

## Топографически ориентированная ФРК в коррекции неправильного астигматизма у пациентов с кератоконусом

А.В. Дога, Ю.И. Кишкин, С.Б. Измайлова, Е.С. Бранчевская

ФГБУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова» Минздрава России, Москва

### РЕФЕРАТ

**Цель.** Оценить эффективность коррекции остаточной аметропии методом топографически ориентированной ФРК на эксимерлазерной установке «Микроскан Визум» (ООО «Оптосистемы», Троицк) у пациентов с кератоконусом, стабилизированным интрастромальной кератопластикой с имплантацией роговичных сегментов и кросслинкингом роговичного коллагена.

**Материал и методы.** Топографически ориентированная ФРК проведена на 42-х глазах 40 пациентов (23 мужчины, 17 женщин) с кератоконусом 2-3 стадии, стабилизированным методом интрастромальной кератопластики с имплантацией роговичных сегментов и кросслинкингом роговичного коллагена. До операции и в сроки 1, 3, 6 и 12 мес. после операции всем пациентам проведено обследование, включающее визометрию, субъективное и объективное определение рефракции, компьютерную кератотопографию («TMS-4», Tomey, Япония), aberрометрию (OPDScan ARK-10000, Nidek, Япония), исследование переднего отрезка глаза с помощью Scheimpflug-камеры (Pentacam, Oculus, Германия), конфокальную микроскопию (Confoscan 4, Nidek, Япония).

Трансэпителиальную топографически ориентированную ФРК проводили на эксимерлазерной установке «Микроскан

Визум», профиль абляции рассчитывали в программе «КераСкан».

**Результаты.** После операции отмечено значительное повышение средней некорригированной и корригированной остроты зрения с  $0,08 \pm 0,04$  до  $0,52 \pm 0,18$  и с  $0,46 \pm 0,15$  до  $0,64 \pm 0,19$  соответственно. Потери строк максимально корригированной остроты зрения не наблюдалось. В 88,8% случаев отмечалась прибавка одной и более строк и в 31,2% – двух строк максимально корригированной остроты зрения.

**Заключение.** Эффективность топографически ориентированной ФРК, проведенной на эксимерлазерной установке «Микроскан Визум» у пациентов с кератоконусом после имплантации роговичных сегментов и кросслинкинга, подтверждается увеличением некорригированной и корригированной остроты зрения. О безопасности операции говорит стабильность элевации задней поверхности роговицы и отсутствие формирования клинически значимой степени фиброплазии.

**Ключевые слова:** топографически ориентированная ФРК, неправильный астигматизм, кератоконус. ■

**Авторы не имеют финансовых или имущественных интересов в упомянутых материале и методах.**

Офтальмохирургия. – 2015. – № 2. – С. 16-21.

### Для корреспонденции:

Дога Александр Викторович, докт. мед. наук, профессор, зам. генерального директора по научно-клинической работе;

Кишкин Юрий Иванович, канд. мед. наук, зав. центром лазерной хирургии;

Измайлова Светлана Борисовна, докт. мед. наук, и.о. отделом хирургии роговицы и катаракты № 2;

Бранчевская Екатерина Сергеевна, аспирант

ФГБУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова» Минздрава России

Адрес: 127486, Москва, Бескудниковский бульвар, 59а

E-mail: info@mntk.ru

## ABSTRACT

**Topography-guided PRK for irregular astigmatism correction in keratoconus patients**

A.V. Doga, Y.I. Kishkin, S.B. Izmailova, E.S. Branchevskaya

*The S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Moscow*

**Purpose.** To evaluate the efficacy of topography-guided photorefractive keratectomy (PRK) performed using the MicroScan Visum excimer laser (Optosystems, Russia) after intrastromal corneal ring segment (ICRS) implantation and collagen cross-linking (CXL) in the management of keratoconus.

**Material and methods.** Prospective, non-comparative analysis of case series comprised 42 eyes of 40 keratoconic patients (23 male, 17 female). All patients had the ICRS implantation and collagen cross-linking to stabilize the ectasia. The trans-epithelial topography-guided PRK was performed using the MicroScan Visum excimer laser (Optosystems, Russia). The outcome measurements included: UCVA, BCVA, keratometry («TMS-4», Tomey), Scheimpflug tomography (Pentacam, Oculus), confocal microscopy (Confoscan 4, Nidek). Postoperative assessments were performed at 1, 3, 6 and 12 months.

**Results.** Six months after the topography-guided PRK there was noted a significant improvement in UCVA from  $0.08 \pm 0.04$  to  $0.52 \pm 0.18$  and BCVA from  $0.46 \pm 0.15$  to  $0.64 \pm 0.19$ . No eyes lost lines of BCVA. 88.8% of eyes gained 1 or more line of BCVA and 31.2% of eyes gained 2 lines of CDVA.

**Conclusions.** The efficacy of the topography-guided PRK using the MicroScan Visum excimer laser in keratoconic patients after ICRS implantation and collagen cross-linking is confirmed by an improvement of uncorrected and best corrected visual acuity. The safety is reflected in the stability of an elevation of the posterior corneal surface and a lack of formation of a clinically significant degree of fibroplasia.

**Key words:** Topography-guided PRK, irregular astigmatism, keratoconus. ■

**No author has a financial or proprietary interest in any material or method mentioned.**

Ophthalmosurgery.- 2015.- No. 2.- P. 16-21.

Дистрофические заболевания роговицы, в частности кератоконус, являются одной из часто встречаемых причин появления неправильного роговичного астигматизма [9, 10, 13, 24]. Ведение таких пациентов предполагает комплексный подход, направленный на стабилизацию процесса эктазии и восстановление зрительных функций [5, 6, 8, 11, 15]. Новые хирургические методики (интрастромальная кератопластика с имплантацией роговичных сегментов и кросслинкинг роговичного коллагена) показали высокую эффективность в отношении остановки прогрессирования эктазии [5, 6, 11]. Однако вопрос зрительной реабилитации таких пациентов остается открытым, поскольку очковая и контактная коррекция часто оказываются неэффективны, что ограничивает способность выполнения пациентами различных видов зрительных задач и снижает качество жизни [1, 3, 7, 14, 21, 25]. Для коррекции остаточной аметропии после стабилизации эктазии имплантации рогович-

ных сегментов могут применяться персонализированные эксимерлазерные операции [2-4, 25].

МНТК «Микрохирургии глаза» совместно с центром физического приборостроения института общей физики Российской академии наук была разработана эксимерлазерная установка последнего поколения «Микроскан Визум» ООО «Оптосистемы» (Россия). Одной из ее возможностей является проведение операций по данным кератотопографии.

## ЦЕЛЬ

Оценка эффективности коррекции остаточной аметропии методом топографически ориентированной фоторефрактивной кератэктомии (ФРК) на эксимерлазерной установке «Микроскан Визум» (ООО «Оптосистемы», Троицк) у пациентов с кератоконусом, стабилизированным интрастромальной кератопластикой с имплантацией роговичных сегментов и кросслинкингом роговичного коллагена.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Всего обследовано 52 глаза 46 пациентов (25 мужчин, 17 женщин) в возрасте от 18 до 44 лет (средний возраст – 33,8 года), которым проведены интрастромальная кератопластика с имплантацией роговичных сегментов и кросслинкинг роговичного коллагена. Интрастромальную кератопластику с имплантацией роговичных сегментов проводили мануальным методом с формированием тоннелей на глубине 80% толщины роговицы в месте имплантации сегмента. Во всех случаях были использованы сегменты из ПММА с полукруглой формой сечения, длиной  $160^\circ$  по дуге окружности, внутренним и внешним диаметром 5,0 и 5,6 мм соответственно (производства ООО «НЭП «Микрохирургия глаза»). Процедура кросслинкинга была проведена по стандартному протоколу с использованием «Декстралинка» (рибофлавин-мононуклеатид 0,1% и декстран 20%) и облучением роговицы в течение 30

минут на аппарате UV-X1000 (IROC InnoCross AG, Швейцария). Средний срок между проведением кросслинкинга и топографически ориентированной ФРК составил в среднем 10-12 мес. Всем пациентам проведено обследование, включающее визометрию, субъективное и объективное определение рефракции, пневмотонометрию, ультразвуковое А-сканирование, биомикроскопию, осмотр глазного дна в состоянии миоприазы, компьютерную кератотопографию («TMS-4», Tomey, Япония), aberрометрию (OPDScan ARK-10000, Nidek, Япония), исследование переднего отрезка глаза с помощью Scheimpflug-камеры (Pentacam, Oculus, Германия), конфокальную микроскопию (Confoscan 4, Nidek, Япония). По данным aberрометрии проводили анализ наиболее показательных параметров качества зрения – функции рассеяния точки и коэффициента Штреля.

Пациенты были направлены в отделение эксимерлазерной хирургии МНТК «Микрохирургии глаза» г. Москвы для коррекции аметропии методом топографически ориентированной ФРК. Показаниями для проведения операции служили:

- наличие стабильной рефракции в течение 6 мес. до запланированной операции топографически ориентированной ФРК;
- значение пахиметрии роговицы в самой тонкой точке не менее 450 мкм;
- значение максимальной кератометрии не более 63 дптр;
- срок выполнения операции ФРК не ранее чем через 10-12 мес. после проведенного кросслинкинга роговичного коллагена;
- непереносимость контактной коррекции.

Из обследованных пациентов, исходя из перечисленных критериев, отобрано 42 глаза 40 пациентов с кератоконусом 2-3 стадии по классификации Amsler (23 мужчины, 17 женщин) в возрасте от 18 до 42 лет (средний возраст – 33,4 года).

Контролем служили данные подбора жестких корневальных контактных линз (ЖКЛ) этим же пациентам.

Трансэпителиальная топографически ориентированная фоторефрактивная кератэктомия проводилась на эксимерлазерной установке

«Микроскан Визум» («ООО Оптосистемы», Россия).

Расчет персонализированного профиля абляции проводили при помощи программы «КераСкан». Для этого снимали кератотопограмму пациента на кератотопографе Tomey TMS-4, сохраняли ее в формате tms-файла и переносили на компьютер с установленной программой «КераСкан». Профиль абляции рассчитывали по эллипсоиду вращения, при этом основные параметры, включающие сферический и цилиндрический компоненты аметропии, диаметр оптической зоны и общей зоны абляции, задавались таким образом, чтобы максимальная глубина и общая зона абляции не превышали соответственно 50 мкм и 5 мм в диаметре, что соответствует внутреннему диаметру имплантированного сегмента. Ось цилиндра при этом определяли по кератотопограмме.

*Техника операции:* после поверхностной анестезии и наложения векорасширителя проводили центровку эксимерного лазера и первым этапом проводили абляцию персонали-

зированным профилем. Затем выполнялась эксимерлазерная абляция «плоским лучом» до полной деэпителизации в пределах центральной зоны диаметром 5 мм. По завершении операции проводилась инстилляционная антибиотика и накладывалась бандажная контактная линза. Послеоперационная медикаментозная терапия включала инстилляцию антибиотика в течение пяти дней после операции, в дальнейшем – применение стероидных средств. Инстилляцию кортикостероидов назначались по снижающейся схеме с 6 раз в день до 1 раза в день в течение 2,5 мес. с профилактическим назначением гипотензивных препаратов и слезозаместительной терапии.

Контрольные осмотры проводились в сроки 1, 4 дня, 2 недели и 1, 3, 6, 12 мес. после операции.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Во всех случаях операция прошла без осложнений. Полная эпителизация наступала на четвертые сутки.

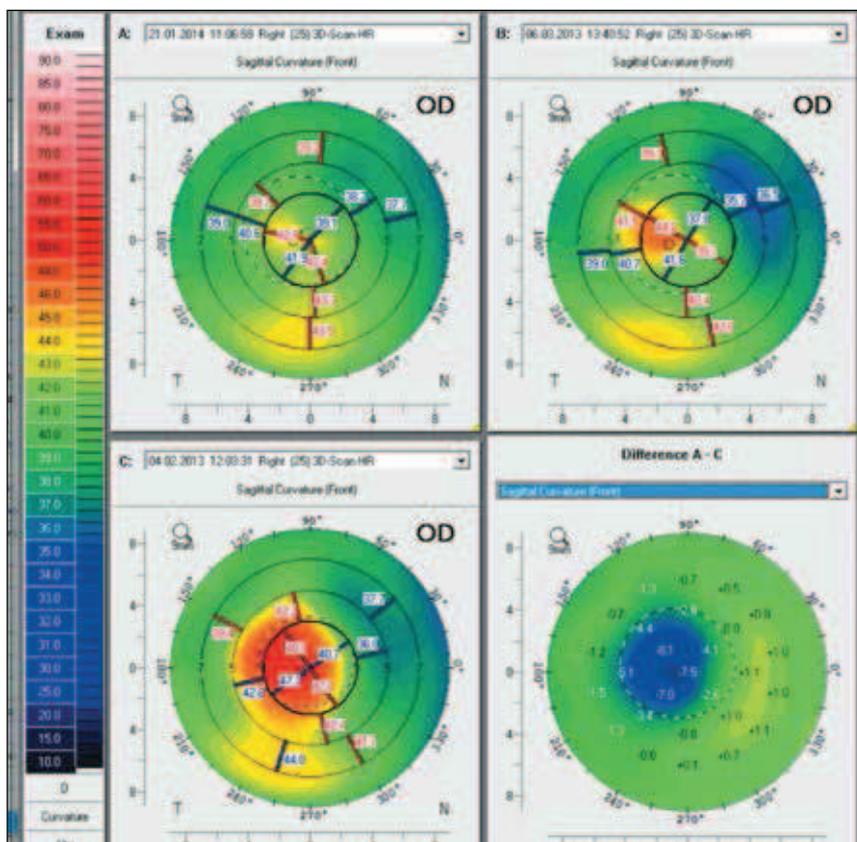


Рис. 1. Кератотопограмма до операции, через 1 и 12 мес. после операции ФРК, дифференциальная карта

Стабилизация остроты зрения отмечалась на 2-3 мес. после операции.

Через 1 мес. после операции и в последующие сроки потери строк максимально корригированной остроты зрения и развития субэпителиальной фиброплазии степени 2.0 (по классификации Durrie [12]) и выше не наблюдалось. В 88,8% случаев отмечалась прибавка одной и более строк и в 31,2% – двух строк максимально корригированной остроты зрения.

В послеоперационном периоде у всех пациентов отмечено значительное повышение некорригированной и корригированной остроты зрения (табл. 1) в среднем с  $0,08 \pm 0,04$  до  $0,52 \pm 0,18$  и с  $0,46 \pm 0,15$  до  $0,64 \pm 0,19$  соответственно. Сферический эквивалент рефракции снизился с  $-6,47 \pm 2,71$  до  $-1,79 \pm 0,89$  дптр.

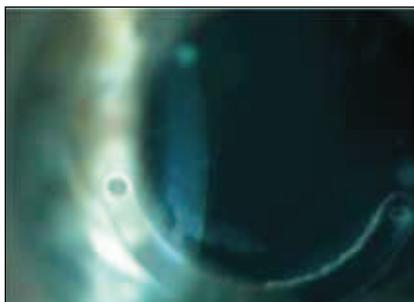


Рис. 2. Фиброплазия степени 0,5 по краю зоны абляции



Рис. 3. Гиперрефлектирующие ядра эпителиоцитов



Рис. 4. Средние слои стромы. Зона ацеллюлярности с веретеновидными включениями

Таблица 1

Функциональные результаты операции топографически ориентированной ФРК		
	До операции (Mean±σ)	12 мес. после операции (Mean±σ)
НКОЗ	$0,08 \pm 0,04^*$ (0,03-0,16)	$0,52 \pm 0,18^*$ (0,16-1,0)
КОЗ	$0,46 \pm 0,15^*$ (0,3-0,7)	$0,64 \pm 0,19^*$ (0,4-1,0)
СЭ рефракции, дптр	$-6,47 \pm 2,71^*$	$-1,79 \pm 0,89^*$

\*  $p < 0,05$  для всех сравнений.

Таблица 2

Сравнительные результаты операции топографически ориентированной ФРК с результатами подбора ЖКЛ		
	Через 12 мес. после операции топографически ориентированной ФРК (M±σ)	При подборе ЖКЛ (M±σ)
Острота зрения	$0,52 \pm 0,18^*$ (от 0,16 до 1,0)	$0,44 \pm 0,15^*$ (от 0,3 до 0,7)
Остаточная аметропия, Sph, дптр	$-1,40 \pm 0,35$	$-0,75 \pm 0,25$
Остаточная аметропия, Суl, дптр	$0,81 \pm 0,04$	$1,22 \pm 0,09$

\*  $p < 0,05$ .

Таблица 3

Динамика кератотопографических индексов после операции топографически ориентированной ФРК		
	До операции топографически ориентированной ФРК (M±s)	Через 12 мес. после операции топографически ориентированной ФРК (M±s)
Индекс SAI	$4,86 \pm 0,54^*$	$2,56 \pm 0,23^*$
Индекс SRI	$3,12 \pm 0,21^*$	$1,33 \pm 0,45^*$
Перепад рефракции в проекции зрачка, дптр	$8,13 \pm 3,47^*$	$4,3 \pm 1,62^*$

\*  $p < 0,05$ .

Таблица 4

Данные элевации задней поверхности роговицы до и после операции топографически ориентированной ФРК ( $p > 0,05$ )	
Показатель элевации задней поверхности в самой тонкой точке до операции ФРК (диаметр референсной сферы 8 мм), (M±σ)	Показатель элевации задней поверхности в самой тонкой точке после операции ФРК (диаметр референсной сферы 8 мм), (M±σ)
$81,4 \pm 25,3$ мкм	$83,9 \pm 24,7$ мкм

\*  $p < 0,05$ .

При сравнении остроты зрения и рефракции у данной группы с подбором ЖКЛ получены следующие результаты (табл. 2).

По данным кератотопографии (табл. 3) отмечено значительное снижение индексов асимметрии (SAI) и регулярности (SRI) поверхности роговицы, а также снижение перепада рефракции в проекции зрачка (рис. 1).

Биомикроскопически в срок 3 мес. после операции у 6 (14,4%) пациентов отмечено наличие субэпителиальной краевой фиброплазии (рис. 2) степени 0,5 по классификации Durrig [12].

По данным конфокальной микроскопии до операции в 9,6% случаев обнаружены гиперрефлектирующие ядра эпителиоцитов, микрострии в поверхностных слоях стромы (рис. 3). В 43,2% в средних слоях стромы наблюдались ацеллюлярные участки различной протяженности, в ко-

торых визуализировались веретеновидные примерно одинаковые по степени рефлективности с ядрами кератоцитов образования (рис. 4). В срок 1 мес. после операции ФРК в поверхностных слоях визуализировались гиперрефлектирующие ядра кератоцитов, гиперрефлектирующая аморфная структура. Средняя плотность эндотелиальных клеток составила  $2448 \pm 253$  кл/мм<sup>2</sup> ( $2462 \pm 263$  кл/мм<sup>2</sup> в предоперационном периоде,  $p > 0,05$ ) и в последующие периоды оставалась без изменений по сравнению с предоперационным периодом.

К 3 мес. в 67,2% случаев наблюдалось усиление гиперрефлективности поверхностных слоев стромы, при этом сохранялось высокое количество активированных ядер кератоцитов. Изменений средних и супраэндотелиальных слоев стромы не выявлено. К 6 мес. после операции наблюдалось снижение гиперрефлективности поверхностных слоев стромы.

При этом в 19,2% случаев визуализировались короткие фрагменты нервных волокон. К 12 мес. после операции отмечено восстановление прозрачности экстрацеллюлярного матрикса передних слоев стромы роговицы. В 34% случаев визуализировались нервные волокна.

Оценка динамики кератэктазии проводилась по данным элевации задней поверхности роговицы (табл. 4, рис. 5).

За критерий оценки стабильности кератэктазии нами были приняты показатели элевации задней поверхности роговицы в самой тонкой точке до и после операции ФРК и значение радиуса кривизны референсной сферы, относительно которой измерена элевация.

Значение радиуса кривизны референсной сферы до и после операции составило  $5,98 \pm 0,32$  и  $5,95 \pm 0,34$  мм соответственно ( $p > 0,05$ ).

Отсутствие изменений радиуса кривизны референсной сферы и значения элевации в самой тонкой точке указывает на стабильность элевации задней поверхности роговицы (рис. 5).

По данным aberromетрии во всех случаях отмечено снижение общего значения aberrаций и улучшение функции рассеяния точки (ФРТ). Коэффициент Штреля равен отношению ФРТ оптической системы глаза к ФРТ идеальной (безабберационной) оптической системы. Чем выше коэффициент Штреля, тем лучше качество оптической системы.

Во всех случаях наблюдалось увеличение коэффициента Штреля, что является объективным показателем улучшения качества зрения (рис. 6).

Среднее значение коэффициента Штреля до операции составило  $0,004 \pm 0,001$ , после операции –  $0,018 \pm 0,003$  ( $p < 0,05$ ).

Основные изменения волнового фронта происходили за счет aberrаций низших и высших порядков.

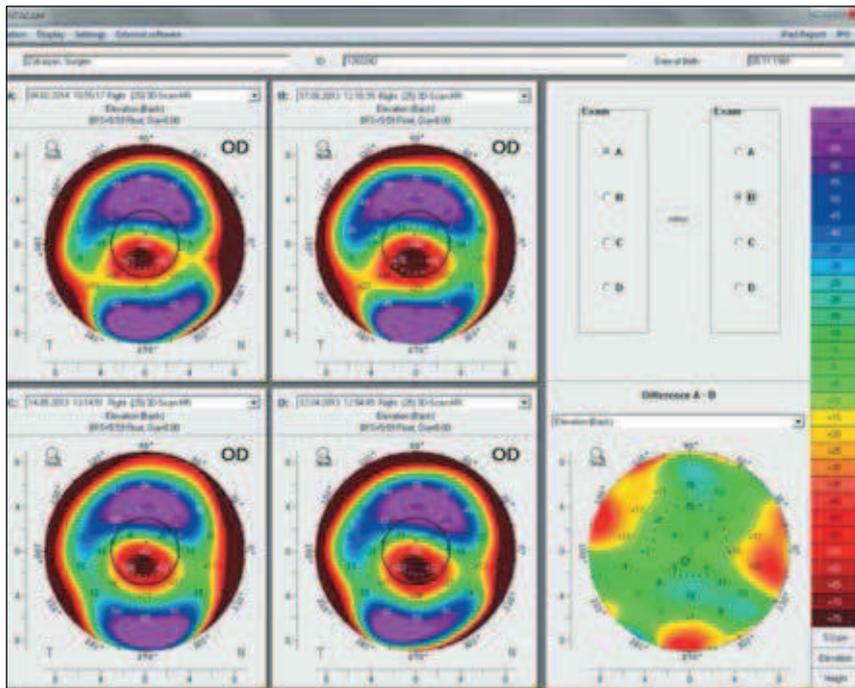


Рис. 5. Элевационные карты задней поверхности роговицы до и после операции топографически ориентированной ФРК

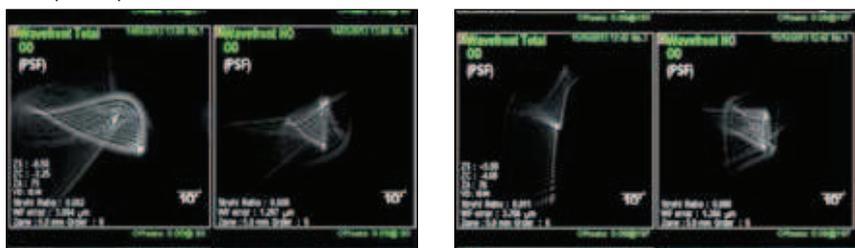


Рис. 6. ФРТ до (слева) и после (справа) операции топографически ориентированной ФРК

## ОБСУЖДЕНИЕ

ФРК, ориентированная по кератотопограмме, является персонализированной технологией кераторефракционной хирургии, позволяющей корректировать сфероцилиндрический компонент рефракции

и иррегулярный роговичный астигматизм [2-4, 14, 15]. При проведении коррекции аметропии у пациентов с кератоконусом необходимо учитывать безопасную относительно развития эктазии толщину остаточной стромы. В работах Kanellopoulos A.J., Pietrini D. рекомендовано проведение абляции не более чем на 50 мкм у пациентов с минимальным значением пахиметрии не менее 450 мкм [17, 23]. Таким образом предполагается, что толщина остаточной стромы после операции должна составлять не менее 400 мкм. В других работах (David T.C. Lin) были представлены аналогичные случаи, в которых послеоперационная пахиметрия составила 350-300 мкм и отмечалась стабильность послеоперационных данных в течение 2-х лет [20]. В нашей работе минимальная остаточная толщина стромы после операции не составляла менее 400 мкм, при этом стабильность процесса кератэктазии подтверждалась данными элевации задней поверхности роговицы.

Относительно времени между проведением кросслинкинга и ФРК также существуют различные точки зрения. Ряд авторов предлагает одномоментное проведение ФРК и кросслинкинга. Основным преимуществом данной методики считается проведение однократного хирургического вмешательства и более быстрая зрительная реабилитация пациента [16, 17, 18]. Однако существуют работы, описывающие появление глубоких стромальных помутнений после одномоментной процедуры кросслинкинга и ФРК [19]. По данным конфокальной микроскопии в нашей работе морфологические изменения отмечены лишь в поверхностных слоях стромы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Клинические результаты – прибавка средней некорригированной остроты зрения с 0,08 до 0,52 и средней корригированной остроты зрения с 0,46 до 0,64, снижение выраженности иррегулярности поверхности роговицы – говорят об эффективности проведения топографически ориентированной ФРК на эксимерлазерной установке «Микроскан Визум» у пациентов с кератоконусом

после имплантации роговичных сегментов и кросслинкинга. О безопасности операции говорит отсутствие потери строк корригированной остроты зрения, стабильность элевации задней поверхности роговицы в период наблюдения до двух лет и отсутствие формирования клинически значимой степени фиброплазии. Основные изменения citoархитектоники после проведения фоторефрактивной кератэктомии затрагивают эпителиальные и поверхностные слои стромы роговицы, окончание процессов регенерации на клеточном уровне наблюдается к 12 мес. после операции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аветисов С.Э., Розенблюм Ю.З. Оптическая коррекция зрения. – М.: Медицина, 1981. – 200 с.
2. Дога А.В. Коррекция индуцированного астигматизма различной этиологии, вида и степени на эксимерлазерной установке «Aescular MEL-70» // Офтальмохирургия. – 2001. – № 4. – С. 3-9.
3. Дога А.В. Эксимерлазерная рефракционная микрохирургия роговицы на базе сканирующей установки «Микроскан»: Дис. ... д-ра мед. наук. – М, 2004. – 198 с.
4. Дога А.В., Кишкин Ю.И., Майчук Н.В., Бранчевская Е.С. Топографически ориентированная ФРК – метод выбора при коррекции индуцированной иррегулярности глазной поверхности высокой степени // Офтальмохирургия. – 2012. – № 3. – С. 8-11
5. Малогин Б.Э., Измайлова С.Б., Авраменко С.А., Мерзлов Д.Е. Лечение парацентральных эктазий различного генеза методом интрастромальной кератопластики с имплантацией одного роговичного сегмента // Офтальмохирургия. – 2011. – № 4. – С. 16-22.
6. Мороз З.И., Измайлова С.Б., Легких С.Л., Мерзлов Д.Е. Лечение прогрессирующего кератоконуса методом кросслинкинга роговичного коллагена // Практическая медицина. – 2012. – № 4 (59). – С. 104-107.
7. Розенблюм Ю.З. Оптометрия. – М.: Медицина, 1991. – 192 с.
8. Alessio G., L'Abbate M., Furino C. et al. Confocal Microscopy Analysis of Corneal Changes After Photorefractive Keratectomy Plus Cross-Linking for Keratoconus: 4-Year Follow-up // Am. J. Ophthalmol. – 2014. – Vol. 158. – P. 476-484.
9. Azar D.T., Gatimel D., Hoang-Xuan T. Refractive surgery. – Philadelphia: Elsevier Mosby, 2006. – 301 p.
10. Belin M.W., Kbachikian S.S., Ambrosio R., Jr. Elevation based corneal tomography. – Jaypee-Highlights Medical Publishers, 2011. – 252 p.

11. Coskunseven E., Jankov M.R., Hafezi F. Contralateral eye study of corneal collagen cross-linking with riboflavin and UVA irradiation in patients with keratoconus // J. Refract. Surg. – 2009. – Vol. 25. – P. 371-376.

12. Durrie D.S., Lesber M.P., Cavanaugh T.B. Classification of variable clinical-response after photorefractive keratectomy for myopia // J. Refract. Surg. – 1995. – Vol. 11. – P. 341-347.

13. Gordon M.O., Steger-May K., Szczotka-Flynn L. et al. Baseline factors predictive of incident penetrating keratoplasty in keratoconus // Am. J. Ophthalmol. – 2006. – Vol. 142. – P. 932-930.

14. Holland S. Topographically directed customized treatment // Cataract Refract. Surg. Today. – 2007. – Vol. 7. – P. 74-76.

15. Iovieno A., Légaré M.E., Rootman D.B. et al. Intracorneal ring segments implantation followed by same-day photorefractive keratectomy and corneal collagen cross-linking in keratoconus // J. Refract. Surg. – Vol. 27. – P. 915-918.

16. Kanellopoulos A.J., Binder P.S. Collagen cross-linking (CCL) with sequential topography-guided PRK: a temporizing alternative for keratoconus to penetrating keratoplasty // Cornea. – 2007. – Vol. 26. – P. 891-895.

17. Kanellopoulos A.J. Comparison of sequential vs same-day simultaneous collagen cross-linking and topography-guided PRK for treatment of keratoconus // J. Refract. Surg. – 2009. – Vol. 25. – P. 812-828.

18. Kymionis G.D., Kontadakis A.E., Kounis G.A. et al. Simultaneous topography-guided PRK followed by corneal collagen crosslinking for keratoconus // J. Refract. Surg. 2009. – Vol. 25. – P. 807-811.

19. Kymionis G.D., Portaliou D.M., Diakonis V.F. et al. Posterior linear stromal haze formation after Simultaneous Photorefractive Keratectomy followed by Corneal Collagen Cross-linking // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 2010. – Vol. 51, № 10. – P. 5030-5033.

20. Lin D.T.C. Transepithelial Topography-guided PRK for keratoconus // Cataract Refract. Surg. Today. – 2007. – Vol. 7. – P. 71-73.

21. Lombardo M. Wave aberration of human eyes and new descriptors of image optical quality and visual performance // J. Cataract Refract. Surg. – 2010. – Vol. 36. – P. 313-331.

22. Mazzotta C., Traversi C., Baiocchi S. et al. Corneal healing after riboflavin ultraviolet-A collagen cross-linking determined by confocal laser scanning microscopy in vivo: early and late modifications // Am. J. Ophthalmol. – 2008. – Vol. 146. – P. 527-533.

23. Pietrini D., Tony Guedj T. Strategy for boosting visual acuity in keratoconus patients // Cataract Refract. Surg. – 2012. – Vol. 12. – P. 32-34.

24. Rabinowitz Y.S. Keratoconus: update and new advances (major review) // Surv. Ophthalmol. – 1998. – Vol. 42. – P. 297-319.

25. Wang M., Swartz T.S. Irregular Astigmatism Diagnosis and Treatment. – New Jersey: SLACK Incorporated, 2007. – 284 p.

Поступила 26.12.2014