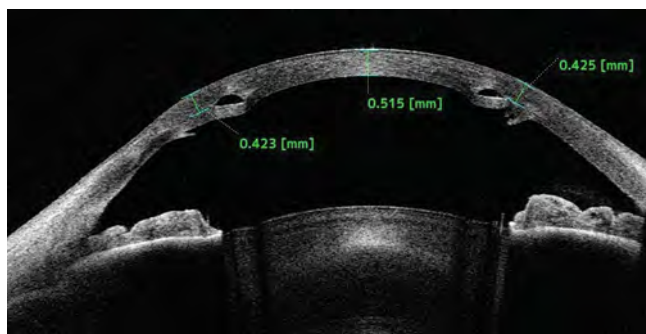
Параметры	До операции		1-й день после операции		Через 6 мес. после операции		Через 12 мес. после операции	
	$M \pm SD$	$M \pm SD$	$p$	$M \pm SD$	$p$	$M \pm SD$	$p$	
НКОЗ	0,09 ± 0,05	0,20 ± 0,09	0,0245	0,50 ± 0,16	0,0212	0,50 ± 0,16	0,0212	
КОЗ	0,30 ± 0,12	0,42 ± 0,05	0,0122	0,60 ± 0,05	0,0175	0,60 ± 0,05	0,0175	
СКР, дптр	+1,16 ± 2,1	+1,13 ± 2,0	0,0278	+1,05 ± 2,11	0,0142	+1,05 ± 2,11	0,0188	
ЦКР, дптр	-10,29 ± 3,12	-4,34 ± 0,94	0,0375	-2,24 ± 0,64	0,0298	-2,24 ± 0,64	0,0298	
Кср., дптр	43,59 ± 2,1	39,77 ± 2,0	0,0023	38,55 ± 1,75	0,0056	38,55 ± 1,75	0,0056	
SRI	1,29 ± 0,23	0,96 ± 0,18	0,0219	0,89 ± 0,14	0,0236	0,89 ± 0,14	0,0236	
SAI	1,24 ± 0,14	1,11 ± 0,12	0,0351	1,02 ± 0,11	0,0362	1,02 ± 0,11	0,0362	
КГ, мм рт. ст.	7,92 ± 1,22	8,27 ± 1,17	0,0355	8,95 ± 1,05	0,0257	8,95 ± 1,05	0,0257	
ФРР, мм рт. ст.	7,01 ± 1,81	7,47 ± 1,67	0,0422	8,44 ± 1,44	0,0231	8,44 ± 1,44	0,0231	
Минимальное значение пахиметрии в центре, мкм	520,8 ± 35,1	558,5 ± 29,0	0,0394	527,0 ± 45,4	0,1521	527,0 ± 45,4	0,1521	
ПЭК, кл/мм <sup>2</sup>	1521 ± 327	1440 ± 440	0,1384	1475 ± 419	0,2542	1475 ± 419	0,2542	
Поток белка, ф/мс	2,97 ± 0,28	3,65 ± 0,55	0,0154	3,04 ± 0,24	0,1325	3,04 ± 0,24	0,1325	
Количество клеток, кл./мм <sup>3</sup>	1,25 ± 0,24	2,14 ± 0,35	0,0112	1,22 ± 0,14	0,1255	1,22 ± 0,14	0,1255	

**Примечание.** Кср. – среднее значение кератометрии; SRI – индекс регулярности поверхности роговицы (surface regularity index); SAI – индекс асимметрии поверхности роговицы (surface asymmetry index); КГ – корнеальный гистерезис; ФРР – фактор резистентности роговицы; ПЭК – плотность эндотелиальных клеток.

На 1-й день после операции острота зрения без коррекции увеличилась на  $0,11 \pm 0,05$ , острота зрения с коррекцией – на  $0,12 \pm 0,07$ ; сферический компонент рефракции (СКР) снизился на  $0,03 \pm 0,10$  дптр, цилиндрический компонент рефракции (ЦКР) – на  $5,95 \pm 1,16$  дптр, что связано с равномерным уплощением роговичного трансплантата между имплантируемыми ИРС. Через 6 мес. после операции острота зрения без коррекции увеличилась ещё на  $0,28 \pm 0,05$ , острота зрения с коррекцией – ещё на  $0,21 \pm 0,11$ ; СКР снизился ещё на  $0,08 \pm 0,03$  дптр, ЦКР – ещё на  $2,1 \pm 0,42$  дптр. Данные показатели больше не менялись и оставались стабильными. Через 12 мес. после операции индекс безопасности составил 1,5, индекс эффективности – 1,25 (табл. 1).

По данным ОКТ роговицы, ИРС находились в правильном положении в глубоких слоях стромы роговичного трансплантата, согласно заданной предоперационной расчётной глубине (рис. 2). Минимальное значение пахиметрии в центральной зоне в первые сутки после операции увеличилось на  $37,67 \pm 16,0$  мкм, что связано с незначительным отёком стромы роговичного трансплантата. Спустя 1 мес. этот показатель достиг дооперационных значений и больше не менялся (табл. 1).

Среднее значение кератометрии (Кср.) снизилось на следующий день после операции на  $3,89 \pm 0,28$  дптр, через 6 мес. – ещё на  $1,2 \pm 0,21$  дптр за счёт уплощения роговичного трансплантата между имплантированными ИРС. Индекс регулярности поверхности роговицы (SRI, surface regularity index) на 1-й день после операции понизился на  $0,33 \pm 0,15$ , затем ещё на  $0,07 \pm 0,04$  спустя 6 мес. после операции и больше не менялся; индекс асимметрии поверхности роговицы (SAI, surface asymmetry index) снизился в среднем на  $0,13 \pm 0,05$  на следующий день после операции, через 6 мес. после операции – ещё на  $0,09 \pm 0,04$  и больше не менялся (табл. 1).



**РИС. 2.**

ОКТ роговицы на следующий день после имплантации интрастромальных роговичных сегментов в роговичный трансплантат с фемтосопровождением

**FIG. 2.**

OCT of the cornea the next day after implantation of intrastromal corneal segments into a corneal graft using a femtosecond laser

На следующий день после операции корнеальный гистерезис (КГ) увеличился на  $0,3 \pm 0,17$  мм рт. ст., затем ещё на  $0,7 \pm 0,24$  мм рт. ст. через 6 мес. после хирургического вмешательства и больше не менялся.

Фактор резистентности роговицы (ФРР) на следующий день после операции повысился на  $0,4 \pm 0,24$  мм рт. ст., затем ещё на  $1,0 \pm 0,23$  мм рт. ст. через 6 мес. после операции и больше не менялся. Повышение биомеханических свойств роговичного трансплантата связано с созданием в нём после имплантации ИРС дополнительного «ребра жёсткости», что позволило стабилизировать полученный рефракционный результат в течение всего периода наблюдения.

При проведении лазерной тиндалеметрии у всех пациентов на следующий день после операции было отмечено небольшое увеличение потока белка (в среднем на  $0,68 \pm 0,27$  ф/мс) и клеток во влаге передней камеры (на  $0,893 \pm 0,11$  кл./мм<sup>3</sup>). Несмотря на это, вышеуказанные показатели оставались в пределах нормы. На 3-й день после операции эти показатели достигли дооперационных значений и больше не менялись (табл. 1).

По данным конфокальной микроскопии, до операции роговичный трансплантат у всех пациентов был прозрачный. Спустя 1 мес. после операции во всех слоях роговичного трансплантата, особенно в проекции расположения тоннеля, было отмечено увеличение «активных» кератоцитов. В области импланта было отмечено появление участков с наличием гиперрефлектирующих включений различной формы и величины, разнонаправленных складок, а также незначительно утолщённых гиперрефлективных стромальных нервов, что свидетельствовало о реакции роговичного трансплантата на проведённую хирургию. В проекции интрастромального тоннеля визуализировался ИРС. Отражение световых лучей от ИРС затрудняло визуализацию под ними глубже лежащих отделов задней стромы роговичного трансплантата и эндотелия. Над ИРС определялось незначительное нарушение прозрачности экстрацеллюлярного матрикса стромы роговичного трансплантата.

В период наблюдения от 6 до 12 мес. после операции отмечено уменьшение количества «активных» кератоцитов в проекции расположения интрастромального тоннеля, толщины стромального нерва и выраженности складок стромы вокруг ИРС. Субэпителиальные нервы визуализировались и оставались без изменений.

Ни у одного из пациентов не было отмечено статистически значимого снижения плотности эндотелиальных клеток в течение всего периода наблюдения (табл. 1).

Отсутствие снижения плотности эндотелиальных клеток роговицы и воспалительного процесса после операции по данным лазерной тиндалеметрии свидетельствует о безопасности имплантации ИРС в роговичный трансплантат с применением ФСЛ.

Ряд параметров – минимальное значение пахиметрии в центре, плотность эндотелиальных клеток, поток белка, количество клеток через 6 и 12 месяцев после операции – статистически значимо не различались по сравнению с исходными данными.

Проанализировано большое количество работ, посвящённых коррекции посткератопластического астигматизма методом имплантации роговичных сегментов.

Е. Coskunseven et al. (2007) впервые опубликовали результаты исследования по коррекции посткератопластического астигматизма методом имплантации ИРС, которое впоследствии внесло значительный вклад в развитие данной технологии. Авторами было отмечено повышение НКОЗ со счёта пальцев у лица до 0,2, КОЗ – с 0,3 до 0,6; СКР снизился с –3,5 до +0,25 дптр, ЦКР – с –5,5 до –3,25 дптр. Полученные данные оставались стабильными в течение 10 мес. наблюдения [14]. Данные настоящего исследования превосходят показатели, полученные в работе Е. Coskunseven et al., как по остроте зрения, так и по коррекции ЦКР, что связано с началом освоения данной технологии для коррекции посткератопластического астигматизма.

Результаты, полученные в настоящем исследовании, сопоставимы с результатами, полученными С. Lisa et al. (2013) в коррекции астигматизма после сквозной кератопластики на 32 глазах у 30 пациентов после имплантации интрастромальных роговичных сегментов с фемтосекундным сопровождением. Острота зрения без коррекции повысилась в среднем с  $0,16 \pm 0,15$  до  $0,43 \pm 0,28$ , острота зрения с коррекцией – с  $0,67 \pm 0,22$  до  $0,80 \pm 0,19$ . Максимально скорректированная острота зрения после операции в 96,9 % случаев была выше 0,5, в 56,2 % случаев – 0,8 и выше [6].

Клинические исследования, проведённые А.Р. Григорян и соавт. (2015), показали высокую эффективность имплантации интрастромальных сегментов с длиной дуги  $359^\circ$ . Авторы сообщили о первых результатах имплантации разомкнутого интрастромального роговичного кольца (ИРК) у 3 пациентов с астигматизмом высокой степени в отдалённые сроки после СКП, выполненной по поводу кератоконуса. Имплантация разомкнутого ИРК позволила добиться уменьшения величины посткератопластического астигматизма у первого пациента на 5,25 дптр (60,9 %), у второго пациента – на 3,88 дптр (49,2 %), у третьего пациента – на 7,38 дптр (51,3 %) через 6 месяцев после операции [15].

З.И. Мороз и соавт. (2015) оценили клинико-функциональные результаты интрастромальной кератопластики (ИСКП) с имплантацией роговичных сегментов после СКП по поводу кератоконуса. Обследовано и прооперировано 28 глаз. Пациенты были разделены на две группы в зависимости от способа выполнения имплантации сегментов. Механическая ИСКП была выполнена на 15 глазах (1-я группа), ИСКП с фемтосекундным сопровождением была выполнена на 13 глазах (2-я группа). Авторы пришли к выводу, что ИСКП с имплантацией роговичных сегментов является эффективной процедурой для коррекции астигматизма после СКП, а применение фемтосекундного сопровождения обеспечивает большую точность и безопасность операции [16].

Однако были отмечены и нежелательные явления после имплантации ИРС в роговичный трансплантат. Р. Arriola-Vilalobos et al. (2009) отметили 1 случай удаления ИРС в связи с глубокой васкуляризацией в проекции интрастромального тоннеля, а также значительные гало-эффекты ещё у 1 пациента [17].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Метод имплантации интрастромальных сегментов в роговичный трансплантат с фемтосопровождением является эффективным (повышение некорригированной остроты зрения в среднем на 3 строки, скорректированной остроты зрения – на 4 строки) и безопасным при коррекции посткератопластического астигматизма.

### Конфликт интересов

Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Gu ZY, Ye MJ, Ji KK, Liao RF. Long-term follow-up of astigmatic keratotomy for corneal astigmatism after penetrating keratoplasty. *Acta Ophthalmol.* 2016; 94(7): 7-77. doi: 10.1111/aos.13061
2. Asena L, Altınörs DD. Visual rehabilitation after penetrating keratoplasty. *Exp Clin Transplant.* 2016; 14(3): 130-134.
3. Gutfreund S, Leon P, Busin M. Microkeratome-assisted anterior lamellar keratoplasty for the correction of high-degree postkeratoplasty astigmatism. *Cornea.* 2017; 36(7): 880-883. doi: 10.1097/ICO.0000000000001232
4. Kim BK, Mun SJ, Lee DG, Chung YT. Bilateral small incision lenticule extraction (SMILE) after penetrating keratoplasty. *J Refract Surg.* 2016; 32(9): 644-647. doi: 10.3928/1081597X-20160526-01
5. Lee HS, Kim MS. Factors related to the correction of astigmatism by LASIK after penetrating keratoplasty. *J Refract Surg.* 2010; 26(12): 960-965. doi: 10.3928/1081597X-20100212-07
6. Lisa C, García-Fernández M, Madrid-Costa D, Torquetti L, Merayo-Llloves J, Alfonso JF. Femtosecond laser-assisted intrastromal corneal ring segment implantation for high astigmatism correction after penetrating keratoplasty. *J Cataract Refract Surg.* 2013; 39(11): 1660-1667. doi: 10.1016/j.jcrs.2013.04.038
7. Rashad KM. Laser in situ keratomileusis for correction of high astigmatism after penetrating keratoplasty. *J Refract Surg.* 2000; 16(6): 701-710.
8. Prazeres TM, Souza AC, Pereira NC, Ursulino F, Grunemacher L, de Souza LB. Intrastromal corneal ring segment implantation by femtosecond laser for the correction of residual astigmatism after penetrating keratoplasty. *Cornea.* 2011; 30(12): 1293-1297. doi: 10.1097/ICO.0b013e31821821e1
9. Малюгин Б.Э., Токмакова А.Н., Каримова А.Н. Отдаленные результаты лазерной коррекции астигматизма после сквозной кератопластики у пациентов с кератоконусом. *Практическая медицина.* 2017; 2(9): 128-132.
10. Hashemi H, Aghamirsalim M, Asgari S. Stromal rejection after SMILE for the correction of astigmatism after graft. *J Refract Surg.* 2019; 35(11): 737-739. doi: 10.3928/1081597X-20191010-01
11. Elkadim M, Myerscough J, Bovone C, Busin M. Astigmatism orientation after deep anterior lamellar keratoplasty for keratoconus and its correlation with preoperative peripheral corneal astigmatism. *Cornea.* 2020; 39(2): 192-195. doi: 10.1097/ICO.0000000000002175
12. Sinitsyn MV, Pozdeyeva NA, Pashtayev NP. Comparative analysis of the intrastromal MyoRing implantation performed

with the femtosecond laser. *Int J Keratoconus Ectatic Dis (Online)*. 2017; 6(2): 1-9.

13. Pozdeyeva NA, Sinitsyn MV. Femtosecond laser-assisted intrastromal MyoRing implantation for correction of irregular astigmatism after penetrating keratoplasty and high myopia. *Indian J Ophthalmol Case Rep*. 2021; 1(1): 88-90.

14. Coskunseven E, Kymionis GD, Talu H, Aslan E, Diakonis VF, Bouzoukis DI, et al. Intrastromal corneal ring segment implantation with the femtosecond laser in a post-keratoplasty patient with recurrent keratoconus. *J Cataract Refract Surg*. 2007; 33(10): 1808-1810. doi: 10.1016/j.jcrs.2007.05.042

15. Григорян А.Р., Калинин Ю.Ю., Иошин И.Э. Первый опыт имплантации разомкнутых интрастромальных колец в коррекции астигматизма высокой степени после кератопластики. *Современные технологии в офтальмологии*. 2015; (3): 56.

16. Мороз З.И., Токмакова А.Н., Волкова О.С. Интрастромальная кератопластика с имплантацией роговичных сегментов в коррекции астигматизма после сквозной кератопластики по поводу кератоконуса. *Офтальмохирургия*. 2015; (4): 70-77.

17. Arriola-Villalobos P, Díaz-Valle D, Güell JL, Iradier-Urrutia MT, Jiménez-Alfaro I, Cuiña-Sardiña R, et al. Intrastromal corneal ring segment implantation for high astigmatism after penetrating keratoplasty. *J Cataract Refract Surg*. 2009; 35(11): 1878-1884. doi: 10.1016/j.jcrs.2009.05.060

## REFERENCES

1. Gu ZY, Ye MJ, Ji KK, Liao RF. Long-term follow-up of astigmatic keratotomy for corneal astigmatism after penetrating keratoplasty. *Acta Ophthalmol*. 2016; 94(7): 7-77. doi: 10.1111/aos.13061

2. Asena L, Altinörs DD. Visual rehabilitation after penetrating keratoplasty. *Exp Clin Transplant*. 2016; 14(3): 130-134.

3. Gutfreund S, Leon P, Busin M. Microkeratome-assisted anterior lamellar keratoplasty for the correction of high-degree postkeratoplasty astigmatism. *Cornea*. 2017; 36(7): 880-883. doi: 10.1097/ICO.0000000000001232

4. Kim BK, Mun SJ, Lee DG, Chung YT. Bilateral small incision lenticule extraction (SMILE) after penetrating keratoplasty. *J Refract Surg*. 2016; 32(9): 644-647. doi: 10.3928/1081597X-20160526-01

5. Lee HS, Kim MS. Factors related to the correction of astigmatism by LASIK after penetrating keratoplasty. *J Refract Surg*. 2010; 26(12): 960-965. doi: 10.3928/1081597X-20100212-07

6. Lisa C, García-Fernández M, Madrid-Costa D, Torquetti L, Merayo-Llodes J, Alfonso JF. Femtosecond laser-assisted intrastromal corneal ring segment implantation for high astigmatism

correction after penetrating keratoplasty. *J Cataract Refract Surg*. 2013; 39(11): 1660-1667. doi: 10.1016/j.jcrs.2013.04.038

7. Rashad KM. Laser in situ keratomileusis for correction of high astigmatism after penetrating keratoplasty. *J Refract Surg*. 2000; 16(6): 701-710.

8. Prazeres TM, Souza AC, Pereira NC, Ursulino F, Grupenmacher L, de Souza LB. Intrastromal corneal ring segment implantation by femtosecond laser for the correction of residual astigmatism after penetrating keratoplasty. *Cornea*. 2011; 30(12): 1293-1297. doi: 10.1097/ICO.0b013e31821821e1

9. Malyugin BE, Tokmakova AN, Karimova AN. Long-term results of laser correction of astigmatism after penetrating keratoplasty in patients with keratoconus. *Practical medicine*. 2017; 2(9): 128-132. (In Russ.).

10. Hashemi H, Aghamirsalim M, Asgari S. Stromal rejection after SMILE for the correction of astigmatism after graft. *J Refract Surg*. 2019; 35(11): 737-739. doi: 10.3928/1081597X-20191010-01

11. Elkadim M, Myerscough J, Bovone C, Busin M. Astigmatism orientation after deep anterior lamellar keratoplasty for keratoconus and its correlation with preoperative peripheral corneal astigmatism. *Cornea*. 2020; 39(2): 192-195. doi: 10.1097/ICO.0000000000002175

12. Sinitsyn MV, Pozdeyeva NA, Pashtayev NP. Comparative analysis of the intrastromal MyoRing implantation performed with the femtosecond laser. *Int J Keratoconus Ectatic Dis (Online)*. 2017; 6(2): 1-9.

13. Pozdeyeva NA, Sinitsyn MV. Femtosecond laser-assisted intrastromal MyoRing implantation for correction of irregular astigmatism after penetrating keratoplasty and high myopia. *Indian J Ophthalmol Case Rep*. 2021; 1(1): 88-90.

14. Coskunseven E, Kymionis GD, Talu H, Aslan E, Diakonis VF, Bouzoukis DI, et al. Intrastromal corneal ring segment implantation with the femtosecond laser in a post-keratoplasty patient with recurrent keratoconus. *J Cataract Refract Surg*. 2007; 33(10): 1808-1810. doi: 10.1016/j.jcrs.2007.05.042

15. Grigoryan AR, Kalinnikov YuYu, Ioshin IE. The first experience of implantation of open intrastromal rings in the correction of high-degree astigmatism after keratoplasty. *Modern Technologies in Ophthalmology*. 2015; (3): 56. (In Russ.).

16. Moroz ZI, Tokmakova AN, Volkova OS. Intrastromal keratoplasty with intracorneal ring segments implantation for the astigmatism correction in post-PKP patients with keratoconus. *Fedorov Journal of Ophthalmic Surgery*. 2015; (4): 70-77. (In Russ.).

17. Arriola-Villalobos P, Díaz-Valle D, Güell JL, Iradier-Urrutia MT, Jiménez-Alfaro I, Cuiña-Sardiña R, et al. Intrastromal corneal ring segment implantation for high astigmatism after penetrating keratoplasty. *J Cataract Refract Surg*. 2009; 35(11): 1878-1884. doi: 10.1016/j.jcrs.2009.05.060

## Сведения об авторах

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

**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, <http://orcid.org/0000-0002-7285-1782b>

**Терентьева Анна Евгеньевна** – врач-офтальмолог рефракционно-лазерного отделения, Чебоксарский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Фёдорова» Минздрава России, e-mail: anyaterentieva@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7719-8778>

**Шленская Ольга Вячеславовна** – кандидат медицинских наук, заведующая диагностическим отделением, Чебоксарский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Фёдорова» Минздрава России, e-mail: oshlenskay@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8138-703X>

**Information about the authors**

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

**Maksim V. Sinitsyn** – Cand. Sc. (Med.), Head of the Children’s Unit, Cheboksary Branch of S.N. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, e-mail: mntksinicin@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7285-1782b>

**Anna E. Terentieva** – Ophthalmologist at the Laser Refractive Surgery Unit, Cheboksary Branch of S.N. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, e-mail: anyaterentieva@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7719-8778>

**Olga V. Shlenskaya** – Cand. Sc. (Med.), Head of the Diagnostic Department, Cheboksary Branch of S.N. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, e-mail: oshlenskay@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8138-703X>

Статья опубликована в рамках Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «VIII Байкальские офтальмологические чтения «Визуализация в офтальмологии. Настоящее и будущее».