ISSN 0042-465X (Print)
ISSN 2309-1282 (Online)

ВЕСТНИК ОФТАЛЬМОЛОГИИ

№3 • 2017 • Том 133
Издается с 1884 г.

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РОГОВИЧНЫХ АБЕРРАЦИЙ ПОСЛЕ ФЕМТОЛАЗЕРНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ ИНТРАСТРОМАЛЬНЫХ СЕГМЕНТОВ И КОЛЕЦ ПРИ КЕРАТОКОНУСЕ

ИЗУЧЕНИЕ АССОЦИАЦИЙ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМОРФИЗМОВ ФАКТОРОВ РОСТА С РАЗВИТИЕМ ПЕРВИЧНОЙ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМЫ

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВОТОКА И ЛИМФОТОКА В КОЖЕ ВЕК МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ ДОППЛЕРОВСКОЙ ФЛОУМЕТРИИ

ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СЕТЧАТКИ ПРИ АНТИФОСФОЛИПИДНОМ СИНДРОМЕ

АНАЛИЗ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ РОГОВИЦЫ ПОСЛЕ ЛАЗЕРНОГО ИНТРАСТРОМАЛЬНОГО КЕРАТОМИЛЕЗА С ФЕМТОЛАЗЕРНЫМ СОПРОВОЖДЕНИЕМ У ДЕТЕЙ С ГИПЕРМЕТРОПИЧЕСКОЙ АНИЗОМЕТРОПИЕЙ

РОЛЬ АНТИТЕЛ К ОСНОВНОМУ БЕЛКУ МИЕЛИНА В НАРУШЕНИИ ГИДРОДИНАМИКИ ПРИ ПЕРВИЧНОЙ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМЕ

ВЛИЯНИЕ МЕДИКАМЕНТОЗНОЙ ТЕРАПИИ НА ЭПИТЕЛИЗАЦИЮ РОГОВИЧНОГО РАЗРЕЗА ПОСЛЕ ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИИ

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ РЕГМАТОГЕННЫХ ОТСЛОЕК СЕТЧАТКИ С ВЫСОКИМ РИСКОМ РАЗВИТИЯ ПРОЛИФЕРАТИВНОЙ ВИТРЕОРЕТИНОПАТИИ

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ ПЕЛЛЮЦИДНОЙ МАРГИНАЛЬНОЙ ДЕГЕНЕРАЦИИ РОГОВИЦЫ МЕТОДОМ РОГОВИЧНОГО КРОССЛИНКИНГА

МЕДИА СФЕРА

https://doi.org/10.17116/oftalma201713334-8

Сравнительный анализ роговичных аберраций после фемтолазерной имплантации интрастромальных сегментов и колец при кератоконусе

Н.П. ПАШТАЕВ[1, 2], Н.А. ПОЗДЕЕВА[1], М.В. СИНИЦЫН[1]

[1]Чебоксарский филиал ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, пр. Тракторостроителей, 10, Чебоксары, Россия, 428028; [2]ФГБУ ВПО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», Московский пр-т, 15, Чебоксары, Россия, 428028

Цель — сравнительный анализ роговичных аберраций после фемтолазерной имплантации интрастромальных роговичных сегментов (ИРС) и колец MyoRing у пациентов с кератоконусом (КК) II—III стадии по данным аппарата Pentacam. **Материал и методы.** Нами были прооперированы 135 пациентов (145 глаз) с КК II—III стадии. В зависимости от метода операции все пациенты были разделены на 2 группы. В 1-ю группу вошли пациенты с КК, которым была выполнена фемтолазерная имплантация колец MyoRing по оптимизированной технологии; пациентам 2-й группы проведена фемтолазерная имплантация ИРС. В зависимости от стадии заболевания пациенты обеих групп разделены на 2 подгруппы. В 1-ю подгруппу вошли пациенты с КК II стадии, во 2-ю — с КК III стадии. До и после операций всем пациентам проводили визометрию, биомикроскопию, кератотопографию, измерение роговичных аберраций в фото- и мезопических условиях с помощью аппарата Pentacam. Срок наблюдения составил в среднем 30 мес (от 6 до 34 мес). **Результаты.** В обеих группах после операции значительно снизились роговичные аберрации, что подтверждалось улучшением рефракционных и кератометрических данных. **Заключение.** Имплантация интрастромальных колец MyoRing по сравнению с имплантацией ИРС приводит к более выраженному снижению суммарных роговичных аберраций и аберраций высших порядков в фото- и мезопических условиях, сферических аберраций в фотопических условиях у пациентов с КК III стадии, сопоставимому снижению суммарных роговичных аберраций, аберраций высших порядков и сферических аберраций в фотопических условиях у пациентов с КК II стадии, сопоставимому увеличению сферических аберраций в мезопических условиях у пациентов с КК III стадии.

Ключевые слова: *фемтосекундный лазер, кольцо MyoRing, интрастромальный сегмент, кератоконус, Pentacam.*

Comparative analysis of corneal aberrations after intrastromal segments and MyoRing implantation using femtosecond laser in patients with keratoconus

N.P. PASHTAEV[1, 2], N.A. POZDEEVA[1], M.V. SINITSYN[1]

[1]Cheboksary branch of S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, 10 Traktorostroiteley St., Cheboksary, Chuvash Republic, Russia, 428028; [2]I.N. Ulyanov Chuvash State University, 15 Moskovskiy pr., Cheboksary, Russia, 428015

Aim — to comparatively analyze corneal aberrations after intrastromal corneal segments (ICS) and MyoRing implantation using femtosecond laser in patients with stage II-III keratoconus (KC) by Pentacam examination. **Material and methods.** We have operated on 135 patients (145 eyes) with stage II or III KC. Depending on surgical technique, all patients were divided into two groups. Group I consisted of patients with KC, who received optimized femtosecond laser-assisted MyoRing implantation, group II — of those, who received femtosecond laser-assisted ICS implantation. Depending on the stage of the disease, each group was further divided into two subgroups, for stage II and stage III KC, respectively. Before and after surgery, all patients underwent visometry, biomicroscopy, corneal topography, and corneal aberrations measurement under photopic and mesopic conditions on Pentacam. The follow-up period averaged 30 months (from 6 to 34 months). **Results.** In both groups corneal aberrations significantly decreased after surgery, which was confirmed by an improvement in parameters of refraction and keratometry readings. **Conclusion.** Implantation of intrastromal MyoRings leads to a greater reduction in the total corneal aberration, higher-order aberrations under photopic and mesopic conditions, and spherical aberration under photopic conditions as compared to ICS in patients with stage III KC; a comparable reduction in the total corneal, higher-order, and spherical aberrations under photopic conditions as compared to ICS in patients with stage II KC; a comparable increase in spherical aberration under mesopic conditions as compared to ICS in patients with stage III KC.

Keywords: *femtosecond laser, MyoRing, intrastromal segment, keratoconus, Pentacam.*

Нерегулярность роговичной поверхности, нарушение ее структуры при кератоконусе (КК) приводит к увеличению роговичных аберраций, в том числе и аберраций высших порядков, значительно снижающих остроту и качество зрения, что особенно отмечается пациентами, начиная со II стадии КК [1—4]. Для полноценной реабилитации пациентов необходимо максимально уменьшить или нейтрализовать оптические аберрации [5]. В настоящее время при II и III стадиях КК широко применяются имплантации интрастромальных роговичных сегмен-

© Коллектив авторов, 2017

Для корреспонденции:
Синицын Максим Владимирович — врач-офтальмолог
e-mail: mntksinicin@mail.ru

тов (ИРС) и колец MyoRing для стабилизации КК, коррекции сопутствующих аметропий и снижения уровня роговичных аберраций [6—13]. Автором данной методики A. Daxer рекомендуется во всех случаях имплантировать кольцо MyoRing в интрастромальный карман диаметром 9,0 мм, сформированный на глубине 300 мкм, что не учитывает индивидуальной толщины роговицы. В Чебоксарском филиале ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» была предложена и апробирована оптимизированная технология имплантации кольца MyoRing в интрастромальный карман, сформированный с применением фемтосекундного лазера (ФСЛ). Основное отличие оптимизированной технологии от стандартной (A. Daxer) заключается в уменьшении диаметра интрастромального кармана с 9,0 до 8,0 мм и более глубоком его расположении в задних отделах стромы на глубине 80% от минимальной толщины роговицы в месте имплантации кольца MyoRing (заявка на изобретение RU №2016133149 «Способ лечения кератоконуса» от 11.08.2016). Таким образом, учитывается индивидуальная толщина роговицы каждого пациента и интрастромальный карман формируется меньшего диаметра и более глубоко в задних отделах стромы с целью большего повышения ее биомеханических свойств после операции и снижения риска протрузии кольца. Однако недостаток информации о сравнительном влиянии на уровень роговичных аберраций интрастромальных имплантов обусловливает актуальность изучения возможности их снижения, а значит, и улучшения качества зрения, повышения зрительной работоспособности и в итоге — социальной реабилитации пациентов молодого и трудоспособного возраста.

Цель работы — сравнительный анализ роговичных аберраций после фемтолазерной имплантации ИРС и колец MyoRing у пациентов с КК II и III стадий по данным аппарата Pentacam.

Материал и методы

Нами было прооперировано 135 пациентов (145 глаз) с КК II—III стадий по классификации M. Amsler (1961). В зависимости от метода операции все пациенты были разделены на 2 группы. В 1-ю группу вошли пациенты с КК, которым была выполнена фемтолазерная имплантация колец MyoRing, пациентам 2-й группы проведена фемтолазерная имплантация ИРС.

В зависимости от стадии заболевания пациенты обеих групп разделены на 2 подгруппы. В 1-ю подгруппу вошли пациенты с КК II стадии, во 2-ю — с КК III стадии. В 1-ю подгруппу 1-й группы включены 28 пациентов (29 глаз), в 1-ю подгруппу 2-й группы — 30 пациентов (33 глаза); 2-ю подгруппу 1-й группы составили 37 пациентов (41 глаз), 2-ю подгруппу 2-й группы — 40 пациентов (42 глаза). Возраст пациентов 1-й группы составил в среднем 30±4 года, 2-й группы — 28±3 года.

Всем пациентам 1-й группы была выполнена фемтолазерная интрастромальная имплантация колец MyoRing (Dioptex, Австрия) с внутренним диаметром 5 и 6 мм, шириной 0,5 мм и высотой от 240 до 320 мкм в заранее сформированный по оптимизированной технологии с помощью ФСЛ IntraLase FS 60 kHz (AMO, США) интрастромальный карман диаметром 8 мм на глубине 80% от минимальной толщины роговицы в месте имплантации кольца. Причем пациентам 1-й подгруппы 1-й группы были имплантированы кольца MyoRing с внутренним диаметром 6 мм, пациентам 2-й подгруппы 1-й группы — с внутренним диаметром 5 мм. Параметры интрастромальных колец MyoRing рассчитывали по номограмме A. Daxer (2007) [15], учитывающей среднее значение кератометрии и минимальную толщину роговицы.

Пациентам 2-й группы была выполнена фемтолазерная имплантация ИРС в интрастромальный роговичный туннель с внутренним диаметром резекции 5 мм, наружным — 6,2 мм, сформированный на глубине 80% от данных пахиметрии в месте его прохождения. Параметры ИРС рассчитывали по номограмме P. Ferrara (2002), учитывающей тип кератэктазии и значение сфероэквивалента.

В 1-ю подгруппу 2-й группы вошли пациенты с центральной кератэктазией и кератэктазией по типу «галстук-бабочка», которым были имплантированы 2 сегмента одинаковой высоты со сближением концевых краев ИРС при втором типе во избежание «феномена затекания». У всех пациентов 2-й подгруппы 2-й группы была диагностирована асимметричная кератэктазия по типу «капли» со смещением вершины КК книзу-кнутри или книзу-кнаружи, в связи с чем им был имплантирован 1 сегмент, перекрывающий зону кератэктазии [19].

До и после операций всем пациентам проводили визометрию, биомикроскопию, кератотопографию, измерение роговичных аберраций в фото- и мезопических условиях с помощью аппарата Pentacam («Oculus», Германия). Срок наблюдения составил в среднем 30 мес (от 6 до 34 мес).

Статистическую обработку результатов исследования выполняли на персональном компьютере с использованием статистической программы Statistica 6.1 (программный продукт «StatSoft», США). При оценке достоверности различий между показателями двух групп сравнения до операции по параметрическим критериям *t* для независимых переменных (коэффициент Стьюдента, *p*) рассчитывали статистические различия следующих параметров: некорригированную остроту зрения (НКОЗ), корригированную остроту зрения (КОЗ), среднее значение кератометрии ($K_{ср}$), измеренные в фото- (в 4-миллиметровой

оптической зоне) и мезопических (в 6-миллиметровой оптической зоне) условиях суммарные роговичные аберрации (RMS total), аберрации высших порядков (RMS HOA), сферические аберрации. Статистический корреляционный анализ роговичных аберраций, измеренных в мезопических условиях, между группами сравнения не проводили у пациентов с КК II стадии, так как диаметры оптических зон, ограниченные внутренними краями имплантатов различались: внутренний диаметр резекции интрастромального тоннеля для имплантации ИРС составлял 5 мм, а внутренний диаметр имплантируемых колец MyoRing — 6 мм.

Достоверность различий изучаемых параметров внутри каждой группы оценивали по параметрическому критерию *t* для зависимых переменных в связи с симметричным распределением совокупности значений показателей. Различия между выборками считали достоверными при уровне значимости меньше 0,05. Для определения степени зависимости между изучаемыми показателями и ее направленности проводили корреляционный анализ.

Результаты

В обеих группах интра- и послеоперационных осложнений не было. Ранний послеоперационный период протекал ареактивно. В первые дни после операции у всех пациентов глаза были спокойные. Биомикроскопически оптические среды были прозрачные, у части пациентов визуализировались локальные субконъюнктивальные кровоизлияния вследствие наложения вакуумного кольца, ИРС и кольца MyoRing находились в интрастромальных туннелях и карманах соответственно, согласно расчетной глубине.

Статистический корреляционный анализ визометрических, кератометрических данных и роговичных аберраций представлен в **табл. 1**. Среднее значение НКОЗ у пациентов с КК II стадии через 12 мес после имплантации колец MyoRing (1-я подгруппа 1-й группы) увеличилось в 2,8 раза, среднее значение КОЗ — на 0,07±0,02, $K_{ср}$ уменьшилось на 9,7±2,2 дптр **(табл. 2)**. Через 12 мес после операции в фотопических условиях RMS total снизилось на 4,9±1,3 мкм, RMS HOA — на 0,16±0,04 мкм, сферические аберрации — на 0,04±0,01 мкм, в скотопических условиях RMS total снизилось на 9,8±1,5 мкм, RMS HOA — на 0,28±0,08 мкм, сферические аберрации увеличились на 0,14±0,08 мкм. НКОЗ, КОЗ, $K_{ср.}$, RMS total, RMS HOA, сферические аберрации больше практически не менялись в течение всего периода наблюдения.

У пациентов с КК III стадии (2-я подгруппа 1-й группы) НКОЗ через 12 мес после имплантации колец MyoRing повысилась в 8 раз, КОЗ — в 3,6 раза, $K_{ср.}$ снизилась на 14,8±2,6 дптр. Через 12 мес после операции в фотопических условиях RMS total снизилось на 7,2±1,75 мкм, RMS HOA — на 0,43±0,12 мкм, сферические аберрации — на 0,18±0,04 мкм, в скотопических условиях RMS total снизилось на 14,1±3,6 мкм, RMS HOA — на 1,0±0,24 мкм, сферические аберрации увеличились на 0,1±0,04 мкм. НКОЗ, КОЗ, $K_{ср.}$, RMS total, RMS HOA, сферические аберрации больше практически не менялись в течение всего периода наблюдения.

НКОЗ у пациентов с КК II стадии через 12 мес после имплантации ИРС (1-я подгруппа 2-й группы) увеличилась в 2,3 раза, КОЗ — на 1,1±0,04, $K_{ср.}$ уменьшилось на 4,0±1,2 дптр. Через 12 мес после операции в фотопических условиях RMS total снизилось на 5,6±1,3 мкм, RMS HOA — на 0,2±0,06 мкм, сферические аберрации — на 0,07±0,02 мкм, в скотопических условиях RMS total снизилось на 10,9±2,9 мкм, RMS HOA — на 0,3±0,12 мкм, сферические аберрации увеличились на 0,1±0,02 мкм.

Таблица 1. **Оценка статистической достоверности независимых переменных (параметров сравнения) после фемтолазерной интрастромальной имплантации колец MyoRing (1-я подгруппа 1-й группы, *n*=29; 2-я подгруппа 1-й группы, *n*=41) и роговичных сегментов (1-я подгруппа 2-й группы, *n*=33; 2-я подгруппа 2-й группы, *n*=42) у пациентов с кератоконусом II и III стадии, *p* (коэффициент Стьюдента)**

Подгруппа сравнения	Параметр сравнения		До операции
			p
1-я подгруппа (пациенты с кератоконусом II стадии)		НКОЗ	0,0122
		КОЗ	0,0119
		$K_{ср.}$, D	0,0333
	RMS total	В фотопических условиях	0,0176
		В скотопических условиях	0,3322
	RMS HOA	В фотопических условиях	0,0244
		В скотопических условиях	0,2234
	Сферические аберрации	В фотопических условиях	0,1899
		В скотопических условиях	0,1123
2-я подгруппа (пациенты с кератоконусом III стадии)		НКОЗ	0,0011
		КОЗ	0,0122
		$K_{ср.}$, D	0,0133
	RMS total	В фотопических условиях	0,0267
		В скотопических условиях	0,0132
	RMS HOA	В фотопических условиях	0,0336
		В скотопических условиях	0,0523
	Сферические аберрации	В фотопических условиях	0,0389
		В скотопических условиях	0,0412

Таблица 2. **Динамика клинико-функциональных данных у пациентов с кератоконусом II—III стадии после фемтолазерной интрастромальной имплантации колец MyoRing (1-я подгруппа 1-й группы, *n*=29; 2-я подгруппа 1-й группы, *n*=41) и роговичных сегментов (1-я подгруппа 2-й группы, *n*=33; 2-я подгруппа 2-й группы, *n*=42), *M±SD***

Метод операции	Параметр		До операции	Через 6 мес		Через 12 мес		Через 30 мес	
			M±SD	*M±SD*	*p*	*M±SD*	*p*	*M±SD*	*p*
Фемтолазерная имплантация кольца MyoRing у пациентов с кератоконусом II стадии (1-я подгруппа 1-й группы)	НКОЗ		0,18±0,03	0,44±0,11	0,0222	0,5±0,1	0,0011	0,52±0,09	0,0122
	КОЗ		0,58±0,05	0,6±0,1	0,0020	0,65±0,15	0,0001	0,62±0,14	0,0098
	$K_{ср}$, D		51,1±12,3	41,6±10,5	0,0266	41,4±8,5	0,0056	41,8±5,8	0,0078
	RMS total, мкм	В фотопических условиях	38,9±8,5	35±4,2	0,0456	34±4,4	0,0242	33±5,1	0,0323
		В мезопических условиях	118,6±22,1	110,2±23,4	0,0498	108,8±18,8	0,0324	107,2±21,6	0,0022
	RMS HOA, мкм	В фотопических условиях	1,12±0,2	1±0,1	0,0376	0,96±0,15	0,0054	0,95±0,11	0,0347
		В мезопических условиях	3,28±0,75	3,05±0,54	0,0389	3±0,08	0,0273	2,8±0,09	0,0478
	Сферические аберрации, мкм	В фотопических условиях	0,17±0,04	0,14±0,02	0,0472	0,13±0,03	0,0278	0,13±0,03	0,0387
		В мезопических условиях	0,72±0,14	0,84±0,11	0,6733	0,86±0,2	0,0467	0,86±0,22	0,0434
Фемтолазерная имплантация кольца MyoRing у пациентов с кератоконусом III стадии (2-я подгруппа 1-й группы)	НКОЗ		0,05±0,01	0,34±0,08	0,0012	0,4±0,1	0,0017	0,4±0,08	0,0013
	КОЗ		0,160,04	0,44±0,1	0,0137	0,58±0,12	0,0019	0,6±0,12	0,0012
	$K_{ср}$, D		57,3±18,2	42,7±10,5	0,0488	42,5±4,2	0,0055	42,9±5,5	0,0023
	RMS total, мкм	В фотопических условиях	43±11,3	38±4,4	0,0499	35,8±3,5	0,0342	35±3,8	0,0445
		В мезопических условиях	94,1±22,6	86±15,8	0,0058	80±18,5	0,0029	80±16,9	0,0036
	RMS HOA, мкм	В фотопических условиях	1,36±0,12	0,96±0,14	0,0289	0,93±0,13	0,0387	0,91±0,14	0,0122
		В мезопических условиях	3,6±0,85	2,8±0,75	0,0408	2,6±0,66	0,0289	2,5±0,54	0,0276
	Сферические аберрации, мкм	В фотопических условиях	0,37±0,08	0,22±0,18	0,0566	0,19±0,04	0,0455	0,18±0,02	0,0433
		В мезопических условиях	1,2±0,12	1,25±0,91	0,0644	1,3±0,14	0,0333	1,3±0,18	0,0122
Фемтолазерная имплантация ИРС у пациентов с кератоконусом II стадии (1-я подгруппа 2-й группы)	НКОЗ		0,21±0,02	0,44±0,08	0,0001	0,48±0,1	0,0188	0,48±0,1	0,0011
	КОЗ		0,64±0,12	0,75±0,12	0,0022	0,75±0,11	0,0204	0,74±0,14	0,0088
	$K_{ср}$, D		49,9±9,8	46,9±4,4	0,0198	45,9±5,2	0,0248	46,7±5,8	0,0289
	RMS total, мкм	В фотопических условиях	38,1±8,2	34,5±18,2	0,4890	32,5±5,8	0,0389	32,5±4,8	0,0374
		В мезопических условиях	83,9±21,1	80,2±15,6	0,0174	73,1±14,2	0,0238	73,2±12,5	0,0399
	RMS HOA, мкм	В фотопических условиях	1,3±0,22	1,25±0,25	0,0489	1,1±0,26	0,0382	1,1±0,25	0,0370
		В мезопических условиях	2±0,44	1,8±0,35	0,0420	1,7±0,41	0,0487	1,7±0,44	0,2957
	Сферические аберрации, мкм	В фотопических условиях	0,35±0,08	0,3±0,04	0,0527	0,28±0,06	0,0482	0,28±0,06	0,0246
		В мезопических условиях	0,95±0,22	0,98±0,63	0,0537	1,05±0,41	0,0299	1,1±0,83	0,0982
Фемтолазерная имплантация ИРС у пациентов с кератоконусом III стадии (2-я подгруппа 2-й группы)	НКОЗ		0,09±0,02	0,34±0,08	0,0010	0,33±0,09	0,0023	0,32±0,08	0,0001
	КОЗ		0,18±0,04	0,53±0,1	0,0299	0,52±0,1	0,0032	0,52±0,1	0,0034
	$K_{ср}$, D		55,6±11,2	49,7±5,5	0,0378	49,5±6,1	0,0012	49,5±5,8	0,0122
	RMS total, мкм	В фотопических условиях	41,5±9,8	40±8,5	0,0389	37±8,3	0,0483	36,6±8,2	0,0280
		В мезопических условиях	90,5±22,6	84±15,5	0,0472	80,1±14,6	0,0385	79,8±18,2	0,0375
	RMS HOA, мкм	В фотопических условиях	1,59±0,33	1,3±0,26	0,0133	1,2±0,28	0,0183	1,18±0,24	0,0285
		В мезопических условиях	2,78±0,72	2,3±0,55	0,0284	2,2±0,65	0,0285	2,1±0,68	0,0245
	Сферические аберрации, мкм	В фотопических условиях	0,31±0,06	0,29±0,06	0,0485	0,28±0,03	0,0438	0,27±0,04	0,0372
		В мезопических условиях	0,95±0,18	1,05±0,88	0,0699	1,05±0,47	0,0488	1,1±0,86	0,0489

НКОЗ, КОЗ, $K_{ср}$, RMS total, RMS HOA, сферические аберрации больше практически не менялись в течение всего периода наблюдения.

У пациентов с КК III стадии (2-я подгруппа 2-й группы) НКОЗ через 12 мес после имплантации ИРС повысилась в 3,7 раза, КОЗ — в 2,9 раза, $K_{ср}$ снизилось на 6,1±1,8 дптр. Через 12 мес после операции в фотопических условиях RMS total снизилось на 4,5±1,4 мкм, RMS HOA — на 0,39±0,18 мкм, сферические аберрации — на 0,03±0,02 мкм, в скотопических условиях RMS total снизилось на 10,4±1,2 мкм, RMS HOA — на 0,58±0,2 мкм, сферические аберрации увеличились на 0,1±0,05 мкм. НКОЗ, КОЗ, $K_{ср}$, RMS total, RMS HOA, сферические аберрации больше практически не менялись в течение всего периода наблюдения.

Обсуждение

По данным литературы, увеличение роговичных аберраций при попадании края интрастромального имплантата в оптическую зону в мезопических условиях зависит от внутреннего диаметра имплантата, зоны его имплантации и формы. Чем меньше внутренний диаметр имплантата и ближе расположение к зрительной оси, тем легче и сильнее он может уплостить роговичную поверхность и центрировать вершину КК, но индуцировать при этом аберрации высших порядков, таких как сферические аберрации, кома. Чем больше граней у имплантата, тем больше преломление при попадании на них световых лучей. Например, сегменты Keraring способствуют снижению аберраций высшего порядка (вертикальной и горизонтальной комы), тогда как после имплантации сегментов Intacs, напротив, наблюдается появление новых аберраций, особенно отрицательной сферической аберрации и комы, что объясняется тем, что сегменты Keraring имеют треугольную форму на поперечном срезе, сегменты Intacs — гексагональную [14—17].

Рядом российских авторов описываются результаты снижения роговичных аберраций в зависимости от имплантации одного или двух роговичных сегментов отечественного производства у пациентов с КК [18—20]. Ими отмечено снижение суммарных роговичных аберраций при имплантации одного сегмента в фотопических условиях — на 10—25%, в мезопических условиях — на 10—15%, при имплантации двух сегментов в фотопических условиях — на 15—30%, в мезопических условиях — на 10—20%. Описано также понижение аберраций высшего порядка при имплантации одного сегмента в фотопических условиях — на 10—25%, в мезопических условиях — на 10—15%, при имплантации двух сегментов в фотопических условиях — на 15—30%, мезопических условиях — на 10—20%. Сферические аберрации снижаются при имплантации одного сегмента в фотопических условиях — на 10—25%, но увеличиваются в мезопических условиях — на 10—16%, уменьшаются при имплантации двух сегментов в фотопических условиях — на 5—10%, но увеличиваются в мезопических условиях — на 10—15% при попадании края сегмента в оптическую зону, что совпадает с представленными нами результатами [18—20].

В зарубежной литературе мало информации, описывающей изменения роговичных аберраций после имплантации колец MyoRing. Представлены результаты клинических исследований после имплантации колец MyoRing с внутренним диаметром 5 мм, в которых описано снижение суммарных роговичных аберраций (в фотопических условиях на 15—25%, в мезопических — на 10—15%), в том числе аберраций высших порядков (в фотопических условиях на 30—40%, в мезопических — на 25—30%), но увеличение сферических аберраций на 5—10% в мезопических условиях при попадании края кольца в оптическую зону, в связи с чем рекомендовано использовать кольца MyoRing большего диаметра, но учитывать рефракционный регресс при их имплантации, компенсируя его увеличением высоты колец MyoRing [21]. Данные зарубежной литературы совпадают с нашими результатами.

Анализируя результаты, полученные нами в ходе клинических исследований при имплантации интрастромальных колец MyoRing и ИРС, было отмечено, что применение обеих методик приводит к снижению RMS total и RMS HOA в фото- и мезопических условиях в обеих группах после операции, более выраженному в фотопических условиях у пациентов с КК II стадии после имплантации колец MyoRing, что подтверждается более высокими визометрическими данными и большим уплощением роговичной поверхности. После имплантации интрастромальных колец и сегментов при расширении зрачка в мезопических условиях в оптическую зону может попадать край интрастромального имплантата, что приводит к светорассеиванию и увеличению сферических аберраций. При III стадии КК после имплантации интрастромальных колец MyoRing диаметром 5 мм по сравнению с имплантациями одного ИРС, несмотря на большую площадь попадания края кольца MyoRing в оптическую зону в мезопических условиях, отмечено более выраженное снижение RMS total и RMS HOA, что подтверждается более высокими показателями остроты зрения и большим уплощением роговичной поверхности в послеоперационном периоде.

Выводы

Имплантация интрастромальных колец MyoRing по сравнению с имплантацией ИРС с применением фемтосекундного лазера для формирования интра-

стромального тоннеля и роговичного кармана у пациентов с кератоконусом II—III стадии приводит к:

1. Более выраженному снижению суммарных роговичных аберраций и аберраций высших порядков в фото- и мезопических условиях и сферических аберраций в фотопических условиях у пациентов с кератоконусом III стадии, что соответствует более выраженному рефракционному эффекту за счет большего уплощения роговичной поверхности.

2. Сопоставимому снижению суммарных роговичных аберраций, аберраций высших порядков и сферических аберраций в фотопических условиях у пациентов с кератоконусом II стадии.

3. Сопоставимому увеличению сферических аберраций в мезопических условиях при попадании края интрастромального имплантата в оптическую зону у пациентов с кератоконусом III стадии.

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования: Н.А.П., М.С.

Сбор и обработка материала: М.С.

Статистическая обработка: М.С.

Написание текста: Н.А.П, М.С.

Редактирование: Н.П.П., Н.А.П.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Hosny M, El-Mayah E, Sidky MK, Anis M. Femtosecond laser-assisted implantation of complete versus incomplete rings for keratoconus treatment. *Clin Ophthalmol*. 2015;9:121-127. https://doi.org/10.2147/OPTH.S73855
2. Jabbarvand M, SalamatRad A, Hashemian H, Khodaparast M. Continuous corneal intrastromal ring implantation for treatment of keratoconus in an Iranian population. *Am J Ophthalmol*. 2013;155:837-842. https://doi.org/10.1016/j.ajo.2012.11.015
3. Kling S, Marcos S. Finite-Element Modeling of Intrastromal Ring Segment Implantationinto a Hyperelastic Cornea. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2013;54:881-889. https://doi.org/10.1167/iovs.12-10852
4. Ormonde S. Refractive surgery for keratoconus. *Clin Exp Optom*. 2013;96:173-182. https://doi.org/10.1111/cxo.12051
5. Poulsen DM, Kang JJ. Recent advances in the treatment of corneal ectasia with intrastromal corneal ring segments. *Curr Opin Ophthalmol*. 2015;4:273-277. https://doi.org/10.1097/ICU.0000000000000163
6. Бикбов М.М., Бикбова Г.М. Результаты лечения кератоконуса методом имплантации интрастромальных роговичных колец MyoRing в сочетании с кросслинкингом роговичного коллагена. *Офтальмохирургия*. 2012;4:6-9. [Bikbov M, Bikbova G. Intrastromal corneal MyoRings with corneal collagen cross-linking in keratoconus treatment (Preliminary results). *Oftal'mokhirurgiya*. 2012;4:6-9. (In Russ.)]
7. Паштаев Н.П., Синицын М.В., Поздеева Н.А. Сравнительный анализ клинико-функциональных результатов фемтолазерных имплантаций интрастромальных сегментов и колец MyoRing у пациентов с кератоконусом. *Офтальмохирургия*. 2014;3:35-41. [Pashtaev N, Sinitsyn M, Pozdeyeva N. Comparative analysis of clinical and functional results of the intrastromal segments and MyoRing implantations in keratoconus using the femtosecond technology. *Oftal'mokhirurgiya*. 2014;3:35-41. (In Russ.)]
8. Паштаев Н.П., Поздеева Н.А., Синицын М.В. Предварительные результаты фемтолазерной интрастромальной имплантации колец MyoRing в лечении пеллюцидной дегенерации роговицы. *Катарактальная и рефракционная хирургия*. 2015;2:20-24. [Pashtaev N, Pozdeyeva N, Sinitsyn M. Preliminary results of femtosecond laser-assisted intrastromal MyoRing implantation in pellucid corneal degeneration. *Kataraktal'naya i refraktsionnaya khirurgiya*. 2015;2:20-24. (In Russ.)]
9. Синицын М.В., Паштаев Н.П., Поздеева Н.А. Имплантация интрастромальных роговичных колец Myoring при кератоконусе. *Вестник офтальмологии*. 2014;3:123-126. Sinitsyn M, Pashtaev N, Pozdeyeva N. Corneal intrastromal Myoring implantation in keratoconus. *Vestnik oftal'molgii*. 2014:3:123-126. (In Russ.)
10. Daxer A. Corneal thickness after MyoRing implantation for keratoconus. *International Journal of Keratoconus and Ectatic Corneal Diseases*. 2014;3:15-19.
11. Daxer A. Biomechanics of the cornea. *International Journal of Keratoconus and Ectatic Corneal Diseases*. 2014;3:57-62.
12. Kaya V, Utine CA, Karakus SH, Kavadarli I, Yilmaz OF. Refractive and visual outcomes after Intacs vs ferrara intrastromal corneal ring segment implantation for keratoconus: a comparative study. *J Refract Surg*. 2011;12:907-912. https://doi.org/10.3928/1081597X-20110906-03
13. Torquetti L, Ferrara G, Almeida F, Cunha L, Araujo LP, Machado A, Marcelo Lyra J, Merayo-Lloves J, Ferrara P. Intrastromal corneal ring segments implantation in patients with keratoconus: 10-year follow-up. *J Refract Surg*. 2014;1:22-26. https://doi.org/10.3928/1081597x-20131217-02
14. Бикбов М.М., Бикбова Г.М., Исхакова А.Х. Результаты имплантации интрастромальных роговичных сегментов (Keraring) при кератоконусе. *Офтальмохирургия*. 2013;3:55. [Bikbov M, Bikbova G, Iskhakova A. The results of the intrastromal corneal segments (Keraring) implantation for keratoconus. *Oftal'mokhirurgiya*. 2013;3:55. (In Russ.)]
15. Alfonso JF, Fernandez-Vega Cueto L, Baamonde B, Merayo-Lloves J, Madrid-Costa D, Montes-Mic o R. Inferior intrastromal corneal ring segments in paracentral keratoconus with no coincident topographic and coma axis. *J. Refract. Surg*. 2013; 29:266-272. https://doi.org/10.3928/1081597X-20130318-06
16. Ferrara G, Torquetti L, Ferrara P, Merayo-Lloves J. Intrastromal corneal ring segments: visual outcomes from a large case series. *Clin Exp Ophthalmol*. 2012;40:433-439. https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.2011.02698.x
17. Simoceli V, Torquetti L, Simoceli R, Ferrara P. Aberrations Prior to and post-intrastromal. Corneal Ring Segment Implantation in Keratoconus. *J Emmetropia*. 2012;3:139-144.
18. Карамян А.А., Юсеф Ю.Н., Махмуд М.И. Имплантация интрастромальных роговичных сегментов при кератоконусе. *Вестник офтальмологии*. 2012;1:47-51. [Karamyan A, Yusef Yu, Makhmud M. Intrastromal Corneal Segments Implantation in Keratoconus. *Vestnik oftal'molgii*. 2012;1:47-51. (In Russ.)]
19. Малюгин Б.Э., Измайлова С.Б., Авраменко С.А., Мерзлов Д.Е. Лечение парацентральных кератэктазий различного генеза методом интрастромальной кератопластики с имплантацией роговичного сегмента в зону наибольшей эктазии. *Офтальмохирургия*. 2011;4:16. Malyugin B, Izmailova S, Avramenko S, Merzlov D. Treatment of paracentral keratectasia of various genesis by method of intrastromalkeratoplasty with corneal segment implantation into the area of maximal corneal ectasia. *Oftal'mokhirurgiya*. 2011;4:16. (In Russ.)
20. Маслова Н.А., Паштаев Н.П. Отдаленные клинико-функциональные результаты после интрастромальной кератопластики с применением фемтосекундного лазера IntraLase FS у пациентов с кератоконусом. *Офтальмохирургия*. 2011;1:62-66. [Maslova N, Pashtaev N. Long-term clinical functional results after intrastromal keratoplasty using femtosecond laser IntraLase FS in patients with keratoconus. *Oftal'mokhirurgiya*. 2011;1:62-66. (In Russ.)]
21. Alio JL, Pinero DP, Daxer A. Clinical outcomes after complete ring implantation in corneal ectasia using the femtosecond technology; a pilot study. *Ophthalmology*. 2011;118:1282-1290. https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2010.12.012

Поступила 25.01.201