

Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный
медицинский исследовательский центр «Межотраслевой научно-
технический комплекс «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н.
Федорова» Минздрава РФ

На правах рукописи

АГАФОНОВ СЕРГЕЙ ГЕННАДЬЕВИЧ

**ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИИ
С ИМПЛАНТАЦИЕЙ ИОЛ
У ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ РАДИАЛЬНОЙ КЕРАТОТОМИИ**

14.01.07 – глазные болезни

Диссертация на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

доктор медицинских наук, профессор

Малюгин Борис Эдуардович

Москва – 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	4
ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	14
1.1. Хирургия катаракты на глазах с миопией.....	15
1.2. Радиальная кератотомия. Исторические аспекты развития.....	20
1.3. Морфологические изменения роговицы после проведенной ранее радиальной кератотомии у пациентов с миопией различной степени.....	23
1.4. Проблемы расчета оптической силы ИОЛ на глазах с миопией после радиальной кератотомии.....	27
1.5. Особенности техники факоэмульсификации катаракты после радиальной кератотомии.....	30
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ.....	33
2.1. Методы офтальмологического обследования пациентов.....	33
2.1.1. Общая характеристика стандартных методов обследования.....	34
2.1.2. Общая характеристика дополнительных методов обследования.....	35
2.2. Общая характеристика клинического материала.....	39
ГЛАВА 3. ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ОПТИЧЕСКОЙ СИЛЫ ИОЛ MIKOF/ALF НА ГЛАЗАХ, ПЕРЕНЕСШИХ РАДИАЛЬНУЮ КЕРАТОТОМИЮ.....	51
3.1. Сравнительная оценка возможностей приборов Pentacam, Topcon, IOL-Master 500 по измерению оптических параметров роговицы на глазах после проведенной радиальной кератотомии.....	52
3.2. Оптимизация методики MIKOF/ALF для расчета оптической силы ИОЛ на глазах после радиальной кератотомии.....	55
3.3. Выбор рефракции цели после факоэмульсификации катаракты с имплантацией ИОЛ на глазах после ранее проведенной радиальной кератотомии.....	66
ГЛАВА 4. ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ РОГОВИЦЫ ДО И ПОСЛЕ ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИИ КАТАРАКТЫ ПОСЛЕ РК.....	71

4.1. Анатомо-морфологическая характеристика роговицы до факоэмульсификации катаракты в основной и контрольной группах	71
4.2. Количественная оценка состояния эндотелия в основной и контрольной группах до и после ФЭК.....	83
4.3. Сравнительный анализ зоны кератотомического рубца по данным конфокальной микроскопии и гистологического исследования.....	84
4.4. Состояние ткани роговицы в различные сроки после операции ФЭК+ИОЛ в основной и контрольной группах	91
ГЛАВА 5. ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИИ КАТАРАКТЫ НА ГЛАЗАХ ПОСЛЕ РАДИАЛЬНОЙ КЕРАТОТОМИИ.....	100
5.1. Этап дооперационной подготовки пациентов и техническое обеспечение операции.....	100
5.2. Этап факоэмульсификации катаракты с имплантацией ИОЛ.....	104
5.2.1. Техника факоэмульсификации катаракты с имплантацией ИОЛ в контрольной группе пациентов	104
5.2.2. Техника факоэмульсификации катаракты с имплантацией ИОЛ на глазах после ранее проведенной РК.....	109
5.2.2.1. <i>Определение типа и места расположения операционного доступа.....</i>	111
5.2.2.2. <i>Герметизация малых роговичных и склерокорнеальных тоннельных разрезов при несостоятельности кератотомического рубца.....</i>	120
5.2.3. Сравнительная оценка функциональных результатов ФЭК+ИОЛ в обследуемых группах.....	123
ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	130
ВЫВОДЫ.....	145
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	146
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	148

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВГД - внутриглазное давление

ДЗН - диск зрительного нерва

ЗОСТ - задняя отслойка стекловидного тела

ИОЛ - интраокулярная линза

КМ - конфокальная микроскопия

КР - кератотомический рубец

КРО - кераторефракционные операции

КОЗ - скорригированная острота зрения

ЛАСИК - лазерный интрастромальный кератомилез *in situ*

НКОЗ - некорригированная острота зрения

ОКТ - оптическая когерентная томография

ПЗО - передне-задняя ось глаза

ПЭК - плотность эндотелиальных клеток

ПЭЛ - порог электрической лабильности

ПЭЧ - порог электрической чувствительности

РК - радиальная кератотомия

РОЗ - ретинальная острота зрения

СМ - световая микроскопия

СЭ - сферозквивалент

УЗ – ультразвук

ФРК – фоторефракционная кератэктомия

ФЭК - факоэмульсификация катаракты

ФЭК+ИОЛ - факоэмульсификация катаракты с имплантацией ИОЛ

ЭК - эндотелиальные клетки

ЭФИ - электро-физиологические исследования

ELP - расчетная величина расстояния от вершины роговицы до плоскости

ИОЛ

ВВЕДЕНИЕ

В структуре патологии органа зрения, по частоте встречаемости и степени влияния на функциональное состояние глаз, лидирующее положение занимает возрастная катаракта, которая выявляется практически у каждого второго пациента старше 60-ти лет. В последующие годы ее распространенность возрастает пропорционально возрасту пациента (Малюгин Б.Э., 2013; Brian G., 2001; Limburg H., 2008). «Золотым стандартом» лечения катаракты на сегодняшний день является хирургическая методика - факоэмульсификация с имплантацией ИОЛ (ФЭК+ИОЛ), которая широко применяется во всем мире и ввиду малого разреза считается малоинвазивным вмешательством (Федоров С.Н., 1992; Малюгин Б.Э., 2002; Иошин И.Э., 2005; Kelman C., 1973; Vasavada A., 1998). Одним из приоритетных направлений развития технологии ФЭК является возможность проведения данной операции в осложненных случаях, для которых характерно наличие сопутствующей патологии глаза, а именно: аметропий средней и высокой степени, глаукомы, псевдоэкзофолиативного синдрома, увеита, дистрофии роговицы, травмы и др. (Зуев В.К., Егорова Э.В., 1992; Малюгин Б.Э., 1998; Агафонова В.В., 2006; Першин К.Б., 2007; Osher R., 1998; Hayashi K., 1999; Gimbel H., 2006). В течение последних лет значительное внимание исследователей и практических врачей привлекали возможности проведения ФЭК+ИОЛ на глазах с миопией средней и высокой степени, что обусловлено высокой частотой встречаемости данной патологии и ее значимой ролью в ряду ведущих причин слабовидения в мире (Аветисов С.А., 2004; Зуев В.К., 2007). Известно, что глаза с миопией средней и высокой степени характеризуются рядом анатомических особенностей, связанных с перерастяжением всех оболочек глазного яблока: дистрофическими изменениями роговицы и радужки, слабостью ткани капсульного мешка и Цинновой связки, деструкцией стекловидного тела, ранним формированием ЗОСТ, центральной и периферической дистрофией

сетчатки (Радзиховский Б.Л., 1963; Ripandelli G., 2008). Вышеперечисленные особенности значительно повышают риск развития как интра-, так и послеоперационных осложнений в процессе хирургического лечения катаракты и требуют пристального внимания хирургов. Однако наибольшие трудности при выполнении ФЭК+ИОЛ на миопических глазах можно ожидать в случаях ранее перенесенных рефракционных операций для коррекции аметропии, в том числе после радиальной кератотомии (РК), так как наряду со всеми указанными анатомическими характеристиками миопического глаза, осложняющими ход операции, для глаз после РК характерны особенности структуры и топографии роговицы, которые должны учитываться хирургами при формировании операционного доступа и при расчете оптической силы имплантируемой интраокулярной линзы (ИОЛ) (Ripandelli G., 2008; Трубилин В.Н., Пожарицкий М.Д., 2010, Пасикова Н.В., 2019).

Радиальная кератотомия как метод рефракционной коррекции получила наибольшее распространение в конце 70-х годов прошлого века, когда было выполнено порядка 1,5 миллионов таких операций, а пик ее развития был достигнут благодаря исследованиям С.Н. Федорова и соавторов, в работах которых основные принципы нанесения передних неперфорирующих надрезов роговицы с получением планируемого рефракционного эффекта были обоснованы, доказаны и внедрены в широкую практику (Федоров С.Н., Дурнев В.В., Ивашина А.И., Гудечков В.Б., 1977; Коршунова Н.К., Мушкова И.А., Михальченко Н.Н., 2000).

На сегодняшний день большинство пациентов с миопией средней и высокой степени, имеющих в анамнезе перенесенную РК, входят в возрастную группу от 50-ти лет и старше, что обуславливает развитие у них возрастной катаракты, частота которой в последующем будет только возрастать. Уже сейчас можно отметить рост числа отечественных и зарубежных публикаций, касающихся особенностей хирургии катаракты на глазах после РК, однако многие вопросы, затрагивающие как технические

моменты факоэмульсификации, так и возможности расчета ИОЛ в таких случаях, остаются предметом неутрачивающих дискуссий.

Для повышения функционального результата ФЭК+ИОЛ на глазах после РК важной первоначальной задачей является детальный анализ анатомо-топографических особенностей измененной в ходе РК роговицы, оценка индивидуальной структуры рубцов, типов послеоперационного рубцевания, что на современном этапе может осуществляться с использованием как световой, так и конфокальной микроскопии (КМ). При этом представленные в литературе данные, касающиеся возможностей применения данных методик для изучения роговицы на глазах после РК в настоящее время крайне немногочисленны (Дога А.В., Майчук Н.В., 2010). Кроме того, результаты световой и конфокальной микроскопии не всегда совпадают, что создает дополнительные трудности на различных этапах обследования и лечения пациентов после РК.

Изменение анатомо-оптических характеристик роговицы на глазах после РК определяет проблему расчета оптической силы имплантируемой ИОЛ, что не всегда возможно осуществить с достаточной точностью при использовании стандартных широко применяемых формул (SRK/T, Hoffer Q, Holladay 1, MIKOF/ALF). Несмотря на наличие ряда отечественных и зарубежных исследований, затрагивающих проблему расчета оптической силы ИОЛ на глазах с миопией средней и высокой степени после РК, их данные являются неоднородными и не предлагают однозначного и обоснованного алгоритма расчета с предпочтительным выбором какой-либо из формул, что указывает на необходимость дальнейшего изучения данного вопроса (Стахеев А.А., 2008; Богуш И.В., 2010; Awwad S.T., 2007; Hoffer K.J., 1994; Seitz B., 2000).

Вместе с тем, в технологии хирургии катаракты на глазах после ранее проведенной РК важным звеном является не только расчет оптической силы ИОЛ, но также и технические моменты самой операции, включающие дооперационную подготовку, интраоперационную технику и ведение

послеоперационного периода. В настоящее время представлены лишь единичные работы, посвященные особенностям техники ФЭК+ИОЛ на глазах с миопией средней и высокой степени после РК (Пасикова Н.В., 2019; Першин К.Б., 2007; Packer M., 2012). Согласно имеющимся данным, ключевой проблемой в хирургии катаракты на таких глазах является правильный выбор типа основного операционного доступа, местоположение которого должно четко определяться в зависимости от количества КР, их глубины и состоятельности, что позволит избежать ряда осложнений в процессе операции (расхождение КР, перфорация роговицы, невозможность полноценной герметизации разрезов и др.). На сегодняшний день исследователями не представлено убедительной схемы выбора оптимального места операционного разреза в зависимости от различных параметров измененной в ходе РК роговицы с учетом структуры рубцов, что указывает на необходимость проведения дальнейших исследований в данном направлении (Packer M., 2012).

Принимая во внимание все вышесказанное, совершенствование метода факоэмульсификации катаракты у пациентов с миопией средней и высокой степени после ранее перенесенной РК связано с решением широкого круга вопросов, затрагивающих как оптимизацию способа расчета имплантируемой ИОЛ, так и технику самой операции, и является актуальной задачей современной офтальмологии, что и определило цель настоящего исследования.

Цель исследования

На основе углубленного анализа клинико-функциональных параметров глаз после РК, а также разработки и внедрения новых подходов к технике факоэмульсификации и интраокулярной коррекции, повысить эффективность хирургического лечения катаракты у данной категории пациентов.

Задачи исследования

1. Сравнить результаты применения различных кератометров по определению оптических свойств роговицы на глазах с миопией после перенесенной ранее радиальной кератотомии;

2. Разработать оптимизированный алгоритм расчета оптической силы ИОЛ на глазах с миопией в случаях перенесенной ранее радиальной кератотомии, обосновать его точность и эффективность;

3. При помощи метода конфокальной микроскопии изучить анатомо-морфологические особенности роговицы на глазах пациентов с миопией после ранее проведенной радиальной кератотомии до и после факоэмульсификации катаракты с имплантацией ИОЛ, определить их влияние на функциональные результаты операции;

4. Усовершенствовать технику факоэмульсификации катаракты на глазах с миопией в случаях перенесенной ранее радиальной кератотомии путем разработки методов визуализации кератотомических рубцов и оптимального выбора места операционного доступа и его герметизации;

5. Провести анализ клинико-функциональных результатов факоэмульсификации катаракты у пациентов после ранее проведенной радиальной кератотомии, прооперированных по стандартной и оптимизированной технологиям.

Научная новизна исследования

1. Впервые для характеристики оптических свойств роговицы на глазах с миопией после перенесенной ранее радиальной кератотомии проведена сравнительная объективная оценка возможностей различных моделей кератометров.

2. Впервые предложена оптимизированная методика расчета оптической силы ИОЛ на глазах с миопией после перенесенной ранее радиальной кератотомии на основе формулы MIKOF/ALF, адаптированной

путем математического расчета индивидуальной поправки к константе А с учетом показателей кератометрии и величины передне-задней оси глаза (ПЗО).

3. Впервые с использованием метода конфокальной микроскопии изучена прижизненная структура кератотомических рубцов и парарубцовой зоны на глазах после РК до фактоэмульсификации катаракты и в различные сроки после неё, обуславливающая ряд технических особенностей проведения операции.

4. Впервые в ходе исследования *in vitro* проведена сравнительная оценка гистологической структуры роговицы кадаверных глаз при различных типах послеоперационного рубцевания и обнаружено ее соответствие данным конфокальной микроскопии, что обосновывает использование указанного метода при исследовании роговицы после РК.

5. Впервые показана корреляция сферэквивалента рефракции с изменением оптической силы роговицы в различные сроки после фактоэмульсификации на глазах с радиальной кератотомией.

6. При помощи математического моделирования впервые разработан способ выбора места операционного доступа на глазах с миопией после радиальной кератотомии в зависимости от количества кератотомических рубцов и расстояния между ними.

Практическая значимость исследования

1. Высокая точность кератометрических данных, полученных на оптическом биометре IOL-Master и кератотопографе Pentacam, указывает на целесообразность использования именно этих приборов для расчета оптической силы ИОЛ на глазах после РК.

2. Оптимизированная методика МКОФ/РК для расчета оптической силы ИОЛ на глазах после РК позволяет получить наиболее близкий к

рефракции цели результат и создает условия для достижения максимального некорригированного зрения.

3. Метод конфокальной микроскопии является информативным для детальной характеристики патологических изменений всех слоев роговицы на глазах с миопией после РК, которые необходимо учитывать при выполнении операции ФЭК+ИОЛ, что обуславливает правильный выбор места расположения операционного доступа и выполнение его качественной герметизации в зависимости от типа рубцевания и количества кератотомических рубцов.

4. Разработанный при помощи методов математического моделирования способ выбора операционного доступа на глазах с миопией после РК в зависимости от количества КР и расстояния между ними, а также предложенная методика визуализации КР при первом типе рубцевания с использованием световода 25G обеспечивает качественное выполнение тоннельного разреза и снижает риск развития интраоперационных осложнений, связанных с расхождением кератотомического рубца и нарушением герметичности передней камеры на различных этапах операции.

5. Предложенный метод шовной герметизации операционного доступа вне зоны КР при недостаточной сопоставимости операционного доступа и повреждении краев разреза на глазах с миопией после РК препятствует фильтрации жидкости из операционной раны, способствует ускорению процесса эпителизации, а также обеспечивает полное восстановление исходных оптических параметров роговицы и хорошие функциональные результаты операции.

Положения, выносимые на защиту

1. Для расчета оптической силы ИОЛ при выполнении ФЭК на глазах с миопией после РК целесообразно применять формулу MIKOF/ALF, адаптированную путем математического расчета величины поправки к

константе A в каждом индивидуальном случае с учетом величины ПЗО и показателей кератометрии, полученных на приборах IOL-Master или Pentacam, что позволяет максимально приблизиться к рефракции цели. В процессе планирования рефракционного результата необходимо учитывать зрительные потребности пациента, а также вид и степень роговичного астигматизма.

2. Выраженность патологических изменений роговицы на глазах после РК, выявляемых методом КМ, зависит от типа рубцевания (завершенное или незавершенное), при этом наиболее грубые изменения структуры роговицы наблюдаются при 2-м типе (незавершенного) рубцевания, которое обуславливает риск расхождения кератотомического рубца в процессе выполнения ФЭК+ИОЛ и более длительное восстановление структуры КР после оперативного вмешательства за счет сохранения отека в зоне рубца. Структурные изменения донорской роговицы человека после РК, определяемые методом КМ, полностью соответствуют гистологической картине, что отражает высокую информативность метода КМ при оценке измененной в ходе РК роговицы.

3. Основные оригинальные технические приемы при выполнении операции ФЭК+ИОЛ на глазах с миопией после РК заключаются в: оптимизации выбора места операционного доступа, которое определяется согласно математическим расчетам с учетом расстояния между рубцами и ширины режущей части ножа, что напрямую зависит от диаметра роговицы и количества КР; применении боковой иллюминации зоны рубцов (в особенности при первом типе рубцевания) световодом 25G; использовании разработанного метода шовной герметизации операционного доступа, основанного на выполнении вколов и выколов иглы в зоне здоровой ткани роговицы.

Апробация работы

Основные положения диссертационной работы представлены на XXII межрегиональной научно-практической конференции с международным участием «Новые технологии микрохирургии глаза» (Оренбург, 2011); научно-практической конференции с международным участием «Филатовские чтения» (Одесса, Украина 2012, 2014); X съезде офтальмологов России (Москва, 2015); XVIII Всероссийском научно-практическом конгрессе с международным участием «Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии» (Москва, 2017); еженедельных научно-практических конференциях ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России (Москва, 2014, 2018).

Публикации

По материалам исследования опубликовано 8 печатных работ, из них 3 – в журналах, рекомендованных ВАК РФ. По теме диссертационной работы получены 2 патента РФ на изобретение (№ 2523343; № 2479293).

Структура и объем диссертационной работы

Диссертационная работа изложена на 162-х страницах, состоит из введения, обзора литературы, 3-х глав собственных исследований, заключения, выводов, списка литературы. Работа проиллюстрирована 34-мя таблицами и 43-мя рисунками, клиническими примерами. В библиографию вошли 143 источника, из них 60 отечественных и 83 зарубежных.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Катаракта входит в перечень наиболее распространенных офтальмологических заболеваний, встречаемость которых в старшей возрастной группе высока: у пациентов в возрасте 60-ти лет она развивается более чем в 50% случаев, а к 80-ти годам присутствует практически у каждого [29; 72; 88; 99]. По данным Всемирной Организации Здравоохранения (информационная бюллетень ВОЗ от 11 октября 2018) во всем мире около 1,3 млрд человек живут с той или иной формой нарушения зрения, и в 33% случаев причиной этого является катаракта. Следует отметить, что 65% населения с нарушением зрения, обусловленным катарактой, входит в возрастную группу 50-ти лет и старше, составляющую 20% мировой популяции, что подчеркивает медико-социальную значимость данной проблемы.

На современном этапе развития офтальмологии единственным способом лечения катаракты считается хирургический, а именно - факэмульсификация катаракты с имплантацией различных моделей интраокулярных линз (ФЭК+ИОЛ). Данная методика является высокотехнологичной и позволяет удалять мутный хрусталик через самогерметизирующийся малый разрез [6; 30; 31; 35; 57; 59; 73; 87; 89]. Благодаря своей безопасности и эффективности технология ФЭК+ИОЛ широко применяется повсеместно, являясь «золотым стандартом» [31; 57]. Согласно данным литературы только за 2012 г. в мире было проведено порядка 20-ти миллионов таких операций [134].

В настоящее время технология ФЭК+ИОЛ непрерывно совершенствуется, разрабатываются различные технические приемы, позволяющие оптимизировать операцию и добиваться максимально высоких функциональных результатов. В последние годы прослеживается общая тенденция к индивидуальным подходам к выполнению операции в каждом конкретном случае. Приоритетной задачей современной хирургии катаракты

является разработка оптимальных методик факоэмульсификации в осложненных случаях (аметропии различных степеней, травмы, патология роговицы, витреоретинальная патология, псевдоэксфолиативный синдром, глаукома, врожденные аномалии и т.д.), что позволит обеспечить качественное восстановление зрительной функции и сократить сроки реабилитации пациентов. Отдельным перспективным направлением развития хирургии катаракты является индивидуализированный подход к выбору типа ИОЛ и методам её расчета в каждом конкретном случае [13; 28; 38; 128].

Среди заболеваний, способствующих осложненному течению катаракты, более половины составляют аметропии различной степени. Среди них значительное внимание исследователей и практических врачей привлекают случаи миопии – заболевания, занимающего одну из лидирующих позиций среди причин слабости зрения в мире [28; 56].

1.1. Хирургия катаракты на глазах с миопией

Вследствие высокой распространенности миопии, имеющей часто прогрессирующий характер, она нередко приводит к необратимым анатомическим изменениям в глазу, связанным с перерастяжением его оболочек и развитием дистрофических изменений в структурах как переднего, так и заднего отрезка глаза. Данное заболевание является актуальной проблемой для офтальмологов, а его проявления значительно повышают риск развития послеоперационных осложнений при выполнении хирургического лечения катаракты. Установлено, что риск осложнений коррелирует со стадией заболевания и наиболее высок при миопии высокой степени (более 6,0 дптр) [2; 27; 42].

В таблице 1 представлены основные анатомические особенности различных структур глаза с катарактой, осложненной миопией, многие из которых способствуют возникновению технических трудностей в процессе выполнения ФЭК+ИОЛ, повышают риск развития послеоперационных

осложнений и увеличивают продолжительность послеоперационной реабилитации больных [2; 19; 32].

Таблица 1

Анатомические особенности глаз пациентов с катарактой на фоне миопии и осложнения операции ФЭК+ИОЛ (по данным литературы)

Анатомическая структура	Особенности	Осложнения
Роговица	Возрастные периферические дистрофии (arcus senilis), тонкая роговица	Нарушение герметизации краев операционного доступа
Радужка	Дистрофия ткани радужки (гемодинамические нарушения), нарушение функции сфинктера и дилататора зрачка, LIDRS- синдром	Кровотечение; Отсутствие или неполный медикаментозный мидриаз, избыточное углубление передней камеры, болевой синдром в ходе операции
Хрусталик	Истончение, перерастянность капсульной сумки, слабость Цинновой связки	Разрыв капсулы хрусталика, диализ Цинновой связки, высокая частота помутнений задней капсулы в послеоперационном периоде
Стекловидное тело и сетчатка	Деструкция, витрео-синерезис, ранняя ЗОСТ, Центральная и периферические дистрофии	Отслойка сетчатки, макулярный отек

Патологические изменения в структурах **переднего отрезка** глаза при миопии различной степени могут вовлекать роговицу, радужку, цилиарное тело и хрусталик. Согласно литературным данным, наиболее характерными изменениями роговицы на миопических глазах являются периферические ее дистрофии, как правило - “arcus senilis”, наличие которой может нарушать визуализацию и процесс герметизации краев операционного доступа после выполнения факоэмульсификации катаракты [85]. Признаками поражения радужки и цилиарного тела при миопии в первую очередь являются изменения тканей, ведущие к нарушению зрачковых функций и обусловленные изменением кровотока в системе задних длинных и передних коротких цилиарных артерий [3; 39]. Истончение и слабость сосудистой стенки ведет к повышению проницаемости сосудов радужки, что значительно повышает риск кровоизлияния в переднюю камеру глаза во время хирургического вмешательства.

Слабость и перерастянность капсульного мешка хрусталика, частая встречаемость заднекапсулярных помутнений при миопии обуславливают повышенный риск разрыва задней капсулы в ходе выполнения различных этапов ФЭК+ИОЛ (гидродиссекция, факоэмульсификация ядра, аспирация хрусталиковых масс, имплантация ИОЛ). Нередко на таких глазах наблюдается слабость Цинновой связки, что может способствовать её разрыву в ходе хирургических манипуляций с ядром хрусталика. Кроме того, во время ФЭК при удалении ядра хрусталика некоторыми авторами отмечается возникновение обратного зрачкового блока (LIDRS syndrome), при котором при перепаде давления в передней камере может происходить резкое разрешение зрачкового блока, что в свою очередь приводит к внезапному сужению зрачка и создает опасность аспирации ткани радужки в факоиглу [78]. Считается, что этот эффект связан с выходом простогландинов при натяжении цилиарного тела [61; 78].

Помимо вышеперечисленных изменений в структурах переднего отрезка глаза при миопии, огромное значение при оценке риска

возникновения операционных и послеоперационных осложнений имеют патологические процессы в структурах **заднего отрезка** глаза. Наиболее выраженные изменения наблюдаются в стекловидном теле. Как известно, в норме стекловидное тело представляет собой гелеобразную структуру, состоящую из фибрилл, связанных между собой молекулами гиалуроновой кислоты. С возрастом нарушение коллаген-гиалуронового комплекса способствует возникновению деструкции стекловидного тела [77]. Данная патология у пациентов с миопией высокой степени встречается на 10 лет раньше среднестатистической нормы. Патологическая подвижность стекловидного тела приводит к ограниченным или распространенным его отслойкам (ЗОСТ), образованию участков адгезии к поверхности сетчатки и формированию витреоретинальных тяжей, что значительно повышает риск возникновения отслойки сетчатки, в особенности после выполнения хирургических манипуляций на переднем отрезке глаза [74; 82]. Кроме того, на глазах с миопией за счет повышенной подвижности стекловидного тела значительно возрастает риск возникновения макулярного отека после ФЭК+ИОЛ [37; 40; 121; 124; 136; 139].

Принимая во внимание все вышесказанное, не вызывает сомнений, что проведение факоэмульсификации катаракты на глазах с миопией сопряжено с целым рядом трудностей. Особенности строения таких глаз требуют от хирурга высокого технического мастерства с возможностью применения во время операций определенных приемов и манипуляций, позволяющих снизить риск осложнений и обеспечить высокие функциональные результаты [78].

Подводя итоги, можно определить следующие технические моменты, требующие особого внимания хирургов при выполнении ФЭК+ИОЛ на глазах с миопией различной степени:

1. На этапе выполнения парабульбарной и перibuльбарной анестезии (при невозможности проведения капельной) из-за увеличенной передне-задней оси глаза и истончения склеры повышается риск её перфорации;

2. При выполнении основного разреза ввиду дистрофии и истончения периферии роговицы и уменьшения ригидности склеры (в случае склерального доступа) возможно нарушение герметизации разреза в конце операции, что приводит к необходимости наложения швов;

3. Из-за наличия глубокой передней камеры возникает необходимость введения большого количества вискоэластика, что в свою очередь может привести к напряжению иридо-хрусталиковой диафрагмы, смещению хрусталика кзади и натяжению Цинновой связки. Это может обуславливать разрыв передней капсулы при формировании капсулорексиса;

4. Изменение свойств капсульного мешка и истончение задней капсулы при миопии требуют аккуратных и дозированных манипуляций в процессе фактоэмульсификации ядра и аспирации хрусталиковых масс;

5. Изменение структуры и подвижности стекловидного тела, наличие ЗОСТ требует предельной координации аспирационного и ирригационного потоков для предотвращения перепадов давления в передней и задней камерах глаза во время операции;

6. Важным аспектом операции ФЭК+ИОЛ при миопии является расчет оптической силы имплантируемой ИОЛ, точность которого может быть снижена в связи с невозможностью определения истинной величины передне-задней оси глаза при наличии стафиломы и невозможности в ряде случаев проведения оптической биометрии (ИОЛ-Master) на глазах со зрелой катарактой.

Особые трудности в хирургии катаракты при миопии наблюдаются в случаях перенесенных ранее рефракционных операций для коррекции аметропии, в том числе после радиальной кератотомии (РК), т. к. как наряду со всеми вышеперечисленными особенностями миопического глаза, осложняющими ход операции, глаза после радиальной кератотомии характеризуются особыми свойствами роговицы, которые необходимо учитывать как при формировании операционного доступа, так и при расчете оптической силы имплантируемой ИОЛ.

1.2. Радиальная кератотомия. Исторические аспекты развития

В настоящее время в арсенале офтальмолога существует широкий спектр методов профилактики, стабилизации и хирургической коррекции миопии [1; 4; 5].

Попытки исправления миопии хирургическими методами предпринимались давно, развиваясь в трех направлениях:

1. воздействие на преломляющую силу роговицы;
2. изменение преломляющей силы хрусталика путем его удаления с имплантацией ИОЛ или без нее, либо имплантация дополнительных факических линз;
3. укорочение величины ПЗО глаза путем резекции склеры.

Наибольшую распространенность получили операции на роговой оболочке, нацеленные на изменение ее преломляющей силы. Они представляют наибольший интерес для офтальмологов ввиду ряда следующих факторов. Роговица представляет собой оптическую сильную биологическую линзу, на которую приходится около 60-70 % преломляющей силы глаза. Она доступна и удобна для медикаментозных и хирургических вмешательств, большинство из которых не требуют проникновения внутрь глаза и облегчаются тем, что здоровая роговица лишена сосудов, а поверхностные дефекты быстро эпителизируются, как правило, не оказывая влияния на её прозрачность.

В 1949 году Barraquer предложил и теоретически обосновал коррекцию аномалий рефракции с помощью кератопластики. Им же было введено понятие “рефракционная кератопластика”, которое подразумевало различные виды оперативных вмешательств, целью которых является изменение кривизны и, как следствие, преломляющей силы роговицы [70].

Наибольшее распространение в 70-90-х гг. XX века получила радиальная кератотомия, являющаяся офтальмохирургической операцией, в процессе которой на переднюю поверхность роговицы наносятся

радиальные надрезы, которые уменьшают ее ригидность и уплощают центральную зону. Это приводит к изменению преломляющих свойств роговицы в сторону ослабления рефракции. Благодаря работам С.Н. Федорова с учениками, начиная с 70-х годов прошлого столетия РК получила мощный импульс к развитию и встала у истоков зарождения современной рефракционной хирургии. РК стала первой технологией хирургической коррекции миопии, получившей широкое распространение в мире [11; 25; 91].

Впервые надрезы ткани роговицы предложил выполнять в 1933-1953 годах японский офтальмолог Tsutomu Sato из Токийского университета. К своим выводам он пришел, наблюдая спонтанные разрывы Десцеметовой мембраны у 22-х пациентов при кератоконусе, приводящие к уплощению роговицы и её последующему заживлению, улучшающему остроту зрения. Тогда же им было предложено использовать нанесение задних надрезов на роговицу в качестве метода лечения кератоконуса. В дальнейшем была успешно проведена серия экспериментов на животных для определения возможности применения задних надрезов роговицы для коррекции миопии, что привело к последующему практическому внедрению этой методики. По мнению автора, передние надрезы роговицы расценивались как малоэффективные [131]. Однако высокий риск развития эндотелиально-эпителиальной дистрофии роговицы в ранние и в отдаленные сроки после операции (до 100% случаев), требующей в дальнейшем проведения сквозной кератопластики, свел на нет развитие данной методики. Внимание исследователей привлекла технология нанесения передних надрезов на роговицу.

Современная рефракционная хирургия зародилась и развивалась в Советском Союзе, а революционным шагом в ее развитии стали работы С.Н. Федорова с учениками. В 70-е годы проф. С.Н.Федоров разрабатывает и модернизирует метод передней дозированной радиальной кератотомии [21; 23; 52; 53]. Им был научно обоснован и доказан рефракционный эффект

процедуры нанесения передних надрезов на роговицу [51; 87; 90], а также представлены успешные отдаленные результаты методики [50; 92; 93].

Таким образом, исследования С.Н. Федорова и соавторов положили начало новому этапу развития рефракционной кератотомии. Исследователям необходимо было учитывать множество факторов: свойства роговицы (преломляющая сила, толщина, диаметр, ригидность и др.), величину ПЗО, давление век, суточные колебания офтальмотонуса и др. Идея изменения преломляющих свойств роговицы путем ее уплощения осталась прежней, однако в корне изменились подходы к типу оперативного вмешательства, так как произошел полный отказ от нанесения задних надрезов, что создавало высокий риск развития эндотелиальной дистрофии роговицы в послеоперационном периоде. В течение нескольких лет велись активные исследования по следующим вопросам: 1) количество кератотомических надрезов; 2) их длина и направление; 3) диаметр свободной оптической зоны; 4) глубина кератотомических надрезов. До оптимизации методики передние надрезы роговицы наносили в количестве от 4-х до 40-ка, центральная оптическая зона варьировала в диаметре от 2,8 мм до 6,0 мм, глубина надрезов достигала 500 мкм. Механизм изменения преломляющей силы роговицы при радиальной кератотомии заключался в следующем: нанесение глубоких, равномерно расположенных передних неперфорирующих надрезов приводило к альтерации структуры периферического пояса роговицы. В результате она теряла свою ригидность, а под воздействием внутриглазного давления происходило некоторое «выбухание» периферии роговицы с увеличением ее рефракции в этой зоне. При этом роговица в центральной оптической зоне, натягиваясь, компенсаторно уплощалась [54; 55].

Новый метод благодаря безопасности и эффективности нашел своих сторонников не только в отечественной офтальмологии, но и за рубежом, в особенности в США. Так, к 1990 году в МНТК «Микрохирургия глаза» и других клиниках России было проведено около 600 000 операций, в то время как к 1995 году в США – уже более 1 000 000 [25]. Однако в ряде случаев

отмечалось отсутствие стабильного рефракционного эффекта РК [74; 97; 114]. Возможный регресс рефракционного результата мог быть обусловлен рядом факторов, а именно различным характером послеоперационного рубцевания, связанным с индивидуальными особенностями коллагенообразования, а также относительными техническими сложностями операции (особенно у начинающих хирургов) вследствие выполнения слишком поверхностных надрезов, либо сквозного прорезывания роговицы. В последующем, появление более современных в техническом плане лазерных методик привело к постепенному переходу к другим типам рефракционных операций [47; 48; 74; 135; 138]. В настоящее время РК как массово проводимая рефракционная операция уступила место более безопасным и прогрессивным в технологическом плане методам коррекции близорукости, включающим ФРК, ЛАСИК, Фемто-ЛАСИК и др.

Учитывая большое число выполненных операций, а также возрастной диапазон пациентов с миопией, которым в 90-х годах проводили РК, у многих из них в настоящее время отмечают развитие катаракты различной степени выраженности. Поэтому нам представляется целесообразным проанализировать технологию и индивидуальные особенности хирургии катаракты в этой группе пациентов, которые во многом обусловлены анатомическими и морфологическими характеристиками роговицы, а также анатомией переднего отрезка глазного яблока.

1.3. Морфологические изменения роговицы после проведенной ранее радиальной кератотомии у пациентов с миопией различной степени

Как уже упоминалось, суть РК заключается в дозированном нанесении надрезов с целью изменения рефракционных свойств роговицы. Согласно литературным данным, изменения, происходящие с роговицей после РК, можно подразделить на морфологические и топографические. Среди

морфологических особенностей выделяют: врастание эпителия после операции в зону надреза и увеличение количества фибробластов стромы в области надреза. Далее происходит образование соединительнотканного рубца, для которого вначале характерно атипичное расположение коллагеновых волокон, в дальнейшем оно становится упорядоченным, что делает зону рубца мало отличимой от соседних участков роговицы. Нервные волокна роговицы благодаря их анатомическому радиальному расположению в большинстве случаев не повреждаются, а при их пересечении, к 3-му месяцу после операции, как правило, происходит полное восстановление [8; 9; 50; 94].

Среди различных факторов, влияющих на окончательную рефракцию и ремоделирование роговицы пациента, следует в первую очередь выделить индивидуальные особенности заживления КР в послеоперационном периоде [25; 49; 58; 140].

По данным световой микроскопии на сегодняшний день в литературе встречается описание трех типов КР (Ивашина А.И., 1989) (табл. 2).

Таблица 2

Биомикроскопическая характеристика типов рубцевания по данным световой микроскопии

Типы рубцевания		
I	II	III
Надрезы тонкие, линейные, без признаков расхождения, зажившие первичным натяжением, без эпителиальных врастаний.	Надрезы грубые, белесые, утолщенные.	Рубцевание мало выражено, надрезы заполнены эпителием, края надрезов не смыкаются.

По данным литературы в отдаленные сроки после РК при первом типе рубцевания отклонение от прогнозируемой рефракции, как правило, не превышает 1,0-2,0 дптр, что может быть вызвано ошибками расчета, либо техническими погрешностями выполнения операции. При втором типе рубцевания отклонение от заданной рефракции может быть более значительным, вплоть до возврата к исходной аметропии. При третьем типе рубцевания у пациентов имеется так называемый «гиперметропический сдвиг» - смещение рефракции в сторону гиперметропии в сочетании с различными видами астигматизма [10; 63; 78; 81]. При этом типе рубцевания отмечается формирование эпителиальной пробки, заполняющей раневой канал в зоне дефекта Боуеновой мембраны и глубже. В таких глазах при окраске по Ван Гизону выявляют пикринофильный аморфно-филаментозный атипичный коллаген, заполняющий раневой канал [58, 140].

В отличие от трех типов, определяемых при световой микроскопии, по данным конфокальной микроскопии (КМ) выявляют 2 типа рубцевания: I - завершенное, II - незавершенное (табл. 3). Изменения в морфологической структуре роговой оболочки по данным КМ на глазах после РК в отдаленные сроки после операции могут быть охарактеризованы следующими признаками [20]:

1) **Центральная зона** не имеет специфических отличий от роговицы интактных глаз. Эпителий не изменен, Боуенова и Десцеметова мембраны остаются прозрачными. В строме отмечается локальное перераспределение кератоцитов с формированием гипоцеллюлярных лакун. Иннервация сохранена. Наблюдается плеоморфизм клеток эндотелия.

2) **В проекции кератотомических рубцов (КР)** эпителий не отличается от нормы либо встречаются признаки очаговой псевдокератинизации эпителия, свидетельствующие о замедленном слущивании поверхностных эпителиальных клеток.

3) **Иннервация** в области КР при обоих типах рубцевания не нарушена. Субэпителиальные и стромальные нервы располагаются вдоль

кератотомических рубцов, анастомозируя друг с другом. Отдельные нервные волокна могут вращать в КР.

Таблица 3

Морфологическая характеристика типов рубцевания у пациентов после РК по данным конфокальной микроскопии

Типы рубцевания	
I тип	II тип
<p>Линейные рубцы с плотной фиброзной тканью в передних и средних слоях стромы роговицы, с сохранной окружающей клеточной структурой стромы; расхождение краев рубцов отсутствует; глубокие слои стромы и эндотелий не изменены</p>	<p>Единичные элементы фиброзной ткани по периферии, насечки с признаками расхождения её краев, наличие эпителиальных вакуолей, содержащих оптически негативную субстанцию в кератотомических рубцах (интерстициальная жидкость); в парарубцовой области на уровне стромы роговицы отмечается низкая плотность клеточных элементов – (ацеллюлярные зоны); часто встречается сквозное прорезание насечек с дефектом Десцеметовой мембраны</p>

Следует отметить, что картина световой микроскопии (СМ) не всегда совпадает с данными КМ, что создает дополнительные трудности на различных этапах обследования и хирургического лечения пациентов после перенесенной РК [20].

Таким образом, наряду со всеми перечисленными ранее операционными рисками и осложнениями, которые могут встречаться во время ФЭК+ИОЛ при миопии различной степени, после перенесенной РК

необходимо учитывать также морфологические и анатомические особенности роговицы, которые с одной стороны создают угрозу расхождения краев рубца во время формирования операционного доступа, с другой - ведут к ослаблению преломляющей силы роговицы и изменению её рефракции, что может повлечь за собой ошибки в расчете оптической силы ИОЛ.

1.4. Проблемы расчета оптической силы ИОЛ на глазах с миопией после радиальной кератотомии

Изменение анатомо-оптических характеристик роговицы на глазах с миопией после перенесенной РК способствовало как адаптации существующих методик расчета оптической силы ИОЛ, так и разработке принципиально новых подходов.

В стандартной ситуации погрешность расчета ИОЛ относительно невелика и варьирует, по данным различных авторов в пределах 0,3 - 0,5 дптр, в то время как на глазах после РК ошибка расчета со сдвигом в послеоперационную гиперметропию может составлять от 1,0 до 5,0 дптр [18; 41; 95; 96; 99; 104; 111; 116].

По данным литературных источников выделяют несколько причин ошибок выбора оптической силы ИОЛ. Одной из них является некорректное измерение ПЗО глаза, что нередко наблюдается на глазах с миопией при наличии стафиломы.

Однако основной причиной неточности расчета оптической силы ИОЛ на глазах после РК является неправильное определение преломляющей силы роговицы при выполнении стандартной кератометрии, осуществляемое путем запрограммированного пересчета радиуса кривизны передней поверхности центральной зоны роговицы с использованием стандартных коэффициентов. Принцип работы всех стандартных кератометров основан на определении размера отраженных от передней поверхности роговицы меток (первое изображение Пуркинье), который может варьировать в зависимости

от степени кривизны роговицы [94; 110; 117; 133]. Большинство исследователей считают, что именно неточности стандартной кератометрии являются одной из основных причин ошибок при расчете оптической силы ИОЛ как в случаях перенесенной РК, так и после других кераторефракционных операций [76; 79; 86; 103; 104].

В отличие от стандартной кератометрии, исследование роговицы при помощи кератотопографии с использованием диска Плацидо позволяет определить ее кривизну в любой точке. В большинстве случаев изучается центральная оптическая зона диаметром 3,0 мм и менее [56; 64; 68; 80; 84; 125; 137]. Использование кератотопографических измерений при расчетах оптической силы ИОЛ является достаточно информативным, в особенности для случаев после перенесенных кераторефракционных операций.

Среди многочисленных вариантов, позволяющих минимизировать вероятность послеоперационной рефракционной ошибки при расчете оптической силы ИОЛ после кераторефракционной операции, наиболее прогрессивными следует признать методику «**двойной кератометрии**» и кератотопографическую методику BESS't [62; 71]. Последняя предполагает использование в расчетах одного значения оптической силы роговицы, полученного на основе максимально индивидуализированных данных о роговице, путем измерения как радиуса кривизны её передней и задней поверхностей, так и её толщины.

Эффективная рефракция роговицы рассчитывается по следующей формуле:

$$F_{tot} = [1/r_{ant} \cdot (n_1 - n_0)] + [1/r_{post} \cdot (n_2 - n_1)] - (d/n_1) \cdot [1/r_{ant} \cdot (n_1 - n_0)] \cdot [1/r_{post} \cdot (n_2 - n_1)],$$

где F_{tot} – тотальная оптическая сила роговицы (дптр),

d – толщина роговицы (м),

n – коэффициент преломления роговицы,

r_{ant} и r_{post} – радиусы кривизны передней и задней поверхностей роговицы (м),

n_0 – коэффициент преломления воздуха (1,000),

n_1 – коэффициент преломления передней поверхности роговицы (1,376),

n_2 – коэффициент преломления влаги передней камеры (1,336).

При расчете оптической силы ИОЛ с использованием метода «двойной кератометрии» (Double-K Method) необходимы два параметра роговицы: первый – полученная прямым измерением оптическая сила роговицы, второй – высота шарового сегмента, который, по мнению авторов, соответствует анатомо-оптическим параметрам роговицы до РК и используется внутри формулы расчета для определения положения плоскости ИОЛ относительно вершины роговицы. По мнению ряда авторов, данный метод является предпочтительным среди многих других существующих вариантов [60; 62; 66; 67; 98; 101; 105; 118; 143]. Наиболее достоверно значения указанных выше параметров удается получить в ходе прямого измерения на приборе Pentacam HR (Oculus, Германия) [22; 33; 46; 106; 129]. Однако известны лишь единичные исследования с небольшим количеством наблюдений, касающиеся возможностей применения данной методики у пациентов после РК [68; 105; 106]. Кроме того, в большинстве случаев у таких пациентов в отдаленные сроки наблюдения роговица претерпевает возрастные изменения, приводящие к «гиперметропическому сдвигу», что создает дополнительные сложности в расчете оптической силы ИОЛ [14; 78; 109; 120; 130; 132].

Следует также отметить, что широко используемыми формулами для определения оптической силы ИОЛ на глазах с миопией различной степени являются SRK/T и MIKOF/ALF, последняя широко применяется для расчетов ИОЛ в МНТК «Микрохирургия глаза». Однако однозначных данных о возможности применения этих формул для глаз после РК в литературе не представлено [15; 19; 34].

1.5. Особенности техники факоэмульсификации катаракты на глазах после радиальной кератотомии

Помимо трудностей, с которыми сталкиваются исследователи в попытках повысить точность расчетов оптической силы имплантируемой ИОЛ на глазах после РК, немаловажной задачей остается оптимизация техники самой операции ФЭК с учетом ряда перечисленных выше особенностей роговицы таких глаз.

Изменения анатомо-морфологических свойств роговицы после перенесенной РК не могут не оказывать влияния на технику выполнения ряда ключевых этапов катарактальной хирургии. Развитие РК в офтальмологии шло параллельно с проведением экстра- и интракапсулярной экстракции катаракты с применением склерального доступа, при этом роговица оставалась интактной. С приходом технологии факоэмульсификации и распространением роговичных тоннельных разрезов хирурги столкнулись с необходимостью учитывать наличие на роговице кератотомических рубцов.

Значительное их количество (от 2-х до 32-х), различная глубина (от поверхностных до глубоких и практически перфорирующих роговицу), различные типы рубцевания и неравномерность, наличие непрямолинейных и неравномерных по глубине надрезов (вследствие технологических погрешностей), возможность глубокой васкуляризации или же эпителиальных врастаний в насечки, заход насечек в оптическую зону - все это обуславливает технологические сложности для хирурга, вследствие которых возрастает риск интраоперационных осложнений, среди которых - неполная герметизация операционного доступа и расхождение КР [10; 16; 24; 113; 123].

Кератотомические рубцы могут обуславливать ряд сложностей как на начальных, так и на завершающих этапах операции. На момент **начала** операции затруднения нередко могут быть вызваны плохой визуализацией КР, что, как правило, наблюдается при первом типе рубцевания КР (по

данным СМ). Далее важной задачей становится выбор хирургом местоположения основного доступа, которое может варьировать в зависимости от количества КР, их глубины и состоятельности. Так, доступ, выполненный слишком близко к рубцам, может привести к разрыву ткани роговицы в этой зоне при манипулировании хирургическими инструментами с последующей разгерметизацией передней камеры. Также не определено оптимальное расположение доступа относительно лимба. Нередко лимбальный доступ может быть затруднен при наличии патологической васкуляризации в области рубца. В настоящее время в литературе нет однозначного мнения о преимущественном выборе места операционного доступа для ФЭК на глазах после РК, данный вопрос остается открытым для дальнейшего более детального изучения.

На **завершающем** этапе операции при гидратации операционного доступа проблемой становится его герметизация при расхождении КР, либо их несостоятельности, что требует дополнительного наложения швов и может привести к появлению в послеоперационном периоде индуцированного астигматизма [69; 83; 119].

Перечисленные факторы приводят к снижению функционального результата операции на глазах после РК, а именно к недостаточно высокой послеоперационной остроте зрения, монокулярной диплопии, нестабильной рефракции, иррегулярному астигматизму. Это обуславливает необходимость проведения дальнейших исследований, направленных на оптимизацию технологии ФЭК+ИОЛ в случаях перенесенной ранее РК.

Резюме

Таким образом, опираясь на имеющиеся данные литературы, можно заключить, что в настоящее время среди ведущих отечественных и зарубежных авторов нет единогласия касательно ряда принципиальных технических особенностей ФЭК+ИОЛ на глазах после РК, в первую очередь связанных с выбором места операционного доступа и методикой расчета оптической силы ИОЛ.

Между тем, с учетом возрастной категории пациентов с РК, на сегодняшний день не вызывает сомнения высокая вероятность развития у них катаракты, а значительное их количество указывает на значимость исследований, направленных на разработку безопасного и эффективного метода хирургического лечения. Перспективным направлением является внедрение индивидуальных подходов к ведению пациента в каждом конкретном случае на дооперационном, операционном и послеоперационном этапах. В целом, разработка безопасного и эффективного алгоритма лечения пациентов с миопией после перенесенной РК возможна только при полном анализе и выявлении всех рисков, обусловленных анатомо-морфологическими особенностями глаз таких пациентов, влияющих как на сам процесс операции, так и на тактику расчета имплантируемой ИОЛ. Следовательно, дальнейшее изучение возможностей оптимизации факоэмульсификации на глазах после РК является актуальной задачей, требующей своего решения.

ГЛАВА 2. МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование выполнено на базе ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России. Клиническую часть работы, включающую отбор, обследование, проведение факоэмульсификации катаракты и послеоперационное наблюдение пациентов, проводили на базе отдела хирургии хрусталика и интраокулярной коррекции (заведующий отделением к.м.н. Пантелеев Е.Н.).

2.1. Методы офтальмологического обследования пациентов

Весь комплекс обследований состоял из: а) сбора анамнеза; б) общего клинического обследования; в) офтальмологического обследования.

Сбор анамнеза заключался в опросе пациента на предмет общего соматического статуса (наличие хронических заболеваний), а также офтальмологического статуса, в том числе, наличия и сроков КРО, степени исходной миопии.

Общее клиническое обследование предполагало оценку соматического статуса пациента для госпитализации в стационар и включало в себя: общий анализ крови и мочи; исследования крови на сахар и свертываемость; наличие в сыворотке крови антител к гепатитам В (HbsAg) и С (HCV); наличие антител к ВИЧ. Также выполняли электрокардиограмму; флюорографию органов грудной клетки; проводили консультации стоматолога, отоларинголога, терапевта, при необходимости - также эндокринолога, кардиолога и невропатолога.

Все пациенты, вошедшие в исследование, были планово госпитализированы в МНТК «Микрохирургия глаза» для проведения ФЭК с имплантацией ИОЛ и проходили комплексное офтальмологическое обследование на дооперационном этапе (2-4 недели до операции) и в послеоперационном периоде (через 7 и 14 дней; через 1, 3, 6, 12 и 18 месяцев после операции). Максимальный срок наблюдения составил 3 года.

2.1.1. Общая характеристика стандартных методов обследования

Всем пациентам проводили комплексное офтальмологическое обследование, включающее клинические и функциональные методы: визометрию, ретинометрию, авторефрактометрию, кератометрию, тонометрию, периметрию, биометрию, биомикроскопию, офтальмоскопию, ЭФИ.

Визометрию проводили для определения максимальной остроты зрения вдаль с коррекцией и без нее в дооперационном и послеоперационном периодах по стандартным методикам с использованием таблицы Головина-Сивцева в проекторе знаков Торсон (Япония). В послеоперационном периоде также определяли максимальную остроту зрения вблизи с коррекцией и без нее. Измерение некорригированной остроты зрения (НКОЗ) и корригированной остроты зрения (КОЗ) выполняли до операции, на следующий день после операции и на каждом контрольном осмотре через 7 и 14 дней; 1, 3, 6, 12 и 18 месяцев после ФЭК+ ИОЛ.

Определение **ретиальной остроты зрения** выполняли с помощью лазерного ретинометра фирмы «Rodenstock» (Германия) при длине волны 633 нм, мощности 1 мВ и диапазоне определения РОЗ от 0,03 до 1,0.

Рефракто- и кератометрию выполняли на автоматическом авторефрактокератометре Торсон KR-8800 (Япония), с зоной сканирования передней поверхности роговицы 3,0 мм, и на приборе IOL-Master 500 фирмы Carl Zeiss (Германия) с зоной сканирования 2,5 мм. Оптическую силу роговицы определяли путем запрограммированного пересчета радиуса кривизны передней поверхности центральной зоны роговицы с использованием стандартных коэффициентов.

Тонометрию проводили при помощи бесконтактного автоматического пневмотонометра Reichert (США), а при необходимости - также тонометром Маклакова весом 10 г, диаметр отпечатка определяли линейкой Поляка.

Периметрию выполняли по общепринятой методике на проекционном периметре Маджиора.

Биометрия включала в себя измерение глубины передней камеры, толщины хрусталика и величины ПЗО глаза. Её проводили двумя методами: **а) ультразвуковым (эхобиометрия)** – на аппарате Ocuscan RxP (Alcon, США); **б) оптическим (оптическая когерентная биометрия)** - на приборе IOL-Master 500 (Carl Zeiss, Германия).

Биомикроскопию (визуализацию структур переднего отрезка глаза и глубоких оптических сред) осуществляли на щелевой лампе Opton (Германия). При проведении обследования обращали внимание на наличие и степень патологических изменений переднего отрезка глаза, прозрачность оптических сред и степень помутнений хрусталика, на структуру КР (глубина, тип рубцевания, количество).

Офтальмоскопию выполняли двумя методами: методом обратной офтальмоскопии с использованием линзы 90 дптр Osher Maxfield Slit Lamp Lens Oculus (США) и методом прямой офтальмоскопии с помощью прямого аккумуляторного офтальмоскопа Autofoc 2 (Heine, Германия).

Электрофизиологическое исследование для оценки функционального состояния сетчатки и зрительного нерва выполняли с помощью фосфен-тестера производства ЭТП МНТК "Микрохирургия глаза" (Россия). Определяли порог электрической чувствительности (ПЭЧ) сетчатки и электрической лабильности (ПЭЛ) зрительного нерва. ПЭЧ в норме для пациентов в возрасте старше 50 лет составляет 60-80 мкА, а ПЭЛ – 35-60 Гц.

2.1.2. Общая характеристика дополнительных методов обследования

Всем пациентам проводили дополнительные методы обследования.

Эндотелиальную микроскопию – исследование, направленное на определение плотности и качественного состояния эндотелиальных клеток роговицы, выполняли с помощью бесконтактного эндотелиального микроскопа Tomey EM-3000 (Япония). Целью явилось определение

плотности эндотелиальных клеток (ПЭК) до операции, а также степень потери ЭК в различные сроки после операции. Измерение проводили до ФЭК+ИОЛ, на 7-е сутки, через 1, 3 и 6 месяцев после операции.

Конфокальную сканирующую микроскопию - световой прижизненный метод исследования морфологии роговицы с целью визуализации ее клеточных структур - проводили на приборе Confoscan 4 фирмы Nidek (Япония). Данный прибор с помощью линз 40x, NA 0,75, с рабочей дистанцией через иммерсионный гель 1,98 мм позволяет получить фронтальный оптический срез исследуемой зоны роговицы размером 460 x 345 мкм. Толщина слоя сканирования составляет 5 мкм. Разрешение получаемого изображения составляет 768×576 пикселей, скорость сканирования – 25 снимков в секунду. Аппарат работает в двух режимах сканирования: автоматическом и ручном. Для исследования центральной зоны роговицы использовали автоматический режим сканирования. Для визуализации корнеальной структуры в области кератотомического рубца использовали ручной режим. Также осуществляли автоматический подсчет плотности эндотелиальных клеток с оценкой их формы и размера.

Исследование проводили после однократной инстилляции местного анестетика (0,4% р-р Инокаина) через иммерсионный гель (Видисик). В данной работе сканирование роговицы у пациентов основной группы кроме обследования центральной её зоны проводили дополнительно в двух парацентральных точках, выбор которых осуществлялся с учетом места расположения КР, как правило на 6-ти и 12-ти часах. Сканирование проводили на расстоянии 1 мм от лимба в области исследуемого КР. Определяли его структуру, глубину и ширину. Обследование выполняли до операции, на следующий день после нее и на каждом контрольном осмотре в сроки через 7 дней, 1, 3, 6 и 12 месяцев после ФЭК+ИОЛ.

Для **определения оптической силы ИОЛ** применяли как стандартные формулы: MIKOF/ALF; SRK/T, так и формулы расчета, рекомендованные для использования в случаях с миопией после ранее проведенной РК:

а) формула расчета, основанная на методе двойной кератометрии и адаптированная для расчета ИОЛ после РК [18] (рис. 1).

Калькулятор оптической силы ИОЛ после радиальной кератотомии

Данный калькулятор предназначен для расчета оптической силы ИОЛ методом двойной кератометрии на основе формулы SRK/T. Позволяет избежать ошибок при имплантации ИОЛ после ПДРК. Для практических рекомендаций по работе с калькулятором можно ознакомиться здесь.

Информация о пациенте

ФИО Глаз правый левый
 УЗ длина глаза мм Длина глаза IOL-M мм

Предоперационные данные РК				Данные после РК	
Рефракция глаза:	SPH <input type="text"/> D	CYL <input type="text"/> D	SPH <input type="text"/> D	CYL <input type="text"/> D	
Кератометрия:	K1 <input type="text"/> D	K2 <input type="text"/> D	K1 <input type="text"/> D	K2 <input type="text"/> D	

Топография роговицы

Кз.о D Крив D h *** мм

Параметры расчета

A-константа	Экцентриситет	Кератометрический индекс	Средняя рефракция роговицы
<input type="text" value="118.4"/>	<input type="text" value="0.5"/>	<input type="text" value="337.5"/>	<input type="text" value="43.86"/>

РАССЧИТАТЬ

Д-К метод с использованием рефракционной истории
 Д-К метод при недоступной истории (реконструкция)
 Д-К метод с использованием средней кривизны
 По формуле SRK/T

* Кривизна роговицы в центре в пределах 3мм зоны при кератотопографировании (стандартная, аксиальная карта).
 ** Периферическая средняя кривизна роговицы при топографировании, максимально удаленная зона измерения.
 *** Расстояние от центра до периферических точек измерения.
 При возникновении ошибок в поле результата проверьте корректность введенных данных.

Последнее обновление 03.04.2011 01:45

Рис. 1. Вид интерактивного калькулятора оптической силы ИОЛ на глазах после РК на сайте Новосибирского филиала МНТК (<http://www.mntk.nsk.ru/>)

б) Формула расчета ИОЛ, включающая в себя несколько подходов к методике вычисления силы ИОЛ после РК, размещенная на сайте ASCRS [62; 54; 122](рис. 2).

IOL Calculator for Eyes with Prior RK
(Your data will not be saved. Please print a copy for your record.)

Please enter all data available and press "Calculate"

Doctor Name Patient Name Eye IOL Model

Topographic Data:

EyeSys EffRP Average Central Power*

Atlas 1mm 2mm 3mm 4mm

Pentacam PWR_SF_40** CT_MIN**

Optical (IOLMaster/Lenstar)/Ultrasound Biometric Data:

Ks K1(D) K2(D) Keratometric Index (n)*** 1.3375 1.332 Other

AL(mm) Target Ref(D)

Lens Constants**** A-cons (SRK/T) SF (Holladay1)

*Not SimK values; average central corneal powers from other devices.
 **PWR_SF_40 refers to the Pentacam Power Distribution display for the Sagittal Curvature (Front) Mean (Km) value at a 4.0 mm zone and centered on the pupil. Click on PWR_SF_40 to see this topographic display.
 CT_MIN is the minimum central corneal thickness in microns as displayed by the Pentacam.
 ***Select the keratometric index (n) of your device. Instruments in North America typically default to 1.3375.
 ****Enter the constant available; the other will be calculated. If ultrasonic AL is entered, be sure to use your ultrasound lens constants.

Рис. 2. Вид интерактивного калькулятора оптической силы ИОЛ на глазах после РК на сайте ASCRS (<http://iolcalc.ascrs.org/>)

Статистический анализ полученных данных осуществляли на персональном компьютере с использованием программ математической статистики Statistica 8.0, SPSS 14.0, Microsoft® Excel 2003 под руководством к.т.н. Бессарабова А.Н. на базе вычислительного центра ФГАУ НМИЦ МНТК «Микрохирургия глаза». На первом этапе полученные данные были проанализированы методами описательной статистики. Второй этап работы с данными был посвящен оценке статистической значимости и проверке гипотез.

Количественные данные были охарактеризованы средними значениями вариационных рядов (M), их стандартными отклонениями (σ) и представлены в виде $M+\sigma$. В ряде случаев при анализе данных дополнительно рассчитывали величину ошибки среднего (m), тогда результаты описывали в

форме $M+m$. Достоверность различий между выборками определяли при помощи t-критерия Стьюдента, а также методом дисперсионного анализа с использованием критерия Фишера. При отличии распределения от нормального применялся непараметрический критерий Манна-Уитни. В случае множественного сравнения наряду с дисперсионным анализом применяли непараметрический критерий Крускал-Уолиса. Для оценки динамики изменения в группе какого-либо количественного признака использовали непараметрический критерий Уилкоксона. Для оценки характера зависимости параметра от комплекса факторов проводили пошаговый регрессионный анализ. Для характеристики корреляционной зависимости между признаками использовался коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

Статистическую значимость при проверке нулевой гипотезы принимали равной $p < 0,05$. Для регистрации полученных данных в ходе обследования и лечения на базе таблицы Microsoft® Excel была составлена тематическая карта пациента.

2.2. Общая характеристика клинического материала

Клиническое исследование основывается на обследовании 125-ти пациентов с катарактой на фоне миопии различной степени, которым провели операцию ФЭК+ИОЛ на один или оба глаза (167 случаев). Среди обследованных пациентов наблюдали 50 (40%) мужчин и 75 (60%) женщин в возрасте от 46-ти до 74-х лет, обратившихся за офтальмологической помощью в МНТК, Москва, за период с 2010 по 2014гг (табл. 6).

Все пациенты были разделены на основную и контрольную группы.

Основными критериями отбора пациентов явились: катаракта и осевая миопия различной степени. Дополнительным критерием для пациентов основной группы было наличие в анамнезе перенесенной ранее РК.

В исследование не включали пациентов в возрасте младше 45-ти лет, с гиперметропией, эметропией, а также с острыми и хроническими

воспалительными заболеваниями переднего отрезка глаза, новообразованиями и травмами глаз в анамнезе, с нарушениями прозрачности роговицы, затрудняющими визуализацию глубже лежащих сред (дистрофии, бельма).

Основную группу составили 65 пациентов (83 глаза) с ранее проведенной РК в возрасте от 46-ти до 73-х лет ($57,7 \pm 6,5$ года). Величина ПЗО колебалась от 24,3 до 32,4 мм ($27,1 \pm 2,8$ мм). Срок после ранее проведенной РК составил в среднем $32,2 \pm 5,2$ года.

В контрольную группу вошли 60 пациентов (84 глаза) в возрасте от 48-ми до 74-х лет ($59,7 \pm 5,7$ лет) с осевой миопией различной степени, у которых РК не проводилась. Величина ПЗО варьировала от 25,1 до 30,5 мм ($26,2 \pm 2,4$ мм).

Распределение обследуемых пациентов по полу приведено на рисунке 3. Распределение пациентов по возрасту представлено в таблице 5.



Рис. 3. Распределение исследуемых пациентов по полу

Таблица 5

Распределение обследуемых пациентов по возрасту абс, (%)

Возраст, лет	Основная группа абс. (%)	Контрольная группа абс. (%)
40-49	15 (18,1)	8 (9,5)
50-59	58 (69,7)	52 (62)
60-69	9 (11)	17 (20,2)
70-89	1 (1,2)	7 (8,3)
Всего (n)	83	84

Исходя из приведенного выше распределения обследуемых пациентов по возрасту можно предположить, что пик развития катаракты у пациентов с миопией приходится на возрастной диапазон от 50-ти до 70-ти лет. При этом у пациентов после РК была выявлена тенденция к более раннему обращению по поводу развития катаракты. Так, в основной группе катаракта выявлялась в среднем в $55,2 \pm 5,4$ лет, а в контрольной – в $57,6 \pm 5,8$ лет соответственно (рис. 4).



Рис. 4. Распределение пациентов исследуемых групп по возрасту

Достоверных различий по полу и возрасту между основной и контрольной группами выявлено не было (табл. 5, рис. 3).

Оптическая сила роговицы варьировала: в основной группе – от 29,25 до 40,50 дптр (в среднем $36,39 \pm 2,31$), в контрольной – от 39,50 до 47,50 дптр ($43,29 \pm 2,70$). Данные кератометрии в обследуемых группах представлены в таблице 6.

Таблица 6

Диапазон значений оптической силы роговицы основной и контрольной групп, дптр

Оптическая сила роговицы (дптр)	Основная группа абс. (%)	Контрольная группа абс. (%)
29,00-32,00	7 (9,64)	-
32,25-34,00	9 (10,84)	-
34,25-36,00	16 (19,28)	-
36,25-38,00	24 (28,92)	-
38,25-40,00	18 (21,69)	5 (5,95)
40,25-42,00	9 (9,64)	16 (19,05)
42,25-44,00	-	32 (38,1)
44,25-46,00	-	28 (33,33)
46,25-48,00	-	3 (3,57)

Некорригированная острота зрения до операции в основной группе варьировала от 0,01 до 0,7 ($0,24 \pm 0,22$), в контрольной - от 0,01 до 0,3 ($0,05 \pm 0,15$) (табл. 7). Острота зрения с максимальной коррекцией колебалась от 0,02 до 0,7 ($0,37 \pm 0,28$) в основной группе и от 0,01 до 0,6 ($0,26 \pm 0,25$) в контрольной (табл. 8).

Таблица 7

Некорригированная острота зрения до операции в основной и контрольной группах

Острота зрения	Основная группа абс. (%)	Контрольная группа абс. (%)
<0,05	24 (28,9)	56 (66,7)
0,05-0,1	13 (15,7)	20 (23,8)
0,2-0,3	21 (25,3)	8 (9,5)
>0,3	25 (30,1)	-

Таблица 8

Острота зрения с коррекцией до операции в основной и контрольной группах

Острота зрения	Основная группа абс. (%)	Контрольная группа абс. (%)
< 0,1	8 (9,64)	22 (26,19)
0,1-0,2	18 (21,69)	14 (16,67)
0,3-0,4	32 (38,55)	38 (42,24)
0,5-0,6	18 (21,69)	8 (9,52)
0,7	7 (8,43)	2 (2,38)

Ретинальная острота зрения (РОЗ) у обследуемых пациентов в обеих группах в большинстве случаев была высокой и находилась в пределах от 0,5 до 1,0 (табл. 9).

Таблица 9

Распределение глаз обследуемых пациентов в зависимости от показателя РОЗ

РОЗ	Основная группа абс. (%)	Контрольная группа абс. (%)
0,1-0,2	7 (8,43)	12 (14,29)
0,3-0,4	12 (14,46)	14 (16,67)
0,5-0,7	29 (34,94)	40 (47,62)
0,8-1,0	35 (42,17)	18 (21,42)

Рефракция в основной группе варьировала от +3,0 до -18,0 дптр, в контрольной - от -1,50 до -30,0 дптр соответственно (табл. 10).

Распределение глаз исследуемых пациентов в зависимости от величины
исходной рефракции

Рефракция (дптр)	Основная группа абс. (%)	Контрольная группа абс. (%)
>3,0	3 (3,61)	–
+3,0 – 0	13 (15,66)	–
-0,25-3,0	28 (33,73)	13 (15,47)
-3,25-6,0	24 (28,92)	19 (22,62)
-6,25-9,0	8 (9,64)	12 (14,29)
-9,25-12,0	3 (3,62)	12 (14,29)
<-12,25	4 (4,82)	28 (33,33)

Из приведенных данных можно видеть, что показатели остроты зрения без коррекции различались в основной и контрольной группах, что могло быть обусловлено различной рефракцией глаз с миопией в случаях перенесенной ранее РК и без нее (табл. 7, табл. 10). В свою очередь у 16% пациентов в основной группе была выявлена гиперметропическая рефракция (19 пациентов). Согласно данным других исследователей, это может наблюдаться в отдаленные сроки после РК в диапазоне от 6-ти до 54-х % случаев [26; 48; 63; 85; 134].

Внутриглазное давление (ВГД) у всех пациентов основной и контрольной групп находилось в пределах нормы и составляло от 18 до 23 мм рт. ст. (в среднем $19,9 \pm 1,8$) в основной группе и от 18 до 23 мм рт. ст. (в среднем $20,6 \pm 2,1$) в контрольной группе. В 26,5% случаях на глазах пациентов основной группы (22 глаза) при измерении пневмотонометром значение ВГД превышало 26 мм рт. ст. В этих случаях ВГД дополнительно измерялось тонометром Маклакова и для всех пациентов его уровень не превышал 23 мм рт. ст. По нашему мнению, погрешность в измерении ВГД

пневмотонометром могла быть связана с попаданием струи воздуха в область кератотомического рубца.

Границы поля зрения у пациентов обеих групп были в пределах физиологической нормы, у 33-х пациентов (39,7%) основной и 37-ми (44%) контрольной групп наблюдали сужение границ поля зрения с височной стороны на 10°-15°.

Плотность эндотелиальных клеток в основной группе варьировала от 1571 до 2665 клеток на мм² (в среднем 2149±203), в контрольной – от 1989 до 2880 клеток на мм² (в среднем 2521±240) соответственно. Статистически достоверных различий по этому показателю между обследуемыми группами не выявляли ($p < 0,05$).

При проведении **биомикроскопии** на глазах пациентов основной группы выявили различное количество КР и несколько типов рубцевания. При определении типов рубцевания использовали классификацию Ивашиной А.И. (1989) (табл. 11, 12).

Таблица 11

Распределение глаз пациентов основной группы по количеству кератотомических рубцов

Количество КР	Количество глаз пациентов абс. (%)
4	7 (8,4)
6	5 (6,1)
8	31 (37,3)
10	5 (6,1)
12	26 (31,3)
14	6 (7,2)
16	1 (1,2)
18	2 (2,4)

Распределение глаз пациентов основной группы по типу рубцевания

Тип рубцевания КР	Количество глаз пациентов
	абс. (%)
I	46 (55,4)
II	28 (33,7)
III	9 (10,9)

Как видно из таблицы 11, в основной группе преобладали глаза с 8-ю и 12-ю КР, что составило 68,6% (57 глаз). По типу рубцевания основную долю составили глаза с первым типом рубцевания - 55,4% (46 глаз) (табл. 12). Зависимости между типом КР и их количеством выявлено не было.

Для определения степени плотности катаракты нами была использована классификация по Burrato L. (1997). Согласно этой классификации выделяют 5 степеней плотности катаракты:

I степень – ядро очень мягкое сероватое или слегка серовато-желтое;

II степень – ядро мягкое, серое или серовато-желтое (начальная катаракта);

III степень – ядро средней твердости, желтоватого цвета (начальная катаракта);

IV степень – ядро большое, средней плотности, янтарного цвета (зрелая катаракта);

V степень – ядро плотное, темно-коричневого цвета, бурое (плотная катаракта).

В таблице 13 и на рисунке 5 представлены данные распределения глаз пациентов основной и контрольной групп по степени плотности катаракты. Локализация помутнений в хрусталике в исследуемых группах была преимущественно ядерная.

Распределение глаз пациентов обследуемых групп по степени плотности ядра хрусталика

Плотность ядра (степень)	Основная группа абс. (%)	Контрольная группа абс. (%)
I	–	–
II	24 (28,9)	22 (26,2)
III	37 (44,6)	30 (35,7)
IV	22 (26,5)	32 (38,1)
V	–	–

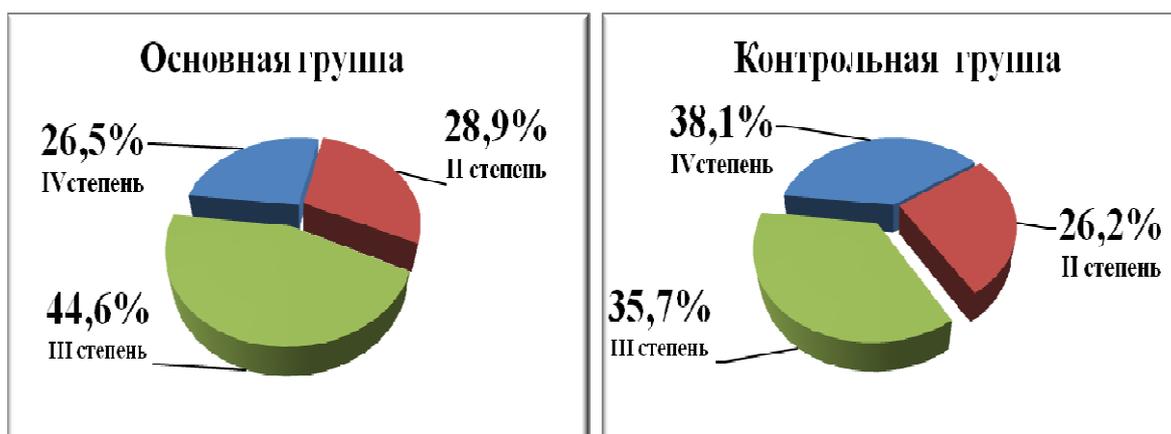


Рис. 5. Степень плотности ядра хрусталика в обследуемых группах

Исходя из вышеприведенных данных можно отметить преобладание в основной группе II и III степеней плотности катаракты, которое наблюдали в 61-м случае (73,5%), а в контрольной группе - III и IV степеней плотности катаракты (62 случая, 73,8%). Данная тенденция к выявлению более высокой степени плотности катаракты у пациентов контрольной группы по сравнению с основной может быть связана с более поздним их обращением к офтальмологу (табл. 13).

По локализации помутнений в хрусталике статистически достоверной разницы между исследуемыми группами не выявляли ($p < 0,05$) (табл. 14).

Локализация помутнений хрусталика в исследуемых группах

Локализация помутнения	Основная группа	Контрольная группа
	абс.(%)	абс. (%)
Ядро	35 (42,2)	37 (44)
Кортикальные слои	31 (37,3)	28 (33)
Заднекапсулярные слои	17 (20,5)	19 (23)

Визуализация структур глазного дна из-за помутнений в хрусталике в большинстве случаев была затруднена: в основной группе в 49-ти случаях (71,1%), в контрольной группе - в 62-х случаях (73,8%).

Дистрофические изменения на периферии сетчатки на глазах у пациентов основной группы выявили в 21-м случае (25,3%), в контрольной – в 11-ти случаях (13,1%). При этом ограничительная лазеркоагуляция сетчатки, в связи с наличием периферической хориоретинальной дистрофии, в основной группе ранее проводилась в 12-ти случаях (14,45%), а в контрольной – в 27-ми случаях (32,14%). Более низкая частота проведения данной операции в основной группе могла быть связана с более редкой обращаемостью к офтальмологу, по сравнению с контрольной группой, в связи с отсутствием у данных пациентов жалоб на зрение до развития помутнений в хрусталике.

Для определения функционального состояния сетчатки и зрительного нерва в условиях недостаточной прозрачности оптических сред применяли ЭФИ и оценку РОЗ.

По данным ЭФИ пороги электрической чувствительности и электрической лабильности соответствовали нормальным значениям в 62-х случаях (75%) в основной группе и в 60-ти случаях (71%) в контрольной. У остальных пациентов основной – 21 (25%) и контрольной – 24 (29%) групп наблюдали повышение ПЭЧ сетчатки до 130 мкА, и снижение ПЭЛ

зрительного нерва до 30-ти импульсов в секунду, что могло свидетельствовать о нарушении функционального состояния сетчатки на фоне миопии средней и высокой степеней.

По результатам ультразвукового В-сканирования у всех пациентов сетчатка прилежала, однако в ряде случаев выявляли деструкцию стекловидного тела различной степени выраженности, а также заднюю его отслойку (ЗОСТ), что являлось характерным изменением для глаз с миопией, в особенности средней и высокой степени (Аветисов Э.С., 1986; Махачева З.А., 1995; Зуев А.В., 1996). В таблице 15 охарактеризована выраженность деструкции стекловидного тела (по классификации Махачевой З.А., 1995) и степень ЗОСТ в основной и контрольной группах. Высота ЗОСТ в основной группе находилась в пределах от 3,2 до 10,5 мм, а в контрольной группе - от 2,7 до 12,5 мм (табл. 15).

Таблица 15

Распределение глаз исследуемых пациентов по степени деструкции стекловидного тела и величине ЗОСТ

Параметр	Основная группа абс.(%)	Контрольная группа абс.(%)
1-я степень деструкции	–	–
2-я степень деструкции	48 (57,8)	53 (63,1)
3-я степень деструкции	35 (42,2)	31 (36,9)
Неполная ЗОСТ	–	–
Полная ЗОСТ	83 (100)	84 (100)

Таким образом, исследуемые группы были сопоставимы по полу, возрасту и величине ПЗО, что отражало репрезентативность выборки. Основное различие заключалось в наличии у пациентов основной группы КР, что предопределило различия оптической силы роговицы и клинической рефракции. Анализируя основную и контрольную группы, можно составить офтальмологический портрет пациента каждой из них. Так, пациенты обеих

групп в соответствии с величиной ПЗО имеют осевую миопию различной степени, однако пациент с ранее проведенной РК реже обращается за офтальмологической помощью в связи с отсутствием субъективных жалоб, но при этом в более раннем возрасте замечает выраженное снижение зрения, связанное с изменением прозрачности нативного хрусталика. Можно предположить, что требования к высокой послеоперационной остроте зрения у таких пациентов будут более значимы, чем для пациентов контрольной группы, у которых рефракционная операция не проводилась.

ГЛАВА 3. ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА MIKOF/ALF ДЛ Я ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКОЙ СИЛЫ ИОЛ НА ГЛАЗАХ, ПЕРЕНЕСШИХ РАДИАЛЬНУЮ КЕРАТОТОМИЮ

На сегодняшний день для расчета оптической силы ИОЛ в неосложненной стандартной ситуации в клинической практике наиболее часто используют следующие методики: Hoffer Q, Holladay 1 и SRK/T [102; 107;128].

В российской практике наряду с ними для оценки оптической силы ИОЛ широкое распространение нашла методика MIKOF/ALF (медицинская технология ФС № 2008/198 от 22.09.2008г.).

Многолетний опыт использования всех вышеперечисленных методик расчета в клинической практике позволил определить диапазон их применения для обеспечения максимальной точности расчета оптической силы ИОЛ в зависимости от величины ПЗО глаза (табл. 16). Следует отметить, что в основе методик расчета Hoffer Q, Holladay 1, SRK/T и MIKOF/ALF лежит различный клинический материал, который был использован в процессе проведения регрессионного анализа с целью прогнозирования положения ИОЛ в артефакичном глазу [44; 45; 102].

Таблица 16

Предпочтительное применение методик расчета ИОЛ в зависимости от ПЗО глаза

ПЗО/ Методики	Hoffer Q	Holladay 1	SRK/T	MIKOF\ALF
< 22,00	+	-	-	+
22,01-24,50	+	+	+	+
24,51-26,00	-	+	+	+
>26,00	-	-	+	+

Из данных таблицы 16 следует, что на глазах с миопией среди представленных формул расчета наиболее информативными и точными являются SRK/T и MIKOF/ALF. Последние и были использованы в настоящем исследовании [34].

Известно, что одним из наиболее важных факторов, влияющих на точность расчета оптической силы ИОЛ и функциональный результат операции, в том числе и на глазах после РК, является правильная оценка значений кератометрии. Для этого могут быть использованы различные кератометры, технические возможности которых будут детально проанализированы далее.

3.1. Сравнительная оценка возможностей приборов Pentacam, Topcon, IOL-Master 500 по измерению оптических параметров роговицы на глазах после проведенной радиальной кератотомии

Отличительной особенностью глаз основной группы в случаях перенесенной ранее РК от контрольной группы пациентов с миопией являлось изменение рефракции роговицы в сторону ее ослабления. При этом точное определение действительной оптической силы роговицы является одним из основополагающих моментов для любой из методик расчета ИОЛ. Следует отметить, что преломляющая сила роговицы определяется исходя из радиусов кривизны передней и задней ее поверхности роговицы и толщины. На сегодняшний день наиболее достоверные значения вышеуказанных показателей могут быть получены при помощи прибора Pentacam HR (Oculus, Германия) [106]. Однако данный прибор мало доступен в широкой клинической практике. С учетом этого обстоятельства, в настоящем исследовании были изучены сравнительные возможности различных приборов (Pentacam HR Oculus, Topcon и ИОЛ-Master 500) для оценки преломляющей силы роговицы с последующим расчетом оптической силы ИОЛ.

В таблице 17 представлены анатомо-оптические параметры переднего отрезка глаза после РК, включающие кератометрию передней и задней поверхности роговицы и ее толщину, измеренные на приборе Pentacam HR.

Таблица 17

Анатомо-оптические параметры переднего отрезка глаза после РК, полученные в результате обследования на приборе Pentacam HR (n=33)

Параметр	M	m	Min	Max
Общая кератометрия, дптр	35,39	0,47	31,75	40,00
Кератометрия передней поверхности, дптр	39,43	0,53	35,37	44,56
Кератометрия задней поверхности, дптр	4,35	0,50	3,45	5,20
Толщина роговицы в центре, мкм	600	7,02	548	688

Далее нами произведен сравнительный анализ значений кератометрических параметров, полученных при помощи приборов Topcon и Pentacam HR (табл. 18). Целью исследования являлось определение возможности использования данных стандартной кератометрии, полученных на этих приборах, для расчета оптической силы ИОЛ после РК. При этом показатели кератометрии, определенные на приборе Pentacam HR, служили в качестве референтных. Следует отметить, что приборы Topcon и IOL-Master позволяют получить данные кератометрии только передней поверхности роговицы, с учетом которых и производится расчет значений общей кератометрии.

Таблица 18

Кератометрические показатели для глаз после РК, измеренные приборами Topcon KR 8800 и Pentacam HR (n=33)

Прибор	Измеренный параметр	M	m	Min	Max
Pentacam HR	Общая кератометрия, дптр	35,19	0,53	31,75	40,00
Topcon KR 8800	Общая кератометрия, дптр	36,01	0,39	33,13	39,63

Из данных таблицы 18 можно заключить, что значения общей кератометрии на приборе Topcon статистически достоверно превышают таковые, полученные на приборе Pentacam HR ($p < 0,01$).

Далее мы произвели сравнительную оценку приборов IOL-Master 500 и Pentacam. Данные оптической силы роговицы, измеренные указанными приборами, представлены в таблице 19.

Таблица 19

Кератометрические показатели для глаз после РК, измеренные приборами IOL-Master 500 и Pentacam HR ($n=39$)

Прибор	Измеренный параметр	M	m	Min	Max
Pentacam HR	Общая кератометрия, дптр	35,43	0,94	32,50	40,00
IOL-Master 500	Общая кератометрия, дптр	35,24	0,88	31,17	38,83

Было обнаружено, что показатели общей кератометрии, полученные на приборах Pentacam HR и IOL-Master, достоверно не различаются и близки по своим значениям ($p > 0,1$).

Значение общей кератометрии учитывается при расчете высоты шарового сегмента роговицы, что необходимо для определения положения плоскости ИОЛ в стандартных случаях. Измерение ряда кератометрических параметров на приборе Pentacam HR также позволяет достоверно рассчитать высоту шарового сегмента на глазах после РК. Кроме того, высота шарового сегмента роговицы может быть определена по данным прибора IOL-Master 500. В таблице 20 представлен сравнительный анализ расчетных величин высоты шарового сегмента для глаз после РК, полученных с использованием вышеуказанных приборов.

Расчетная величина высоты шарового сегмента роговицы для глаз после РК, полученная на приборах IOL-Master 500 и Pentacam HR (n=39)

Прибор	Расчетный параметр	M	m	Min	Max
Pentacam HR	Высота шарового сегмента, мм	3,35	0,06	3,08	3,64
IOL-master 500	Высота шарового сегмента, мм	3,02	0,03	2,90	3,15

Было обнаружено, что расчетная величина высоты шарового сегмента с учетом кератометрии, измеренной на приборе IOL-Master 500, была достоверно ниже (в среднем на 0,3мм) величины, рассчитанной с учетом параметров роговицы на приборе Pentacam HR ($p < 0,001$). Это подтверждает целесообразность использования методики «двойной кератометрии» при расчете оптической силы ИОЛ на глазах после РК с учетом данных высоты шарового сегмента роговицы, рассчитанных на аппарате Pentacam HR, так как прибор IOL-Master дает погрешность при определении данного показателя. Однако следует отметить, что при невозможности проведения обследования на приборе Pentacam (ввиду его отсутствия в широкой клинической практике) данные прибора IOL-Master 500 также могут быть использованы в расчетах оптической силы ИОЛ на глазах после РК в случае допустимости предпосылки о равенстве высоты шарового сегмента до и после РК [62]. В свою очередь, нами сделан вывод о том, что показатели кератометрии, полученные на автокератометре Topcon KR 8800, ввиду значительной погрешности измерения кривизны роговицы, нецелесообразно использовать для расчета оптической силы ИОЛ на глазах после РК.

3.2. Оптимизация методики MIKOF/ALF для расчета оптической силы ИОЛ на глазах после радиальной кератотомии

Следующим этапом нашей работы явилась адаптация формулы расчета оптической силы ИОЛ MIKOF/ALF для случаев после ранее проведенной РК с использованием данных, полученных на приборе IOL-Master 500, так как

он, являясь стандартом оптической биометрии, в настоящее время находит широкое применение в офтальмологических отделениях, где проводят операции по поводу катаракты.

Как известно, формула расчета силы ИОЛ MIKOF/ALF основана на принципе соответствия положения главной плоскости имплантируемой ИОЛ положению тонкой ИОЛ, смещенной на отклонение плоскости ИОЛ от плоскости гаптических элементов и места фиксации, и имеет следующий вид [34; 43; 44]:

$$D_{IOL} = \frac{1336}{L + 0,2 - AC_{Dest} - H_{IOL} - H_c + \frac{1336 (D_{IOL} - F_2) H_{IOL}}{N_{IOL} \left(1 - \frac{H_{IOL} F_2}{1000 N_{IOL}} \right) D_{IOL}}} - \frac{1336}{K + \frac{SPH}{1 - 0,012 SPH} - AC_{Dest} - \frac{H_c F_{Icor} 1,336}{K} - \frac{1,336 F_2 H_{IOL}}{N_{IOL} D_{IOL}}}$$

В данной формуле: N_{IOL} - показатель преломления ИОЛ (Если показатель преломления ИОЛ не известен, предполагается, что $N_{IOL}=1,5$); N_{cor} - редуцированный показатель преломления роговицы, для большинства кератометров $N_{cor}=1,3375$; H_c - толщина роговицы в центре; $F_{Icor} = 0,376 K / (N_{cor} - 1,336)$.

На этапе адаптации методики расчета MIKOF/ALF к случаям после РК нами прослежена динамика изменений показателей кератометрии и сферэквивалента после ФЭК+ИОЛ с целью получения максимально точных расчетных данных в отдаленном послеоперационном периоде.

Среднее значение кривизны роговицы на обследованных глазах после РК ($n=83$) до операции ФЭК с имплантацией ИОЛ составило $35,97 \pm 2,76$ дптр, варьируя от 29,34 до 41,77 дптр; величина ПЗО варьировала от 24,27 до 32,40 мм, в среднем составляя $26,98 \pm 1,70$ мм; оптическая сила имплантированных ИОЛ составляла от 12,0 до 31,0 дптр, в среднем достигая $21,59 \pm 4,29$ дптр, с константами А (по данным производителя) от 118,0 до 119,0. Для построения

математической модели артификачного глаза после ранее перенесенной радиальной кератотомии использовали результаты 111-ти клинических исследований, выполненных в различные сроки после операции ФЭК+ИОЛ (3 суток; 2 недели; 1 месяц; 3 месяца; 1 год; 3 года после операции). Величина ПЗО обследуемых глаз в среднем составила $26,74 \pm 1,61$ мм, достоверно не отличаясь от ее дооперационного значения ($p > 0,2$), а среднее значение СЭ клинической рефракции после операции ФЭК с имплантацией ИОЛ составило $-0,80 \pm 1,35$, колеблясь от $-4,88$ до $2,0$ дптр.

В 45-ти случаях была прослежена динамика изменений значений кривизны роговицы в различные сроки после операции ФЭК с имплантацией ИОЛ (табл. 21), а также значений СЭ клинической рефракции в эти сроки (рис. 6).

Таблица 21

Динамика изменения кривизны роговицы на разных сроках после операции ФЭК + ИОЛ после радиальной кератотомии

Срок после операции ФЭК с имплантацией ИОЛ	Разница между дооперационным и послеоперационным значениями кератометрии (M±σ, дптр)
3 дня (n=45)	$0,90 \pm 1,14$
2 недели (n=45)	$0,59 \pm 0,55$
1 месяц (n=35)	$0,21 \pm 0,61$
3 месяца (n=25)	$0,01 \pm 0,63$
1 год (n=25)	$0,15 \pm 0,55$
3 года (n=14)	$-0,31 \pm 0,48$

Изменения показателей кератометрии и СЭ клинической рефракции, прослеженные в различные сроки после операции ФЭК+ИОЛ (45 случаев), отражены на диаграмме, представленной на рисунке 6.

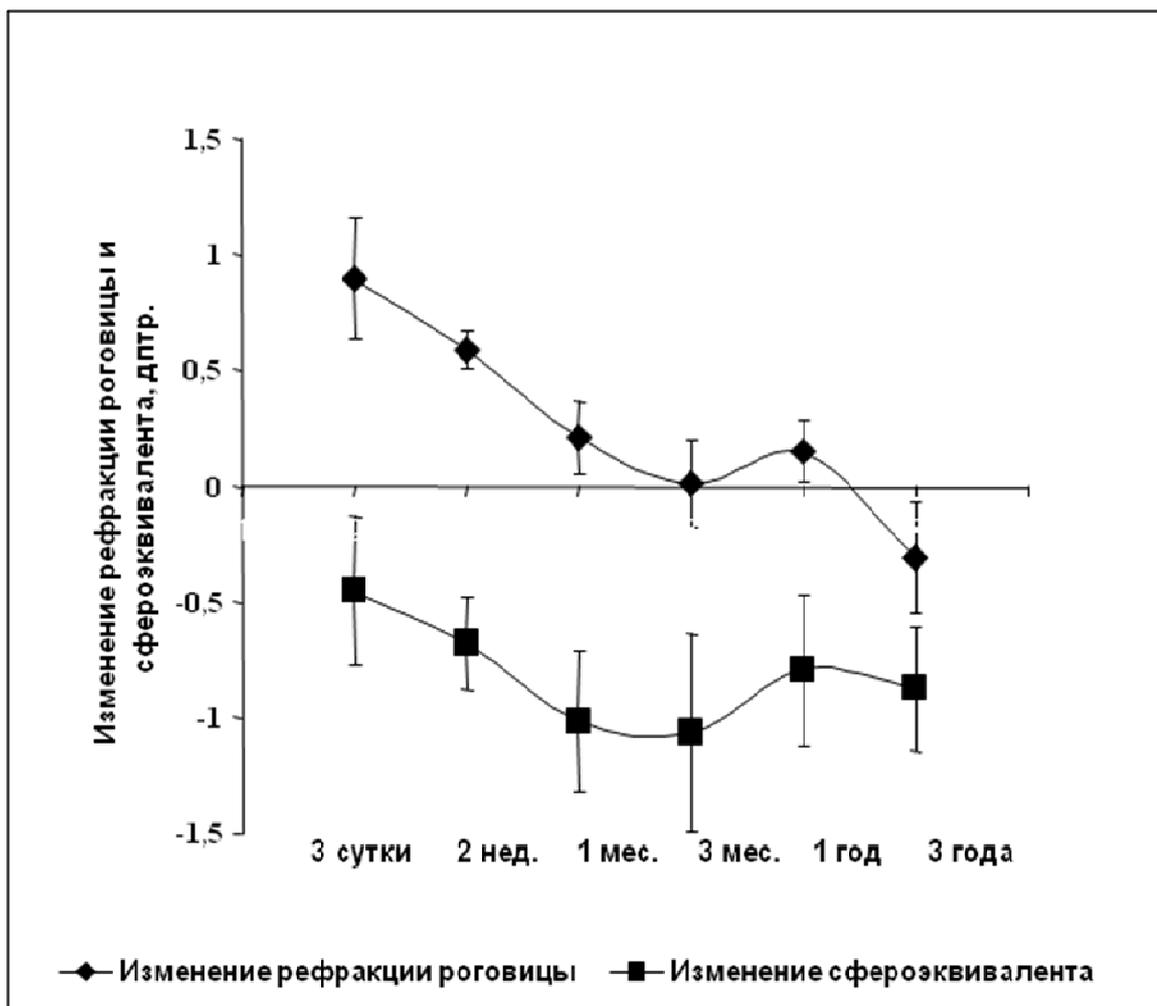


Рис. 6. Динамика изменения средних значений и интервала погрешности кератометрии и СЭ клинической рефракции после операции ФЭК + ИОЛ в случаях ранее перенесенной РК ($M \pm \sigma$).

Выявлено, что значения кератометрии достоверно различались в следующие сроки – трое суток, 2 недели, 1 месяц после ФЭК ($p < 0,05$). В свою очередь, при наблюдении через 3 месяца, 1 год, 3 года после операции различия были статистически недостоверными ($p > 0,1$). Таким образом, изменение кривизны роговицы следует ожидать в ранние послеоперационные сроки (до 3-х месяцев), после чего этот показатель стабилизируется и восстанавливается до дооперационных значений.

По данным проведенного исследования, оптическая сила роговицы с кератотомическими рубцами после ФЭК с имплантацией ИОЛ имеет

тенденцию к уплощению, особенно выраженную в ранние сроки – до 1-го месяца после операции. В дальнейшем форма роговицы стремится к восстановлению, которое наступает к 3-м месяцам. При этом изменения оптической силы роговицы на указанных сроках тесно коррелируют с динамикой клинической рефракции ($p < 0,05$).

Нами рассчитан коэффициент корреляции между величиной изменения оптической силы роговицы и сферозэквивалентом, значение которого составило $0,95 \pm 0,11$ (от 0,61 до 1,0), что свидетельствует о высоко достоверной и практически линейной связи между этими показателями ($p < 0,0001$). Обнаруженная зависимость легла в основу дальнейшего определения поправок в расчетную формулу MIKOF/ALF.

Учитывая вышеперечисленные изменения роговицы, которые происходят в послеоперационном периоде, нами были определены и конкретизированы эмпирические поправки, которые использовались на предоперационном этапе в формуле расчета оптической силы ИОЛ. Для адаптации методики расчета оптической силы ИОЛ на глазах с миопией после РК была выбрана формула MIKOF/ALF, относящаяся к смешанным формулам. Данная формула предполагает учет следующих параметров глаза: оптическая сила роговицы, длина глаза, клиническая рефракция, расстояние от вершины роговицы до передней поверхности хрусталика. Для расчета рефракции оптической системы глаза использовали кератометрию (без поправок) на приборе IOL-Master 500, а для прогнозирования положения ИОЛ определяли расчетную величину расстояния от вершины роговицы до плоскости ИОЛ (ELP).

В настоящем исследовании адаптация методики расчета оптической силы ИОЛ для случаев после ранее проведенной кератотомии заключается в изменении параметров расчета положения плоскости ИОЛ, что связано с величиной константы А, которая, как известно, косвенно отражает положение главной плоскости ИОЛ определенной модели в глазу. Эти

изменения параметров расчета зависят от индивидуальных значений кератометрии и величины ПЗО глаза.

В основе предложенной нами методики расчета оптической силы ИОЛ на глазах после проведенной ранее кератотомии лежит принцип «двойной кератометрии». Оптическую силу роговицы, определенную на кератометре прибора IOL-Master 500, используют для расчетов без поправок. Но для определения расстояния от вершины роговицы до плоскости ИОЛ используют формулу, которая основана на эмпирических данных и зависит от измеренной на приборе IOL-Master 500 фактической оптической силы роговицы, а также величины ПЗО по данным оптической биометрии и оптико-анатомических характеристик параметризованного схематического стандартного глаза MIKOF [13; 45,127].

Расстояние от вершины роговицы до плоскости ИОЛ (ELP), используемое для прогнозирования положения ИОЛ, в предлагаемой методике представлено в следующем виде:

$$ELP = 0,711(p - H_c) + 0,623\sqrt{L} + \left(\frac{A \cdot 0,5663 - 65,5 + 3,595}{0,9704} - (L - 26,5)0,0782 - (K - 35,68)0,1197 \right) - 10,4725$$

где ELP – расстояние от вершины роговицы до плоскости ИОЛ, мм;

p – глубина передней камеры до имплантации, мм (при отсутствии измерения принимается значение 3,595);

H_c – толщина роговицы в центре, мм (при отсутствии измерения принимается значение 0,55);

L – длина ПЗО глаза, мм;

A – константа A;

K – оптическая сила роговицы, дптр.

Указанный расчет ELP позволяет вычислить величину поправки к константе A при определении оптической силы ИОЛ на глазах после РК. Таким образом, расчет оптической силы ИОЛ на глазах после РК следует проводить по формуле MIKOF/ALF, адаптированной для таких глаз путем

введения поправки к константе А, зависящей от значений длины глаза и кератометрии, измеренной на приборе IOL-Master 500. Величины поправок к константе А в зависимости от указанных параметров представлены в таблице 22.

Таблица 22

Поправка константы А для стандартного расчета по формуле MIKOF/ALF с использованием данных измерения на приборе IOL-Master 500 в случаях после РК

Кератометрия, дптр	Длина ПЗО глаза, мм		
	33,0-28,0	28,0-26,0	26,0-24,0
29,0-32,0	0,8	1,0	1,1
32,0-35,0	0,5	0,6	0,7
35,0-38,0	0,2	0,3	0,4
38,0-41,0	-0,1	0,0	0,1

Можно видеть, что при значениях кератометрии более 41,0 дптр поправок при расчете оптической силы ИОЛ в случае ранее проведенной кератотомии не требуется. Зависимость величины поправки от значения кератометрии и ПЗО глаза носит обратный характер. Наибольшие поправки к константе А необходимы при более низких показателях оптической силы роговицы после ранее проведенной кератотомии, особенно при значениях длины глаза, соответствующих эметропии. Таким образом, чем больше рефракционный эффект после РК, тем большую поправку к константе А необходимо внести в формулу для расчета оптической силы ИОЛ.

Точность предлагаемой формулы расчета оптической силы ИОЛ MIKOF/ALF, а именно отличие заданного (при расчете ИОЛ) и фактического значений СЭ для случаев после ранее проведенной кератотомии, приведена в таблице 23.

Таблица 23.

Точность формулы расчета оптической силы ИОЛ MIKOF/ALF, адаптированной для случаев с ранее проведенной кератотомией (n=111)

MIKOF/ ALF (адаптированная)	Отличие заданного и фактического значения СЭ, дптр				
	±0,50	±0,75	±1,0	±1,25	±1,50
% случаев	58	66	82	87	98

Из данных таблицы 23 можно сделать вывод, что значения ожидаемой и фактической величин сферэквивалента отличаются незначительно. Это свидетельствует о высокой точности расчета ИОЛ по предлагаемой методике. Она предполагает отсутствие индуцированных в результате операции ФЭК+ИОЛ изменений исходных характеристик роговицы и других оптико-анатомических параметров глаза и не отражает динамики изменений рефракционного результата после операции.

Математическое выражение анатомо-оптических соотношений в артификачном глазу после ранее проведенной кератотомии было верным при допуске ошибки в ожидаемом СЭ до 1,25 дптр в 97-ми случаях из 111-ти (87%), что приемлемо для клинической практики. Допустимая точность формулы расчета оптической силы ИОЛ MIKOF/ALF, адаптированной для случаев с ранее проведенной кератотомией (далее будем именовать данную формулу MIKOF/RK), позволила описать клиническую группу глаз после ранее проведенной РК в структуре параметризованного схематического стандартного артификачного глаза. Это дало возможность применить вышеописанный подход и к другим стандартным формулам расчета ИОЛ на глазах после РК (SRK/T, Hoffer Q, Holladay I) [45].

В таблицах 24, 25, 26 представлены поправки константы А в случаях ранее проведенной кератотомии для расчета оптической силы ИОЛ по стандартным формулам SRK/T, Holladay I, Hoffer Q в зависимости от

значений длины глаза и кератометрии, измеренных на приборе IOL-Master 500.

Таблица 24

Поправка константы А для стандартного расчета по формуле SRK/Т с использованием данных измерений на приборе IOL-Master 500 в случаях после РК

Кератометрия, дптр	Длина ПЗО глаза, мм		
	33,0-28,0	28,0-26,0	26,0-24,0
29,0-32,0	1,2	1,3	1,4
32,0-35,0	0,8	0,9	1,0
35,0-38,0	0,5	0,6	0,7
38,0-41,0	0,2	0,3	0,4

Таблица 25

Поправка константы А для стандартного расчета по формуле Holladay I с использованием данных измерений на приборе IOL-Master 500 в случаях после РК

Кератометрия, дптр	Длина ПЗО глаза, мм		
	33,0-28,0	28,0-26,0	26,0-24,0
29,0-32,0	0,7	0,8	0,9
32,00-35,0	0,3	0,5	0,5
35,00-38,00	0,0	0,2	0,2
38,00-41,00	-0,3	-0,1	-0,1

Поправка константы А для стандартного расчета по формуле Hoffer Q с использованием данных измерений на приборе IOL-Master 500 в случаях после РК

Кератометрия, дптр	Длина ПЗО глаза, мм		
	33,0-28,0	28,0-26,0	26,0-24,0
29,0-32,0	-1,2	-1,1	-1,1
32,0-35,0	-1,3	-1,2	-1,2
35,0-38,0	-1,4	-1,3	-1,3
38,0-41,0	-1,5	-1,4	-1,4

Таким образом, принцип определения поправок к константе А для расчета оптической силы ИОЛ на глазах с миопией после РК может быть использован для ряда стандартных формул расчета. Однако, несмотря на это, данные настоящего исследования указывают на преимущественную целесообразность использования формулы МКОФ, адаптированной для таких глаз с учетом величины поправки к константе А.

В дополнение к вышеизложенному материалу, мы провели статистический анализ данных, полученных при сравнении формулы МКОФ/РК с другими общепринятыми методиками расчета ИОЛ на глазах после РК (рис. 7).

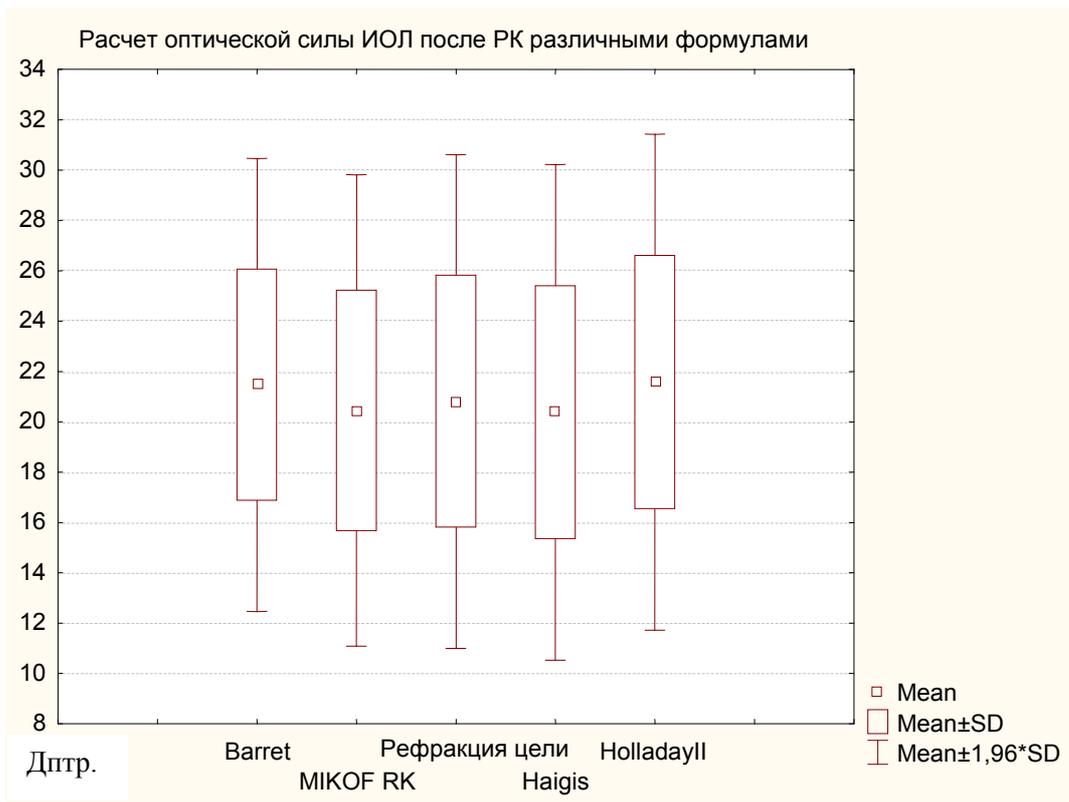


Рис. 7. Сравнение точности различных методик расчета ИОЛ на глазах после РК

На представленном графике можно видеть, что в случае использования всех методик расчета оптическая сила ИОЛ приближена к ее целевому значению и значительных отклонений не наблюдается.

Для каждой из формул были определены средние значения оптической силы рассчитываемой ИОЛ и стандартные отклонения. Полученные данные суммарно представлены в таблице 27.

Средние значения оптической силы ИОЛ при расчетах разными методами, адаптированными для глаз после РК

Методика расчета	Статистические данные			
	Средняя сила ИОЛ (дптр)	Минимальное значение (дптр)	Максимальное значение (дптр)	Стандартное отклонение (дптр)
Целевая ИОЛ	20,80	6,00	30,00	5,00
Barret	21,46	10,87	30,21	4,59
MIKOF RK	20,45	7,00	29,00	4,77
Haigis	20,37	6,00	29,00	5,02
HolladayII	21,57	9,00	32,00	5,02

Для статистического анализа данных расчетов ИОЛ, произведенных по различным методикам, был использован метод множественного сравнения групп с применением критерия Крускал-Уоллиса. В ходе анализа статистически достоверных различий при сравнении значений ИОЛ, полученных с использованием формул MIKOF/ RK, Barret, Haigis, Holladay II выявлено не было ($p=0,53$, $p>0,05$). Полученные данные свидетельствуют о том, что адаптированная формула MIKOF/RK позволяет получить значения ИОЛ, максимально приближенные к рефракции цели, и характеризуется высокой точностью, не уступая общепринятым существующим методикам расчета ИОЛ для глаз после РК (Barret, Haigis, HolladayII).

3.3. Выбор рефракции цели после факэмульсификации катаракты с имплантацией ИОЛ на глазах после ранее проведенной радиальной кератотомии

На данном этапе исследования были проанализированы результаты операций факэмульсификации катаракты с имплантацией ИОЛ на глазах с миопией различной степени после ранее проведенной РК.

Расчет ИОЛ производили по методике MIKOF/ALF, адаптированной для случаев после проведенной ранее РК (MIKOF/RK).

Все пациенты были разделены на 3 группы с учетом их пожеланий касательно послеоперационного рефракционного результата. **Первую группу** составили пациенты, ожидающие после операции ФЭК+ИОЛ максимально возможную остроту зрения вдаль без коррекции, и рефракция цели у них была близкой к эметропии. У всех пациентов данной группы после операции ФЭК+ИОЛ был получен смешанный вид астигматизма (24 случая). **Вторую группу** составили пациенты, предпочитающие обходиться без дополнительной коррекции при зрении вдаль и работе на среднем расстоянии за счет остаточной миопии слабой степени. В данную группу вошли пациенты с простым миопическим астигматизмом после операции (8 случаев), для которых при предоперационном расчете рефракция цели была близкой к половине величины роговичного астигматизма. И наконец, в **третью группу** вошли пациенты, которым ФЭК выполнялась как первый этап биоптики. Данная группа пациентов была сформирована из случаев со сложным миопическим астигматизмом (6 случаев), рефракция цели при расчете определялась оптимальным для эксимерлазерной операции сферическим компонентом.

Пациенты 1-й и 2-й групп были предупреждены о необходимости дополнительной коррекции очками для достижения максимально возможной остроты зрения при работе на близком расстоянии. Из анализа результатов были исключены 2 случая: 1-й случай, где послеоперационная рефракция составила sph +0,75 cyl + 2,25 ax 2° (SE= +1.88 дптр). Это было расценено как результат ошибки предоперационного обследования. 2-й случай – рефракция после операции sph -1.25 cyl -9.25 ax 176 (SE=5.88 дптр). Причиной исключения был неправильный роговичный астигматизм.

В результате проведенной фактоэмульсификации катаракты с имплантацией ИОЛ у всех пациентов была получена запланированная

клиническая рефракция. Результаты послеоперационной рефракции по группам представлены в таблице 28.

Таблица 28

Послеоперационная рефракция у обследуемых пациентов $M \pm m$ (n=78)

Параметр	$M \pm m$		
	1-я группа (n=24)	2-я группа (n=28)	3-я группа (n=26)
Сферозэквивалент, (дптр)	-0,15±0,11	-1,47±0,21	-2,88±0,63
Сферический компонент, (дптр)	0,49±0,12	-0,09±0,12	-1,67±0,26
Цилиндрический компонент, (дптр)	-1,28±0,32	-2,75±0,42	-2,42±0,86

Послеоперационную рефракцию в 1-й и 2-й группах планировали с учетом пожеланий пациента. В 1-й группе, как говорилось ранее, после операции наблюдали смешанный астигматизм, во 2-й – простой миопический. Аргументами для выбора планирования послеоперационной рефракции были следующие факторы: в первой группе – при наличии роговичного астигматизма ожидание максимально возможной без дополнительной коррекции остроты зрения вдаль; во второй группе – желание пациента получить оптимальное зрение как для дали, так и на среднем расстоянии. Пациентам из 3-й группы вторым этапом была успешно проведена эксимерлазерная коррекция с целевой эметропической рефракцией.

Для оценки оправданности выбора целевой рефракции для достижения желаемого уровня остроты зрения вдаль у пациентов 1-й и 2-й групп провели сравнение полученных функциональных результатов. В каждом конкретном случае в процентном соотношении оценивали уровень послеоперационной остроты зрения вдаль без коррекции относительно максимально возможного. Результаты проведенного анализа представлены в таблице 29.

Острота зрения вдаль у пациентов 1-й, 2-й групп (n=57)

Параметр	1-я группа (n=24)			2-я группа (n=28)		
	M±m	Min	Max	M±m	Min	Max
Острота зрения без коррекции (НКОЗ)	0,59±0,05	0,2	1,0	0,53±0,07	0,3	0,8
Острота зрения с коррекцией (КОЗ)	0,69±0,05	0,2	1,0	0,80±0,07	0,5	1,0
Разница НКОЗ и КОЗ, (%)	13,10±3,18			33,98±5,76		

Как видно из приведенной таблицы, существует тенденция к получению максимальной остроты зрения вдаль у пациентов со смешанным астигматизмом и к большей потере остроты зрения вдаль у пациентов с простым миопическим астигматизмом. Острота зрения вдаль у пациентов 1-й группы без коррекции была на 13% ниже максимально возможной, а у пациентов 2-й группы - на 34% ($p < 0,05$). При этом пациенты 2-й группы отмечали отсутствие необходимости дополнительной коррекции при зрительной работе на среднем и даже на близком расстояниях.

Резюме. Таким образом, на данном этапе исследования был разработан алгоритм расчета оптической силы ИОЛ на глазах с миопией после перенесенной РК. При этом важным первоначальным моментом является максимально точное измерение оптических свойств роговицы, для чего наиболее целесообразно применение прибора Pentacam HR, а при его отсутствии – прибора IOL-Master 500. Расчет оптической силы ИОЛ на глазах с миопией после РК следует осуществлять с использованием формулы, адаптированной для таких глаз путем математического расчета поправки к величине константы А с учетом значений кератометрии и величины ПЗО (MIKOF/РК). Предложенная методика определения оптической силы ИОЛ в случае перенесенной кератотомии с использованием

данных предоперационного обследования, выполненного на приборе IOL-Master 500, характеризуется высокой точностью при прогнозировании послеоперационной клинической рефракции, позволяя добиться хороших функциональных результатов операции с рефракцией цели, отличной не более чем на $\pm 1,25$ дптр от заданной величины почти в 90% случаев.

При планировании послеоперационной рефракции у пациентов с ранее проведенной РК необходимо учитывать как пожелания пациентов, так и степень роговичного астигматизма. При наличии астигматизма до 1 дптр рекомендована целевая послеоперационная рефракция с получением смешанного астигматизма. При наличии роговичного астигматизма более 1 дптр рекомендовано планирование послеоперационной рефракции либо на простой миопический астигматизм, либо на сложный миопический астигматизм как первый этап биоптики. Данный подход позволит добиться максимально высоких зрительных функций вдаль у пациентов с миопией после ФЭК+ИОЛ с ранее проведенной РК.

ГЛАВА 4. ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ РОГОВИЦЫ ДО И ПОСЛЕ ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИИ КАТАРАКТЫ ПОСЛЕ РК

Влияние ФЭК на состояние роговицы основной и контрольной групп оценивали по данным световой биомикроскопии, конфокальной микроскопии, а также путем подсчета количества эндотелиальных клеток до операции, на 1-3-и сутки после операции, через 1, 3, 6 и 12 месяцев после ФЭК. Кроме того, для более детальной оценки анатомо-морфологических свойств роговицы на глазах после РК провели исследование донорской роговицы с 8-ю КР, срок через 30 лет после РК. Донорский материал был получен через 24 часа после изъятия.

4.1. Анатомо-морфологическая характеристика роговицы до факоэмульсификации катаракты в основной и контрольной группах

Пациенты основной группы различались по количеству КР и типу рубцевания. По данным световой биомикроскопии, согласно классификации Ивашиной А.И. (1989) пациенты основной группы были разделены на 3 подгруппы. В первую подгруппу (Ia) вошли пациенты с первым типом рубцевания, у которых КР имели вид тонких надрезов, без признаков расхождения и без эпителиальных врастаний. Во вторую подгруппу (Ib) вошли пациенты с грубыми, белесыми, утолщенными надрезами – второй тип рубцевания. В третью подгруппу (Ic) вошли пациенты с третьим типом, для них было характерно слабо выраженное рубцевание КР, надрезы были заполнены эпителиальной пробкой. Распределение по типам рубцевания представлено на рисунке 8. Как видно из приведенной диаграммы, наибольшую долю составляли пациенты с первым типом рубцевания КР (подгруппа Ia).

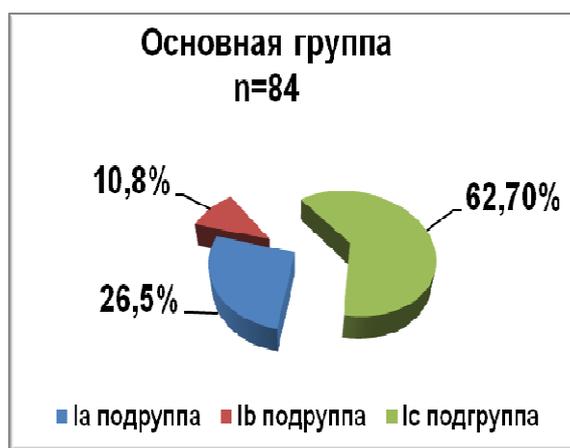


Рис. 8. Распределение глаз пациентов основной группы по типам рубцевания КР

В основной и контрольной группах центральную зону роговицы исследовали методом конфокальной микроскопии (КМ) в автоматическом режиме сканирования. Для более детальной визуализации корнеальной структуры в области КР дополнительно проводили исследование парацентральной зоны в ручном режиме сканирования. Сканирование проводили на расстоянии 1 мм от лимба в области исследуемого КР. Выбор зоны исследования осуществляли в соответствии с местом расположения рубцов. На изучаемом глазу выбирали два КР, расположенных друг напротив друга, как правило на 6-ти и 12-ти часах, так как КР, расположенный на 12-ти часах, наиболее приближен к месту основного разреза при проведении ФЭК, а рубец на 6-ти часах наиболее удален от него.

Сравнительный анализ центральной зоны роговицы в обеих группах исследования не показал структурных отличий ее ткани (табл. 30). В контрольной группе во всех случаях центральная зона роговицы была интактной. В подавляющем большинстве случаев в основной группе исследования оптическая зона роговицы также оставалась неизменной. В 7-ми случаях (8,4%), когда край КР пересекал границу 3 мм оптической центральной зоны роговицы, в картине КМ наблюдались изменения, соответствующие картине КР.

Морфологические особенности ткани центральной зоны роговицы
основной и контрольной групп

Морфологические структуры	Центральная зона роговицы	
	Основная группа n=83	Контрольная группа n=84
Поверхностный эпителий	Без структурных изменений – 78,31% (65 глаз)	Без структурных изменений – 84,52% (71 глаз)
	Умеренная метаплазия – 21,69% (18 глаз)	Умеренная метаплазия – 15,48% (13 глаза)
Крыловидный эпителий	Без изменений – 77,11% (64 глаза)	Без изменений – 85,71% (72 глаза)
	Умеренное снижение плотности – 22,89% (19 глаз)	Умеренное снижение плотности – 14,29% (12 глаз)
Базальный эпителий	Без изменений – 71,08% (59 глаз)	Без изменений – 80,95% (68 глаз)
	Умеренное снижение плотности – 28,92% (24 глаза)	Умеренное снижение плотности – 19,05% (16 глаз)
Боуменова мембрана	Без изменений	Без изменений
Передние слои стромы	Без изменений	Без изменений
Средние слои стромы	Единичные активные кератоциты	Единичные активные кератоциты
Глубокие слои стромы	Без изменений – 92,77% (77 глаз)	Без изменений
	Стромальные депозиты 0,2-0,4 мкм – 7,23 % (6 глаз)	
Десцеметова мембрана	Без изменений – 95,18% (79 глаз)	Без изменений
	Единичные депозиты – 4,82% (4 глаза)	Без изменений
Эндотелий	Полимегатизм и плеоморфизм – 42,17% (35 глаз)	Полимегатизм и плеоморфизм – 27,38% (23 глаза)

Как в основной, так и в контрольной группах в эпителиальном слое центральной зоны роговицы патологических изменений выявлено не было. Эпителий был представлен тремя слоями клеток: поверхностными, крыловидными и базальными. Клетки поверхностного эпителия состояли из четко визуализируемого ядра и оптически негативной цитоплазмы, без идентификации контуров клетки (рис. 9). Встречались единичные конгломераты в 1-2 уплотненных клетки (псевдокератинизация). Крыловидный полигональный и базальный цилиндрический эпителий имели светопозитивные клеточные мембраны со светонегативными ядрами. Боуменова мембрана, состоящая из протеогликанового матрикса и тонких коллагеновых волокон, ввиду аморфного бесклеточного строения на КМ не визуализировалась. Ниже её располагалась сеть тонких светопозитивных извитых нервных волокон субэпителиального сплетения Райзера, а затем – строма роговицы, представляющая собой слои клеток и коллагеновых волокон, контуры которых также не визуализировались (рис. 10). Светопозитивными оставались ядра кератоцитов, расположенных упорядоченно, плотность которых уменьшалась по мере увеличения глубины сканирования. Форма ядер кератоцитов по мере углубления менялась от «бобовидной» округлой в передних слоях стромы, до уплощенной в глубоких ее слоях. В средних отделах стромы встречались более толстые (в сравнении со сплетением Райзера) нервные волокна. Десцеметова мембрана ввиду её аморфной структуры по данным КМ не визуализировалась. Эндотелиальный слой в обеих группах был представлен гексагональными клетками, однако в основной группе наблюдали более выраженный полимегатизм и плеоморфизм клеток.

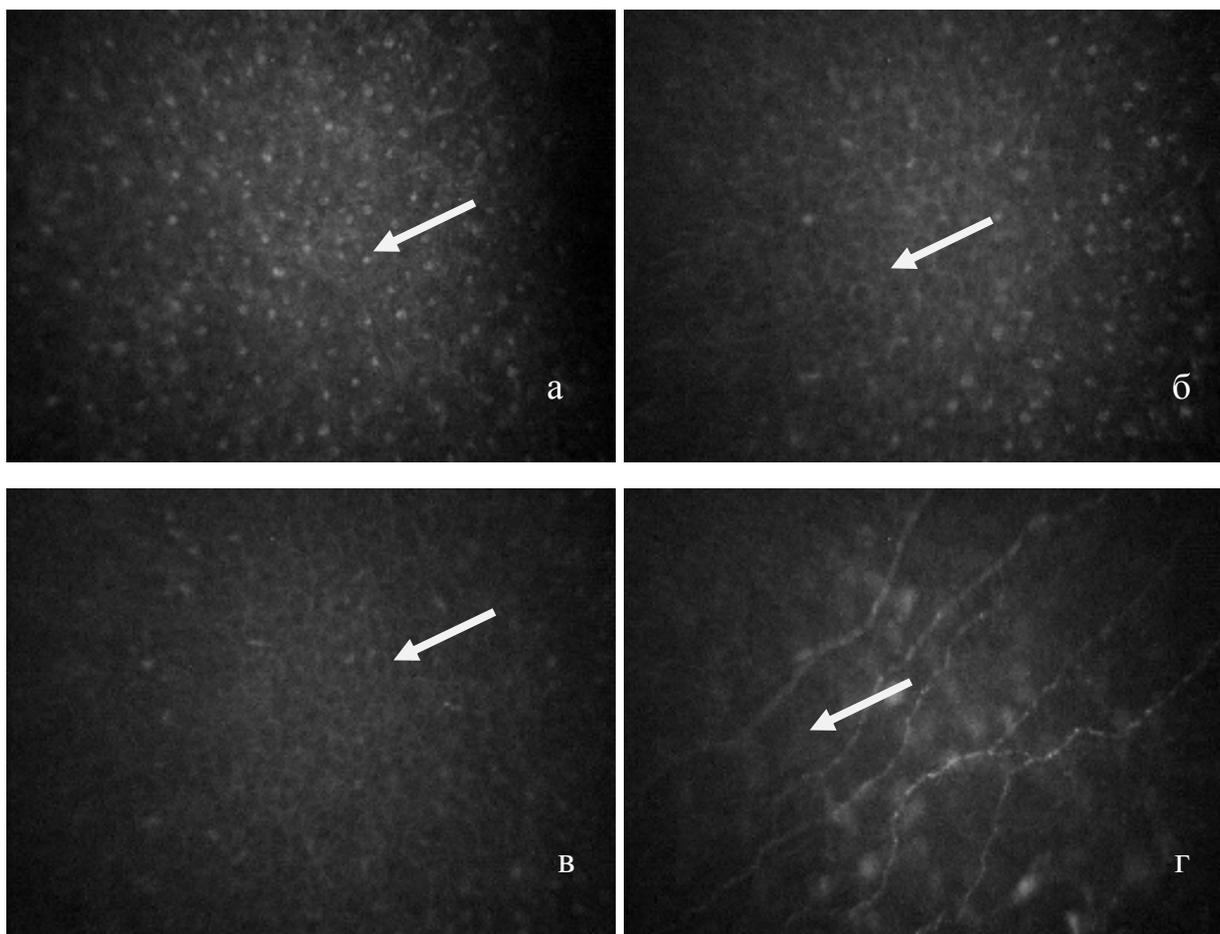


Рис. 9. Конфокальная микроскопия центральной части роговицы пациента К., 51 год, через 23 года после РК: а – клетки поверхностного слоя эпителия; б – крыловидные эпителиоциты; в – клетки базального эпителия; г – нервные волокна субэпителиального сплетения на уровне Боуменовой мембраны

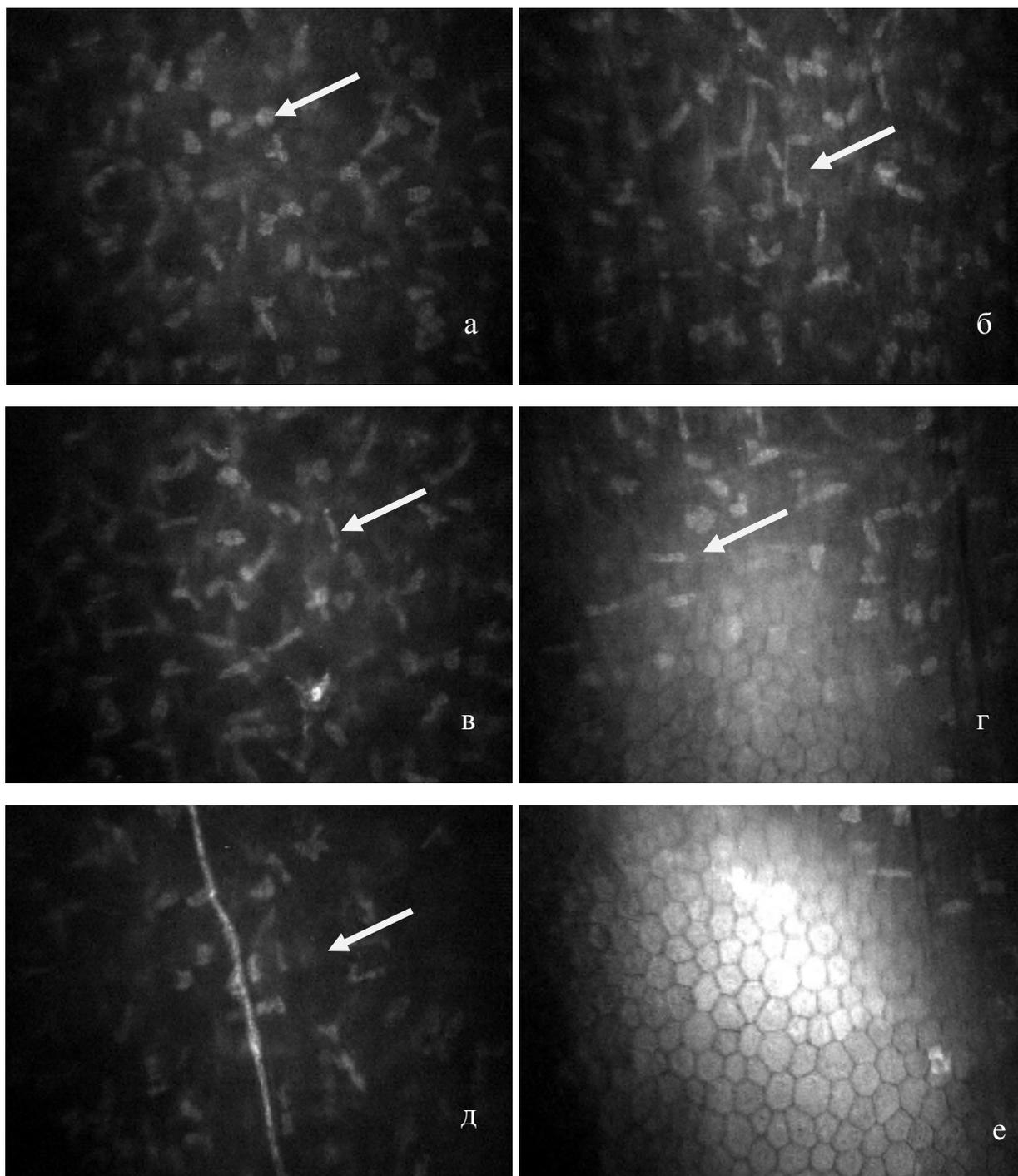


Рис. 10. Конфокальная микроскопия центральной зоны роговицы пациента К., 51 год, через 23 года после РК: а – передние слои стромы; б – средние слои стромы; в, г – глубокие слои стромы; д - глубокий стромальный нерв; е - эндотелий

Таким образом, по данным КМ при сопоставлении послойного строения центральной зоны роговицы в основной и контрольной группах существенных отличий выявлено не было. Среди особенностей, характерных

для основной группы, следует отметить лишь локальное перераспределение кератоцитов в строме. Иннервация в центральной зоне была сохранена. Кроме того, в основной группе наблюдали более выраженный плеоморфизм клеток эндотелия.

При сравнительном анализе структуры кератотомических рубцов в основной группе было выделено две зоны: непосредственно область КР и парарубцовая зона, отличающиеся по строению. В таблице 31 представлены их основные характеристики, где величина p указывает на количество исследуемых роговичных насечек.

Таблица 31

Морфологические особенности роговицы в области КР в основной группе

Морфологические структуры	Конфокальные признаки	
	Область КР ($p=166$)	Парарубцовая область ($p=166$)
Поверхностный эпителий	Без изменений цитоархитектоники – 45,78% (76 насечек)	Без изменений цитоархитектоники – 45,78% (76 насечек)
	Умеренная псевдокератинизация 54,22% (90 насечек)	Умеренная метаплазия – 54,22% (90 насечек)
Крыловидный эпителий	Псевдокератинизация, умеренное снижение плотности	Без изменений – 16,27% (27 насечек)
		Умеренное повышение плотности – 83,73% (139 насечек)
Базальный эпителий	Выраженная псевдокератинизация	Без изменений – 17,49% (29 насечек)
		Умеренное повышение плотности – 82,51% (137 насечек)
Боуменова мембрана	Нарушение структуры	Единичные клетки Лангерганса

Передние слои стромы	Визуализация волокон коллагена	Без изменений – 20,48% (34 насечки)
		Снижение плотности кератоцитов - 79,52% (132 насечки)
Средние слои стромы	Визуализация волокон коллагена – 65,66% (109 насечек)	Единичные активные кератоциты – 75,90% (126 насечек)
	Умеренное количество активных кератоцитов – 34,34% (57 насечек)	Наличие металлических включений – 24,10% (40 насечек)
Глубокие слои стромы	Без изменений – 73,49% (122 насечки)	Без изменений – 59,64% (99 насечек)
	Перераспределение кератоцитов с образованием ацеллюлярных участков – 26,51% (44 насечки)	Перераспределение кератоцитов с образованием ацеллюлярных участков – 40,36% (67 насечек)
Десцеметова мембрана	Без изменений – 81,32% (135 насечек)	Без изменений – 90,36% (150 насечек)
	Нарушение структуры и прозрачности – 18,67% (31 насечка)	Единичные депозиты – 9,64% (16 насечек)
Эндотелий	Незначительный полимегатизм и плеоморфизм – 32,53 % (27 насечек)	Незначительный полимегатизм и плеоморфизм
	полимегатизм и плеоморфизм – 71,08% (118 насечек)	
	нарушение структуры, наличие гут – 12,66% (21 насечка)	

В области КР **эпителиальный** слой характеризовался более глубоким расположением клеточных элементов с признаками псевдокератинизации, и как следствие этого - замедлением слущивания поверхностных

эпителиальных клеток. Признаки очаговой псевдокератинизации эпителия, свидетельствующей о замедленном слущивании поверхностных эпителиальных клеток, были выявлены в проекции КР у 35-ти пациентов (70 глаз – 74,5% случаев). У 12-ти пациентов (24 глаза – 25,5% случаев) состояние эпителия в области насечек не отличалось от нормы.

В свою очередь, в парарубцовой области было обнаружено некоторое увеличение плотности клеточных элементов в наружных эпителиальных слоях и её снижение во внутренних слоях. Субэпителиальная и стромальная иннервация в основном располагалась в парарубцовой области с единичными прорастаниями через область КР.

В **стромальном** слое по данным КМ было выявлено 2 типа рубцевания: **завершенное** и **незавершенное**, что согласуется с данными литературы. Так в 61-м случае (73,49%) в области КР обнаруживалось завершенное рубцевание, при этом выявлялась плотная фиброзная ткань, линейно расположенная на уровне передних и средних слоев стромы, с сохранной окружающей клеточной структурой (рис. 11 а, б). Расхождения краев рубцов не было. Глубокие слои стромы и эндотелий оставались неизменными (рис. 11 в, г).

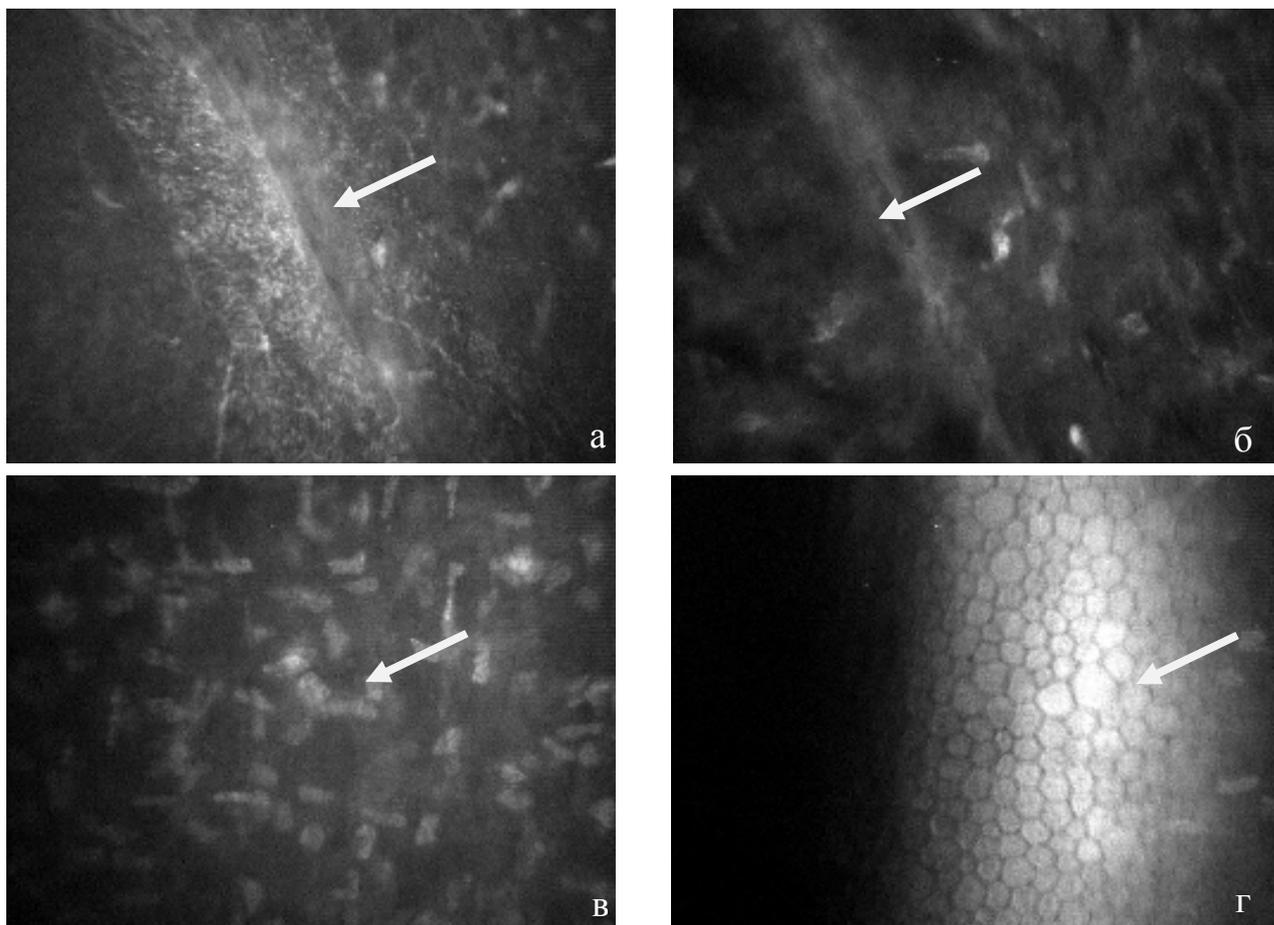


Рис. 11. Конфокальная микроскопия зоны КР с завершенным типом рубцевания пациента Л., 53 года, через 30 лет после РК, плотный линейный рубец без признаков расхождения краев: а) эпителиальный слой; б) передние слои стромы; в) средние и глубокие слои стромы без изменений; г) в эндотелиальном слое увеличение плеоморфизма и полимегати́зма клеток

В структуре глубоких слоев стромы значительных изменений выявлено не было. Десцеметова мембрана оставалась прозрачной. Эндотелий характеризовался некоторым увеличением плеоморфизма и полимегати́зма клеточных элементов.

При втором типе рубцевания (незавершенное) в 22-х случаях (21,17%) область рубца была выстлана эпителием на всем его продолжении, при этом встречали лишь единичные элементы фиброзной ткани на периферии с признаками расхождения краев (рис. 12 а, б). В 3-х случаях (3,61%) в области КР определяли оптически негативные эпителиальные вакуоли, содержащие в

рубцах оптически негативную субстанцию, предположительно – интерстициальную жидкость. В парарубцовой области выявляли снижение плотности клеточных элементов в строме роговицы – ацеллюлярные зоны с перераспределением фиброзной ткани. Также в 11-ти случаях (13,25%) в области КР наблюдали дефект Десцеметовой мембраны с нарушением ее прозрачности. При этом у 6-ти пациентов (11 глаз – 11,7% случаев) было отмечено сквозное прорезание насечек с дефектом Десцеметовой мембраны и эндотелия и замещением соединительной тканью (рис. 12 г).

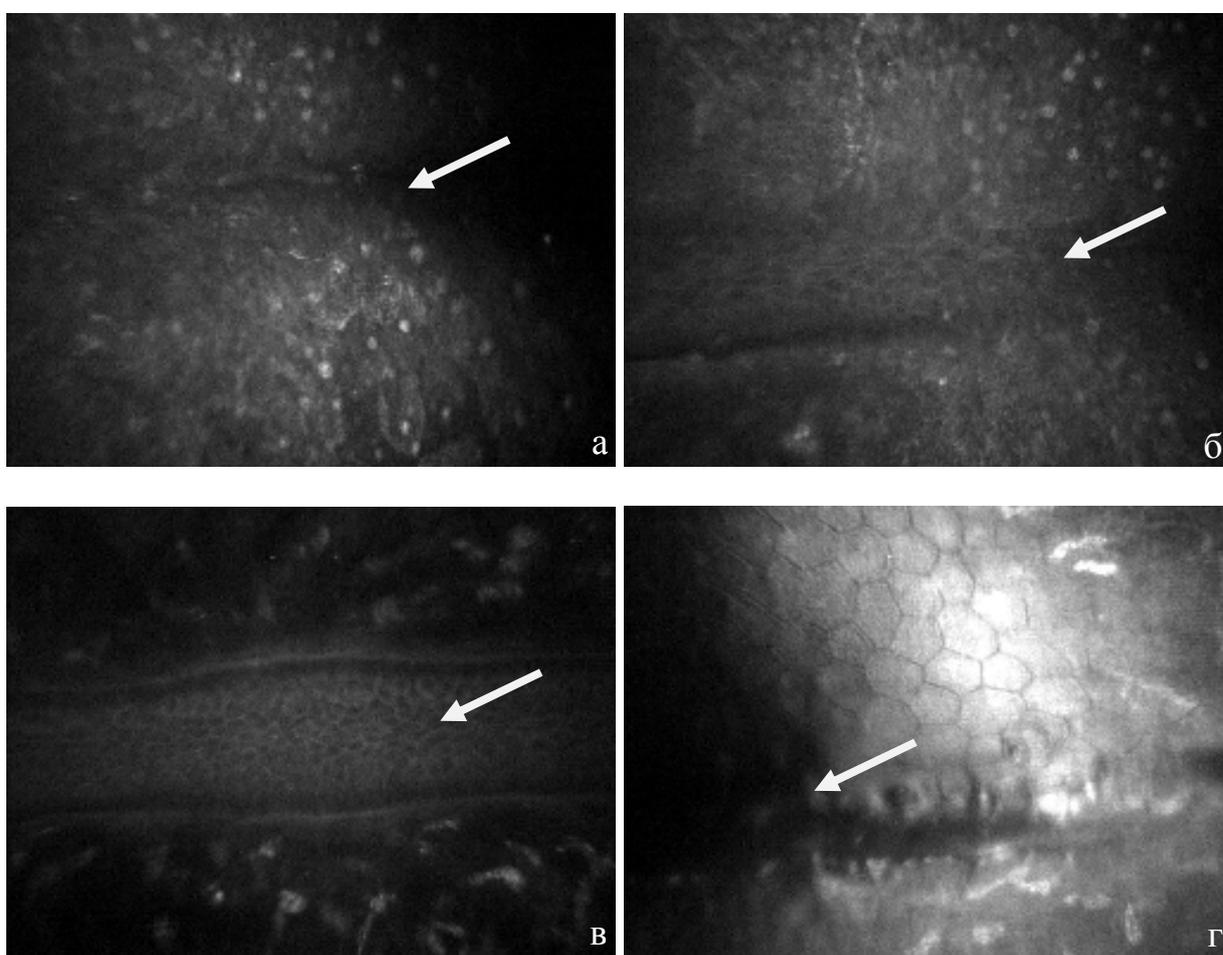


Рис. 12. Конфокальная микроскопия зоны КР с незавершенным типом рубцевания пациента О., 49 лет, через 24 года после РК, линейный рубец с признаками расхождения краев: а) эпителиальный слой, расхождение краев разреза; б) передние слои стромы; в) средние и глубокие слои стромы, врастание эпителия на всю глубину разреза; г) нарушение целостности Десцеметовой мембраны

При обоих типах рубцевания иннервация в области насечек к моменту обследования была восстановлена. Субэпителиальные и стромальные нервы располагались вдоль кератотомических рубцов, анастомозируя друг с другом. Отдельные нервные волокна прорастали сквозь насечки (рис. 13 а, б).

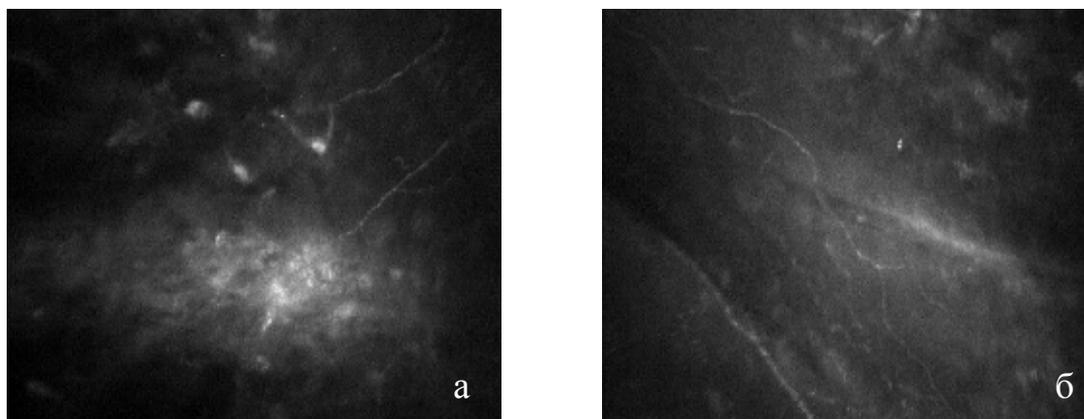


Рис. 13. Конфокальная микроскопия роговицы после РК: а – реиннервация кератотомических рубцов при 1-м типе рубцевания роговицы по данным КМ; б – реиннервация кератотомических рубцов при 2-м типе рубцевания роговицы по данным КМ

У 4-х пациентов (8 глаз – 8,5% случаев) биомикроскопическая картина показала 1-й тип рубцевания. Однако обследование роговицы с помощью КМ выявило расхождение краев насечек в передних и средних слоях стромы при завершеном рубцевании в эпителиальных и субэпителиальных слоях. Данные изменения свидетельствуют о 2-м незавершеном типе рубцевания после РК. Это позволяет говорить о том, что КМ является высокоточной и показательной методикой для характеристики анатомо-морфологической структуры роговицы после перенесенной РК.

Таким образом, выявленные особенности картины роговицы по данным КМ позволяют говорить о различной целостности ее ткани в области КР на глазах после РК. Наличие 1-го типа рубцевания насечек после РК при биомикроскопии не исключает возможности 2-го варианта незавершеного рубцевания по данным КМ.

4.2. Количественная оценка состояния эндотелия в основной и контрольной группах до и после ФЭК

Одним из наиболее важных показателей, характеризующих функциональное состояние роговицы, является определение количества эндотелиальных клеток. Согласно данным литературы, потеря эндотелиальных клеток после ФЭК с имплантацией ИОЛ в неосложненных случаях составляет от 2% до 11,7% [126; 141]. При этом большинство авторов отмечает, что в среднем количество эндотелиальных клеток в течение года после ФЭК+ИОЛ снижается от 0,4% до 0,7% [142].

С учетом значительного разброса имеющихся данных, нами было проведено прижизненное изучение клеток заднего эпителия роговицы в основной и контрольной группах в различные сроки после ФЭК+ИОЛ.

Подсчет потери эндотелиальных клеток производили по следующей формуле:

$$K = \frac{ПЭК1 - ПЭК2}{ПЭК1} * 100\%$$

где K - потеря эндотелиальных клеток,

ПЭК1 - количество эндотелиальных клеток до операции (в начале срока наблюдения),

ПЭК2 - количество эндотелиальных клеток после операции (в конце срока наблюдения).

Исходная плотность эндотелиальных клеток в центральной зоне роговицы до ФЭК заметно различалась. В основной группе в среднем количество эндотелиальных клеток составило 2142 ± 549 клеток/мм², в контрольной - 2500 ± 200 клеток/мм² ($p < 0,05$). Лишь у одного пациента, имевшего в анамнезе повторную РК, количество ЭК до операции составило 1680 клеток/мм². На 7-е сутки после операции потеря эндотелиальных клеток в обеих группах достоверно не отличалась ($p > 0,05$) и составила в основной группе 180 ± 87 клеток/мм², а в контрольной – 187 ± 101 клеток/мм². Через 1

месяц после операции потеря эндотелиальных клеток составила в основной группе 101 ± 53 клеток/ мм^2 , а в контрольной – 97 ± 28 клеток/ мм^2 . Далее в последующие сроки наблюдения до 2-х лет потеря эндотелиальных клеток в обеих группах достоверно не отличалась ($p > 0,05$), (рис. 14).

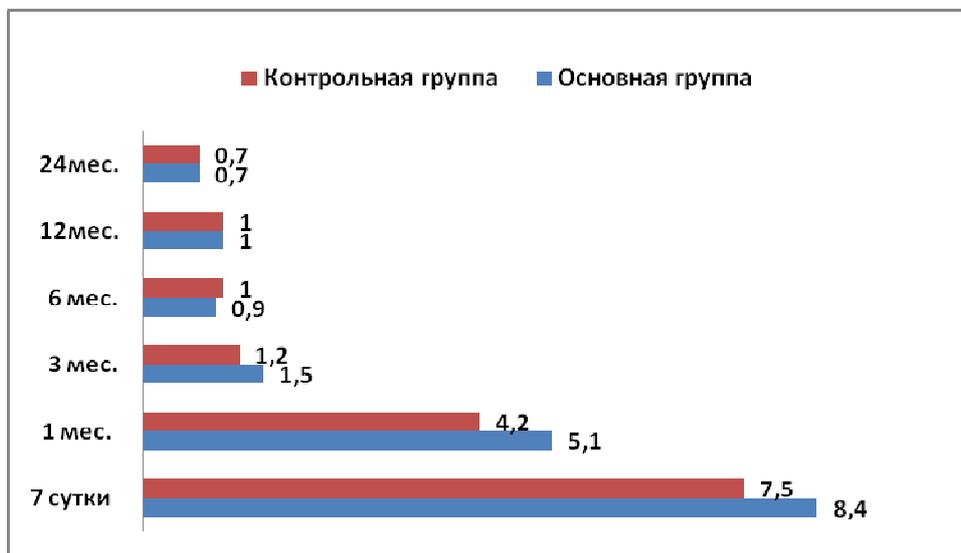


Рис. 14. Динамика потери эндотелиальных клеток в основной и контрольной группах в различные сроки после ФЭК (%)

Таким образом, в результате проведенного исследования было установлено, что исходная плотность ЭК у пациентов с миопией различной степени и катарактой на фоне РК среднем на 14% меньше, чем у пациентов с интактной роговицей. При этом в обеих группах не было выявлено статистически значимых различий по показателю снижения количества ЭК в различные сроки после ФЭК, что может свидетельствовать о высокой технологичности выполняемого на современном уровне оперативного вмешательства. Тем не менее, при проведении ФЭК+ИОЛ на глазах после РК следует учитывать изначально меньшую ПЭК.

4.3. Сравнительный анализ зоны кератотомического рубца по данным конфокальной микроскопии и гистологического исследования

Для более полного понимания процессов, происходящих в зоне КР и выявления морфологических особенностей ткани роговицы на глазах после

проведенной РК, нами было проведено исследование рубцовой зоны роговицы на донорском материале с 8-ю КР, срок после проведения РК - 30 лет. Материал был изучен через 24 часа после изъятия (рис. 15).



Рис. 15. Фото кадаверного глаза после РК с завершенным типом рубцевания

Также проводили исследование роговицы реципиента с незавершенным типом рубцевания с 22-мя КР. Срок после проведения рефракционной операции составил 27 лет. Материал для исследования оценивали через 24 часа после изъятия (рис. 16).

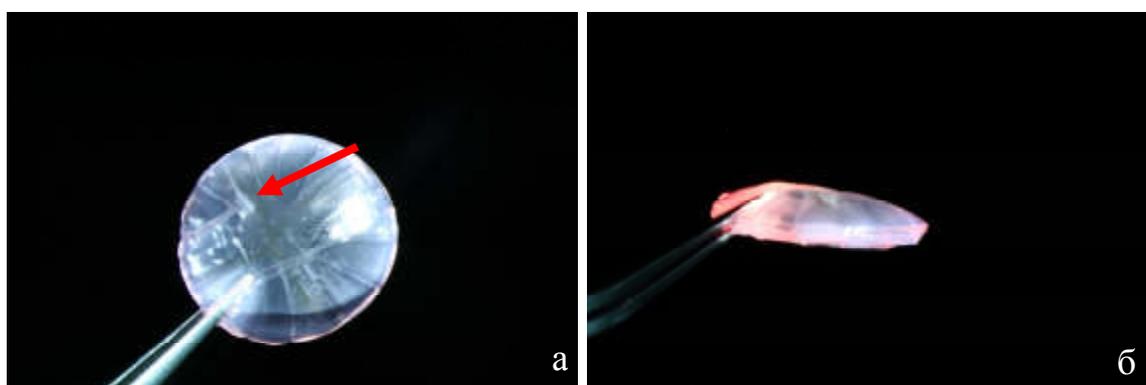


Рис. 16. Фото роговицы реципиента после РК с незавершенным типом рубцевания: а) фронтальная проекция; б) сагиттальная проекция

Была проведена КМ, далее проводили гистологическое исследование выбранного участка ткани в области КР. Фиксацию кадаверного материала проводили в 10% растворе формалина. Далее осуществляли гистологическую подготовку срезов с применением окраски гематоксилин-эозином. Полученные срезы изучались под микроскопом фирмы Leica DM LB2 (Германия) в x50; x100; x200 кратном увеличении с последующей фоторегистрацией камерой DFC 320 (Германия).

При исследовании первого кадаверного глаза по данным КМ было видно, что все слои центральной зоны роговицы представлены бесструктурными элементами, трудно различимыми при КМ. Их принадлежность определяли по глубине залегания в ткани роговицы. Эпителиальный слой был представлен клетками с визуализацией контуров (рис. 17 а, б), ядра клеток были оптически негативны. Глубокие слои эпителия выглядели бесструктурными оптически негативными и оптически позитивными зонами (рис. 17 в). Боуменову мембрану дифференцировать не удалось. Стромальные элементы роговицы по данным КМ обнаруживались в виде оптически однородной структуры (рис. 17 г, д, е). Отличить Десцеметову мембрану и клетки эндотелия не представлялось возможным (рис. 17 ж, з). Последнее могло быть связано с отеком эндотелиальных клеток.

В данном случае всю толщу центральной части роговицы можно было условно разделить на 3 неравномерные зоны: наружная, средняя и внутренняя (рис. 17). Наружная и внутренняя зоны отличались от средней более светлой структурой по данным КМ, средняя зона была более светонегативна.

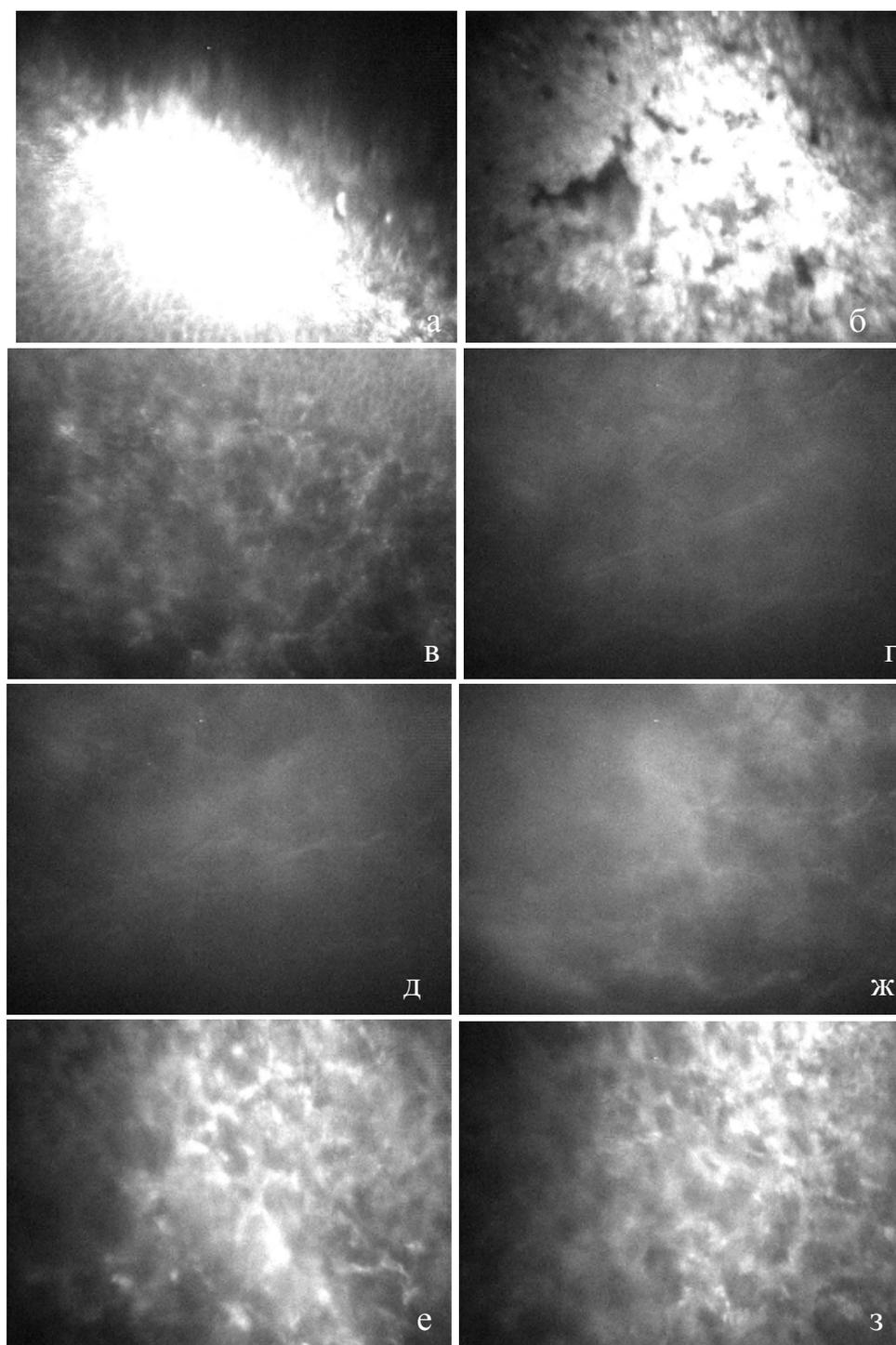


Рис. 17. Конфокальная микроскопия центральной части роговицы кадаверного глаза: а, б, в – эпителиальный слой; г, д, е – верхние и средние слои стромы; ж, з – глубокие слои стромы и эндотелий

КР определялся как светопозитивный участок на фоне однородной по своей структуре эпителиально-стромальной массы (рис. 18).

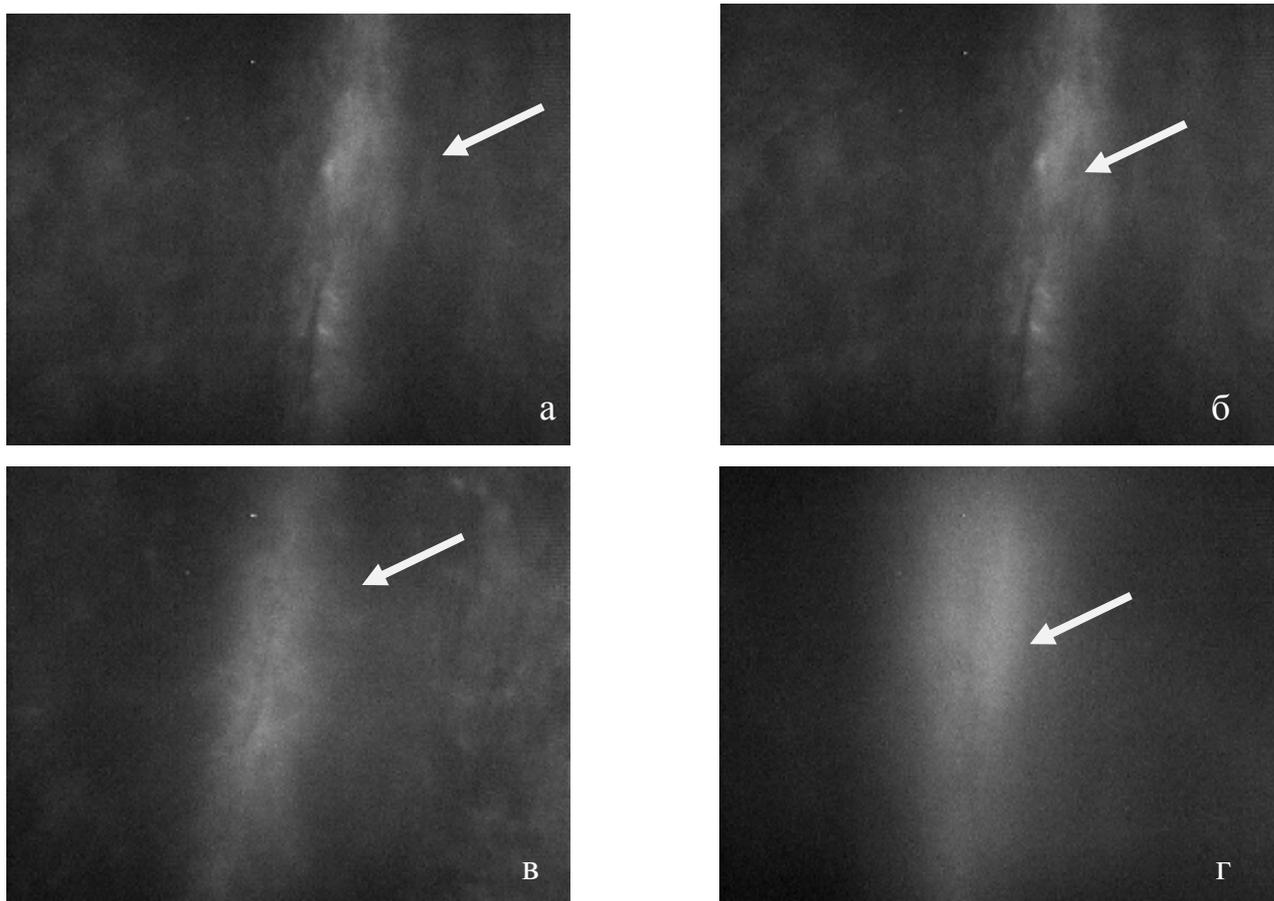


Рис. 18. Конфокальная микроскопия области КР на кадаверном глазу с завершенным типом рубцевания: а, б – наружный стромальный слой; в, г– средний и внутренний стромальный слой

Анализируя данные КМ исследуемого кадаверного глаза, КР на уровне стромы был представлен плотной фиброзной тканью, линейно расположенной в области передних и средних ее слоев, без структурных изменений на уровне глубоких отделов стромы. Таким образом, представленная на рисунке ткань по своему строению соответствовала завершеному типу рубцевания по данным КМ.

Далее проводили гистологическое исследование зоны КР, представленной на КМ (рис. 19).

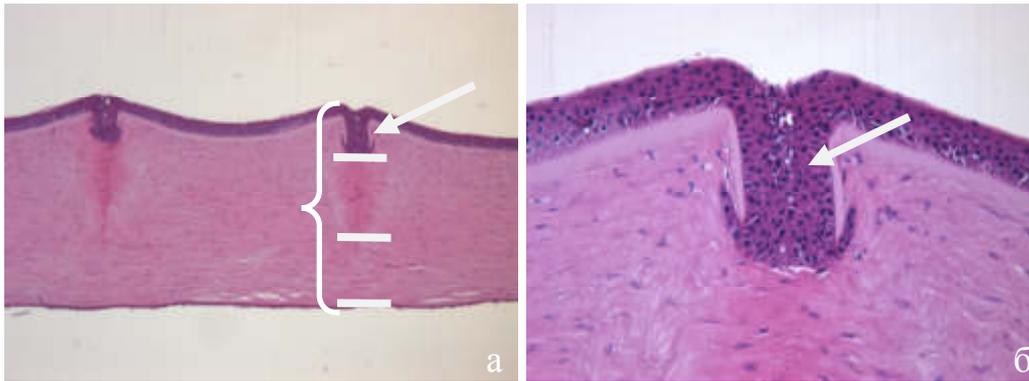


Рис. 19. Гистологический препарат роговицы кадаверного глаза после РК с завершенным типом рубцевания. Окраска гематоксилин-эозин, увеличение а - х50; б - х200

Как видно из рисунка 19, глубина КР составляет $\frac{2}{3}$ толщины роговицы и на $\frac{1}{3}$ глубины рубец заполнен «эпителиальной пробкой», представляющей собой врастание эпителиальных клеток в область разреза. Снаружи по краям разреза слой эпителиальных клеток образует валики с более плотным скоплением клеток. В центральной части КР определяли зону просвета. Наблюдалось нарушение целостности Боуменовой мембраны. Ядра клеток и коллагеновые волокна располагались под углом к центральной оси КР. Часть эпителиальных клеток вросла в строму парарубцовой зоны. КР на $\frac{2}{3}$ глубины состоял из стромальных элементов, при этом центральная часть была окрашена более интенсивно, чем парацентральная и окружающие структуры стромального слоя роговицы, что может свидетельствовать об интенсивном делении клеток в этой зоне и более плотной упаковке коллагенового матрикса. В ее глубоких слоях строма не была нарушена, расположение клеточных элементов и коллагеновых волокон не отличалось от окружающей ткани. Десцеметова мембрана была сохранена, слой эндотелиальных клеток был без видимых структурных изменений.

Далее в сравнительном аспекте была исследована гистологическая структура препарата донорской роговицы с незавершенным рубцеванием (рис. 20).

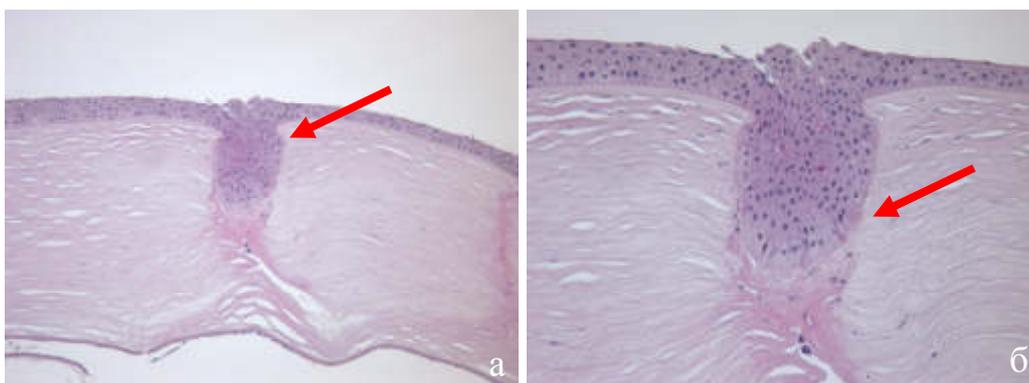


Рис. 20. Гистологический препарат роговицы реципиента после РК с незавершенным типом рубцевания. Окраска гематоксилин-эозин, увеличение а – x100; б - x200

Как видно из рисунка 20, глубина КР роговицы донорского глаза с незавершенным типом рубцевания составила всю толщину роговицы. КР заполнен на 1/2 глубины роговицы «эпителиальной пробкой», которая представляет собой слой эпителиальных клеток, врастающий в область разреза. Рубец широкий. Целостность Боуменовой мембраны нарушена. Под эпителиальной пробкой встречаются единичные ядра кератоцитов. КР на 1/2 глубины состоял из эпителиальных элементов, при этом центральная часть была окрашена более интенсивно, чем парацентральная и окружающие структуры стромального слоя роговицы. Это может свидетельствовать об интенсивном делении клеток в данной части роговицы и более плотной упаковке коллагенового матрикса, однако в отличие от завершенного типа рубцевания, в нижних слоях проекции КР наблюдались просветы. Десцеметова мембрана была сохранена, слой эндотелиальных клеток – без видимых структурных изменений.

Подводя итоги, можно заключить, что завершенное рубцевание по данным КМ характеризуется наличием неглубокой эпителиальной пробки, заполняющей до 1/3 КР, остальную часть КР составляют плотно упакованные элементы коллагенового матрикса, что соответствует гистологической картине. Незавершенный тип рубцевания КР характеризуется глубокой

эпителиальной пробкой, остальную часть КР составляют рыхло упакованные элементы коллагенового матрикса.

Таким образом, при сравнении фрагмента гистологического препарата КР с данными КМ этой зоны определялось соответствие типу рубцевания, который обнаруживался в картине КМ. Поэтому метод КМ может быть использован при оценке КР, и его результаты сравнимы с гистологическими данными. Итак, проведенное исследование морфологии роговицы позволило подтвердить наличие выраженных структурных изменений её ткани в зоне кератотомического рубца и парарубцовой области, выявляемых при исследовании методом КМ, что указывает на высокие функциональные возможности и информативность данного метода при оценке структуры роговицы *in vivo* на глазах после РК и обосновывает целесообразность его применения у пациентов в пред- и послеоперационном периоде.

4.4. Состояние ткани роговицы в различные сроки после операции ФЭК+ИОЛ в основной и контрольной группах

В обследуемой группе КМ проводилась в следующие сроки после ФЭК+ИОЛ: на 1-е сутки после операции, затем через 2 недели, 1 и 3 месяца после ФЭК. Отдельно рассматривали структуру центральной зоны роговицы и зону КР с окружающей парарубцовой областью.

При оценке центральной зоны роговицы в **1-е сутки** после операции ФЭК+ИОЛ по данным КМ определяли ряд особенностей (рис. 21).

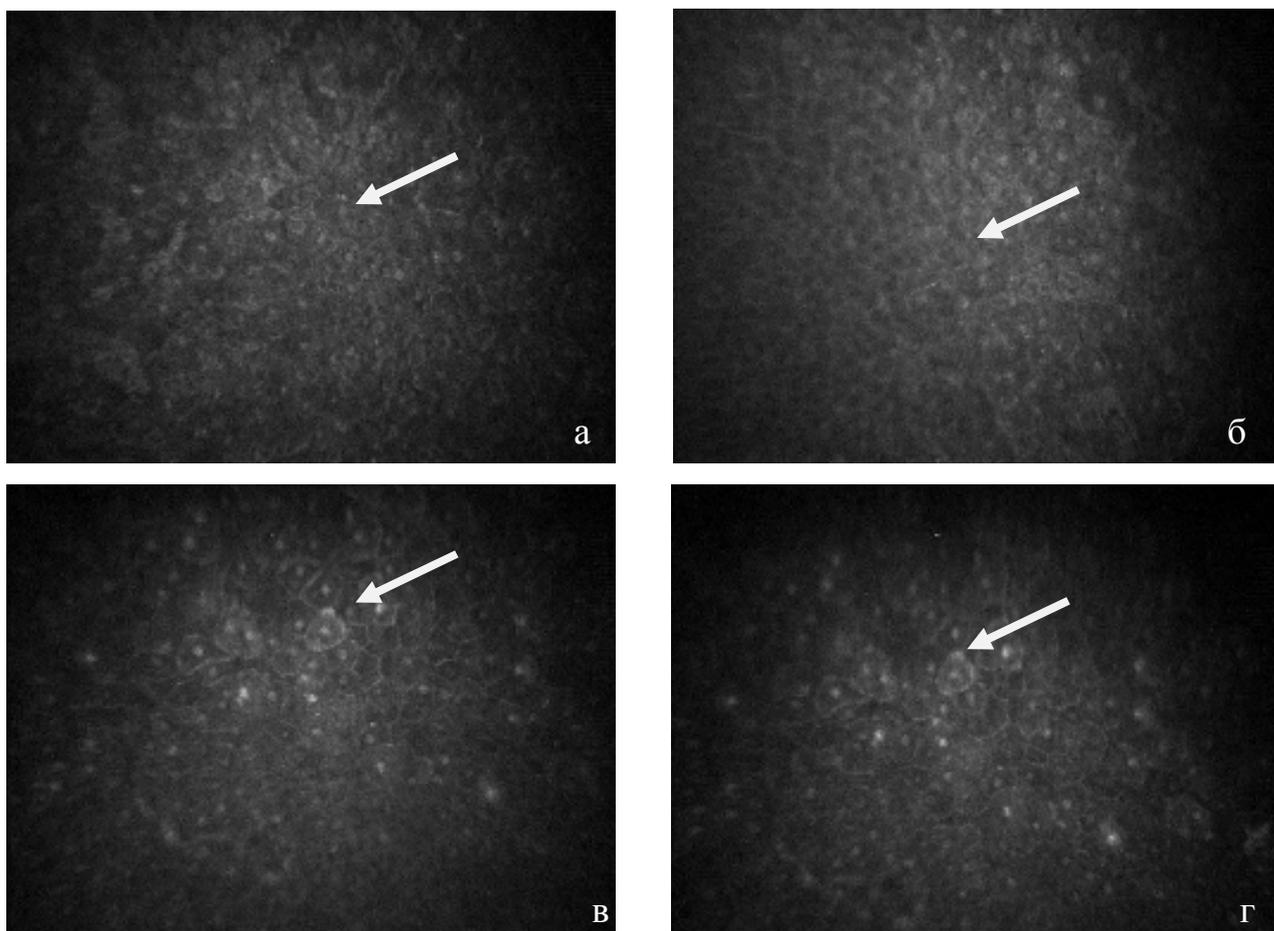


Рис. 21. Конфокальная микроскопия центральной части роговицы пациента К., 51-го года, 27 лет после РК: а – клетки поверхностного слоя эпителия до ФЭК+ИОЛ, в – клетки поверхностного слоя эпителия после ФЭК+ИОЛ (1-е сутки); пациента М., 57-ми лет без КР: б – клетки поверхностного слоя эпителия до ФЭК+ИОЛ, г – клетки поверхностного слоя эпителия после ФЭК+ИОЛ

В эпителиальном слое выявляли уплотненные клетки поверхностного эпителия, состоящего из светопозитивного ядра и оптически негативной цитоплазмы. В отличие от дооперационной картины КМ контуры клеток четко визуализировались, что определяло умеренную метаплазию поверхностного эпителия. Крыловидные полигональные и базальные цилиндрические клетки эпителиального слоя центральной части роговицы в обеих группах имели светопозитивные клеточные мембраны и светонегативные ядра, однако в отличие от дооперационной картины КМ,

границы клеток четко визуализировались. Боуменова мембрана оставалась светонегативной с расположенными под ней светопозитивными нервными волокнами субэпителиального сплетения Райзера. Для верхних, средних и нижних слоев стромы в обеих группах было характерно наличие конгломератов активных кератоцитов, отличающихся более светлыми ядрами и контурами клетки. Десцеметова мембрана не визуализировалась. Клетки эндотелиального слоя после операции сохраняли гексагональность.

Через **2 недели** после ФЭК+ИОЛ по данным КМ для центральной 3 мм зоны роговицы в обеих группах было характерно наличие единичных конгломератов уплотненных клеток поверхностного эпителия и единичные скопления активных кератоцитов в средних и нижних слоях стромы.

Через **1 месяц** после операции ФЭК+ИОЛ картина КМ характеризовалась наличием единичных конгломератов активных кератоцитов в средних слоях стромы.

Через **3 месяца** после ФЭК+ИОЛ картина клеточных структур по данным КМ не имела достоверных отличий от дооперационной картины центральной 3 мм зоны роговицы.

При сравнении данных КМ в области КР с завершенным и незавершенным типами рубцевания был выявлен ряд отличий (рис. 22, 23).

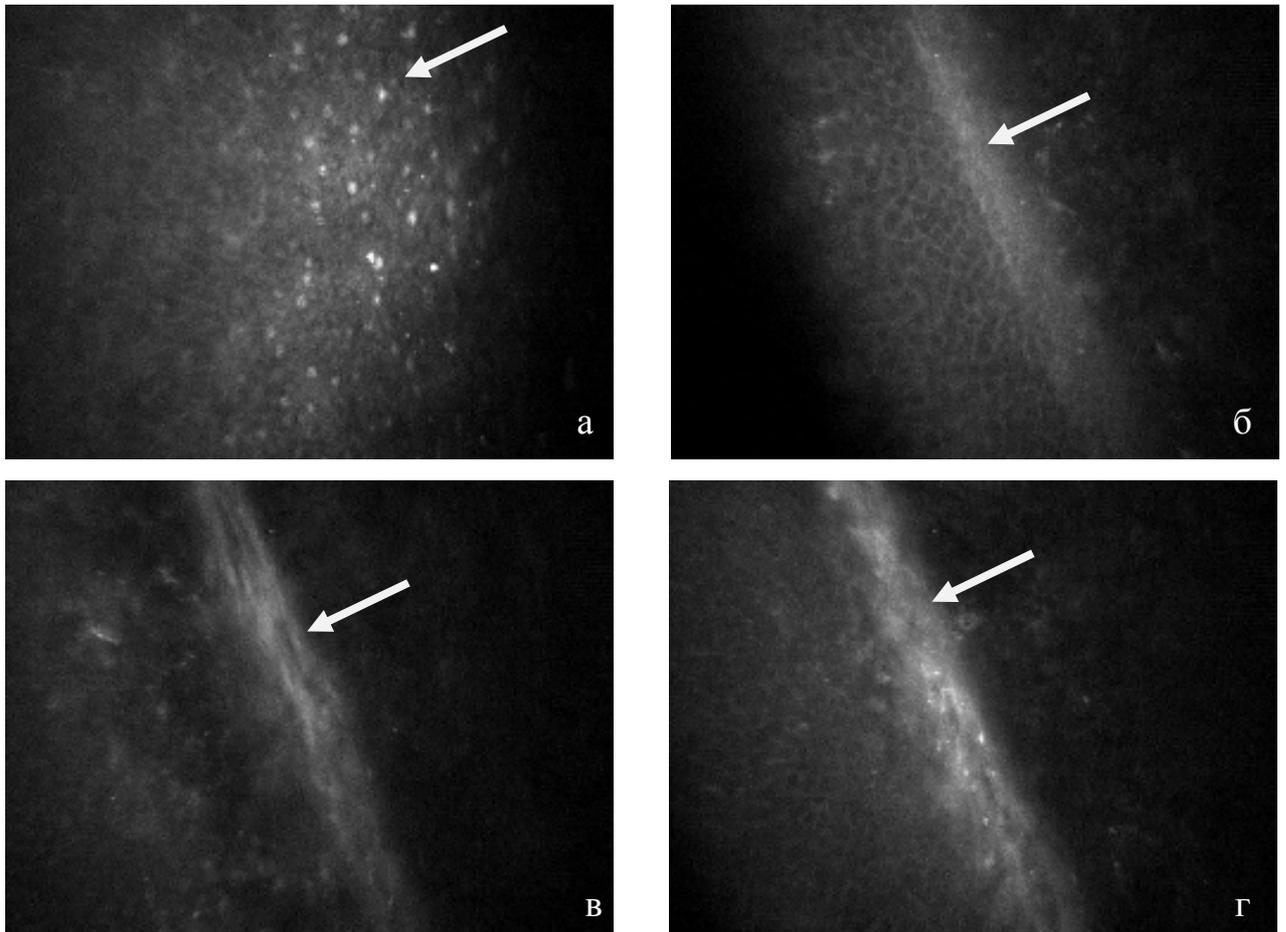


Рис. 22. Конфокальная микроскопия области КР пациента О., 57-ми лет, 31 год после РК с завершённым типом рубцевания в 1-е сутки после ФЭК+ИОЛ: а – клетки поверхностного слоя эпителия; б, в – передние слои стромы, контуры КР размыты; г – глубокие слои стромы без изменения с активными кератоцитами

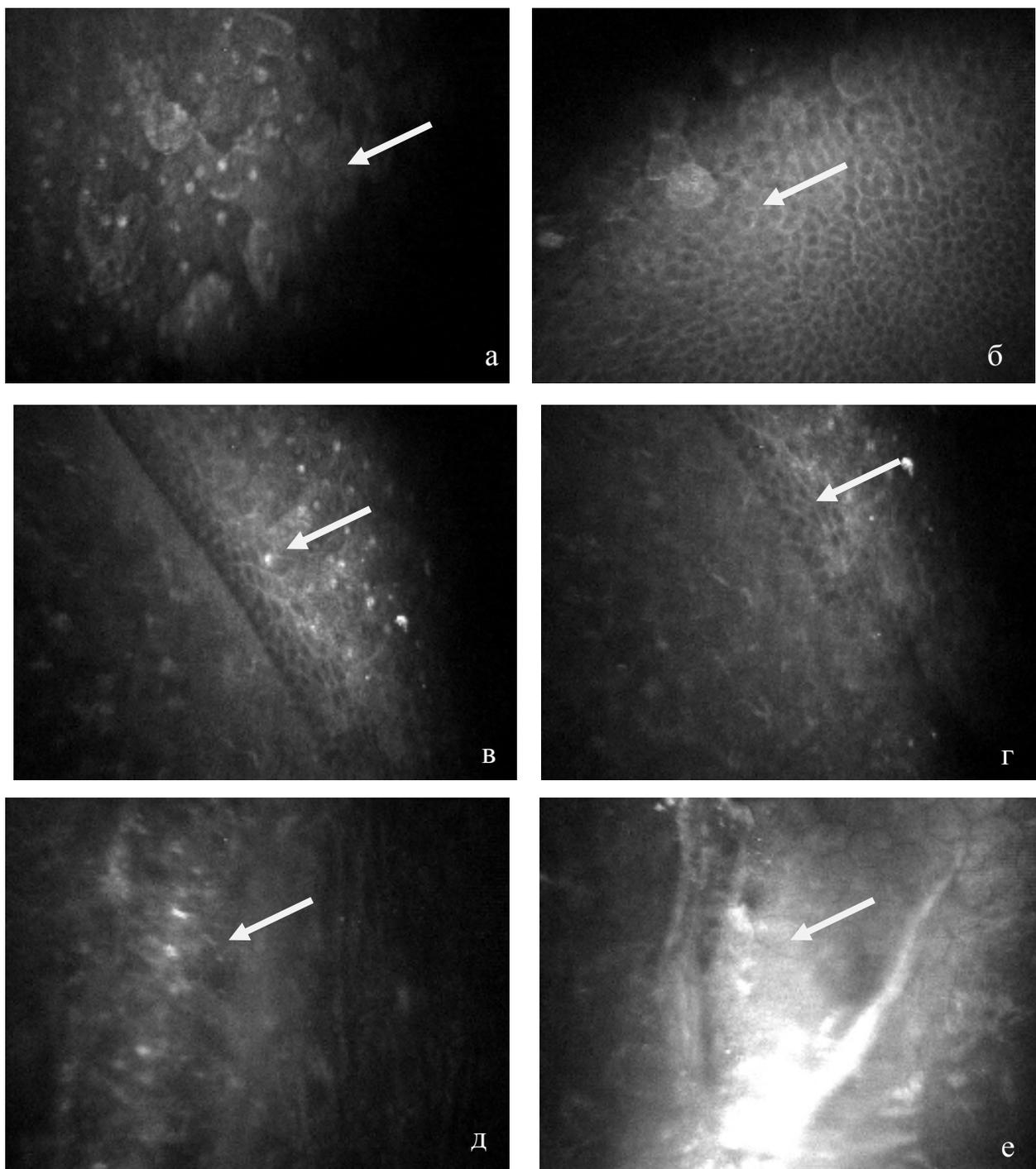


Рис. 23. Конфокальная микроскопия области КР пациента Л., 55-ти лет, 28 лет после РК с незавершенным типом рубцевания в 1-е сутки после ФЭК+ИОЛ: а, б – клетки поверхностного слоя эпителия; в – передние слои стромы, контуры КР размыты; г, д – средние и глубокие слои стромы с размытыми контурами КР; е – размытость контуров КР вплоть до уровня эндотелия

В первые сутки после ФЭК+ИОЛ при завершенном и незавершенном типах рубцевания в эпителиальном слое наблюдали уплотненные клетки поверхностного эпителия с признаками метаплазии, состоящие из светопозитивного ядра и оптически негативной цитоплазмы. На всем протяжении при обоих типах рубцевания контуры КР были размыты, четкой границы между рубцовой и парарубцовой областями выявлено не было. При завершенном типе рубцевания в средних слоях стромы наблюдались единичные активные кератоциты со светлыми ядрами. Десцеметова мембрана оставалась прозрачной, а эндотелий - гексагональным с признаками плеоморфизма клеток. При незавершенном типе рубцевания размытость контуров КР сохранялась вплоть до эндотелиального слоя.

Через **2 недели** после операции ФЭК+ИОЛ при обоих типах рубцевания сохранялась размытость контуров КР.

Через **1 месяц** после ФЭК+ИОЛ при завершенном типе рубцевания контуры КР четко визуализировались, в средних и глубоких слоях стромы встречались единичные активные кератоциты, со стороны Десцеметовой мембраны и эндотелия изменений не наблюдалось (рис. 24). При незавершенном типе рубцевания размытость контуров КР в парарубцовой области сохранялась, что может свидетельствовать о наличии отека в данном участке роговицы. Только к третьему месяцу после операции при незавершенном типе рубцевания наблюдалась стабилизация процесса в виде четкой визуализации контуров КР.

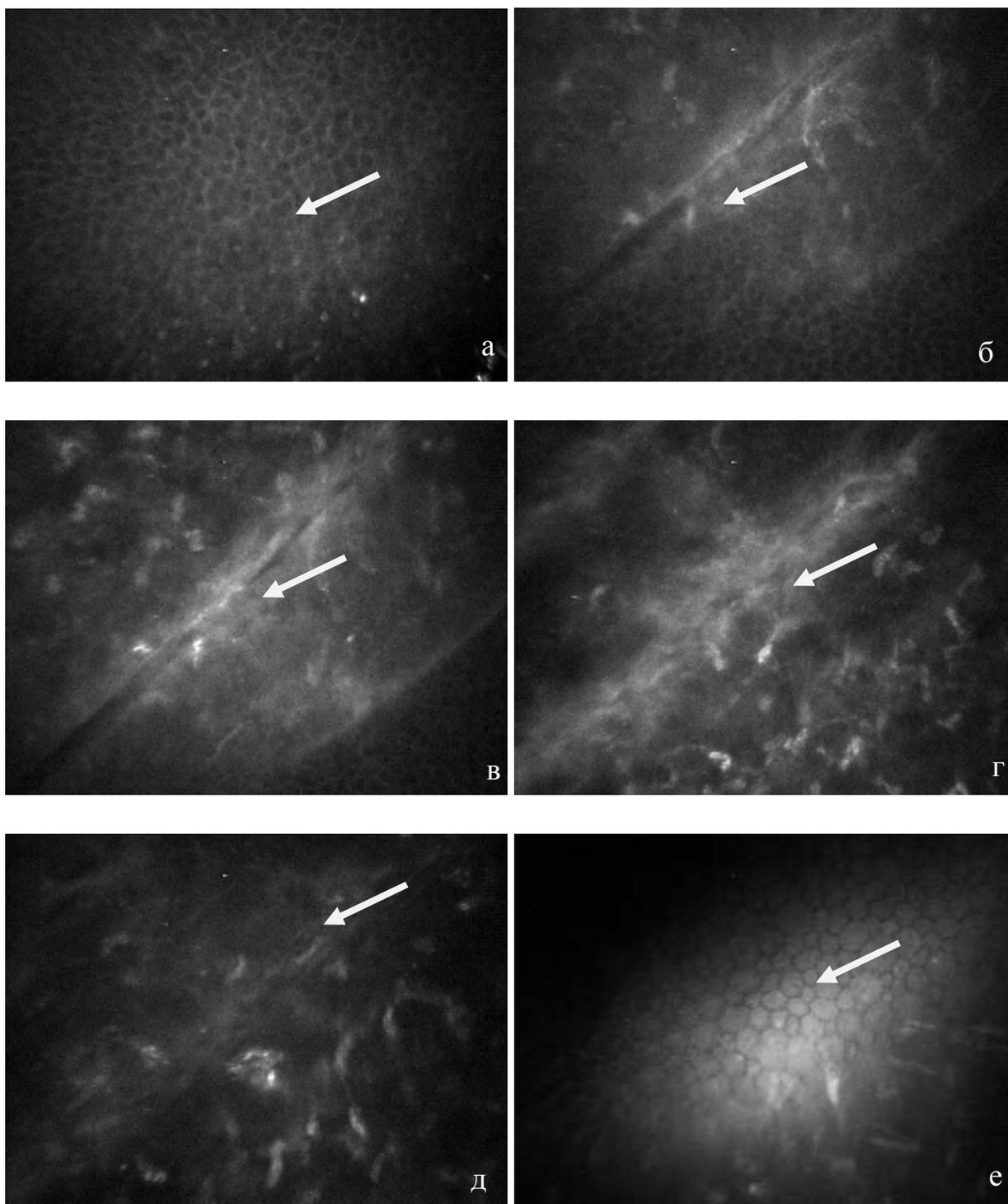


Рис. 24. Конфокальная микроскопия области КР пациента М., 57-ми лет, 28 лет после РК с завершённым типом рубцевания через 1 месяц после ФЭК+ИОЛ: а – клетки поверхностного слоя эпителия; б, в, г – передние и средние слои стромы в зоне КР; д – глубокие слои стромы в зоне проекции КР; е – гексагональный эндотелий с признаками плеоморфизма

Резюме. Таким образом, выявленные особенности роговицы на глазах после РК по данным КМ позволяют говорить о выраженном изменении структуры различных ее слоев, что не может не оказывать влияния на ее функциональные и биомеханические свойства. При этом изменения могут затрагивать как наружные отделы роговицы (псевдокератинизация эпителия и замедленное его сращивание), так и более глубокие слои - строму, Десцеметову мембрану, эндотелий. При этом наиболее выраженные изменения наблюдали при 2-м типе (незавершенного) рубцевания, которое встречается более чем в трети случаев на глазах после РК. Обнаружено, что в ряде случаев визуализация 1-го типа рубцевания после РК при биомикроскопии не исключает наличия 2-го варианта незавершенного рубцевания по данным КМ.

Исследование эндотелиального слоя роговицы показало, что до операции у пациентов после РК количество эндотелиальных клеток было на 14% ниже по сравнению с контрольной группой, однако в раннем и позднем послеоперационном периодах статистически значимых различий показателя потери ЭК в обследуемых группах выявлено не было.

В ходе исследования *in vitro* была выявлена сопоставимость структурных изменений донорской роговицы после РК, определяемых методами КМ и электронной микроскопии.

Сравнительный анализ структуры центральной области роговицы не выявил достоверных отличий между основной и контрольной группами. При исследовании зоны КР обнаружено более длительное (до 3-х месяцев) восстановление структуры КР в случае незавершенного типа рубцевания в отличие от завершенного (1 месяц).

В целом, метод КМ позволяет подтвердить и детально охарактеризовать патологические изменения роговицы на глазах после РК, затрагивающие все ее слои, которые необходимо учитывать при выполнении хирургии катаракты (ФЭК+ИОЛ). Участки незавершенного рубцевания с нарушением архитектоники фиброзной ткани в проекции КР и парарубцовой

зоны создают угрозу расхождения ткани в области рубца, что в первую очередь обуславливает необходимость правильного выбора места операционного доступа. Вероятность вовлечения в патологический процесс Десцеметовой мембраны и эндотелия требует бережного и дозированного выполнения всех манипуляций в передней камере. Изменения поверхностного эпителия, а также повреждения стромы роговицы в зоне КР могут способствовать нарушению нормального процесса герметизации операционного доступа. Указанные трудности обуславливают необходимость выработки индивидуальных и усовершенствованных подходов к технике хирургии катаракты на глазах после РК.

ГЛАВА 5. ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИИ КАТАРАКТЫ НА ГЛАЗАХ ПОСЛЕ РАДИАЛЬНОЙ КЕРАТОТОМИИ

Всем пациентам основной и контрольной групп проводили факоэмульсификацию катаракты с имплантацией ИОЛ (ФЭК+ИОЛ). Оперативное лечение и ведение пациентов было разделено на 3 основных этапа. На первом из них проводили дооперационную подготовку с анестезиологическим обеспечением операции, второй включал в себя микроинвазивную ФЭК с имплантацией ИОЛ. Последним этапом являлось ведение пациентов в послеоперационном периоде.

5.1. Этап дооперационной подготовки пациентов и техническое обеспечение операции

Первый этап ведения пациентов осуществляли одинаково в обеих исследуемых группах. С пациентами проводили беседу о рисках оперативного вмешательства с учетом миопии различной степени в обеих группах и наличия КР в основной группе.

При отсутствии противопоказаний к оперативному лечению, на основании проведенных общесоматических и офтальмологических обследований за сутки до операции пациента госпитализировали в стационар.

В предоперационном периоде совместно с пациентом принимали решение о выборе оптимальной ожидаемой послеоперационной клинической рефракции на оперируемом глазу. Всем пациентам предлагали два варианта клинической рефракции: эметропическая и миопическая (-3,0 дптр).

Данные проведенного опроса, отражающего пожелания пациентов основной и контрольной групп касательно послеоперационной рефракции, представлены в таблице 32.

Величина ожидаемой клинической рефракции на глазах обеих групп пациентов по данным опроса

Ожидаемая рефракция	Основная группа абс. (%)	Контрольная группа абс. (%)
Эмметропия	58 (69,9)	28 (33,3)
Миопия (-3,0 дптр)	25 (30,9)	56 (66,7)

Как видно из таблицы, подавляющее большинство пациентов основной группы (69,9%) в послеоперационном периоде ожидали получить эмметропическую рефракцию, что было обусловлено наличием у них эмметропической или гиперметропической рефракции в отдаленные сроки после РК. Остальные пациенты основной группы с миопической рефракцией до ФЭК+ИОЛ, обусловленной возникновением помутнений в хрусталике, предпочитали получить такую же клиническую рефракцию в послеоперационном периоде. В контрольной группе большинство пациентов (66,7%) высказывали пожелание остаться в очках для дали при возможности работы вблизи без очковой коррекции. Остальные пациенты контрольной группы, которым планировали эмметропическую рефракцию, до операции пользовались контактными линзами, а для работы на близком расстоянии - очками. Таким образом, результаты проведенного опроса показали, что при планировании расчетной силы ИОЛ офтальмохирургу необходимо учитывать привычную для жизни пациента клиническую рефракцию.

Для оптимизации проведения этапа интраоперационной визуализации КР их структурные типы анализировались до операции в соответствии с классификацией по данным световой биомикроскопии, что могло быть осуществимо при интраоперационном освещении.

Для I типа рубцевания при биомикроскопии характерно линейное расположение плотной фиброзной ткани в передних и средних слоях стромы роговицы с сохранением окружающей клеточной структуры без расхождения

краев, что обуславливает большую прозрачность КР, а как следствие - худшую его визуализацию (рис. 25 а, б). При биомикроскопии II типа рубцевания кератотомический рубец имеет форму утолщенного надреза, белесого по краям (рис. 25в). III тип рубцевания имеет форму грубого надреза с маловыраженным рубцеванием, выступающими краями, внутри заполненный эпителием (рис. 25г).

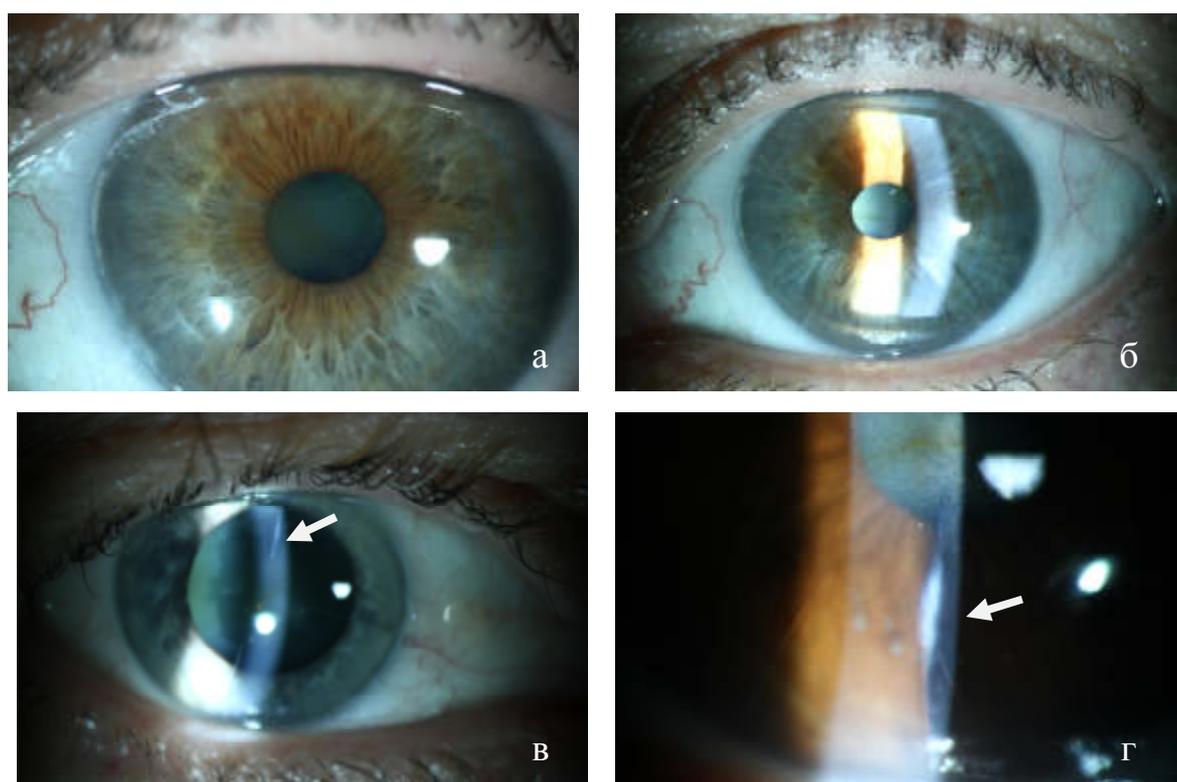


Рис. 25. Вид глаз пациентов с различными типами рубцевания по данным биомикроскопии: а – I тип рубцевания при прямом освещении; б – I тип рубцевания при боковом фокальном освещении; в – II тип рубцевания при боковом фокальном освещении; г – III тип рубцевания при боковом фокальном освещении

Для решения вопроса о выборе анестезии накануне операции пациента осматривал анестезиолог. Проводился индивидуальный подбор доз анальгетиков и седативных препаратов.

В день госпитализации и утром накануне операции пациентам назначали инстилляцию нестероидных противовоспалительных препаратов (Индоколлир 0,1% или Диклоф 0,1%), а также антисептика (Окомистин 0,01%), а утром в день операции - мидриатики (Мидриацил 1,0%, Мидримакс).

Для проведения факоемульсификации катаракты с имплантацией ИОЛ применяли прибор «Infiniti» фирмы Alcon (США). Использовали следующие параметры: высота ирригационной емкости – от 90 до 110 см; рукоятка OZIL с амплитудой торсионных колебаний – 100% в линейном режиме; уровень вакуума – от 100 до 350 мм рт. ст.; скорость аспирации – 35 см³/мин (рис. 26). При линейном режиме мощность ультразвука изменялась прямо пропорционально глубине нажатия педали в третьей позиции от 0 до максимально установленного значения.

Оперативное вмешательство проводили под местной анестезией с дополнительным внутривенным введением седативных и обезболивающих препаратов. Обработку операционного поля осуществляли трехкратно 0,5% раствором хлоргексидина с закапыванием местного анестетика (Алкаин 0,5%) и антисептика (Окомистин 0,01%).



Рис. 26. Параметры работы микрохирургической системы Infiniti для проведения факоемульсификации катаракты (стрелки)

5.2. Этап факоэмульсификации катаракты с имплантацией ИОЛ

После дооперационной подготовки пациента, технического обеспечения операции и антисептической обработки зону оперативного вмешательства накрывали стерильной одноразовой салфеткой с прорезью для глаза. На оперируемый глаз устанавливали векорасширитель (рис. 27).

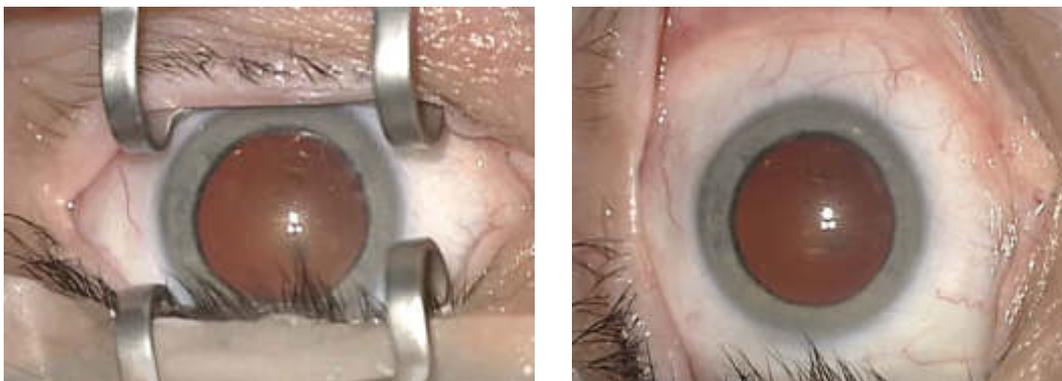


Рис. 27. Вид глаза пациента перед началом операции в момент установки векорасширителя

5.2.1. Техника факоэмульсификации катаракты с имплантацией ИОЛ в контрольной группе пациентов

Факоэмульсификацию катаракты с имплантацией ИОЛ на глазах контрольной группы выполняли согласно стандартной методике, описанной в литературе [19; 32].

Визуализация оперируемых структур глаза во время различных этапов операции не вызывала затруднений, иногда наблюдали легкую опалесценцию роговицы при коаксиальном освещении микроскопа, что устраняли закапыванием физиологического раствора или сбалансированного BSS® (Alcon США), или же нанесением на роговицу вискоэластика.

Роговичные вспомогательные парацентезы выполняли копьевидным ножом 20G с шириной лезвия 1,0 мм (рис. 28), в количестве двух на 2-3-х часах и 9-10-ти часах кпереди от лимбальных сосудистых дуг. Данное расположение парацентезов обеспечивало оптимальный доступ для возможности проведения операционных манипуляций. С целью защиты

внутренних структур глаза и поддержания объема передней камеры, её заполняли вискоэластиком с помощью изогнутой канюли через один из парацентезов. Канюлю направляли к противоположному от парацентеза краю роговицы. Вискоэластик вводили медленно, по мере заполнения передней камеры канюлю выводили из глаза через парацентез. Использовали 3 вида вискоэластиков: Провиск (Provisc), Вискот (Viscoat), Дисковиск (Discovisc) (Алкон, США). Вискоэластики вводили либо по комбинированной методике «Soft-Shell», которая предполагает одновременное использование двух вискоэластиков (Provisc + Viscoat) [7; 65], либо вводили исключительно дисковиск (DisCoVisc) - вискоэластик виско-дисперсивной группы, который сочетает в себе свойства когезивного и дисперсивного вискоэластика. Затем формировали основной доступ: на 10-11-ти часах копьевидным ножом с шириной лезвия 2,2 мм выполняли роговичный тоннельный одноплоскостной самогерметизирующийся разрез.

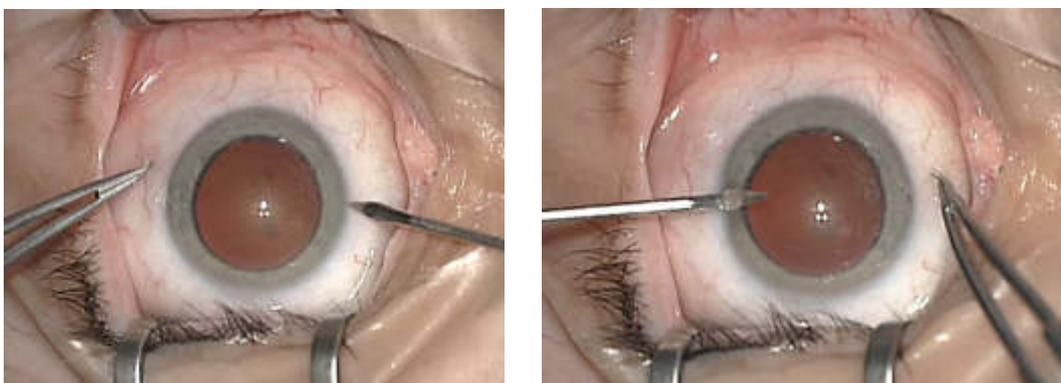


Рис. 28. Формирование дополнительных парацентезов

После формирования тоннельного разреза и парацентезов выполняли передний круговой непрерывный капсулорексис. Через основной доступ вводили капсульный микропинцет и осуществляли прокол переднего листка капсулы хрусталика на 5-ти часах. Затем захватывали край капсулы и, двигаясь против часовой стрелки, формировали непрерывный круговой капсулорексис диаметром 5,5-6,0 мм с ровными краями. Далее проводили

гидродиссекцию и гидроделинеацию ядра хрусталика. Для этого через основной разрез к противоположному краю капсулорексиса вводили канюлю калибра 27G с тупым концом. Канюлю устанавливали на 4-х часах под краем капсулорексиса и через шприц подавали ирригационный сбалансированный солевой раствор для отделения ядра хрусталика от эпинуклеуса. Критерием правильности выполнения гидроделинеации служило появление так называемого «золотого кольца» - границы раздела между ядром и эпинуклеусом. Завершенность данного этапа оценивали по возможности вращения ядра хрусталика в капсульном мешке на 360°.

Затем с помощью ультразвуковой факоиглы выполняли удаление ядра хрусталика. Вначале факоиглу вводили через основной роговичный разрез в переднюю камеру. Удаляли поверхностный кортикальный слой хрусталика до ядра. Затем через парацентез на 2-х часах в переднюю камеру вводили специальный инструмент для разделения ядра – чоппер. Факофрагментацию проводили эндокапсулярно с применением методики «Phaco Chop» (Nagahara K., 1993) (рис. 29 а, б). Суть метода заключалась в погружении факоиглы в ядро хрусталика на режиме ультразвука с дальнейшим переходом на режим аспирации, что давало возможность фиксации ядра хрусталика. Одновременно под капсулорексис дистально от факоиглы заводили чоппер с погружением его в экваториальную зону хрусталика. Далее для осуществления разлома ядра хрусталика на две половины производили приведение чоппера к факоигле через толщу ядра. Следующим этапом при помощи чоппера поворачивали расколовшееся ядро на 90° и аналогичным способом разделяли части ядра пополам. Затем в режиме аспирации каждую из частей поочередно фиксировали к срезу факоиглы и выводили к центру плоскости капсулорексиса, после чего выполняли дробление в ультразвуковом режиме, при необходимости предварительно разделив на части более крупные фрагменты.

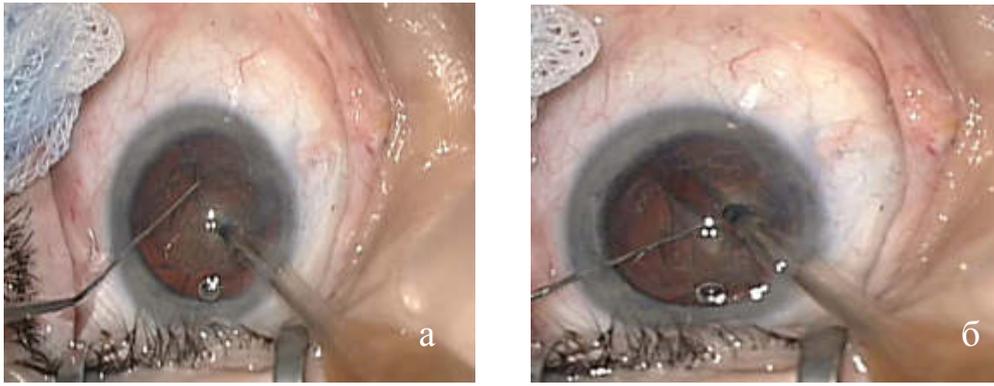


Рис. 29. Факоэмульсификация по методике «Phaco Chop»: а – погружение факоиглы в ядро хрусталика; б – разлом ядра хрусталика на две половины

Тактика удаления эпинуклеуса зависела от степени его плотности. При более плотном эпинуклеусе для удаления использовали ультразвуковой наконечник в режиме аспирации, так как при возникновении окклюзии это обеспечивало возможность перехода в режим ультразвука для дробления плотных кортикальных масс. Более эластичные и мягкие части хрусталиковых масс удаляли при помощи бимануальной ирригационно-аспирационной системы. Аспирацию производили движениями наконечника от периферии к центру, при этом ирригационный наконечник неподвижно фиксировали в передней камере глаза параллельно плоскости радужки. Параллельное расположение аспирационно-ирригационной системы приводило к циркуляторному движению жидкости в передней камере, что обеспечивало её стабильность и равномерное натяжение капсулы хрусталика.

После удаления хрусталиковых масс производили «шлифовку» капсульного мешка – на низких параметрах вакуума удаляли клеточные конгломераты с задней и передней капсул хрусталика. Данную манипуляцию проводили с целью профилактики развития вторичной катаракты.

На этапе имплантации ИОЛ капсульный мешок заполняли когезивным (Provisc) или когезивно-дисперсивным вискоэластиком (DisCoVisc) для более быстрого вымывания на завершающем этапе операции.

Имплантацию заднекамерной эластичной ИОЛ проводили с помощью картриджа, который предварительно наполняли вискоэластиком. Далее мягкую эластичную ИОЛ заправляли в картридж. Следует отметить, что модель имплантируемой ИОЛ определяла вид инжектора и способ заправки картриджа. Во всех случаях применяли неавтоматизированные инжекторы доставки ИОЛ. Имплантацию проводили по технике «wound assisted», когда край инжектора состыковывается с наружными краями разреза, а стенки тоннельного разреза являются «продолжением» картриджа для имплантации ИОЛ. После имплантации линзу центрировали в капсульном мешке под визуальным контролем.

Перед завершающим этапом операции с целью профилактики возникновения вторичной гипертензии в раннем послеоперационном периоде с помощью аспирационно-ирригационной системы вымывали вискоэластик (рис. 30а).

Заключительным этапом операции явилась гидратация (обводнение) краев парацентеза для достижения полной герметизации (рис. 30 б, в). Контроль герметизации операционных доступов оценивали по степени гидратации (намокания) микротупфера при его соприкосновении с краями разреза.

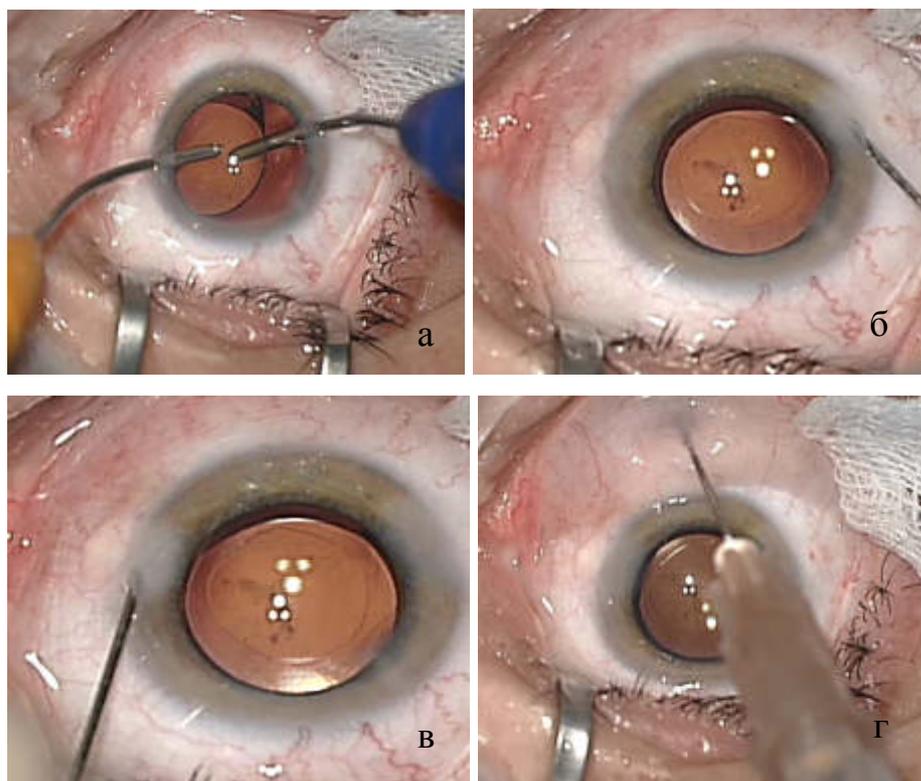


Рис. 30. Вид глаза пациента на завершающих этапах операции: а – вымывание вискоэластика; б – гидратация краев парацентеза справа; в – гидратация краев парацентеза слева; г – субконъюнктивальная инъекция

После окончания операции субконъюнктивально вводили раствор антибиотика (гентамицин 4% – 0,2 мл) и стероидный препарат (дексаметазон 0,4%– 0,3мл) (рис. 30г). На глаз накладывали стерильную монокулярную повязку.

5.2.2. Техника факоемульсификации катаракты с имплантацией ИОЛ на глазах после ранее проведенной РК

Анализ различных особенностей хирургического лечения катаракты на глазах после РК, а также собственный опыт проведения операций позволил разработать единую индивидуальную тактику факоемульсификации катаракты на таких глазах.

Важным моментом подготовки перед началом операции является правильная настройка микроскопа с выбором оптимальных параметров освещения для максимально четкой визуализации переднего отрезка глаза.

При подготовке к операции, после обработки операционного поля, перед выполнением вспомогательных парацентезов на 30-ти глазах после РК (33,7%) было отмечено затруднение визуализации КР при стандартных параметрах освещения (рис. 31). Это повышало риск случайного поперечного рассечения КР при выполнении основного и дополнительных операционных доступов с дальнейшим расхождением ткани роговицы в зоне рубца, что могло провоцировать развитие ряда осложнений, затрудняющих ход операции и способствующих ухудшению ее функционального результата. В связи с этим нами была разработана оптимальная методика визуализации КР на операционном столе, а также стратегия выбора оптимального места операционного доступа.

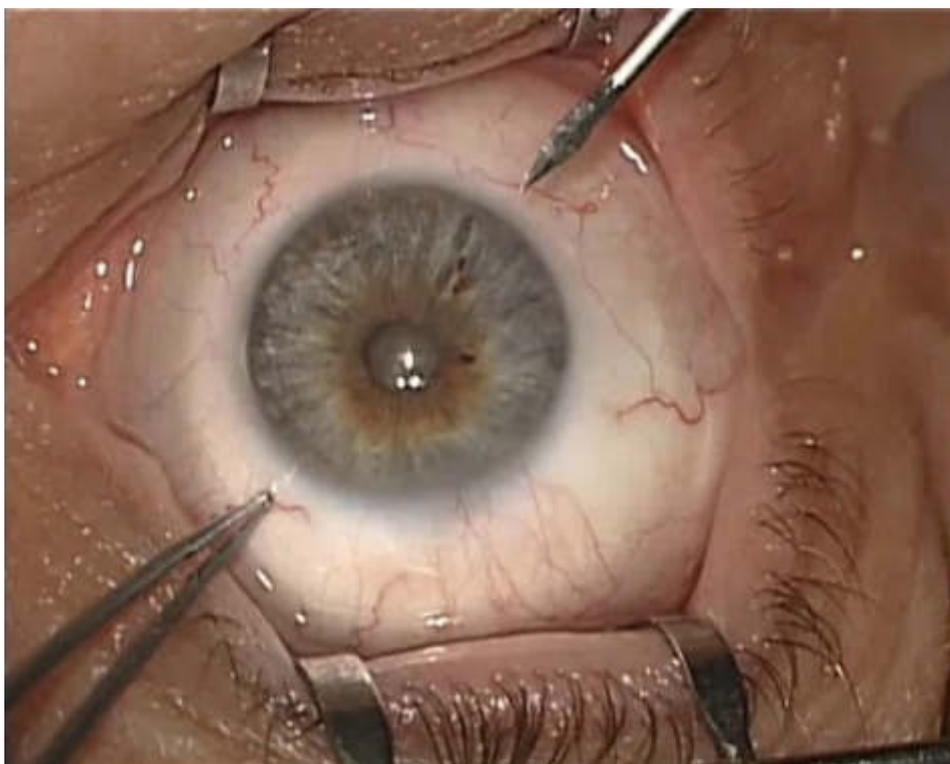


Рис. 31. Вид глаза пациента с кератотомическими рубцами I типа на операционном столе

5.2.2.1 . Определение типа и места расположения операционного доступа

Одним из наиболее важных моментов при выполнении ФЭК с имплантацией ИОЛ на глазах пациентов после РК является выбор места операционного доступа. Основной задачей, стоящей перед офтальмохирургом, является необходимость сохранить интактной зону КР, так как прохождение режущего инструмента через рубец может способствовать его расхождению. Для точного определения расположения основного операционного доступа нами ранее были проанализированы имеющиеся структурные типы и количество КР и был разработан способ оптимального их освещения.

Наибольшие трудности в процессе визуализации КР наблюдались при первом типе рубцевания, для которого было характерно линейное расположение фиброзной ткани в зоне рубца в передних и средних слоях стромы роговицы при сохранении структуры окружающей клеточной стромы и отсутствия признаков расхождения рубцовой ткани. Данные признаки обуславливали большую прозрачность зоны КР, а как следствие - худшую их визуализацию (рис. 32). Как видно на рисунке при освещении рубцы I типа имеют слабую визуализацию (рис 32а), рубцы II типа визуализируются частично (рис. 32б), а рубцы III типа четко визуализируются в поле микроскопа (рис. 32 в, г).

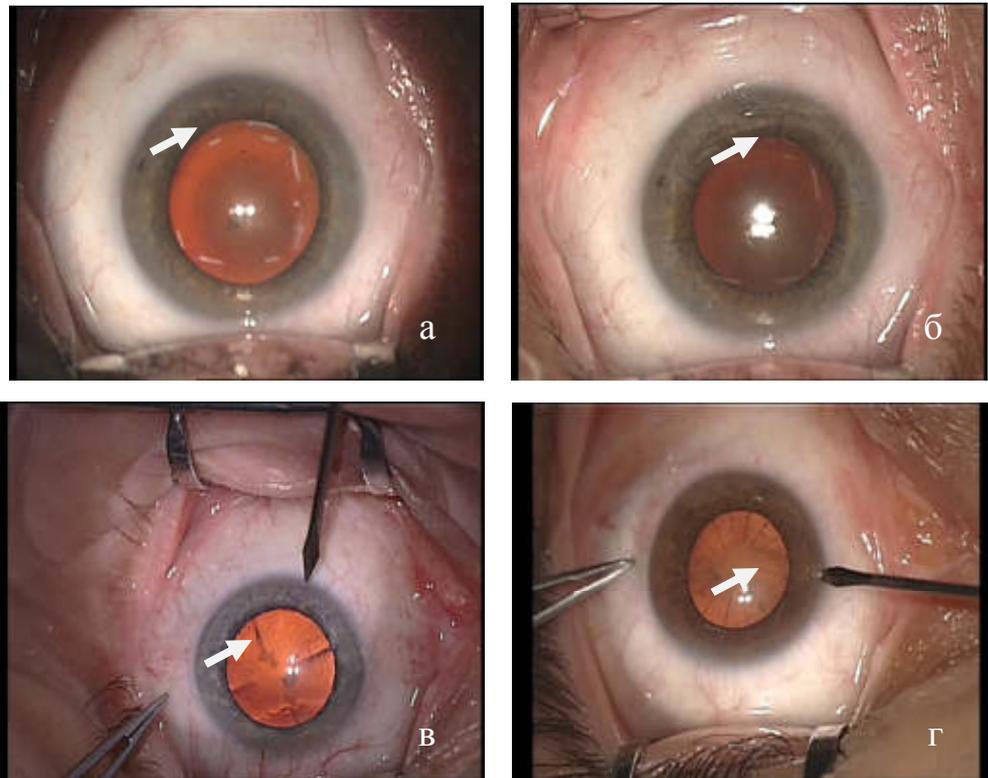


Рис. 32. Этап выбора места проведения хирургического доступа: а – I тип рубцевания при прямом освещении; б – II тип рубцевания при прямом освещении; в, г – III тип рубцевания при прямом освещении

В соответствии с этим нами была предложена методика освещения ткани роговицы в области кератотомических рубцов при помощи световода 25G. При выключенном освещении микроскопа проводили осмотр роговицы в момент расположения световода со стороны лимба под углом в 30° - 45° от плоскости радужки. При этом в проходящем свете, обеспечивающем наилучшее отражение лучей, определяли местоположение КР (рис. 33). Далее световод помещали в место планируемого парацентеза.



Рис. 33. Наконечник световода 25 G

Критерием правильности выполнения освещения служила четкая визуализация КР на фоне так называемого “светового кольца” вокруг лимба (рис. 34).

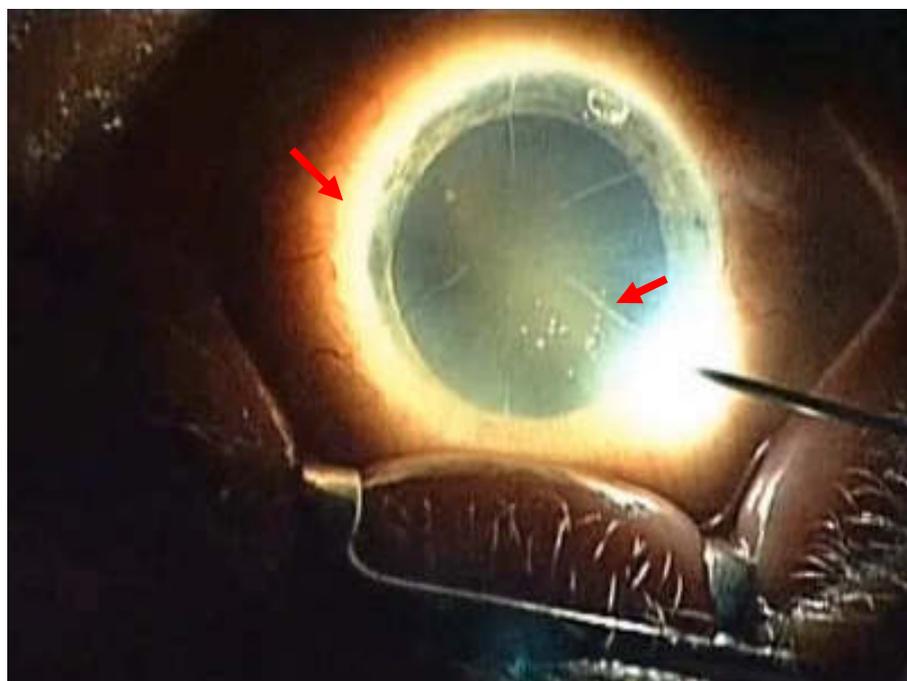


Рис. 34. Этап визуализации КР при выборе места проведения хирургического доступа с образованием светового “кольца” (стрелки)

В случае второго типа рубцевания большая выраженность рубцовой ткани способствовала лучшей визуализации КР, чем при первом типе рубцевания. Однако и для таких глаз визуализация могла быть затруднена в отдельных секторах. В соответствии с этим в таких случаях для оптимальной визуализации зоны рубца без световода нами предложено наносить вискоэластик, который при соприкосновении с роговицей дает эффект увеличения изображения, за счет чего КР контурируются более четко (рис. 35). И, наконец, при третьем типе рубцевания КР имеют форму грубых надрезов с маловыраженным рубцеванием, выступающими краями, внутри заполненные эпителием, что не вызывает затруднений при их визуализации с использованием стандартного освещения от операционного микроскопа.

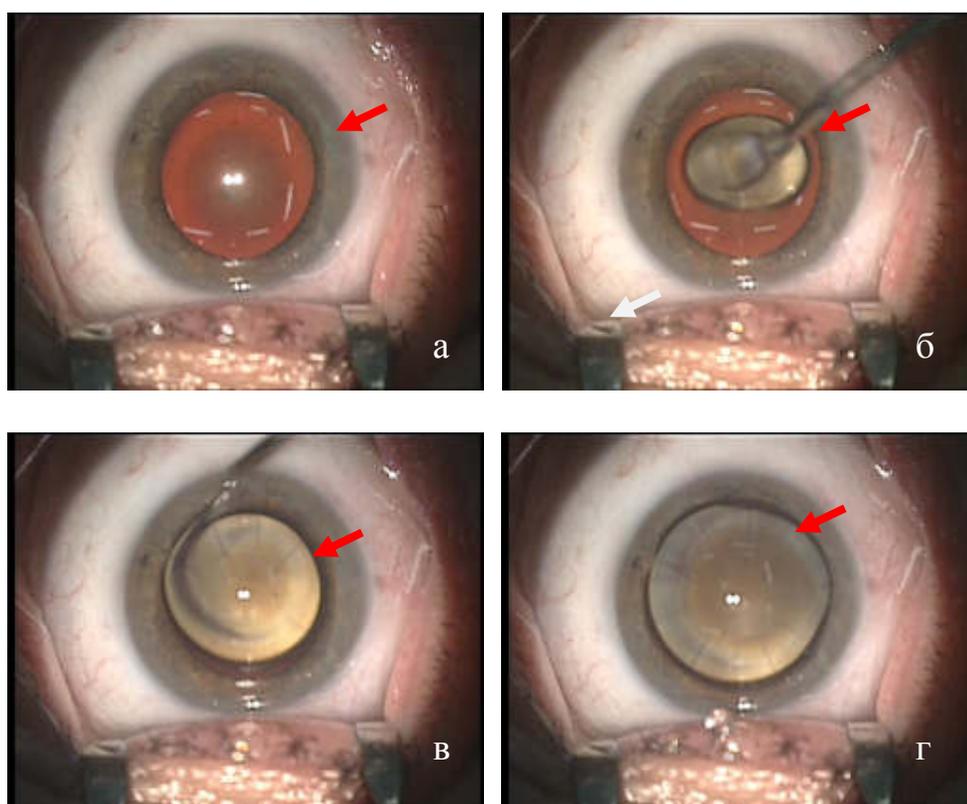


Рис. 35. Визуализация КР второго типа с использованием вискоэластика: а – до нанесения вискоэластика на роговицу; б, в, г – после нанесения вискоэластика на роговицу

После четкой визуализации и определения местоположения КР выполняли два роговичных вспомогательных парацентеза с учетом лимбальных сосудистых дуг с помощью копьевидного ножа 20 G с шириной лезвия 1,0 мм. Парацентезы располагались по возможности симметрично друг другу (рис. 36). Учитывая, что ширина режущей части копья для парацентеза составляет 1 мм, их удалось провести в межрубцовых пространствах роговицы во всех случаях (рис. 36).

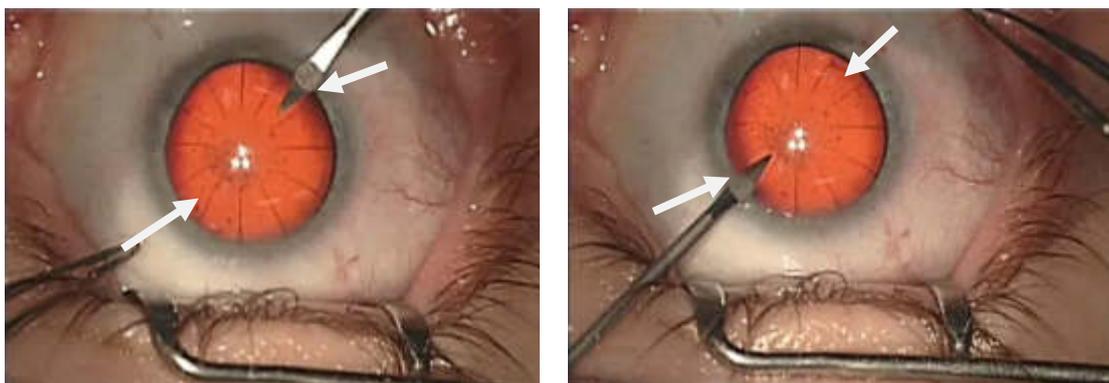


Рис. 36. Выполнение парацентезов симметрично друг другу с противоположной стороны

Помимо трудностей, обусловленных затрудненной визуализацией зоны КР, при выборе оптимального места операционного доступа при выполнении ФЭК+ИОЛ на глазах после РК хирург сталкивается с необходимостью оценки количества КР в каждом конкретном случае. Последнее может варьировать от 4-х до 20-ти и более, и соответственно этому меняется расстояние между рубцами (рис. 37).

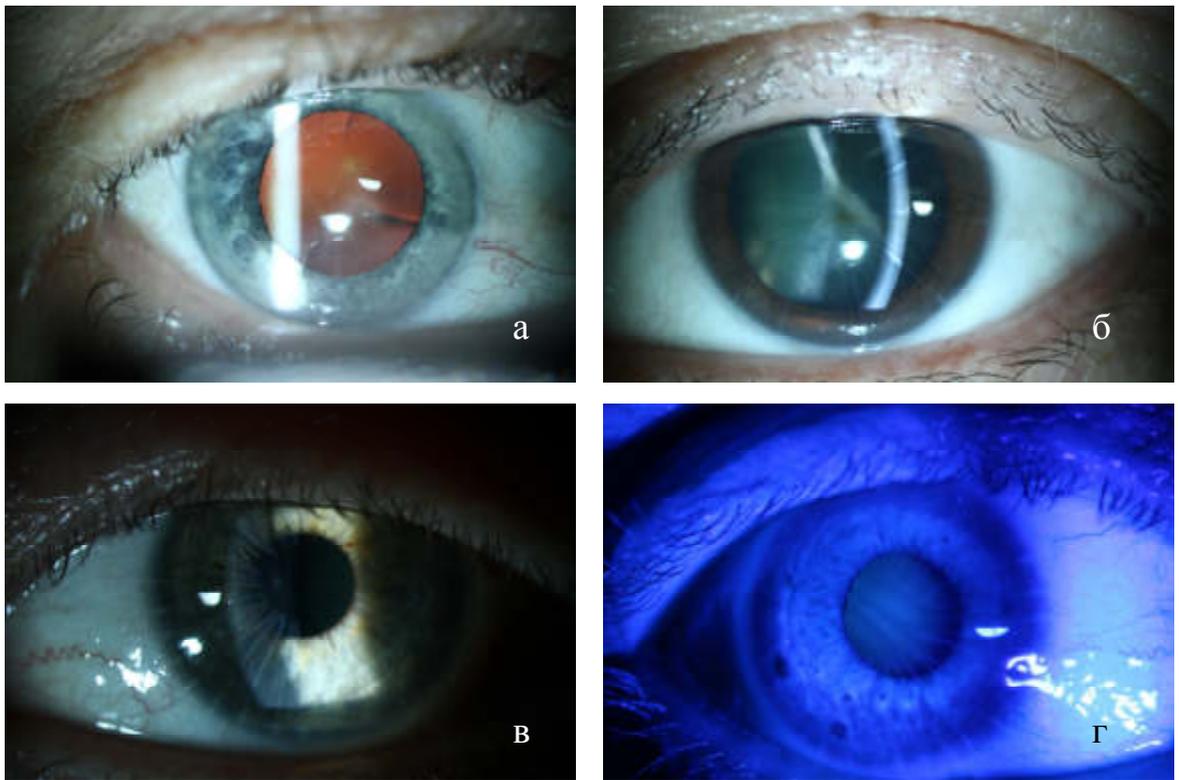


Рис. 37. Глаза пациентов с различным количеством КР: а – четыре КР; б – десять КР; в – восемнадцать КР; г – двадцать КР

Условием неосложненного проведения ФЭК+ИОЛ и течения послеоперационного периода является оптимальное расположение операционного доступа. Для обеспечения этого мы использовали основной разрез шириной 2,2 мм. Однако, поскольку количество КР может варьировать, то меняется и расстояние между ними, которое может составлять в среднем от 1,2 мм до 10 мм. Таким образом расстояние между КР не всегда соответствует 2,2 мм. Поэтому при проведении ФЭК+ИОЛ на глазах после РК рекомендовано использовать три общепринятых типа операционного доступа: корнеальный (или роговичный), склеро-корнеальный и склеральный.

Наиболее популярным на сегодняшний день является роговичный доступ, что обусловлено в первую очередь простотой и высокой скоростью выполнения, бескровностью, удобством доступа в переднюю камеру и возможностью самогерметизации [61].

С учетом наличия на глазах основной группы кератотомических рубцов мы определили необходимость выбора одного из этих доступов в зависимости от количества КР, что было осуществлено при помощи математического моделирования.

Нами была рассмотрена модель роговицы на плоскости, которая в упрощенном виде представляет собой окружность, а радиальные рубцы на глазах после РК являются радиусами (R) этой окружности (рис. 38). Учитывая, что у пациентов основной группы количество КР варьировало от 4-х до 18-ти, и в большинстве случаев (63%) встречались глаза с 8-ю насечками, расчет проводили именно на примере глаз с 8-ю кератотомическими рубцами (рис. 39).

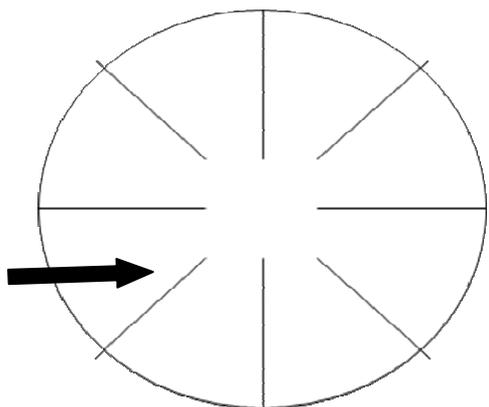


Рис. 38. Схематическое изображение роговицы на глазах после РК с 8-ю КР

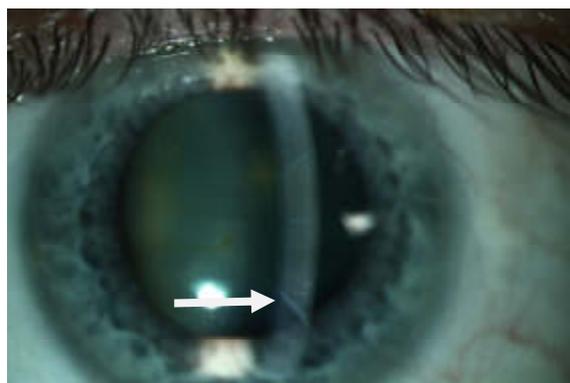


Рис. 39. Роговица пациента К., 50-ти лет, после РК с 8-ю КР

Зону лимба, ограниченную двумя радиальными рубцами, приняли за дугу образованного сектора, представляющего собой часть окружности, ограниченной дугой и двумя радиусами, проведенными к ее концам [36].

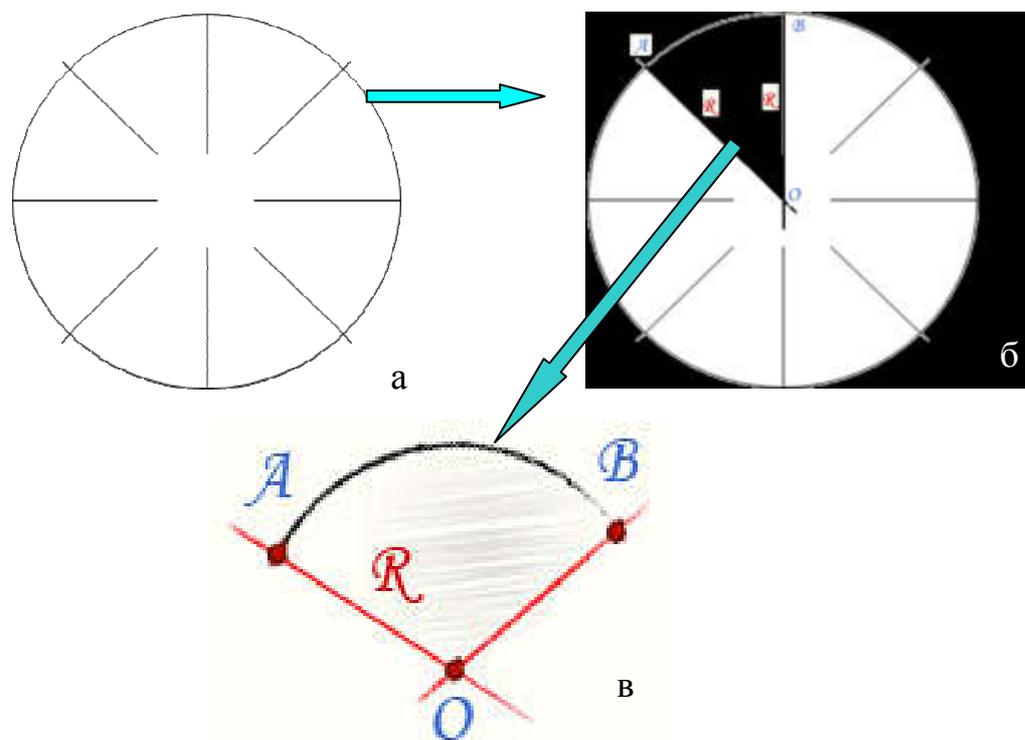


Рис. 40. Схематическое изображение сектора окружности на глазах после РК: а – схематическое изображение роговицы после РК с 8-ю КР на плоскости; б – схематическое изображение сегмента окружности; в – вынесенный сегмент окружности

Рассмотрим часть поверхности роговицы с центром в точке O , два радиальных рубца примем за радиусы OA и OB , AB - дуга образованного сектора AOB (рис. 40).

Длина окружности вычисляется по формуле:

$$L_{\text{окружности}} = \pi * D = \pi * 2 * R, \text{ где}$$

$\pi \approx 3,14$, R - радиус окружности, D - диаметр окружности;

соответственно

$$\text{Длина: } AB = L_{\text{окружности}} / n,$$

где n - количество радиальных рубцов.

Расстояние между рубцами у лимба:

$$L_r = \pi * D / n,$$

где D - диаметр роговицы, n - количество радиальных рубцов.

Данная формула верна при симметричном расположении КР. С учетом того, что КР часто могут быть расположены неравномерно, в процессе вычисления длины дуги между КР нами выбиралась наибольшая ее величина. Далее бралась во внимание ширина режущей поверхности ножа, которая составляла 2,2 мм. Выбор типа операционного доступа осуществляли по формуле:

$$K = L_r - L_n - 0,6,$$

где L_r - расстояние между рубцами, L_n - ширина режущей части ножа, 0,6 - величина, учитывающая вероятность растяжения краев разреза (по 0,3 мм с каждого края) при хирургических манипуляциях (вход факоиглы в основной разрез, имплантация ИОЛ, стыковка краев инжектора при имплантации ИОЛ по технике «wound assisted»).

- Если $K > 0$ (расстояние между рубцами больше ширины режущего ножа), то возможно проводить роговичный доступ (рис. 41 а);

- Если $K = 0$ (расстояние между рубцами равно ширине режущей поверхности ножа), то целесообразно проводить корнео-склеральный и склеральный доступы (рис. 41 б);

- Если $K < 0$ (расстояние между рубцами меньше ширины режущего ножа), то невозможно проводить роговичный и корнео-склеральный, а следует использовать только склеральный доступ (рис. 41 в, г).

Несмотря на то, что данный метод расчетов может казаться сложно осуществимым в клинической практике в условиях операционной, его можно использовать практически путем принятия кромки ножа за ориентир, прикладывая основание режущей части ножа к области предполагаемого разреза и, добавляя по 0,3 миллиметра с каждого края до радиальных рубцов, определять величину K .

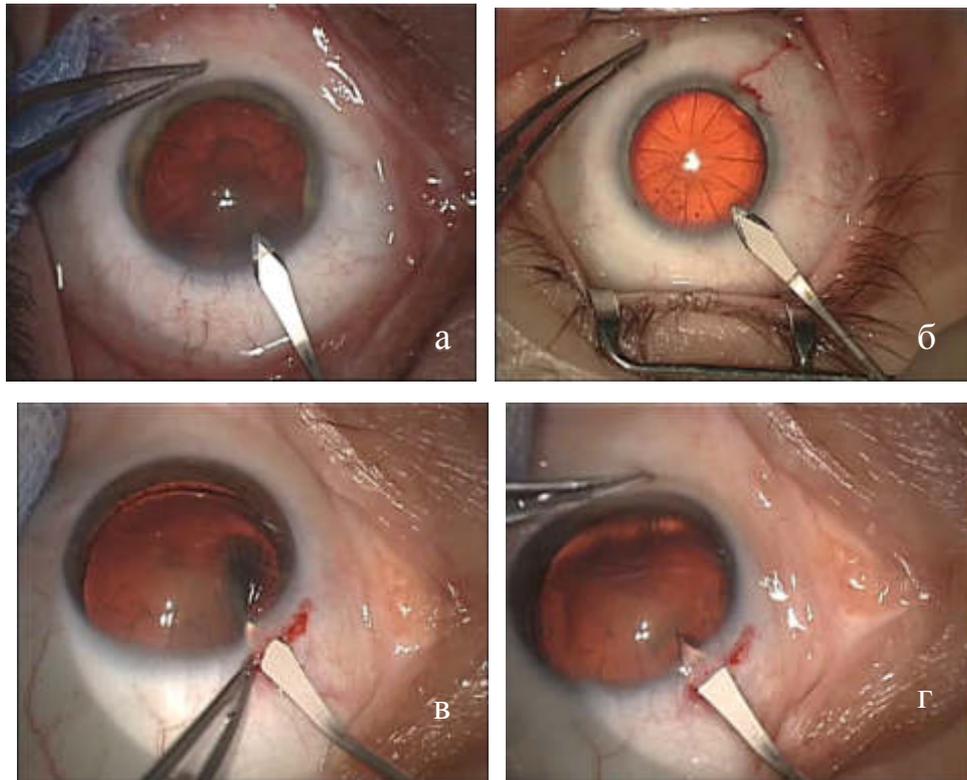


Рис. 41. Различные типы операционных доступов: а – роговичный доступ; б – корнео-склеральный; в, г – склеральный доступ

Дальнейшие этапы факоэмульсификации были стандартны и не отличались от техники, использованной у пациентов контрольной группы, однако этап работы с факоиглой в зоне операционного доступа требовал повышенной осторожности ввиду возможного расхождения близлежащих КР. Здесь следует отметить, что такое осложнение, как расхождение КР, может произойти также на любом из этапов операции. Так, в нашей практике в 5-ти случаях (6,0%) было отмечено расхождение КР в ходе операции, что потребовало последующего наложения швов ввиду невозможности самогерметизации.

5.2.2.2. Герметизация малых роговичных и склерокорнеальных тоннельных разрезов при несостоятельности кератотомического рубца

В стандартной ситуации завершающим этапом операции ФЭК+ИОЛ является герметизация операционного доступа (2 парацентеза при

бимануальной и 1 парацентез при коаксиальной технологии; при необходимости - герметизация основного доступа) путем его гидратации, когда с помощью шприца с изогнутой канюлей под напором воды по краям тоннеля искусственно вызывают его отек [6]. Герметизация операционного доступа на глазах после РК нередко может сопровождаться таким осложнением, как травматизация его краев. Причинами данного осложнения могут являться как высокая мощность ультразвука, приводящая к травме КР, так и изначальная несостоятельность КР (II тип рубцевания по классификации КМ - незавершенное) и повреждение их краев при формировании основного доступа, а также другие случаи, сопровождающиеся отсутствием полного сопоставления краев тоннеля например – ожоги раны.

Известно несколько способов герметизации роговичных и склеральных разрезов путем наложения узлового, крестообразного, непрерывного узлового и других разновидностей швов [115]. Однако недостатком их применения является развитие в послеоперационном периоде индуцированного астигматизма, а также прорезание в области КР (рис. 42).

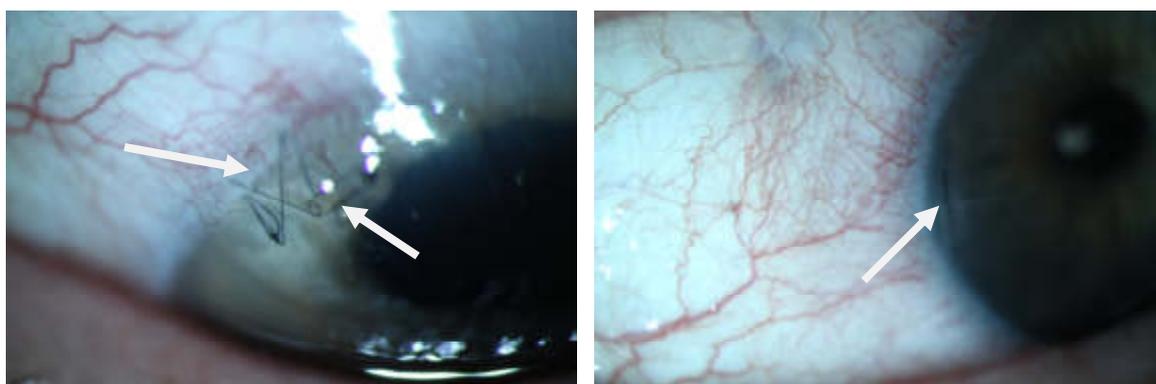


Рис. 42. Различные виды швов при несостоятельности краев основного разреза

В процессе данного исследования нами был разработан и предложен безопасный способ герметизации малых роговичных и склерокорнеальных тоннельных разрезов на глазах после ранее проведенной радиальной

кератотомии, позволяющий избежать прорезания краев тоннельного разреза в случаях недостаточного их сопоставления или же повреждения. Для этой цели использовали нерассасывающийся шовный материал Nylon 30cm Black Monofilament 10-0 (игла 6 мм 3/8 side cut) или рассасывающийся шовный материал VICRYL Polyglactin 10cm Violet monofilament absorbable 10-0 (игла 6мм CS ultima). При наложении шва отступали на 1 мм от внутреннего края тоннеля, проводили вкол иглы в зоне здоровых тканей роговицы, при этом не затрагивая зону КР (рис. 43).

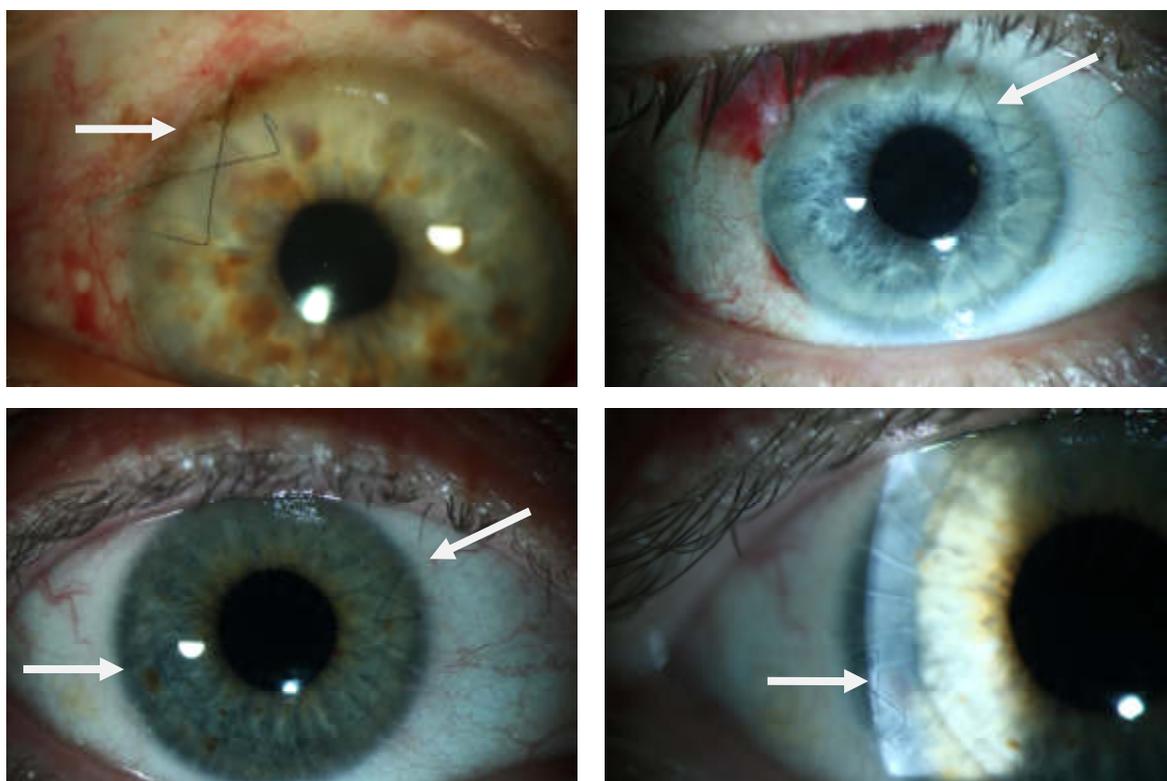


Рис. 43. Вид глаза после РК с наложенным швом, не затрагивающим зону кератотомического рубца

Далее иглу проводили на глубине $\frac{1}{2}$ толщины стромы роговицы, параллельно тоннелю и на расстоянии 1 мм от его края. Выкол иглы осуществляли на противоположном наружном крае тоннельного разреза на расстоянии 1 мм от него. Затем нить с иглой перекидывали через область разреза, вкол иглы делали на $\frac{1}{2}$ толщины стромы роговицы на

противоположном внутреннем крае тоннеля параллельно и на расстоянии 1 мм от него. Выкол иглы производили на противоположном наружном крае тоннеля симметрично первому выколу относительно тоннеля. Свободные концы нити затягивали в узел, оставшиеся свободные края нити срезали, после чего узел погружали в строму роговицы.

Суть предлагаемого метода шовной герметизации заключается в проведении вколов и выколов иглы в зоне здоровых тканей роговицы и на расстоянии 1 мм от тоннеля, что предотвращает прорезание сопоставляемых поверхностей, предохраняет роговицу от деформации после затягивания шва, уменьшает степень послеоперационного астигматизма.

При затягивании шва происходит максимальное механическое прижатие нитью верхней губы операционного тоннеля к нижней, что препятствует фильтрации жидкости в зоне операционной раны. Это также способствует ускорению процесса эпителизации, что позволяет снимать шов в ранние сроки – уже через 2-3 недели после операции. Кроме того, полное сопоставление краев тоннеля исключает возникновение остаточного астигматизма после снятия или рассасывания шва, что способствует повышению функциональных результатов операции.

5.2.3. Сравнительная оценка функциональных результатов ФЭК+ИОЛ в обследуемых группах

В целом, во всех представленных в работе случаях оперативное вмешательство прошло без существенных осложнений и характеризовалось максимально полным восстановлением зрительных функций.

Для пациентов основной и контрольной групп оценка послеоперационного результата осуществлялась на основании следующих критериев: остроты зрения с коррекцией, ВГД, Потери ЭК, ошибки рефракции (соответствие показателя рефракции цели, Δ). Кроме того путем анкетирования по двухбалльной системе оценивалась субъективная

удовлетворенность пациента результатами операции (0 - не удовлетворен, 1 - частично удовлетворен, 2 – полностью доволен результатом). Четко фиксировались жалобы пациентов при их наличии. Следует отметить, что помимо количественных показателей, при каждой явке пациента на контрольный осмотр в обязательном порядке проводилась качественная оценка биомикроскопической, офтальмоскопической картины оперированного глаза.

Для подведения итогов оперативного лечения катаракты в исследуемых группах в качестве основного срока наблюдения был выбран интервал - через 3 месяца после операции, что соответствовало установленным нами срокам восстановления дооперационных значений кератометрии после ФЭК на глазах с РК (от 1-го до 3-х месяцев) и, следовательно, являлось оптимальным для оценки рефракционного результата. При этом послеоперационное наблюдение пациентов осуществлялось непрерывно и на более ранних сроках (на 1-3-и сутки после ФЭК, через 2 недели, через 1 месяц), с фиксацией промежуточных результатов.

В таблице 33 приведены средние значения вышеуказанных параметров оценки послеоперационного состояния пациентов основной (пациенты с миопией при наличии РК, n=83) и контрольной групп (пациенты с миопией, n=84). Данные представлены в виде средних значений со стандартным отклонением ($M \pm \sigma$).

Таблица 33

Значения основных показателей послеоперационного результата в основной и контрольной группах через 3 месяца после ФЭК+ИОЛ, $M \pm \sigma$

Показатель	Острота зрения с коррекцией	ВГД, мм рт. ст.	Ошибка рефракции Δ , дптр	Потеря ЭК клеток/мм ²	Удовлетворенность пациента
Основная группа, n=83	0,85±0,12	20,42±1,63	0,52±0,28	101±53	1,85±0,45
Контрольная группа, n=84	0,83±0,09	19,38±1,37	0,49±0,11	99±28	1,89±0,55

Сравнение вышеперечисленных параметров в обследуемых группах проводилось путем статистического анализа с использованием критерия Манна-Уитни. При этом для основной и контрольной групп было выявлено отсутствие статистически значимых отличий значений всех послеоперационных показателей ($p>0,1$). Кроме того, в подавляющем большинстве случаев (94%) наблюдалась полная удовлетворенность пациентов качеством зрения после операции (2 балла по используемой шкале).

Полученные результаты свидетельствовали об эффективности предлагаемой оптимизированной технологии ФЭК+ИОЛ для пациентов после РК, включающей как усовершенствование методики расчета ИОЛ, так и технических моментов ФЭК, максимально приближая функциональный результат операции при наличии КР к случаям с миопией, не осложненным радиальной кератотомией.

Для достоверного анализа частоты интра- и послеоперационных осложнений ФЭК, проведенной по предлагаемой нами оптимизированной технологии, была дополнительно произведена сравнительная оценка с ретроспективно изученными результатами хирургического лечения катаракты 40-ка пациентов с РК ($n=40$), в возрасте от 52-х до 70-ти лет, для которых ФЭК и расчет ИОЛ проводились по стандартной общепринятой методике в период с 2011 по 2015 гг..

Глаза ретроспективной группы характеризовались следующими дооперационными параметрами: оптическая сила роговицы составляла 32,25 - 39,75 дптр (в среднем $35,91\pm 2,37$); величина ПЗО колебалась от 24,1 до 32,5 мм ($26,9\pm 2,5$); НКОЗ варьировала от 0,01 до 0,7; ВГД находилось в пределах нормальных значений – 18,5 - 23 мм рт. ст. ($19,5\pm 2,1$); границы поля зрения были не изменены; ПЭК варьировала от 1595 до 2745 клеток/мм² (в среднем 2174 ± 198). В данной группе преобладали глаза с незрелой катарактой (ядро II-III степени плотности). Срок после ранее проведенной РК составил в среднем $31,8\pm 4,7$ года. Количество КР на глазу варьировало от 4-х до 18-ти,

при этом преобладали глаза с I типом рубцевания - 52,5% (21 глаз), II тип отмечался в 25% (10 глаз), а III тип – в 22,5% случаев (9 глаз).

Сравнительная оценка послеоперационных результатов с анализом рефракции цели осуществлялась в сроки через 3 месяца после ФЭК+ИОЛ. Максимальная КОЗ после операции в данной группе составила $0,72 \pm 0,21$, что было несколько ниже, чем для пациентов основной группы. ВГД колебалось в пределах нормы ($21,15 \pm 1,78$ мм рт. ст.). Значение показателя ошибки рефракции (отклонение полученного результата от рефракции цели, Δ) составило $0,89 \pm 0,48$ дптр, статистически значимо превышая таковое в основной группе ($p < 0,05$). Среднее значение потери ЭК на указанном сроке достигало 114 ± 67 , отмечалась тенденция к незначительному росту этого показателя в сравнении с основной группой, однако статистически достоверной разницы не выявлялось ($p > 0,05$).

Следует отметить, что при сравнительном анализе количества интра- и послеоперационных осложнений ФЭК в основной и ретроспективной группах преимущественно рассматривались те из них, что были в наибольшей степени взаимосвязаны с измененной в ходе РК роговицей (табл. 34).

Таблица 34

Сравнительная оценка интра- и послеоперационных осложнений в основной и ретроспективной группах после ФЭК

Группы пациентов	Осложнения ФЭК+ИОЛ, % случаев				
	Расхождение КР	Несостоятельность основного разреза (шов)	Отек в области КР (через 1 мес п/о)	Отклонение от рефракции цели (более $\pm 0,5$)	Индукцированный астигматизм
Основная (n=83)	6,0	1,2	1,2	2,4	0
Ретроспективная (n=40)	17,5	7,5	5	25	7,5

Было выявлено, что для пациентов основной группы, прооперированных по оптимизированной технологии, послеоперационные осложнения были лишь единичными, в то время как в ретроспективной группе встречались заметно чаще, с преимущественным доминированием погрешностей в расчете ИОЛ (25%) и расхождения КР (17,5%). Различия по данным показателям в исследуемых группах были статистически значимы ($p < 0,05$). Таким образом, результаты сравнительного анализа для случаев после РК свидетельствуют о значительном улучшении качества ФЭК и точности расчета ИОЛ, проведенным по оптимизированной оригинальной методике в сравнении со стандартной.

КЛИНИЧЕСКИЙ ПРИМЕР

Пациент Д., 1955 года рождения, обратился с жалобами на снижение зрения правого глаза в течение 1-го года. Из анамнеза в 1989г на базе МНТК «Микрохирургия глаза», Москва, была проведена РК. При осмотре выявлено 16 КР II типа по данным световой микроскопии, диаметр роговицы $D=13,8$ мм. Был выставлен диагноз: OD - Осложненная катаракта. Состояние после радиальной кератомии. Миопия высокой степени. Было принято решение о проведении факоэмульсификации катаракты с имплантацией ИОЛ.

До операции OD: Vis: 0,1 Автокератометр Topcon KR 8800, рефракцию не снял. Данные кератометрии $K_1= 37,25 -17^\circ$, $K_2= 35,75 - 107^\circ$, $Cyl -1,50$. ВГД по данным пневмотонометрии – 21 мм рт. ст. Для определения места основного доступа была применена формула. Проведены математические расчеты:

$K = Lr - Ln - 0,6 = 3,14 * 13,8 / 16 - 2,2 - 0,6 = 0,09$, $K \approx 0$ (было принято решение в пользу склеро-корнеального основного доступа). На завершающем этапе операции была выявлена несостоятельность одного КР в области основного разреза и наложен шов по оригинальной методике, описанной выше.

После операции OD: в первый день Vis: 0,6; ВГД по данным пневмотонометра - 17 мм рт. ст. При осмотре глаз был спокойный, роговица

прозрачная, шов роговицы адаптирован, легкий десцеметит, края тоннельного разреза сопоставимы. Отечность в области радиальных рубцов. Передняя камера средней глубины. Радужка структурирована. ИОЛ в правильном положении. Детали глазного дна - миопическая стафилома, начальные дистрофические изменения в макуле. Пациент выписан на 2-е сутки после операции, на 14-е сутки - контрольный осмотр показал OD: Vis: 0,7; по данным пневмотонометрии P=15 мм рт. ст.; автокератометрия Topcon KR 8800 Sph +1,00 cyl+0,5 ax 98; K₁ =37,25- 12; K₂ =36,25 - 102; Cyl -1,00. Объективно: глаз спокойный, роговица прозрачная, шов роговицы адаптирован, края тоннельного разреза сопоставимы, шов покрыт эпителием. Радиальные рубцы структурированы. Передняя камера средней глубины. Радужка структурирована. ИОЛ в правильном положении. Детали глазного дна – миопическая стафилома, начальные дистрофические изменения в макуле. Через 1 месяц после операции пациенту был снят шов.

Обследование **до снятия** роговичного шва: OD – Vis: 0,7; ВГД по данным пневмотонометра 15 мм рт. ст.; автокератометрия Topcon KR 8800: Sph +0,5 cyl+ 1,00 ax 105°, K₁=37,75 - 23, K₂ =36,25 - 113, Cyl -1,50.

Обследования **после снятия** роговичного шва: OD – Vis: 0,7; ВГД по данным пневмотонометра 16 мм рт. ст., автокератометрия Topcon KR 8800: Sph +0,5 cyl+0,75 ax 95°, K₁= 37,50 - 20°, K₂= 36,50 -110°, Cyl -1,00.

Представленный клинический пример иллюстрирует, что после полной эпителизации роговичного разреза кривизна роговицы максимально приблизилась к начальным параметрам, что исключало развитие послеоперационного астигматизма. Всего таких случаев было 5.

Резюме. Таким образом, при выполнении факоемульсификации катаракты на глазах после РК следует учитывать не только клинико-анатомические особенности миопического глаза, но и наличие КР. Присутствие рубцов потребовало разработки особенностей технологии ФЭК+ИОЛ на этапе интраоперационной визуализации КР, при выборе

варианта и местоположения операционного доступа в зависимости от типа и количества КР; а также выбор подхода при расхождении КР во время операции. В целом были проанализированы основные трудности, с которыми сталкиваются хирурги при выполнении как начальных, так и завершающих этапов ФЭК+ ИОЛ на глазах после РК, что и позволило выработать методы оптимизации техники операции для таких пациентов. В соответствии с этим была предложена методика визуализации КР при первом типе рубцевания с использованием световода 25G, а также при помощи методов математического моделирования разработан способ выбора места операционного доступа в зависимости от количества КР и расстояния между ними. И наконец, был предложен оптимальный метод шовной герметизации зоны операционного доступа при недостаточной сопоставимости и повреждении краев разреза, обеспечивающий полное восстановление исходных оптических параметров роговицы и хорошие функциональные результаты операции. В целом, предложенный алгоритм ведения пациента после РК позволяет уменьшить количество и вероятность развития осложнений, что подтверждалось проведенным сравнительным анализом обследуемых групп.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пристальное внимание офтальмологов во всем мире привлекает изучение процессов развития возрастной катаракты и разработка методов хирургического лечения данного заболевания. Это в первую очередь обусловлено как высокой встречаемостью катаракты у пациентов средней и старшей возрастных групп (от 44-х лет и более по классификации ВОЗ), так и значительным влиянием на количественные и качественные характеристики зрения. Основным методом хирургического лечения катаракты является факоэмульсификация с имплантацией различных моделей ИОЛ [5; 31; 73]. При этом важной задачей, стоящей перед исследователями, является оптимизация техники операции в осложненных ситуациях, среди которых в первую очередь следует упомянуть аномалии рефракции и, в особенности, случаи миопии различной степени. Такие глаза характеризуются рядом анатомических особенностей, обусловленных перерастяжением всех оболочек глазного яблока, что значительно повышает риск развития как интра-, так и послеоперационных осложнений. Установлено, что процент осложнений наиболее высок после ранее перенесенных кераторефракционных вмешательств, в том числе радиальной кератотомии.

На сегодняшний день, несмотря на неуклонно возрастающее количество пациентов с катарактой, осложненной миопией, имеющих в анамнезе РК, с учетом их возрастного диапазона (старше 50 лет), многие технические особенности операции ФЭК+ИОЛ у таких пациентов остаются недостаточно изученными. Следует отметить, что первоочередное значение на пути совершенствования методики ФЭК на глазах после РК имеет анализ анатомо-морфологических особенностей роговицы, касающихся структуры рубцов и парарубцовой зоны, типов послеоперационного рубцевания, определяемых как по данным световой, так и конфокальной микроскопии. Не подлежит сомнению влияние измененной в ходе РК роговицы на особенности расчета оптической силы ИОЛ. Для этих пациентов

стандартные формулы (SRK/T, Hoffer, Holladay, MIKOF/ALF) не являются достаточно точными, что требует дальнейших исследований в данном направлении.

Некоторые технические особенности операции ФЭК+ИОЛ на глазах с миопией после РК освещены в немногочисленных исследованиях. Также значительной проблемой продолжает оставаться выбор места операционного доступа в зависимости от количества и типа КР, оптимальная интраоперационная визуализация КР, а также способ герметизации основного разреза. Решение данных вопросов позволит избежать таких осложнений, как расхождение КР, перфорация роговицы в зоне рубца. На сегодняшний день убедительных данных, касающихся вышеуказанных аспектов операции ФЭК+ИОЛ на глазах после РК в литературе не представлено.

Вышеизложенное определило необходимость проведения собственного исследования, целью которого стало повышение эффективности хирургического лечения катаракты на глазах пациентов с миопией различной степени после перенесенной ранее радиальной кератотомии.

Клиническое исследование проводили с участием 125-ти пациентов с катарактой на фоне миопии различной степени, которым была проведена операция ФЭК+ИОЛ на один или оба глаза (167 операций). Среди обследованных пациентов было 50 (40%) мужчин и 75 (60%) женщин в возрасте от 46-ти до 74-х лет. Максимальный срок наблюдения в послеоперационном периоде составил 3 года. Все обследуемые пациенты были подразделены на две группы: основную (n=83) и контрольную (n=84). Главным критерием их различия являлось наличие в анамнезе перенесенной ранее РК у пациентов основной группы. Помимо стандартного клинико-функционального обследования, всем пациентам проводили анкетирование, оценку общесоматического статуса, а для части пациентов использовали дополнительные методы обследования, включающие конфокальную

сканирующую и эндотелиальную микроскопию. Расчет оптической силы имплантируемой ИОЛ производили с использованием стандартных формул (MIKOF/ALF и SRK/T), а также формулы, основанной на методе двойной кератометрии и созданной специально для глаз после РК.

Рефракция варьировала в основной группе от +3,0 до -18,0 дптр, в контрольной - от -1,5 до -30,0 дптр, длина глаза достоверно не различалась в обеих группах, составляя от 24,3 до 32,4 мм, что позволило обеспечить репрезентативность выборки. Оптическая сила роговицы варьировала в основной группе от 29,25 до 40,50 дптр, а в контрольной – от 39,50 до 47,50 дптр. Острота зрения без коррекции до операции несколько различалась в основной и контрольной группе: от 0,01 до 0,7 ($0,24 \pm 0,02$) и от 0,01 до 0,3 ($0,05 \pm 0,01$) соответственно, что могло быть обусловлено различной рефракцией на глазах с миопией в случаях после перенесенной ранее РК и без нее. При определении степени плотности катаракты по классификации Burrato L. в основной группе отмечали преобладание II и III степеней плотности катаракты (73,5% случаев), а в контрольной группе - III и IV (73,8% случаев), что могло быть связано с более поздним обращением пациентов контрольной группы к офтальмологу. На наш взгляд данную тенденцию можно объяснить более высокими требованиями пациента после ранее проведенной РК к НКОЗ вдаль, что заставляет предполагать, что такие пациенты в более раннем возрасте замечают снижение зрения, связанное с изменением прозрачности нативного хрусталика, и обращаются за медицинской помощью.

Для пациентов основной группы по данным световой микроскопии согласно классификации Ивашиной А.И. (1989) определяли три типа рубцевания КР: I (КР имели вид тонких надразов, без признаков расхождения и без эпителиальных врастаний – 62,7%), II (грубые, белесые, утолщенные рубцы – 26,5%), III (рубцевание мало выражено, надразы заполнены эпителием – 10,8%). В качестве наиболее благоприятного можно расценивать I тип рубцевания, который и преобладал в обследуемой группе.

В процессе выполнения исследования при изучении особенностей проведения ФЭК+ИОЛ на глазах с миопией после РК анализировали как возможность оптимизации расчета оптической силы имплантируемой ИОЛ, так и некоторые технические моменты самой операции, касающиеся в первую очередь выбора оптимального места операционного доступа и возможности его герметизации.

На первом этапе исследования при разработке методики расчета оптической силы ИОЛ на глазах с миопией после РК производили сравнительную оценку технических возможностей различных кератометров (Pentacam HR, Topcon KR 8800, IOL-Master 500) по определению оптических параметров роговицы. Данные кератометрии, полученные на приборе Pentacam HR, служили в качестве референтного измерения. Было обнаружено, что показатели общей кератометрии, полученные на приборах Pentacam HR и IOL-Master 500, достоверно не различались ($p > 0,1$). Следовательно, оба кератометра позволяют получить точные значения оптической силы роговицы, которые могут быть использованы при расчете высоты шарового сегмента роговицы, необходимого для определения положения плоскости ИОЛ в расчете. Кроме того было установлено, что данные кератометрии, полученные на автокераторефрактометре Topcon KR 8800, ввиду значительной погрешности измерения, нецелесообразно использовать для расчета ИОЛ на глазах после РК.

На следующем этапе исследования с использованием значений кератометрии, полученных на приборе IOL-Master 500, проводили адаптацию формулы расчета оптической силы ИОЛ MIKOF/ALF для случаев после РК. Для этой цели наблюдали динамику изменений показателей кератометрии и сферозэквивалента на глазах после РК (111 исследований) в различные сроки после операции ФЭК+ИОЛ (3 дня; 2 недели; 1 месяц; 3 месяца; 1 год и 3 года после операции). Обнаружили, что изменения кератометрических показателей достоверно различались в следующие сроки: 3 дня, 2 недели, 1 и 3 месяца после операции ФЭК+ИОЛ ($p < 0,05$); в свою очередь изменения в

сроки от 3-х месяцев до 3-х лет после операции являлись статистически незначимыми ($p > 0,1$). Полученные данные указывают на то, что изменение кривизны роговицы на глазах после РК следует ожидать в ранние послеоперационные сроки (до 3-х месяцев), после чего этот показатель стабилизируется и восстанавливается до своих дооперационных значений. Было выявлено, что в сроки до 1-го месяца после операции ФЭК роговица после РК имеет тенденцию к уплощению, а в дальнейшем восстанавливается. На наш взгляд, это можно объяснить сохраняющимся отеком ткани роговицы в области кератотомических рубцов. При этом изменения оптической силы роговицы на указанных сроках тесно коррелировали с изменениями клинической рефракции ($r = 0,57$, $p < 0,05$).

Проанализированные кератометрические данные легли в основу определения параметров расчета положения плоскости ИОЛ определенной модели в глазу, что, как известно, характеризуется величиной константы А [34,48,54]. Для прогнозирования положения ИОЛ в артефакичном глазу использовали расчетную величину расстояния от вершины роговицы до плоскости линзы (ELP), которая была вычислена по следующей формуле:

$$ELP = 0,711(p - H_c) + 0,623\sqrt{L} + \left(\frac{A \cdot 0,5663 - 65,5 + 3,595}{0,9704} - (L - 26,5) \cdot 0,0782 - (K - 35,68) \cdot 0,1197 \right) - 10,4725$$

где: p – глубина передней камеры до имплантации, мм; H_c – толщина роговицы в центре, мм; L – длина ПЗО глаза, мм; K – оптическая сила роговицы, дптр; A – константа А.

Расчет ELP позволил получить величину необходимой поправки к константе А при определении оптической силы ИОЛ на глазах после РК по формуле MIKOF/ALF в зависимости от значений длины глаза и кератометрии, определяемой на приборе IOL-Master 500. При этом был обнаружен обратный характер зависимости величины поправки от значения кератометрии и ПЗО глаза, таким образом больший рефракционный эффект после РК требовал внесения в расчетную формулу большей поправки

константы А. В ходе математического анализа было выявлено, что значения ожидаемой и фактической величины сферэквивалента отличаются не более чем на 1,25 дптр в 97-ми случаях из 111-ти (87%), что приемлемо для клинической практики и отражает высокую точность расчета.

Проведенные исследования позволили описать клиническую группу после РК в структуре параметризованного схематического стандартного артификачного глаза MIKOF/ART [33, 34], что дало возможность применить вышеописанный подход определения поправок к константе А и к другим стандартным формулам расчета ИОЛ на глазах после РК (SRK/T, Hoffer Q, Holladay I).

В дополнение к вышеизложенному материалу, был также проведен статистический анализ данных, полученных при сравнении формулы MIKOF/RK с другими общепринятыми методиками расчета ИОЛ на глазах после РК, а именно: Barret, Haigis, Holladay II. При всех методиках расчета не выявлялось значимых отклонений оптической силы ИОЛ от ее целевого значения ($p=0,53$, $p>0,05$). В результате анализа данных можно было заключить, что адаптированная формула расчета MIKOF/RK позволяет получить значения ИОЛ, максимально приближенные к рефракции цели, и характеризуется высокой точностью, не уступая общепринятым существующим методикам расчета ИОЛ для глаз после РК.

Далее была проанализирована возможность получения рефракции цели после ФЭК+ИОЛ у пациентов после перенесенной ранее РК. Для этого обследуемые пациенты были подразделены на 3 группы. Первую группу составили пациенты, ожидающие после операции ФЭК+ИОЛ максимально возможную остроту зрения вдаль без коррекции (24 случая), для которых после операции ФЭК+ИОЛ был получен смешанный вид астигматизма, а рефракция цели была близкой к эметропии. Вторую группу составили пациенты, предпочитающие обходиться без дополнительной коррекции при зрении вдаль и работе на среднем расстоянии за счет остаточного миопического астигматизма (8 случаев), для которых рефракция цели была

близкой к половине величины роговичного астигматизма. И наконец, в третью группу вошли пациенты, имеющие сложный миопический астигматизм. У них ФЭК+ИОЛ выполняли как первый этап биоптики (6 случаев), а рефракцию цели определяли оптимальным для эксимерлазерной операции сферическим компонентом. В результате у всех пациентов после проведенной операции ФЭК+ИОЛ была получена запланированная клиническая рефракция, что подтверждалось данными максимальной остроты зрения вдаль без коррекции ($0,59 \pm 0,05$ в 1-й группе и $0,53 \pm 0,07$ во 2-й). В целом было определено, что при планировании послеоперационной рефракции на глазах после РК для получения максимально высоких функциональных результатов необходимо учитывать как пожелания пациентов, так и характер роговичного астигматизма. При наличии исходного астигматизма до 1 дптр рекомендовано планирование послеоперационной рефракции с получением смешанного астигматизма. При наличии роговичного астигматизма более 1 дптр рекомендовано планирование послеоперационной рефракции либо на простой миопический, либо на сложный миопический астигматизм как первый этап биоптики.

В следующей части исследования для детального изучения морфологической структуры роговицы пациентов основной и контрольной групп до и после ФЭК+ИОЛ был использован метод конфокальной микроскопии. Сканирование проводили на расстоянии 1-го мм от лимба в области исследуемого КР, как правило расположенного на 6-ти и 12-ти часах. До операции ФЭК+ИОЛ при сравнительном анализе центральной зоны роговицы в обеих группах существенных структурных отличий выявлено не было. Структура роговицы оставалась практически интактной, лишь в 7,23% случаев в основной группе выявлялось локальное перераспределение кератоцитов в строме и более выраженный плеоморфизм и полимегатизм эндотелия (42,17% и 27,38% соответственно в основной и контрольной группе).

В основной группе зону КР и парарубцовую область детально исследовали в ручном режиме сканирования. При этом в 74,5% случаев в зоне КР были выявлены признаки очаговой псевдокератинизации эпителия, свидетельствующей о замедленном слущивании поверхностных эпителиальных клеток. В стромальном слое по данным КМ определяли 2 принципиально различных типа рубцевания: завершённое (61 случай, 73,49%) и незавершённое (22 случая, 21,17%), что согласуется с данными литературы [20]. В случае завершённого рубцевания (I тип) выявили плотную фиброзную ткань, линейно расположенную на уровне передних и средних слоев стромы, с сохранённой окружающей клеточной структурой, без признаков расхождения краёв рубца. Глубокие слои стромы и эндотелий оставались неизменёнными, Десцеметова мембрана - прозрачной.

При втором типе рубцевания (незавершённое) область рубца была выстлана эпителием на всем его продолжении, при этом встречались лишь единичные элементы фиброзной ткани на периферии с признаками расхождения краёв рубца. В 3-х случаях (3,61%) в области КР определялись оптически негативные эпителиальные вакуоли, предположительно содержащие интерстициальную жидкость. В парарубцовой области в строме роговицы выявлялись ацеллюлярные зоны с перераспределением фиброзной ткани. Также в 11-ти случаях (11,7%) в области КР наблюдали сквозное прорезание насечек с дефектом Десцеметовой мембраны и эндотелия. При обоих типах рубцевания иннервация в области насечек была полностью восстановлена.

В 8,5% случаев биомикроскопическая картина выявляла 1-й тип рубцевания, однако обследование роговицы с помощью КМ показало расхождение краёв насечек в передних и средних слоях стромы, что свидетельствовало о 2-м типе рубцевания (незавершённое). Эти данные позволили заключить, что визуализация 1-го типа рубцевания после РК при биомикроскопии не исключает наличия 2-го варианта незавершённого

рубцевания по данным КМ. Это отражает высокую значимость метода КМ при оценке анатомо-морфологической структуры роговицы после РК.

В обследуемых группах КМ осуществляли на 1-е сутки, через 2 недели, 1, 3, 6 и 12 месяцев после операции. При оценке структуры центральной зоны роговицы в сроки до 1-го месяца после ФЭК в средних и нижних слоях стромы обнаруживали единичные конгломераты активных кератоцитов, в последующие сроки центральная зона роговицы не отличалась от дооперационной. Исследование КР в 1-е сутки после операции выявило размытость их контуров без четкой визуализации границы с парарубцовой областью, что было обусловлено отеком тканей, при этом при завершённом типе рубцевания данные изменения наблюдались в течение 1-го месяца, в то время как при незавершённом - сохранялись более трех месяцев после ФЭК. Затем наступала четкая визуализация КР, что отражало более выраженную реакцию ткани роговицы на оперативное вмешательство и могло являться причиной рефракционного сдвига в сторону гиперметропии, нередко наблюдаемого у таких пациентов в ранние сроки после фактоэмульсификации.

В указанные промежутки времени после ФЭК в обследуемых группах отдельно изучали состояние эндотелия роговицы с подсчетом ПЭК. Было выявлено, что исходная плотность эндотелиальных клеток в центральной зоне роговицы заметно различалась в основной и контрольной группах (2142 ± 549 клеток/ мм^2 и 2500 ± 200 клеток/ мм^2 соответственно), $p < 0,05$. При этом в различные сроки наблюдения после операции статистически значимых отличий показателя потери эндотелиальных клеток выявлено не было ($p > 0,05$). Это, по нашему мнению, могло свидетельствовать о высокой технологичности оперативного вмешательства, выполняемого на современном уровне.

Для более детального изучения структурных особенностей роговицы на глазах после РК было проведено исследование энуклеированного глаза с 8-ю КР (срок проведения РК - 30 лет), а также роговицы с 22-мя КР (срок

проведения РК - 27 лет). Первоначально производили КМ, после чего выполняли гистологическое исследование области КР с применением окраски гематоксилин-эозином и микроскопией препаратов под 50-, 100- и 200-кратным увеличением. При изучении роговицы первого из указанных препаратов было выявлено, что на 1/3 глубины рубец заполнен «эпителиальной пробкой», а на 2/3 - стромальными элементами. В глубоких слоях строма была не нарушена, Десцеметова мембрана и эндотелий - сохранены. Выявленная гистологическая картина данного препарата указывала на 1-й тип рубцевания КР, что полностью соответствовало данным КМ. При исследовании второго препарата донорской роговицы с 22-мя КР было выявлено, что КР занимал всю толщину роговицы и на 1/2 своей глубины заполнялся «эпителиальной пробкой», под которой определялись единичные стромальные клетки. Целостность Боуменовой мембраны была нарушена, эндотелий оставался сохранным. Данные изменения отражали незавершенный тип рубцевания по данным КМ. Проведенная сравнительная оценка гистологической картины указанных препаратов и полное ее соответствие результатам КМ подтверждало высокую информативность данного метода и целесообразность его применения при оценке структуры роговицы, измененной после РК.

Проведенный этап исследования позволил заключить, что выявляемые методом КМ структурные изменения всех слоев роговицы на глазах после РК могут создавать определенные трудности при дальнейшем проведении в этих случаях операции ФЭК+ИОЛ, в особенности при 2-м типе незавершенного рубцевания КР, когда значительные нарушения архитектоники фиброзной ткани в зоне КР создают угрозу его расхождения, а также могут затруднять процесс нормальной герметизации основного доступа, что обуславливает необходимость выработки индивидуальных подходов и усовершенствования техники хирургии катаракты на таких глазах.

На следующем этапе работы осуществляли исследование возможностей технического усовершенствования операции ФЭК+ИОЛ для

случаев с миопией после РК. На этапе предоперационной подготовки пациентов большое внимание уделяли выбору оптимальной послеоперационной клинической рефракции на оперируемом глазу. При этом подавляющее большинство пациентов основной группы (69,9%) в послеоперационном периоде ожидали получить эметропию, что могло объясняться наличием у них эметропической или гиперметропической рефракции в отдаленные сроки после РК. В свою очередь в контрольной группе большинство пациентов (66,7%) высказывали пожелание использовать очки для дали при возможности работы вблизи без них, что отражало привычную для них миопическую рефракцию.

Для пациентов основной группы, с учетом структурных особенностей измененной в ходе РК роговицы, был разработан ряд усовершенствований стандартной техники ФЭК+ИОЛ, преимущественно на начальных и завершающих этапах операции. Известно, что основной задачей, стоящей перед офтальмохирургом при выполнении ФЭК на глазах после РК, является необходимость сохранить интактной зону КР, так как прохождение режущего инструмента через рубец может способствовать его расхождению. При этом на момент начала операции в 28-ми случаях после РК (33,7%) нами было отмечено затруднение визуализации КР при стандартных параметрах освещения, что повышало риск случайного поперечного пересечения КР при выполнении операционных доступов. В связи с этим нами была разработана оптимальная методика визуализации КР на операционном столе, а также стратегия выбора оптимального местоположения операционного доступа.

Интраоперационно тип кератотомического рубца определяли согласно применяемой в данной работе биомикроскопической классификации Ивашиной А.И. (1989г). При этом наибольшие трудности в процессе визуализации КР наблюдались при I типе рубцевания, для которого было характерно линейное расположение фиброзной ткани в области рубца в передних и средних слоях стромы роговицы, что обеспечивало достаточную

прозрачность зоны рубца. В свою очередь наиболее четко визуализировались рубцы III типа, а рубцы II типа – лишь частично. В соответствии с этим нами была предложена методика интраоперационной визуализации КР, для чего был применен световод 25G, с помощью которого при выключенном освещении микроскопа проводили осмотр со стороны лимба под углом в 30°-45° от плоскости радужки с помощью проходящего света, определяя местоположение КР. Далее световод помещали с противоположной стороны от планируемого места проекции парацентеза. О правильности выполнения освещения свидетельствовала четкая визуализация КР на фоне наблюдаемого светового “кольца” вокруг лимба. В случае II типа рубцевания КР для оптимальной визуализации зоны рубца в отсутствие световода было предложено наносить на роговицу вискоэластик, который при соприкосновении с роговицей дает эффект увеличения изображения, за счет чего КР контурируются более четко. И наконец при третьем типе рубцевания как правило КР визуализировались с достаточной четкостью при стандартном освещении. Определение правильного местоположения КР позволяло во всех случаях выполнить парацентезы в пределах здоровой ткани роговицы.

Далее при помощи методов математического моделирования с учетом количества КР (от 4-х до 22-х и более), расстояния между ними и ширины режущей поверхности ножа (2,2 мм) был разработан способ выбора оптимального расположения основного операционного доступа в каждом конкретном случае, для чего была создана следующая формула:

$$K = L_r - L_n - 0,6 ,$$

где L_r - расстояние между рубцами, L_n - ширина режущей части ножа, 0,6 - величина, учитывающая вероятность растяжения краев разреза при хирургических манипуляциях (по 0,3 мм с каждого края).

В случаях, если $K > 0$ (расстояние между рубцами больше ширины режущего ножа), следует проводить роговичный доступ; при $K = 0$ (расстояние между рубцами равно ширине режущей поверхности ножа) -

корнео-склеральный и склеральный доступы; а при $K < 0$ (расстояние между рубцами меньше ширины режущего ножа) - только склеральный доступ. В условиях операционной данный способ осуществляется путем прикладывания основания режущей части ножа к области предполагаемого разреза с добавлением по 0,3 мм с каждого края до КР, что дает возможность определять величину К.

Дальнейшие этапы факоэмульсификации вплоть до завершающих были стандартными, предполагая бережные манипуляции при работе факоиглой и другими хирургическими инструментами в зоне операционного доступа во избежание возможного расхождения близлежащих КР.

И наконец, при выполнении завершающих этапов операции на глазах после РК важной задачей являлась качественная герметизация зоны операционного доступа, выполнение которой при наличии КР путем гидратации нередко является затруднительным в связи с возможностью травматизации краев разреза, повреждения рубца при формировании основного доступа, а также в связи с несостоятельностью КР (II тип рубцевания), что сопровождается отсутствием полного сопоставления краев тоннеля. В процессе настоящего исследования был разработан и предложен безопасный способ герметизации малых роговичных и склерокорнеальных тоннельных разрезов на глазах после РК, позволяющий избегать прорезания краев тоннельного разреза в случаях недостаточного их сопоставления или же повреждения. Для этой цели была использована шовная герметизация операционного доступа с использованием нити 10,0 из полипропилена, викрила или нейлона. Суть предлагаемой методики заключается в проведении вколов и выколов иглы в зоне здоровых тканей роговицы и на расстоянии 1 мм от тоннеля, что предотвращает прорезание сопоставляемых поверхностей и предохраняет роговицу от деформации после затягивания шва, когда обеспечивается максимальное механическое прижатие нитью верхней губы операционного тоннеля к нижней, что препятствует фильтрации жидкости в зоне операционной раны, а также способствует

ускорению процесса эпителизации. Кроме того, полное сопоставление краев тоннеля исключает возникновение остаточного астигматизма после снятия или рассасывания шва, что ведет к повышению функциональных результатов операции.

Во всех представленных в работе случаях оперативное вмешательство прошло технично и характеризовалось частичным или полным восстановлением зрительных функций. Для пациентов основной и контрольной групп оценка послеоперационного результата осуществлялась на основании следующих критериев: остроты зрения с коррекцией, ВГД, потери ЭК, ошибки рефракции в сроки через 3 месяца после операции. Кроме того путем анкетирования по двухбалльной системе оценивалась субъективная удовлетворенность пациента результатами операции (0 - не удовлетворен, 1 - частично удовлетворен, 2 - полностью доволен результатом). В основной (n=83) и контрольной (n=84) группах КОЗ составила $0,85 \pm 0,12$ и $0,83 \pm 0,09$ соответственно; ВГД - $20,42 \pm 1,63$ и $19,38 \pm 1,37$ мм рт. ст.; ошибка рефракции - $0,52 \pm 0,28$ и $0,49 \pm 0,11$ дптр; потеря ЭК - 101 ± 53 и 99 ± 28 клеток/мм²; удовлетворенность пациента - $1,85 \pm 0,45$ и $1,89 \pm 0,55$ баллов соответственно. Отсутствие значимых отличий значений всех послеоперационных показателей в обследуемых группах ($p > 0,1$) и удовлетворенность пациентов качеством зрения свидетельствовали об эффективности предлагаемой оптимизированной технологии ФЭК+ИОЛ для пациентов после РК, максимально приближая функциональный результат операции при наличии КР к случаям с миопией, не осложненным кератотомией.

Для достоверного анализа частоты интра- и послеоперационных осложнений ФЭК, проведенной по предлагаемой нами оптимизированной технологии, была дополнительно произведена сравнительная оценка с ретроспективно изученными результатами хирургического лечения катаракты 40-ка пациентов с РК (n=40, возраст от 52-х до 70-ти лет), для которых ФЭК и расчет ИОЛ проводились по стандартной общепринятой

методике. Сравнительный анализ рефракции цели осуществлялся через 3 месяца после операции. Преимущественно рассматривались осложнения, взаимосвязанные с измененной в ходе РК роговицей, а именно: расхождение КР, несостоятельность основного разреза, отек в области КР, отклонение от рефракции цели $>0,5$ дптр, индуцированный астигматизм. Было выявлено, что для пациентов основной группы, прооперированных по оптимизированной технологии, указанные осложнения были лишь единичными, в то время как в ретроспективной группе встречались заметно чаще, с преимущественным доминированием погрешностей в расчете ИОЛ (25%) и расхождения КР (17,5%) ($p < 0,05$). Таким образом, результаты сравнительного анализа для случаев после РК свидетельствовали о значительном повышении качества ФЭК и точности расчета ИОЛ, проведенным по оптимизированной оригинальной методике в сравнении со стандартной.

Подводя итоги следует отметить, что несмотря на имеющиеся данные исследователей, в настоящее время хирурги продолжают сталкиваться с рядом трудностей, касающихся как технических особенностей выполнения различных этапов ФЭК, так и методик расчета оптической силы ИОЛ на глазах с миопией после РК, многие из которых были проанализированы в настоящем исследовании, что позволило разработать пути оптимизации операции фактоэмульсификации катаракты для таких пациентов с учетом как клинико-анатомических особенностей миопического глаза, так и наличия КР. В целом, тактика предложенного пред- и интраоперационного ведения пациентов с миопией после РК позволяет уменьшить количество возможных осложнений и добиться хороших функциональных результатов операции.

ВЫВОДЫ

1. Наиболее достоверные значения оптической силы роговицы на глазах с миопией после РК могут быть получены на приборах Pentacam HR и IOL-Master 500 ($p < 0,001$), в то время как использование данных автокераторефрактометра Topcon KR 8800 не является целесообразным ввиду недостаточной точности измерения.

2. Оптимизированный нами алгоритм расчета оптической силы ИОЛ на глазах с миопией после РК предполагает: использование формулы MIKOF/ALF, адаптированной путем добавления индивидуальной поправки к значению константы А, варьирующей от 0,2 до 1,4 с учетом длины глаза и кератометрических показателей; планирование целевой рефракции с учетом вида и степени исходного роговичного астигматизма, что позволяет получить максимально высокий послеоперационный результат.

3. Метод конфокальной микроскопии позволяет достоверно охарактеризовать морфологические особенности роговицы на глазах после РК как до, так и после факоэмульсификации катаракты, а также выявить два принципиально различных варианта рубцевания: завершенное и незавершенное, второй из которых характеризуется практически полным заполнением рубца эпителиальной «пробкой» с единичными элементами фиброзной ткани, что создает угрозу расхождения КР в процессе операции ФЭК+ИОЛ, способствует более длительному сохранению послеоперационного отека в области КР и, таким образом, указывает на необходимость оптимизации техники ФЭК для таких глаз как путем выбора оптимального местоположения операционного доступа, так и качественной его герметизации.

4. Наиболее важными особенностями техники операции ФЭК+ИОЛ на глазах с миопией после РК являются следующие: оптимальное освещение роговицы для четкой визуализации кератотомических рубцов и парарубцовой зоны с использованием световода 25G (в особенности при

первом типе рубцевания); необходимость четкого определения места расположения основного доступа, осуществляемого при помощи математических расчетов с учетом диаметра роговицы, количества КР, расстояния между ними и ширины режущей части ножа; применение специального метода шовной герметизации операционного доступа, основанного на расположении вколов и выколов иглы в зоне здоровых тканей роговицы, что позволяет избежать прорезания краев тоннельного разреза в случаях недостаточного их сопоставления или повреждения.

5. Оптимизированная методика ФЭК+ИОЛ на глазах с миопией после РК дает высокие функциональные результаты с полным восстановлением дооперационных значений кератометрии после ФЭК в сроки от 1-го до 3-х месяцев, при этом в раннем послеоперационном периоде отмечается уплощение роговицы на величину от 0,5 до 2 дптр.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При расчете оптической силы ИОЛ на глазах с миопией после РК предпочтительно использование кератометрических данных, полученных на приборе Pentacam HR, а в случаях невозможности проведения обследования на этом аппарате следует использовать показатели прибора IOL-Master 500.

2. При планировании послеоперационной рефракции у пациентов с миопией после РК необходимо учитывать как пожелания пациента касательно рефракционного результата, так и тип и степень исходного индуцированного кератотомией роговичного астигматизма. При наличии астигматизма более 1 дптр рекомендовано планирование послеоперационной рефракции на сложный миопический, либо на простой миопический астигматизм с целью последующей коррекции путем проведения в дальнейшем персонализированной кераторефракционной операции.

3. При определении величины поправки к значению константы А при расчете оптической силы ИОЛ на глазах после РК при помощи формулы

MIKOF/RK рекомендуется использование специальной таблицы, учитывающей как показатели длины глаза, так и данные кератометрии; при значениях кератометрии более 41 дптр данная поправка не требуется.

4. Метод конфокальной микроскопии в связи с высокой его информативностью целесообразно использовать при исследовании структуры измененной в ходе РК роговицы как до, так и после ФЭК на таких глазах.

5. Для обеспечения оптимальной интраоперационной визуализации зоны КР в случае первого (завершенного) типа рубцевания рекомендуется использовать световод 25G, расположенный под углом 30° - 45° к плоскости радужки, в случае же второго (незавершенного) типа рубцевания достаточную визуализацию зоны рубца обеспечивает нанесение на роговицу вискоэластика.

6. Для правильного выбора места операционного доступа на глазах после РК необходимо сопоставить расстояние между рубцами ширине режущей кромки ножа, которая может быть принята за ориентир, при этом в случае преобладания последней величины следует применять корнеосклеральный и склеральный доступы.

7. В случаях недостаточной герметичности основного разреза на завершающих этапах операции ФЭК+ИОЛ на глазах после РК следует использовать разработанный безопасный метод шовной герметизации, предполагающий вкол и выкол иглы с отступом от внутреннего и наружного края тоннеля в зоне здоровых тканей роговицы без затрагивания области КР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аветисов С.Э. Современные подходы к коррекции рефракционных нарушений у детей. Ликвидация устранимой слепоты. Всемирная инициатива ВОЗ. Ликвидация детской слепоты// - М., 2004. - 58-63с.
2. Аветисов Э.С. Близорукость // - М., 1986. - 159-163с.
3. Аветисов Э.С., Флик Л.П. Особенности изменения глазного дна при высокой близорукости // Вестн. Офтальмологии - 1974. - №2. - 9-13с.
4. Аветисов С.Э., Антонов А.А., Вострухин С.В. Механизм прогрессирующей гиперметропии после радиальной кератотомии// Поле зрения. – 2014. – № 1(21). – С. 40-41.
5. Агафонова В.В. Коррекция аметропии интраокулярными факичными линзами.: Дис. ... д-ра. мед. наук. - М., 2006. - 354с.
6. Азнабаев Б.М. «Ультразвуковая хирургия катаракты - факоемульсификация»// - Уфа, 2005. - 39, 136с.
7. Азнабаев Б.М., Семесько С.Г., Кидралеева С.Р. Применение вископротекторов в офтальмологии: Методические рекомендации//– Уфа, 2000. – 24 с.
8. Багров С.Н., Дурнев В.В. Особенности регенерации роговой оболочки глаза// Профилактика, медицинская реабилитация слепоты и слабовидения: Тез. докл. рег. конференции офтальмологов. –Уфа, 1979. – С. 70–71.
9. Багров С.Н., Дурнев В.В., Яценко И.А. Состояние нервных волокон роговицы после проведения передней кератотомии// Хирургия аномалий рефракции глаза. – М., 1981. – 11–12с.
10. Балашевич Л.И. Рефракционная хирургия// - СПб, 2002. - 288с.
11. Балашевич Л.И., Никулин С.А., Балашова Т.В. и др. Новое и старое в дискуссии о передней радиальной кератотомии как массовой рефракционной операции// Избранные вопросы клинической офтальмологии: Сб. науч. тр. - СПб., 1997. - С. 179-184.

12. Бедило В.Я., Недоспасов В.В. Длительное наблюдение за глазами с переднекамерными искусственными хрусталиками// Офтальмологический журнал.– 1975. – №1. – С.13-14.

13. Бикбов М.М. Результаты коррекции астигматизма торическими ИОЛ у пациентов с катарактой после радиальной кератотомии / М.М. Бикбов О.И. Оренбуркина, Ю.К. Бурханов, И.Ф. Нуриев // Точка зрения. Восток – Запад. – 2018. – № 1. – С. 57-60.

14. Бикбов М.М., Бикбулатова А.А., Пасикова Н.В. Наш опыт факоемульсификации катаракты у пациентов, перенесших переднюю радиальную кератотомию // Современные технологии в медицине. – № 2(8). – 2016. – С. 66-70.

15. Бикбов М.М., Бикбулатова А.А., Пасикова Н.В. Ретроспективный анализ точности формул расчета оптической силы интраокулярных линз у пациентов после передней радиальной кератотомии// Катарактальная и рефракционная хирургия. – № 4. – 2015. – С. 22-26.

16. Бикбулатова А.А., Бикбулатова А.А., Пасикова Н.В. Результаты факоемульсификации катаракты у пациентов после передней радиальной кератотомии // Восток-Запад. Точка зрения. – № 4. – Уфа, 2016. – С. 17-19.

17. Богуш И.В. Комбинированный метод определения оптической силы интраокулярных линз после радиальной кератотомии// Бюллетень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – Новосибирск, 2009. – № 4 (138). – С. 93–99.

18. Богуш И.В., Егорова Е.В., Пичикова Н.А., Дрегер А.П. Метод восстановления центральной кератометрии после рефракционных операций для расчета силы ИОЛ и опыт его применения на практике// Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии. М., 2006. – С. 44–47.

19. Введенский А.С., Юсеф Ю.Н., Резникова Е.В. и др. Хирургия катаракты у пациентов с высокой близорукостью// Вестник офтальмологии. - 2005. - № 6. - С. 47-49.

20. Дога А.В., Майчук Н.В., Кондакова О.И., Каримова А.Н. Разработка тактики кераторефракционных вмешательств у пациентов после радиальной кератотомии // Актуальные проблемы офтальмологии: V Всерос. науч. конф. молодых уч.: Сб. науч. работ. – М., 2010. – С. 111-113.

21. Дурнев В.В. Уменьшение рефракции роговицы методом передней кератотомии с целью хирургической коррекции миопии слабой и средней степени// 1-й съезд офтальмологов Закавказья. Сб. науч. статей. – Тбилиси, 1976. – С. 129-132.

22. Жежелева Л.В. Персонализированный алгоритм расчета оптической силы интраокулярных линз у пациентов с катарактой после перенесенной ранее радиальной кератотомии : автореф. дис. ...канд. мед. наук – М., 2017. – 21 с.

23. Ивашина А.И. Хирургическая коррекция близорукости методом передней радиальной кератотомии: Дис. ... д-ра. мед. наук – М., 1989–319с.

24. Колесников А.В., Мироненко Л.В., Николаев М.Н., Колесникова М.А. Радиальная кератотомия в анамнезе – особенности расчёта ИОЛ и проведения факоэмульсификации катаракты// Федоровские чтения-2014. Сб.науч.тр. – М., 2014. – С. 151-152.

25. Коршунова Н.К., Мушкова И.А., Михальченко Н.Н, Тингаев В.В. 30– летний опыт радиальной кератотомии// Сб. научных статей 7 съезда офтальмологов, ч.1. - М., 2000. - С. 256.

26. Косенко Т.Г., Косенко С.М., Климова О.Н. Наш опыт факоэмульсификации катаракты у пациентов после передней радиальной кератотомии // Современные технологии в офтальмологии. – 2017. – № 6. – С. 62-64.

27. Либман Е.С. Клинические черты прогрессирующей близорукости. Миопия. Сборник научных статей Рижского медицинского института// Рига. - 1979. - С. 36-39.

28. Либман Е.С., Калеева Э.В., Рязанов Д.П. Комплексная характеристика инвалидности вследствие офтальмопатологии в Российской

Федерации// 9-я научно-практическая конференция «Федоровские чтения», М., - 2011. - С. 45.

29. Либман Е.С., Шахова Е.В. Слепота и инвалидность вследствие офтальмопатологии у людей пожилого и старческого возраста в России// Самарские чтения. – Самара, 2002.– С. 427-428.

30. Малюгин Б.Э. Медико-технологическая система хирургической реабилитации пациентов с катарактой на основе ультразвуковой факоемульсификации с имплантацией интраокулярной линзы: Дис. ... д-ра. мед. наук. – М., 2002. – 298 с.

31. Малюгин Б.Э. Современный статус и перспективы развития хирургии катаракты и интраокулярной коррекции// Съезд офтальмологов России, 8-й: Тез. докл. – М., 2005.– С. 556 –558.

32. Малюгин Б.Э. Факоемульсификация осложненных катаракт при миопии высокой степени// 1-я Евро-Азиатская конференция по офтальмохирургии: сб. тезисов. - Екатеринбург, 1998. - С. 22.

33. Нероев В.В., Тарутта Е.П., Ходжабекян Н.В. [и др.] Оценка анатомо-оптических параметров роговицы после кераторефракционных вмешательств с помощью шаймпфлюг-анализатора Galilei G2// Российский офтальмологический журнал. – 2014. – № 2. – С. 5-9.

34. Пантелеев Е.Н., Бессарабов А.Н. Формула расчета оптической силы ИОЛ «MIKOF/ALF» на основе параметризованного схематического стандартного артифакичного глаза// - Офтальмохирургия. - 2010. - N4 - С. 20.

35. Першин К.Б. «Занимательная факоемульсификация. Записки катарактального хирурга»// - Москва., 2007., С. 77–78.,136

36. Погорелов А.В. «Геометрия» Учеб. для 7-11 кл. общеобразовательных учреждений 1998, - 5-е из. - М., 182-183с.

37. Руденко В.А., Сорокин Е.Л., Худяков А.Ю. Изучение частоты и структуры задней отслойки стекловидного тела в зависимости от длины глаза у пациентов различного возраста // Новые технологии диагностики и лечения

заболеваний органа зрения в Дальневосточном регионе: Сб. науч. работ.– Хабаровск, 2012. – С. 101-106.

38. Садрутдинов Р.Ш., Черных В.В., Богуш И.В. Трудности расчета силы интраокулярной линзы после кераторефракционных операций// Отражение. – 2018. – № 1(6). – С. 60-63.

39. Сергиенко Н.М., Кондратенко Ю.Н. Офтальмотонус и гониоскопическая картина при прогрессирующей и стационарной близорукости // Вестн.офтальмол. - 1986. - №6. - С. 20-22.

40. Сорокин Е.Л., Соколов К.В. Особенности прогнозирования осложнённого течения послеоперационного периода ФЭК у пациентов с катарактой и миопией высокой степени// Всероссийская школа офтальмолога, 4-я: Сб. науч. трудов РГМУ. – М., 2007.– С. 573-578.

41. Стахеев А.А., Балашевич Л.И. Новый метод расчета силы интраокулярных линз для пациентов с катарактой, перенесших ранее радиальную кератотомию// Офтальмохирургия. – 2008. – № 2. – С. 26–33.

42. Тарутта Е.П. Осложненная близорукость как причина инвалидности и возможности ее профилактики в детском возрасте. Ликвидация устранимой слепоты. Всемирная инициатива ВОЗ. Ликвидация детской слепоты// - М. - 2004. - С. 92-94.

43. Тахчиди Х.П., Бессарабов А.Н., Пантелеев Е.Н. Параметризованный схематический стандартный глаз для решения вычислительных задач офтальмологии (I часть) // - Офтальмохирургия. - 2006. - N4. - С.57-63

44. Тахчиди Х.П., Бессарабов А.Н., Пантелеев Е.Н. Параметризованный схематический стандартный глаз для решения вычислительных задач офтальмологии (II часть) // - Офтальмохирургия - 2007. - N1. С. 59-69.

45. Тахчиди Х.П., Бессарабов А.Н., Пантелеев Е.Н. Формула расчета оптической силы ИОЛ "MIKOF/ALF" на основе параметризованного схематического стандартного артификачного глаза// Офтальмохирургия. - 2010. - N 4. - С. 20-33.

46. Титаренко Е.М., Шиловских О.В., Ульянов А.Н., Кремешков М.В. Особенности обследования и расчета ИОЛ на глазах после перенесенной ранее радиальной кератотомии // Современные технологии в офтальмологии. – 2015. – № 4. – С. 104-106.

47. Трубилин В.Н., Пожарицкий М.Д. К вопросу о выборе метода коррекции зрения после ранее проведенной радиальной кератотомии. // Сборник научных трудов IX Всероссийской школы офтальмолога. — Москва, 2010 – С.348.

48. Трубилин В.Н., М.Д. Пожарицкий М.Д. Сочетанное применение фемтосекундного лазерного воздействия и персонализированной абляции роговицы как новая медицинская технология хирургической коррекции рефракционных нарушений у пациентов после перенесенной радиальной кератотомии // Офтальмология. – 2009. – № 4. – С. 4-9.

49. Удовиченко Е.В., Жиров А.Л., Сорокин Е.Л. Состояние роговицы у пациентов, перенесших в отдаленные сроки переднюю радиальную кератотомию // Современные технологии в офтальмологии. – 2018. – № 2. – С. 276-279.

50. Федоров С.Н. Аграновский А.А. Отдаленные результаты дозированной передней радиальной кератотомии// Всероссийский съезд офтальмологов, 4-й: – М. 1982.– С. 485-486.

51. Федоров С.Н., Дурнев В.В. Применение метода передней кератотомии для хирургической коррекции астигматизма в клинике// Всесоюз. съезд офтальмологов, 5-й: Тез. докл. – М., 1979.– Т.3.– С. 86-88.

52. Федоров С.Н., Дурнев В.В. Хирургическая коррекция сложного миопического астигматизма методом передней кератотомии// Офтальмол. журн. –1979.– №4. – С. 210-213.

53. Федоров С.Н., Дурнев В.В., Ивашина А.И., Гудечков В.Б. Методика расчета эффективности передней кератотомии для хирургической коррекции близорукости// Хирургия аномалии рефракции глаза. – М., - 1981. –13-18с.

54. Федоров С.Н., Ивашина А.И., Бессарабов А.Н. Математическая модель деформации роговицы при операции «передняя кератотомия»// Моск. НИИ микрохирургии глаза. – М., 1982. - 5с.
55. Федоров, С.Н. Дурнев В.В., Ивашина А.И., Гудечков В.Б. Хирургия аномалий рефракции глаза// – М., 1981. –13-18с.
56. Ферфильфайн И.Л. Инвалидность вследствие близорукости. Клинические и патогенетические критерии экспертизы трудоспособности. Автореф. дис. ... д-ра. мед. наук - М., - 1975. - 28 с.
57. Ходжаев Н.С. Хирургия катаракты с использованием малых разрезов: клиничко-теоретическое обоснование: Дис. ... д-ра мед. наук.– М., 2000. – 278 с.
58. Хорошилова-Маслова И.П. Репаративные процессы в роговице при радиальной кератотомии // Современные методы диагностики и лечения заболеваний роговицы и склеры: научно-практ. конф.: Сб. науч. ст. в 2 т. Т. 1. – С. 62-63.
59. Шиловских О.В., Ульянов А.Н., Иванова М.В., Ребриков И.С. Альтернативный способ гидратации роговичных тоннельных разрезов // Катарактальная и рефракционная хирургия – 2014. - № 3. – С. 10-14.
60. Шиловских О.В., Ульянов А.Н., Кремешков М.В., Титаренко Е.М. Сравнение рефракционных результатов расчета ИОЛ с использованием формул IV поколения в случае ранее проведенной радиальной кератотомии // Офтальмология. – 2018. – № 25. – С. 121-125.
61. Abulafia A., Barret G.D., Rotenberg M. [et al.] Intraocular lens power calculation for eyes with an axial length greater than 26.0 mm: comparison of formulas and methods // J Cataract Refract Surg. – 2015. – Vol. 41(3). – P. 548-556.
62. Age-related changes in the physical and chemical state of human vitreous// 2-3rd international Congress for Eye Research. - Osaka, 1978. – P. 34-35.

63. Alio J.L., Ruiz-Moreno J.M., Shabayek M.H., et al. The risk of retinal detachment in high myopia after small incision coaxial phacoemulsification. *Am J Ophthalmol* . - 2007. – Vol. 144. – P. 93–98.
64. Aramberri J. Intraocular lens power calculation after corneal refractive surgery: double-K method // *J Cataract Refract Surg*. – 2003. – Vol. 29. – P. 2063–2068.
65. Argento C., Cosentino M.J., Badoza D. Intraocular lens power calculation after refractive surgery// *J Cataract Refract Surg*. – 2003. – Vol. 29. – P. 1346–1351.
66. Arshinoff S. Dispersive and cohesive viscoelastic materials in phacoemulsification// *Ophthalmic Pract*. – 1995.–Vol. 13.– P. 98-104.
67. Awwad S.T., Dwarakanathan S., Bowman R.W., Cavanagh H.D., Verity S.M., Mootha V.V., McCulley J.P. Intraocular lens power calculation after radial keratotomy: estimating the refractive corneal power// *J Cataract Refract Surg*. – 2007. - № 33. - P. 1045-50.
68. Awwad S.T., Manasseh C., Bowman R.W., Cavanagh H.D. [et al.] Intraocular lens power calculation after myopic laser in situ keratomileusis: Estimating the corneal refractive power// *J Cataract Refract Surg*. – 2008. – Vol. 34. – P. 1070–1076.
69. Barnett V., Barsam A., Than J. [et al.] Small-aperture intraocular lens combined with secondary piggyback intraocular lens during cataract surgery after previous radial keratotomy // *J Cataract Refract Surg*. – 2018. – Vol. 44(8). – P. 1042-1045.
70. Barrett G.D. An improved universal theoretical formula for intraocular lens power prediction// *J Cataract Refract Surg*, - 1993.- Vol.19. – P. 713–720.
71. Berman E.R., Michaelson I.C. The chemical composition of the human vitreous body as related to age and myopia// *Exp. Eye. Res*. - 1964. –Vol.3. - P. 9-15.

72. Borasio E., Stevens J., Smith G.T. Estimation of true corneal power after keratorefractive surgery in eyes requiring cataract surgery: BESS't formula // J. Cataract Refract. Surg. – 2006. – Vol. 32. – P. 2004-2014.
73. Brian G., Taylor H. Cataract blindness – challenges for the 21 century // Bulletin of the World Health Organization.– 2001.– Vol. 79.– P. 249-256.
74. Buratto L., Phacoemulsification: principles and technique. // Philadelphia, USA, Slack Inc., 1997. – P. 5-6.1107.
75. Burnstein Y., Hersh P.S. Photorefractive keratectomy following radial keratotomy // Journal of Refractive Surgery. - 1996. - №1. - P. 163–170.
76. Calladine D., Tanner V.J. Optical coherence tomography of the effects of stromal hydration on clear corneal incision architecture// J. Cataract Refract Surg. - 2009. – Vol. 35- P. 1367-1371.
77. Cavanagh D., Petroll M., Alizadeh H., et al. Clinical and diagnostic use of in vivo confocal microscopy in patients with corneal disease// Ophthalmology. - 1993. - Vol.100. - N10. - P. 1444 - 1453.
78. Chang D.F. Phaco in highly myopic eyes// Haryana J.Ophthalmol. - 2014. - Vol. VII. - P. 33-37.
79. Chen L., Mannis M.J., Salz J.J. [et al.] Analysis of intraocular lens power calculation in post-radial keratotomy eyes// J Cataract Refract Surg. – 2003. – Vol. 29. – P. 65–70.
80. Chen S., Hu F-R. Correlation between refractive and measured corneal power changes after myopic excimer laser photorefractive surgery// J Cataract Refract Surg. – 2002. – Vol. 28. – P. 603–610.
81. Chhadva P., Cabot F., Galor A. [et al.] Long-term outcomes of radial keratotomy, laser in situ keratomileusis, and astigmatic keratotomy performed consecutively over a period of 21 years // Case Rep Ophthalmol Med. – 2015. – Vol. 59. – P. 24-27.
82. Chong E.W., Mehta J.S. High myopia and cataract surgery // Curr Opin Ophthalmol. – 2016. – Vol. 27(1). – P. 45-50.

83. Chu H.S., Wang I.J., Tseng G.A. [et al.] Mini-scleral lenses for correction of refractive errors after radial keratotomy // *Eye Contact Lens*. –2017. – Vol. 42(3): 185–189.
84. Cuaycong M.J., Gay C.A., Emery J. [et al.] Comparison of the accuracy of computerized videokeratography and keratometry for use in intraocular lens calculations // *J Cataract Refract Surg*. – 1993. – Vol. 19. – P. 178–181.
85. Deitz M.R., Sanders D.R. Progressive hyperopia with long-term follow-up of radial keratotomy // *Arch. Ophthalmol* . - 1985. - Vol. 103.- № 6. - P. 782-784.
86. Deitz M.R., Sanders D.R., Raanan M.G. Progressive hyperopia in radial keratotomy. Long-term follow-up of diamond-knife and metal-blade series // *Ophthalmology*. - 1986. - Vol. 93. - № 10. - P. 1284-1289.
87. Duke-Elder S., Perkins E. System of ophthalmology //London. - 1966. - Vol.9. – P.143-146, 200-202.
88. Feiz V. Intraocular lens power calculation after corneal refractive surgery// *Middle East Afr. J. Ophthalmol*. – 2010. – Vol. 17 (1). – P. 63-68.
89. Fine I.H. The chip and flip phacoemulsification technique // *J.Cataract Refract. Surg*.- 1991.– Vol.17.- № 3. - P. 366-371.
90. Foster A. Cataract – a global perspective: output, outcome and outlay. // *Eye (Lond)*. – 1999.–Vol.13. – P. 449-453.
91. Fyodorov S.N. Methods of radial keratotomy // *Radial Keratotomy*. – Denison: LAL Publishing, 1980. – P.35-67.
92. Fyodorov S.N. Radial Keratotomy// *Refractive Modulation of the cornea*. – Denison: LAL Publishing, 1981. – P. 89-120.
93. Fyodorov S.N., Agranovsky A.A. Long-term results of anterior radial keratotomy // *J.Ocular Therapy Surg*. - 1982. - Vol. 1. - P. 76.
94. Fyodorov S.N., Durnev V.V. Operation of dosage dissection of cornea circular ligament in cases of myopia of mild degree // *Ann. Ophthalmol*. –1979. – Vol. 11. – No 12. – P.1885-1980.
95. Fyodorov S.N., Surgical correction of myopia and astigmatism// *Keratorefraction*. – Denison: LAL Publishing, - 1980. – P. 141-172.

96. Geggel H.S. Intraocular lens power selection after radial keratotomy: topography, manual, and IOLMaster keratometry results using Haigis formulas // *Ophthalmology*. – 2015. – Vol.122. – P. 897-902.
97. Geller S.L. Refractive changes after superficial meridional Keratomies in rabbits // *Refractive Modulation of the cornea*. – Denison: LAL Publishing, – 1981. – P. 249–275.
98. Gimbel H.V. Sun R., Kaye G.B. Refractive error in cataract surgery after previous refractive surgery // *J Cataract Refract Surg*. – 2000. –Vol. 26. – P. 142–144.
99. Gimbel H.V., Sun R., Chin P.K., van-Westenbrugge J. Excimer laser photorefractive keratectomy for residual myopia after radial keratotomy// *Canadian Journal of Ophthalmology*. - 1997. - №1. - P. 25–30.
100. Haigis W. Corneal power after refractive surgery for myopia: Contact lens method// *J. Cataract Refract. Surg*. – 2003. – Vol. 29. – P. 1397-1411.
101. Hennig A., Kumar J., Singh A., Ansari A., Singh S., Gurung R., Foster A., World Sight Day and cataract blindness// *Br J Ophthalmol*. – Vol. 86. – №7.– P. 830-831.
102. Hoffer K.J. Calculation of intraocular lens power in postradial keratotomy eyes// *Ophthalmic Pract*. – 1994. – Vol. 12. – P. 242–244.
103. Hoffer K.J. Intraocular lens power calculation after previous laser refractive surgery // *J Cataract Refract Surg*. – 2009. – Vol. 35. – P. 759–765.
104. Hoffer K.J. The Hoffer Q formula: a comparison of theoretic and regression formulas//*J. Cataract Refract. Surg*. - 1993. - Vol. 19. - P. 700-712.
105. Holladay J. T. Calculations in refractive surgery: IOL calculation following radial keratotomy surgery// *Refract. Corneal Surg*. - 1989. - Vol.5. – P. 203.
106. Holladay J.T. Cataract surgery in patients with previous keratorefractive surgery (RK, PRK and LASIK) // *Ophthalmic Pract*. – 1997. –Vol. 15. – P. 238–244.

107. Holladay J.T. Consultations in refractive surgery: IOL calculation following radial keratotomy surgery // *Refract Corneal Surg.* – 1989. – Vol. 5. – P. 203.
108. Holladay J.T., Hill W.E., Steinmueller A. Corneal power measurements using scheimpflug imaging in eyes with prior corneal refractive surgery // *J Refract Surg.* - 2010. – Vol. 26(6). – P. 387.
109. Holladay J.T., Prager T.C., Ruiz R.S., Lewis J.W. et al. A three-part system for refining intraocular lens power calculation // *J. Cataract Refract. Surg.* - 1988. - Vol. 14. - P. 17-24.
110. Huber C. Planned myopic astigmatism as a substitute for accommodation in pseudophakia // *J.Am Intraocul Implant Soc.* – 1981. – Vol. 7. - P. 244-249.
111. Kemp J.R., Martinez C.E., Klyce S.D. [et al.] Diurnal fluctuations in corneal topography 10 years after radial keratotomy in the Prospective Evaluation of Radial Keratotomy study // *J Cataract Refract Surg.* – 1999. – Vol. 25. – P. 904–910.
112. Koch D.D., Haft E.A. Introduction to corneal topography // *Corneal Topography: the State of the Art.* – Thorofare, NJ: Slack Inc, - 1995. – P. 3–15.
113. Koch D.D., Liu J.F., Hyde L.L. [et al.] Refractive complications of cataract surgery after radial keratotomy // *Am J Ophthalmol.* – 1989. – Vol. 108. – P. 676–682.
114. Laule A. [et al.] Endothelial Cell Population Changes of Human Cornea During Life // *Arch. Ophthalmol.* - 1978. - Vol. 6. - P. 2031–2035.
115. Leawood K.S. Late hyperopic shift in RK is too threatening to continue its widespread use // *Amer. Acad. Ophthalmol. Annual Meeting Final Progr.* - Atlanta, 1995. - P. 98.
116. Lindstrom R. From mini RK to LASIK // *J. Cataract Refr. Surg.* - 1995. - Vol.21. - №1 - P. 15-21.
117. Lyle W.A., Jin G.J.C. Intraocular lens power prediction in patients who undergo cataract surgery following previous radial keratotomy // *Arch Ophthalmol.* – 1997. – Vol. 115. – P. 457–461.

118. Ma J.X., Tang M., Wang L. [et al.] Comparison of newer IOL power calculation methods for eyes with previous radial keratotomy // Invest Ophthalmol Vis Sci. – 2016. – Vol. 57(9). – P. 162-168.

119. Machemer R. The importance of fluid absorption, traction, intraocular currents and chorioretinal scars in the therapy of rhegmatogenous retinal detachments XLI Edward Jackson Memorial Lecture // Am.J.Ophthalmol. - 1984. - Vol. 98. - P. 681-693.

120. Mandell R. Jesse Ramsden: inventor of the ophthalmometer // Am J Optom Arch Am Acad Optom. – 1960. – Vol. 37. – P. 633–638.

121. Mark Packer, M.D., Tools and techniques Phacoemulsification after radial keratotomy // J Eye world. – 2012. – P. 67-69.

122. McDonnell P.J., Nizam A., Lynn M.J. [et al.] Morning-to-evening change in refraction, corneal curvature, and visual acuity 11 years after radial keratotomy in the prospective evaluation of radial keratotomy study// Ophthalmology. – 1996. – Vol. 103. – P. 233–299.

123. Meduri A., Urso M., Signorino G.A. [et al.] Cataract surgery on post radial keratotomy patients // Int J Ophthalmol. – 2017. – Vol. 10(7). – P. 1168-1170.

124. Mentès J., Erakgun T., Afrashi F., Kerci G. Incidence of cystoid macular edema after uncomplicated phacoemulsification // Ophthalmologica.– 2003.– Vol. 217. - № 6.– P. 408-412.

125. Packer M., Brown L.K., Hoffman R.S., Fine I.H. Intraocular lens power calculation after incisional and thermal keratorefractive surgery// J Cataract Refract Surg. – 2004. – Vol. 30. – P. 1430-4.

126. Parker J.S., Parker J.S., Melles G.R. Clinical outcomes of Descemet membrane endothelial keratoplasty in eyes with previous radial keratotomy// Cornea. – 2018. – Vol. 37(6). – P. 678-681.

127. Potvin R., W. Hill. New algorithm for post-radial keratotomy intraocular lens power calculations based on rotating Scheimpflug camera data // J Cataract Refract Surg. – 2013. – Vol. 39. – P. 358-365.

128. Randleman J.B., Foster J.B., Loupe D.N. [et al.] Intraocular lens power calculations after refractive surgery: Consensus-K technique // J Cataract Refract Surg. – 2007. – Vol. 33. – P. 1892–1898.

129. Reitblat O., Levy A., Kleinmann G. [et al.] Intraocular lens power calculation for eyes with high and low average keratometry readings: Comparison between various formulas // J Cataract Refract Surg. – 2017. – Vol. 43(9). – P. 1149-1156.

130. Ripandelli G., Scassa C., Parisi V., Gazzaniga D., D'Amico D.J., Stirpe M. Cataract surgery as a risk factor for retinal detachment in very highly myopic eyes// Ophthalmology. – 2003. – Vol. 110 – P. 2355–2361.

131. Sanders D.R., Retzlaff J., Kraff M.C. Development of the SRK/T IOL power calculation formula // J. Cataract Refract. Surg. - 1990. - Vol. 16. - P. 333-340.

132. Santos V.R., Waring G.O., Lynn M.J [et al.] Morning-to-evening change in refraction, corneal curvature, and visual acuity 2 to 4 years after radial keratotomy in the PERK study// Ophthalmology. – 1988. – Vol. 95. – P. 1487–1493.

133. Sato T. Experimental study of anterior and posterior half corneal incision of myopia// Rinsho Ganka. - 1954. - N6- P. 209.

134. Sato T. Posterior incision of cornea//Am. J. Ophthalmol. - 1950. -Vol. 33. - N6. - P. 943-948.

135. Scorolli L., Scorolli L., Scalinci S.Z., Savini G., Meduri R. Hyperopic shift after 4-8 incision radial keratotomy: eight-year follow-up// Eur. J. Ophthalmol. - 1996. - Vol. 6. - № 4. - P. 351-355.

136. Shultz M.C. Update on laser cataract surgery// Cataract and refractive surgery today. – 2013. – March. – P. 17-20.

137. Stone J., Rabbetts R. Keratometry and special optical instrumentation // Contact Lens Practice. – London: Chapman & Hall Medical, 1994. – P. 283–311.

138. Tompson K. Radial keratotomy complications// Amer. Acad. Ophthalmol. Annual Meeting Final Progr. - Atlanta, 1995. - P. 98.

139. Ursell P.G., Spalton D.J. Cystoid macular edema after phacoemulsification: relationship to blood-aqueous barrier damage and visual acuity // J. Cataract Refract. Surg. – 1999. – Vol. 25. - № 11. – P. 1492-1497.

140. Varssano D., Rapuano C.J., Luchs J.L. Comparison of keratometric values of healthy and diseased eyes measured by Javal keratometer, Eye Sys and PAR// J. Cataract Refract. Surg. – 1997. – Vol. 23. – P. 419-422.

141. Vinger P.F. et al. Ruptured globes following radial and hexagonal keratotomy surgery // Curr. Medical Literature. Ophthalmology. - 1996. - Vol. 6. - №3. - P. 83.

142. Walkow T., Anders N., Klebe S. Endothelial cell loss after phacoemulsification: relation to preoperative and intraoperative parameters// J. Cataract. Refract. Surg. – 2000. – Vol. 26. – N.5. – P. 727-732.

143. Wang L., Tang M., Huang D. [et al.] Comparison of newer intraocular lens power calculation methods for eyes after corneal refractive surgery// Ophthalmology. – 2015. – Vol. 122(12). – P. 2443-2449.